TSPC

MOUVEMENT ET INTERACTION

Lois de Kepler

Johannes Kepler (1571-1630) est un mathématicien et astronome, célèbre pour avoir confirmé l'hypothèse héliocentrique (« La Terre tourne autour du Soleil. ») de **Nicolas Copernic** (1473-1543), et surtout pour avoir découvert que **les orbites des planètes du système solaire ne sont pas des cercles mais des ellipses**.

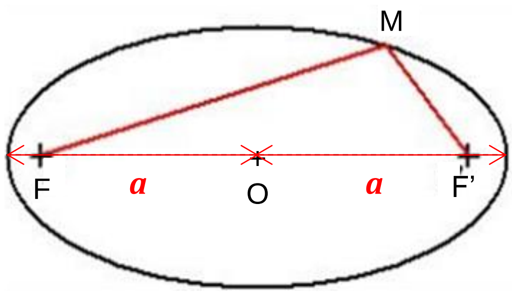
A partir des observations de l'astronome **Tycho Brahe** (1546-1601), **Kepler a énoncé trois lois** (*empiriques* c'est-à-dire *uniquement fondées sur les observations expérimentales*) **permettant de décrire les mouvements des planètes dans le référentiel héliocentrique**.

Par la suite, la théorie de la gravitation universelle formulée par **Isaac Newton** (1642-1727) a permis de généraliser ces lois au mouvement de tout corps dans le champ de gravitation d'un astre central atttracteur (comète autour du Soleil, satellite autour d'une planète)

Quelles informations apportent les lois de Kepler sur le mouvement des planètes du système solaire ? Comment vérifier numériquement la validité de ces lois ?

Document 1 : Les caractéristiques d'une ellipse

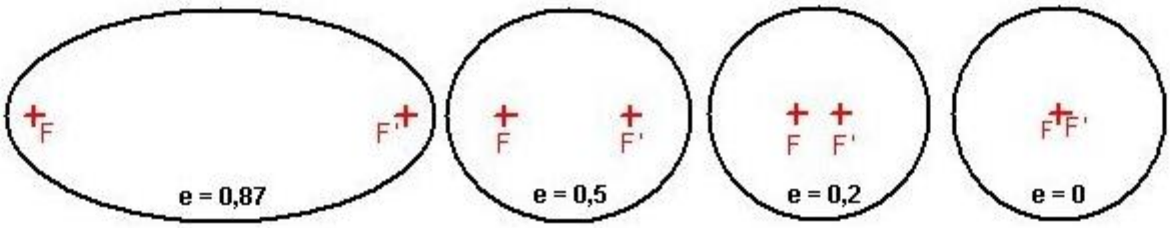
Une ellipse est une figure géométrique définie par une distance a appelée **demi-grand axe** et un coefficient **e** (sans unité) appelé **excentricité** ($0 \leq e < 1$).



- Tout point M de l'ellipse vérifie : **MF + MF' = 2a**

où F et F' sont appelés **foyers** de l'ellipse.

- Le centre O de l'ellipse est le milieu de [FF'].
- L'**excentricité** est donnée par : **e =** $\frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$



- Cas particulier : **Pour e = 0,** F = F' = O donc MF + MF' = 2a devient 2 MO = 2a donc **MO = a**

Dans ce cas, l'ellipse est un **cercle de centre O et de rayon égal à a**.

Document 2 : Quelques caractéristiques des planètes du système solaire

Unité astronomique : 1 UA = 149,6 millions de km ; *1 an = 365,25 jours.*

Rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \times 10^3$ km *Masse de la Terre : $m_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg)*

Planète	*Demi-grand axe a (UA)*	*Excentricité e*	*Période de révolution T (an)*	$\frac{rayon(planète)}{rayon(Terre)}$	$\frac{masse(planète)}{masse(Terre)}$
Mercure	*0,387*	*0,206*	*0,24*	*0,37*	*0,056*
Vénus	*0,723*	*0,007*	*0,62*	*0,966*	*0,817*
Terre	***1,000***	***0,017***	***1,00***	***1,00***	***1,0***
Mars	*1,524*	*0,093*	*1,88*	*0,54*	*0,108*
Jupiter	*5,203*	*0,048*	*11,86*	*11,14*	*318*
Saturne	*9,539*	*0,056*	*29,46*	*9,4*	*95*
Uranus	*19,182*	*0,047*	*84,01*	*4,0*	*14,6*
Neptune	*30,06*	*0,009*	*164,8*	*4,3*	*17,25*

A. ENONCES DES LOIS DE KEPLER

Visionner (en utilisant le navigateur Mozilla car cela ne fonctionne pas avec Chrome) l'animation suivante qui présente les lois de Kepler et le contexte historique de leur énoncé.

https://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/physique-chimie/lois-de-kepler.aspx

Ouvrir l'animation http://www.jf-noblet.fr/kepler2/index.htm (sous Chrome ou Mozilla)

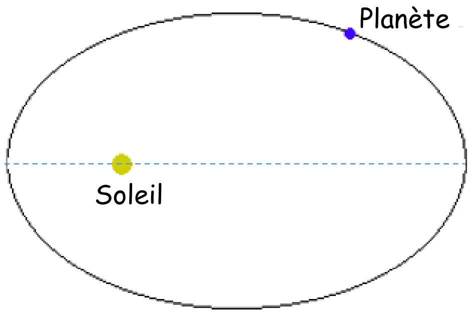
1. PREMIERE LOI OU LOI DES TRAJECTOIRES

Dans le référentiel héliocentrique, la **trajectoire** du centre d'une planète est une **ellipse** dont le **soleil est l'un des foyers**.

① *Dans « Première Loi », afficher la trajectoire, le centre et les foyers de l'ellipse d'excentricité e = 0,5.*

Données : Le point de la trajectoire le plus proche du Soleil S est nommé **périhélie P** ; le point le plus éloigné du Soleil est nommé **aphélie A**.

a) Placer sur la figure ci-contre :
- les deux foyers F_1 et F_2 et le centre O de l'ellipse ;
- le périhélie P et l'aphélie A ;
- le demi-grand axe a.



② *Modifier la valeur de e.*

b) Quelle est l'influence de la valeur de l'excentricité sur la forme de l'ellipse ?

③ *Dans la rubrique « Mouvement de 27 planètes et astéroïdes », visualiser les trajectoires des huit planètes du système solaire.*

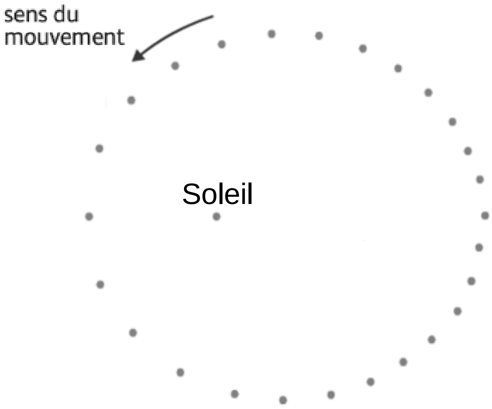
c) Pourquoi peut-on considérer, de manière approchée, que la trajectoire de la plupart des planètes du système solaire est quasi-circulaire par rapport au référentiel héliocentrique ?

2. DEUXIEME LOI OU LOI DES AIRES

Dans le référentiel héliocentrique, le segment de droite reliant le soleil à une planète (ou rayon Soleil-Planète) balaie **des aires égales** pendant **des durées égales**.

④ *Dans la rubrique « Deuxième loi », afficher les aires balayées pendant des durées égales pour une trajectoire elliptique d'excentricité e = 0,5 et observer l'évolution de la vitesse de la planète..*

a) Illustrer la loi des aires sur la figure ci-contre qui représente les positions successives d'une planète du système solaire à intervalles de temps égaux.



b) En quel point de la trajectoire la vitesse de la planète est-elle la plus grande ? La plus petite ?

c) Justifier l'évolution de la vitesse de la planète le long de sa trajectoire elliptique en utilisant la loi des aires.

⑤ *Régler e = 0 pour simuler une trajectoire circulaire.*

d) Quelle est la nature du mouvement de la planète ? Justifier la réponse en utilisant la loi des aires.

3. TROISIEME LOI OU LOI DES PERIODES

La **période de révolution T** d'une planète est la plus courte durée séparant deux passages du centre de cette planète en une même position par rapport au référentiel héliocentrique.

Pour toutes les planètes du système solaire, le **carré de la période de révolution T** est proportionnel au **cube du demi-grand axe a** de leur orbite elliptique :

$\frac{T^2}{a^3} = K_S$ où **K_S est une constante associée au Soleil.**

⑥ *Dans la rubrique «Troisième loi», visualiser le mouvement des quatre planètes internes (Mercure, Vénus, Terre et Mars) puis celui des quatre autres planètes.*

a) D'après l'animation, classer dans l'ordre croissant les valeurs des périodes de révolution des 4 planètes internes puis des quatre planètes externes. Que met en évidence cette animation ?

b) A l'aide des données du **document 2,** calculer $\frac{T^2}{a^3}$ pour la Terre et pour deux autres planètes du système solaire et vérifier la validité de la troisième loi de Kepler.

c) La période de révolution de Pluton est T_P = 248 ans. Calculer le demi-grand axe a_P de son orbite.