

LOIS DE KEPLER



Capacité(s) contextualisée(s) mise(s) en jeu durant l'activité :

- ✓ Connaître les trois lois de Kepler.

I. But

- Vérifier les trois lois de Kepler pour des planètes et/ou des satellites naturels du système solaire.

II. Documents

(s'approprier)



II.1. Doc 1 : Kepler et ses 3 lois



Johannes Kepler est né en 1571 et mort en 1630, il est donc contemporain de Galilée et se situe exactement entre Copernic et Newton. Il fait partie de ces « géants » sur les épaules desquels Newton s'est hissé.

Kepler a une mauvaise vue, il ne voulait et ne pouvait donc pas être astronome. Car à cette époque l'astronomie consistait essentiellement en des mesures de positions des corps célestes à l'oeil nu. Il s'est alors retrouvé professeur de mathématiques et ses grandes qualités de mathématicien le font remarquer par Tycho Brahé, astronome Danois très réputé à l'époque pour la qualité et la précision de ses observations.

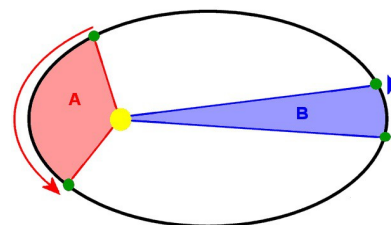
Ce dernier est le premier astronome à construire une carte du ciel de grande précision. Kepler devient le disciple de Tycho Brahé en 1594, à l'observatoire de Prague.

Kepler remarque alors que l'orbite de Mars n'est pas un cercle parfait mais plutôt une ellipse. Il doit donc se résoudre à reconnaître que Tycho s'est trompé dans ses observations mais son admiration pour son maître le fait douter. Il va donc élaborer ses lois :

1- Loi des orbites : L'orbite d'une planète est une ellipse dont le soleil occupe un des foyers.

2- Loi des aires : le rayon vecteur qui relie la planète au soleil balaie des aires égales en des temps égaux.

La vitesse d'une planète devient donc plus grande lorsque la planète se rapproche du soleil. Elle est maximale au voisinage du rayon le plus court (périhélie), et minimale au voisinage du rayon le plus grand (aphélie).



Il est très important de replacer cette découverte dans le contexte historique. En effet, le simple fait que l'orbite d'une planète ne soit plus un cercle parfait était très difficile à accepter à cette époque. En effet, tout ce qui est dans le ciel étant divin, il ne pouvait y avoir que des mouvements parfaits selon une géométrie parfaite, donc des cercles.

Kepler imagine qu'il doit forcément y avoir une harmonie des nombres entre les planètes. Il recherche alors une relation entre le grand axe de l'orbite et la durée de révolution d'une planète autour du soleil. Il énonce alors sa troisième loi :

3- Le rapport du cube du demi-grand axe de l'orbite de la planète sur le carré de la période de révolution est une constante qui est la même quelque soit la planète considérée.

Kepler a donc ainsi retrouvé une harmonie dans le système solaire qu'il croyait avoir perdu en énonçant ses deux premières lois.



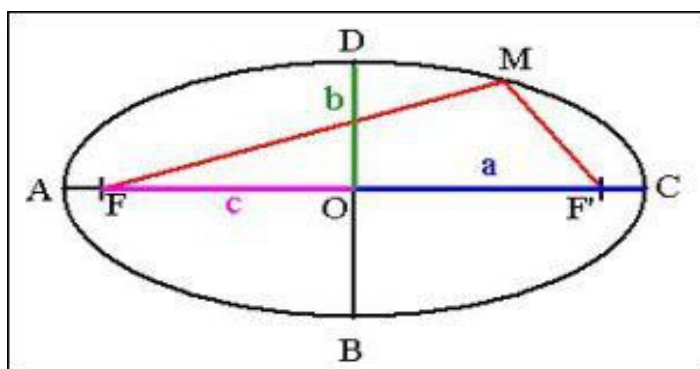
Les trois lois que Kepler formula étaient noyées dans un ensemble de pages difficiles à interpréter. On dit que c'est Voltaire qui formula de façon intelligible les dites lois dans son livre : « éléments de la philosophie de Newton. »

A l'heure actuelle l'étude précise du manuscrit de Kepler révèle que la précision des mesures dont il se servait ne permet pas de trancher entre une orbite circulaire et elliptique, tout au plus on peut à peine montrer que le soleil est légèrement excentré.

Source : <http://www.physagreg.fr>

II.2. Doc 2 : Les ellipses

En géométrie, une ellipse est l'ensemble des points dont la somme des distances à deux points fixes, dits foyers, est constante (sa construction par la méthode du jardinier est très simple).



$$FM + F'M = 2a$$

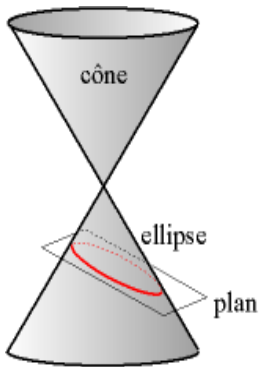
$a = OA = OC = F'D = FD$: demi-grand axe

$b = OB = OD$: demi-petit axe

$c = OF = OF'$: distance focale

$e = c/a$: excentricité

l'excentricité est comprise entre 0 et 1 ; si e est petit, on a presque un cercle.



Une ellipse est une courbe plane qui fait partie de la **famille des coniques**. Elle est obtenue par l'intersection d'un plan avec un cône de révolution lorsque ce plan traverse de part en part le cône. Le cercle est alors un cas particulier de l'ellipse (plan de coupe perpendiculaire, $e = 0$).

Dans le repère défini par le grand axe et le petit axe de l'ellipse, son équation cartésienne est (si l'axe focal est x) :

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b} = 1$$

Dans le repère défini par le foyer et l'axe focal, l'équation polaire de l'ellipse de demi-axes a et b est :

$$r(\theta) = \frac{p}{1 + e \cdot \cos \theta}$$

Dans le repère défini par le foyer et un axe qui n'est pas l'axe focal, l'équation polaire de l'ellipse est :

$$r(\theta) = \frac{p}{1 + e \cdot \cos(\theta + \varphi)}$$

Source : <http://fr.wikipedia.org/>



III. Vérification de la première lois de Kepler

III.1. Manipulations

(réaliser)



- Aller sur le site de l'institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides :

www.imcce.fr

- Sélectionner « Éphémérides ». Dans la sélection « Générateurs d'éphémérides », sélectionner le premier choix, « Éphémérides générales de position des corps du système solaire ».

Par défaut, c'est la planète Mercure qui est cochée.

- Cocher « héliocentre » pour le centre du repère, « écliptique » pour le plan de référence, « sphériques » pour le type de coordonnées et « TT (Temps Terrestre) » pour l'échelle de temps.
- Cliquer sur « date courante » pour l'époque des calculs.
- Sous « Nombre de dates », rentrer 44, sous « Pas d'échantillonnage », rentrer 2 jours puis cliquer sur « Calcul » pour terminer.
- Cliquer sur « Fichier résultats au format ascii », sélectionner tout (Ctrl+A) et copier dans le presse papier (Ctrl+C).
- Lancer le logiciel ephemer, cliquer sur le bouton « coller » puis sur le bouton « Regressi ».

La trajectoire de Mercure dans le référentiel héliocentrique s'affiche.

Appel du professeur

III.2. Exploitation des résultats


(analyser, valider)



- Modéliser la trajectoire obtenue par une fonction mathématique adéquate.



Comment modéliser une courbe dans Regressi ?

- Cliquer sur l'onglet « Modéliser » à gauche de la fenêtre graphique.
- Cliquer sur l'icône  puis sur l'onglet « Manuelle » de la nouvelle fenêtre.
- Ecrire l'expression de la fonction permettant de modéliser l'ensemble des points en prenant soin de bien utiliser le nom des grandeurs connues par l'ordinateur...

- Conclure.

Appel du professeur

IV. Vérification de la seconde lois de Kepler

IV.1. Manipulations

(réaliser)



- Copier le graphique précédent dans un logiciel de dessin comme paint.
- A l'aide de plusieurs droites, définir trois surfaces différentes balayées par le segment Soleil-Mercure durant un même intervalle de temps.
- Remplir ces trois surfaces de trois couleurs différentes et enregistrer votre image.

Appel du professeur

IV.2. Exploitation des résultats


(analyser, valider)



- Ouvrir votre image précédente dans Mesurim.
- Créer une échelle en unité astronomique (ua) et déterminer la surface en ua des trois surfaces balayées par le segment Soleil-Mercure.



Comment créer une échelle et mesurer une surface dans Mesurim ?

- Dans le menu « Image », sélectionner « Créer/modifier l'Echelle ».
- Sélectionner « Echelle à définir » puis « Ok » et suivre les instruction.
- Cliquer sur l'icône « mesure »  puis dans le menu déroulant à droite, sélectionner « surface ».
- Cliquer sur la surface à mesurer puis sur « mesurer ».
- Pour une nouvelle mesure, cliquer sur « RAZ » et recommencer.

- Conclure.

Appel du professeur