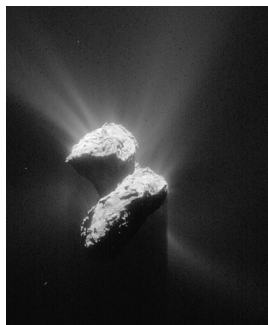


La comète 67P/ Tchourioumov Guérassimenko « Tchouri » et les trois lois de Kepler

1. Introduction



67P est une comète périodique du système solaire, nommée d'après le nom de ses découvreurs, Klim Ivanovitch Tchourioumov et Svetlana Ivanovna Guérassimenko, qui ont observé l'astre sur leurs plaques photographiques le 23 octobre 1969 à Kiev.

Cette comète a été visitée le 12 novembre 2014 par l'atterrisseur Philae de la sonde Rosetta de l'Agence spatiale européenne, lancée le 2 mars 2004.

L'orbite de 67P/Tchourioumov-Guérassimenko a significativement évoluée au cours du temps car son orbite la fait passer à proximité de Jupiter et Saturne qui perturbent son orbite à cause de l'attraction gravitationnelle.

2. Données :

Les scripts Python sont à télécharger à l'adresse :

http://physicus.free.fr/terminale_Spe_PC/ressource/67P_script_eleve.zip

$1 \text{ ua} = 1 \text{ unité astronomique} = 1 \text{ distance Terre Soleil} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$

Caractéristiques orbitales de 67P

Époque	10 août 2014
Demi-grand axe	3,463 ua
Excentricité	0,641
Périhélie	1,243 ua
Aphélie	5,682 ua
Période	6,44 année
Inclinaison	7,040 °

Caractéristiques physiques de 67P

Diamètre du noyau	lobe principal + lobe secondaire : $4,1 \times 3,2 \times 1,3 + 2,5 \times 2,5 \times 2,0$ en km
Masse	$1,0 \times 10^{13}$ kg
Masse volumique	400-500 kg.m ⁻³
Période de rotation	12,404 heure

3. Questions

Q1 Déterminer d'après les informations fournies la valeur du demi grand axe a en mètre.

Q2 Déterminer d'après les informations fournies la durée T de révolution autour du Soleil de la comète 67P, exprimée en secondes.

Q3 Charger et lancer le script python n°1 (systeme_solaire_3d.py) et observer la trajectoire de la comète et de la Terre en 3D. La première loi de Kepler vous semble-t-elle être vérifiée ? Pourquoi ?

Q4 Pour vérifier la troisième loi de Kepler, nous allons utiliser l'algorithme de Héron d'Alexandrie pour calculer l'aire S d'un triangle de coté de longueurs a , b et c :

Si on pose $p = \frac{(a+b+c)}{2}$ le demi périmètre du triangle, alors $S = \sqrt{(p \times (p-a) \times (p-b) \times (p-c))}$

Compléter les lignes 36 et 37 du script python n°2 (loi_des_aires.py) en adaptant les formules de Héron puis lancer le script pour vérifier son bon fonctionnement.

Q5 Les aires calculées par le script 1 sont calculées pour les deux premiers points des trajectoires, point n°0 et point n°1, c'est à dire au premier jour et dix jours plus tard.

Comment modifier la ligne 42 pour calculer l'aire balayée par la Terre six mois plus tard ?

Q6 Connaissant la durée d'une révolution de 67P, calculer le nombre total de points de la trajectoire sachant qu'ils sont espacés de dix jours.

Q7 Par essai erreur, mesurer l'aire parcourue au périastre et à l'apoastre de l'orbite de 67P. Est-elle constante ? La vitesse est-elle constante ? Les distances au Soleil sont-elles constantes ?

Q8 (question non obligatoire en bonus). Pour vérifier la troisième loi de Kepler, on peut utiliser un autre algorithme pour calculer l'aire balayée par le vecteur position de la comète en dix jours ;

on a les distances

$$OM_{i-1} = \sqrt{x_{i-1}^2 + y_{i-1}^2} \quad \text{et} \quad OM_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$$

et l'angle α entre les vecteurs $\overrightarrow{OM}_{i-1}$ et \overrightarrow{OM}_i

$$\alpha = \arctan 2(y_i, x_i) - \arctan 2(y_{i-1}, x_{i-1})$$

alors l'aire S vaut $S = \frac{1}{2} \times OM_{i-1} \times OM_i \times \sin(\alpha)$

Modifier le script pour utiliser ce nouvel algorithme et vérifier son bon fonctionnement.

Q9 Grâce au script n°1, en orientant correctement la vue et le repère, déterminez graphiquement la valeur du demi grand axe de l'orbite de 67P en *u.a.* et vérifiez la valeur trouvée avec celle de la question **Q1**.

On donne dans le tableau suivant les valeurs des périodes T et des demi grands axes a pour quelques planètes du système solaire.

Planète	a (u.a.)	T
Mercure	0,387	87,97 j
Vénus	0,723	244,7j
Terre	1,000	365,25 j
Mars	1,523	686,98 j
Jupiter	5,200	11,863 a
Saturne	9,530	29,41 a

Q10 Convertir toutes les périodes de révolution en année.

Q11 Modifier les lignes 6 et 7 du script n°3 (`troisieme_loi_kepler.py`) en utilisant les valeurs du tableau ci-dessus et en ajoutant les valeurs de 67P.

Q12 Lancer le script n°3. Quelle relation mathématique simple peut-on écrire entre les paramètres T et a d'après l'allure du graphique ? Qui a établi en premier cette loi ?

Q13 Ôter les `"""` des lignes 26 et 33, puis compléter la ligne 31 avec une formule permettant de vérifier la troisième loi de Kepler. Lancer le script. La troisième loi de Kepler est-elle validée ?

4. Pour en savoir plus ...

La mission ROSETTA - exploration de Tchouri

- https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Rosetta
- <https://cnes.fr/projets/rosetta>