

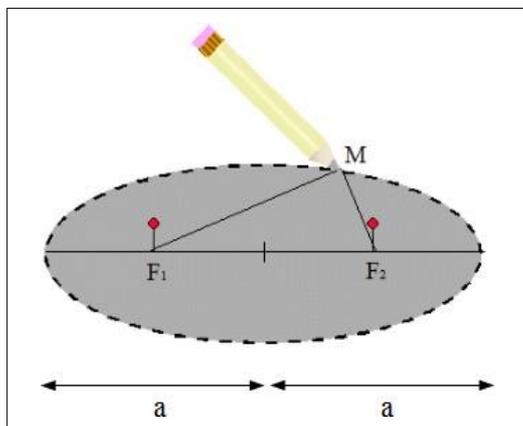
TP: Découverte des 3 lois de Kepler



Objectifs: Dans cette activité, nous allons vérifier les 3 lois de Kepler. Nous verrons par la suite que la seconde loi de Newton permet de trouver la masse du Soleil.

I. Etude d'une comète

1. Ellipse



Une ellipse est l'ensemble des points du plan qui vérifient la relation :

$$F_1M + F_2M = 2a$$

- F_1 et F_2 sont appelés les foyers de l'ellipse.
- a est le demi grand axe de l'ellipse.
- On appelle excentricité le rapport $e = \frac{F_1F_2}{2a}$ avec $0 \leq e < 1$

Remarque : le cercle est une ellipse d'excentricité $e = 0$.

2. 1ère loi de Kepler

En 1609, Johannes Kepler écrit la première loi concernant les orbites des corps autour du Soleil :

Les corps du système solaire décrivent des trajectoires elliptiques dont le Soleil occupe l'un des foyers



Pour vérifier cette loi, nous allons utiliser la trajectoire de la comète **108P/Ciffreo** dans le référentiel **Héliocentrique** qui a une période de révolution de 7,26 ans autour du soleil (voir feuille annexe).

Echelle document : **1 cm ↔ 0,40 ua**

Rappel : **1 ua = 150 × 10⁶ km** (Distance moyenne Terre-Soleil)

1°) Quelle est la période T de cette comète ?

2°) En prenant 3 points de la trajectoire, montrer que la comète décrit bien une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers.

3°) Mesurer le demi grand axe a de cette ellipse. En déduire l'excentricité e .

4°) Le périhélie est la distance minimum de la comète au Soleil. Mesurer sa valeur.
L'aphélie est la distance maximum de la comète au Soleil. Mesurer sa valeur.

3. 2ème loi de Kepler

Toujours en 1609, Kepler énonce sa seconde loi :

Les corps balaient des aires égales en des temps égaux

1°) Pour vérifier cette loi, construire 2 aires balayées pendant une même durée par le rayon vecteur reliant le centre du Soleil au centre de la comète. Déterminer les valeurs de ces 2 aires. Comparez ces valeurs et concluez.

2°) Comment évolue alors la vitesse v de la comète au cours de sa révolution autour du Soleil.

4. 3ème loi de Kepler

Pour toutes les orbites, le rapport du carré de période de révolution T au cube du demi-grand-axe a de l'orbite est égal à une constante.

Pour vérifier cette loi, nous allons utiliser les planètes du système Solaire ainsi que la comète précédente.

Corps	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Pluton	<u>108P/Cifréo</u>
Demi-grand axe a (U.A)	0,387	0,723	1,00	1,523	5,203	9,537	19,229	30,069	39,482	3,749
Période T (an)	0,24	0,62	1,00	1,88	11,86	29,46	84,01	164,8	248,1	7,26

1°) Que faut-il tracer comme graphique pour vérifier la 3^{ème} loi de Kepler ?

2°) Tracer ce graphique et conclure.

II. Mesure de la masse du Soleil

Dans cette partie, on ne considère que la comète et Le Soleil. On utilisera la trajectoire tracée précédemment.

1°) Tracer 2 vecteurs vitesse quand les points sont assez espacés.

2°) Grâce à ces 2 vecteurs vitesse, tracer le vecteur accélération et calculer sa norme.

3°) Mesurer la distance r séparant la comète au Soleil à cet instant.

4°) A quelle force est soumise la comète. Donner sa formule. Comparer sa direction avec celle du vecteur accélération.

5°) Appliquer la seconde loi de Newton et en déduire la valeur de la masse M_S du Soleil.

Donnée : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2} \text{ m}^2$

III. 3ème loi de Kepler pour une orbite circulaire



Dans les données astronomiques, on peut lire la masse des différents astres. Aucune balance n'est assez grande pour peser la Terre, le Soleil ou encore une galaxie !

Comment les astronomes arrivent-ils à obtenir ces valeurs ?

Les planètes du système solaire gravitent autour du Soleil sur des orbites quasi circulaires. (En fait des ellipses dont l'excentricité e est faible)

1°) Considérons la Lune. Quel référentiel est le plus approprié pour faire l'étude du mouvement de cet astre ?

2°) Quelle est l'unique force qui agit sur cet elle ? En appliquant la seconde loi de Newton dans le repère de Frenet, montrer que la vitesse v de la Lune est constante. Comment qualifier le mouvement ?

3°) En déduire la vitesse v en fonction de G , m_T (masse de la Terre) et du rayon R de l'orbite de la Lune.

4°) La Lune fait le tour de la Terre en une période $T = 27,32$ jours. Quelle relation lie v , R et T ? En déduire alors la 3^{ème} loi de Kepler pour les mouvements circulaires et calculer la masse de la Terre.

Donnée : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^{-2} \text{ m}^2$ et $R = 384\,000 \text{ km}$.

