

Exercice 42 page 315 – Vénus et 2<sup>ème</sup> loi de Kepler

e. Compléter le code Python fourni pour proposer un programme permettant de calculer la masse du Soleil.

Le programme fourni exploite le fichier de données intitulé « Kepler2\_Venus.txt » contenant l'éphéméride de Vénus. Le fichier est disponible sur le site [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr) et dans le manuel numérique, Il est cependant possible de collecter cette éphéméride en suivant le processus détaillé ci dessous.

IMPORTANT : quelle que soit l'origine du fichier de données, il devra être enregistré dans le même dossier que celui contenant le fichier .py à compléter.

Collecte de l'éphéméride des positions quotidiennes de Vénus :

Étape 1 :

- Se connecter sur le site [vo.imcce.fr/webservices/miriade/?forms](http://vo.imcce.fr/webservices/miriade/?forms) donnant accès aux éphémérides des planètes du Système solaire.
- Paramétrer le formulaire de demande afin de déterminer par essais successifs la date  $t_0$  à laquelle la longitude de Vénus dans le plan de l'écliptique est la plus proche de  $0^\circ 0' 0,00''$  en sélectionnant :
  - 'Target' (planète) : Vénus ;
  - 'Epoch' (calendrier) : 250 dates par pas de 1 jour puis affiner la recherche ;
  - 'Reference center' (référentiel) : héliocentrique ;
  - 'Advanced parameters' (coordonnées) : INPOP, écliptique, sphérique, AstrometricJ2000.
- Afficher le résultat en cliquant 'Compute Ephemeris'.

Étape 2 :

- Paramétrer le formulaire afin obtenir l'éphéméride de Vénus pour 224 dates par pas de 1 jour depuis la date  $t_0$ .
- Télécharger le fichier de données fourni par le site en format .txt.
- Ouvrir ce fichier .txt puis **supprimer** :
  - les lignes commençant par # ;
  - la ligne d'intitulé des grandeurs ;
  - éventuellement, les dernières lignes de données correspondant à des positions au-delà de l'équinoxe d'automne suivant celui qui a été choisi en  $t_0$ .
- Enregistrer le fichier sous Kepler2\_Venus.txt dans le même dossier que celui du fichier .py à compléter.

Données et aides pour compléter le code fourni afin de calculer la masse  $M_S$  du Soleil et son incertitude-type  $u(M_S)$  déterminée par une méthode analytique et/ou par simulation d'un processus aléatoire selon la méthode de Monte-Carlo :

- D'après l'expression donnée dans l'énoncé, la masse  $M_S$  du Soleil s'écrit :  $M_S = \frac{(2 \times k)^2}{G \times R}$  (1).
- Constante de gravitation :  $G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$  avec l'incertitude-type  $u(G) = 0,001 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ .

## Chapitre 13 – Mouvements des satellites et des planètes

Fiche élève

Niveau confirmé

Nom : .....  
Prénom : .....  
Classe : .....  
Date : .....

- La valeur du rayon  $R$  de l'orbite de Vénus et son incertitude-type  $u(R)$  sont obtenues par l'étude statistique de la série de mesures de la distance  $SV$  où  $S$  est le centre de masse du Soleil et  $V$  celui de Vénus (fiche méthode pp. 504-509 et point numérique pp. 539-544).
- $k$  est le coefficient directeur de la droite modélisant la représentation graphique de  $\mathcal{A} = f(\Delta t)$  obtenue grâce à la fonction `linregress(x,y)` de la bibliothèque `scipy.stats` qui effectue la régression linéaire du nuage de points de coordonnées  $(x,y)$  et renvoie un tableau à 5 valeurs dont la première est le coefficient directeur  $k$  de la droite modélisant le nuage de points et la dernière est l'erreur standard associée à  $k$ . On admet que cette erreur standard donne une estimation acceptable de l'incertitude-type  $u(k)$  (point numérique pp. 539-544).
- Lorsque  $M_s$  est donnée par la relation (1), l'incertitude-type  $u(M_s)$  s'écrit :

$$u(M_s) = M_s \times \sqrt{2 \times \left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(G)}{G}\right)^2 + \left(\frac{u(R)}{R}\right)^2} \quad (2).$$

f. Exécuter le programme puis comparer le résultat obtenu à la valeur de référence de la masse du Soleil en discutant des éventuels écarts.

**Donnée :** d'après l'Union Astronomique Internationale, la valeur de référence pour la masse du Soleil est :  
 $M_s = (1,9884 \pm 0,0002) \times 10^{30}$  kg.