Activité 1 : A quoi servent les lois que l'astronome Johannes Kepler a découvert ? – TP numérique

L'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (IMCCE) a pour mission de calculer la position des astres à intervalles de temps réguliers. Grâce au site web de l'IMCCE, nous avons téléchargé les données brutes pour les planètes Mercure, Vénus, la Terre et Mars ainsi que pour la comète Encke.
Un programme Python permet de traiter ces données pour :

- Tracer la trajectoire des planètes et de la comète dans le référentiel héliocentrique.
- Etudier l'évolution de leur vitesse.
- Déterminer leur période de révolution.

Ces différentes fonctionnalités nous permettront de mettre en évidence les trois lois que l'astronome danois Johannes Kepler (1571 - 1630) a découvert.

Partie 1 : 1ère loi de Kepler

➢ Copier les fichiers *Kepler_ELEVE.py*, *Mercure.csv*, *Venus.csv*, *Terre.csv*, *Mars.csv* et *Comete.csv* situés dans l'espace de votre classe et les coller dans votre espace personnel.

1. Ouvrir le fichier *Mercure.csv* et décrire son contenu.

……

……

➢ Lancer l'IDE Edupython (dossier Autres logiciels sur le Bureau) puis cliquer sur Fichier/Ouvrir pour ouvrir le fichier "Kepler_ELEVE.py".
➢ Exécuter ce programme.

2. Décrire et comparer les orbites de Mercure et Vénus

……

……

……

➢ Par analogie avec les lignes de code permettant de lire et d'afficher les orbites de Mercure, Vénus et la Terre, compléter le programme pour lire et afficher les orbites de Mars et de la comète Encke (*voir la position des lignes de code en **ANNEXE***). Puis exécuter le programme.

3. Comment qualifier l'orbite de la comète Encke ?

……

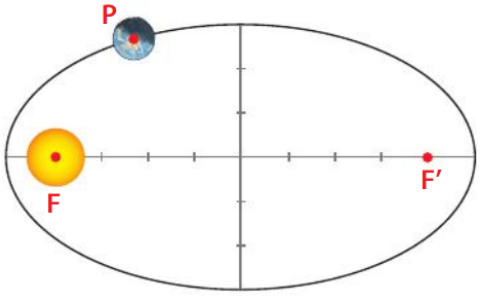
……

1ère loi de Kepler : loi des orbites

……

……

……



Partie 2 : 2e loi de Kepler

- Retirer les ' ' ' avant les lignes de code de la « PARTIE 2 : 2eme LOI DE KEPLER » **et** à l'avant-dernière ligne du programme (*voir leur position en **ANNEXE***).
- Compléter les lignes de code permettant de calculer la liste des distances au Soleil de l'astre et la liste de la vitesse de l'astre (*voir leur position en **ANNEXE***).
  Indications :
  - Vous ferez intervenir les variables X, Y, Z et Vx, Vy, Vz.
  - La fonction racine carré du module `numpy` s'écrit `np.sqrt()`
  - L'élévation à la puissance d'un nombre se fait en Python avec : nombre**exposant.
- Exécuter le programme.

4. Définir le périhélie et l'aphélie de l'astre en justifiant à l'aide du code.

……

……

5. Que peut-on dire de l'aire balayée par le segment de droite reliant le Soleil à la planète Mars au périhélie et à l'aphélie en des durées égales ?

……

6. Que peut-on en déduire sur la vitesse de la planète Mars au périhélie et à l'aphélie ?

……

- Modifier la valeur de la variable `astre` pour vérifier votre affirmation dans le cas de la comète Encke.

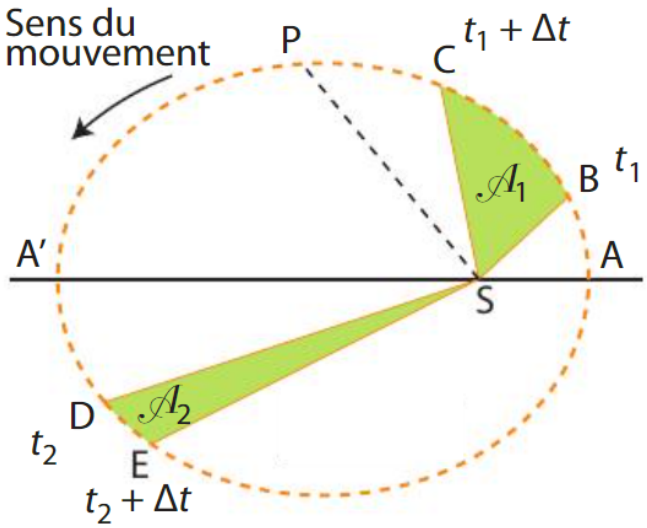
2ère loi de Kepler : loi des aires

……

……

……

……



Partie 3 : 3e loi de Kepler

- Compléter le code de la partie 3 (*voir la position des lignes de code en **ANNEXE***) pour :
  - Calculer la variable a, valeur du demi-grand axe en mètres.
  - Calculer la variable T, valeur de la période de révolution en secondes.
  - Calculer le rapport $\frac{T^2}{a^3}$ et l'afficher.

  Indication : 1 unité astronomique (UA) = 1,5 x 10^{11} m
- Exécuter le programme.

7. Comparer la valeur du rapport $\frac{T^2}{a^3}$ pour la comète Encke et pour la planète Mars.

……

……

8. Calculer le rapport $\frac{4\pi^2}{GM_s}$. Conclusion ?

- G la constante universelle de gravitation : G = 6,67 x 10^{-11} $N.m^2.kg^{-1}$
- M_s la masse du Soleil : M_s = 1,99 x 10^{30} kg

……

……

……

3ère loi de Kepler : loi des périodes

ANNEXE

Partie 1 : 1ère loi de Kepler

```
66  ############################################################
67  #          DEBUT DE LA PARTIE 1 A COMPLETER                #
68  ############################################################
69
70  #Lire les donnees
71  mercure = lecture_csv("Mercure.csv")
72  X_mercure = mercure[0]
73  Y_mercure = mercure[1]
74  Z_mercure = mercure[2]
75
76  venus = lecture_csv("Venus.csv")
77  X_venus = venus[0]
78  Y_venus = venus[1]
79  Z_venus = venus[2]
80
81  terre = lecture_csv("Terre.csv")
82  X_terre = terre[0]
83  Y_terre = terre[1]
84  Z_terre = terre[2]
85
86  #Tracer les orbites et placer les legendes
87  ax = figure.add_subplot(121)
88  trace_orbite(X_mercure, Y_mercure, "black") #Pour tracer l'orbite de Mercure en noir
89  trace_orbite(X_venus, Y_venus, "orange") #Pour tracer l'orbite de Venus en orange
90  trace_orbite(X_terre, Y_terre, "blue") #Pour tracer l'orbite de la Terre en bleu
91
92  ############################################################
93  #            FIN DE LA PARTIE 1 A COMPLETER                #
94  ############################################################
```

Partie 2 : 2e loi de Kepler

```
110 ax.set_ylabel('$y$ (UA)') #Nom de l'axe des y
111 ax.set_xlabel('$x$ (UA)') #Nom de l'axe des x
112 plt.grid(True) #Pour tracer la grille
113
114 ''' #Guillemets à supprimer pour prendre en compte la suite du code.
115
116 ################################################################
117 #PARTIE 2 : 2eme LOI DE KEPLER : LOI DES AIRES
118 ################################################################
119 #Lire les vitesses selon x, y, z
120 Vx_mars = mars[3]
121 Vy_mars = mars[4]
```

```
214 #Ecrire la legende
215 ax1.text(0,2.5,"Troisième loi de Kepler ", color='red', fontsize=14)
216 ax1.text(1,2,"- Demi-grand axe $a$ : "+'$a$=' + str(round(aUA,4)) +" UA")
217 ax1.text(1,1.5,"- Période de révolution $T$ : "+'$T$=' + str(Tj) +" jours")
218 ax1.text(1.1,"- "+r"$\frac{T^2}{a^3} = $" + str('A COMPLETER')) #A COMPLETER
219
220 ''' #Guillemets à supprimer pour prendre en compte la suite du code.
221
222 plt.show() #Pour afficher le graphique
```

```
146 #Calculer la liste des distances au Soleil de l'astre et la liste de sa vitesse
147
148 ############################################################
149 #          DEBUT DE LA PARTIE 2 A COMPLETER                #
150 ############################################################
151
152 distance_au_Soleil = []
153 vitesse = []
154 for i in range(len(X)):
155     distance_au_Soleil.append( #A COMPLETER ) #Calcul de la distance au Soleil
156 for i in range(len(Vx)):
157     vitesse.append( #A COMPLETER ) #Calcul de la vitesse
158
159 ############################################################
160 #            FIN DE LA PARTIE 2 A COMPLETER                #
161 ############################################################
162
```

Partie 3 : 3e loi de Kepler

```
193 #A COMPLETER POUR CALCULER a, valeur du demi-grand axe en mètres
194
195 #Calculer la periode de revolution en jours
196 i=1
197 if astre == "comete": #Pour les donnees de la comete, les points sont tellement rapproches d'un jour
    pour les planetes.
198     Tj = len(X) #Les donnees de la comete couvrent exactement une orbite.
199 else:
200     while abs(X[i]-X[0])>0.01 or abs(Y[i]-Y[0])>0.01 or abs(Z[i]-Z[0])>0.01: #Pour les planetes, on a
    tres proches de la position initiale.
201         i = i+1
202         Tj=i
203
204 #A COMPLETER POUR CALCULER T, valeur de la periode de revolution en secondes
205
206 #Ecrire la legende
207 ax1.text(0,2.5,"Troisième loi de Kepler ", color='red', fontsize=14)
208 ax1.text(1,2,"- Demi-grand axe $a$ : "+'$a$=' + str(round(aUA,4)) +" UA")
209 ax1.text(1,1.5,"- Période de révolution $T$ : "+'$T$=' + str(Tj) +" jours")
210 ax1.text(1.1,"- "+r"$\frac{T^2}{a^3} = $" + str('A COMPLETER')) #A COMPLETER POUR AFFICHER T^2 / a^3
```