

**Objectif**

Exploiter, à l'aide d'un langage de programmation, des données astronomiques ou satellitaires pour tester les deuxième et troisième lois de Kepler.

**Exploitation des données de l'IMCCE**

L'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (IMCCE) a pour mission de calculer la position des astres à intervalles de temps réguliers.

[lycee.hachette-education.com/pc/tle](http://lycee.hachette-education.com/pc/tle)



Un programme en langage python, fourni en téléchargement, traite les données brutes issues du site de l'IMCCE et permet :

- de tracer la trajectoire des planètes du système solaire dans le référentiel héliocentrique ;
- d'étudier l'évolution de leur vitesse ;
- de déterminer leur période de révolution, etc.

Les données de Mercure, de Vénus, de la Terre et de Mars sont stockées dans des fichiers « .csv » exploitables par le programme.

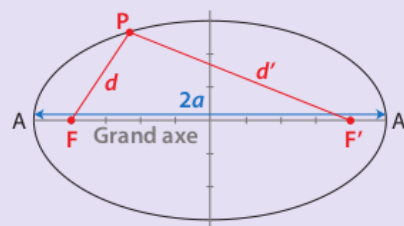
**Caractéristiques d'une ellipse**

Une ellipse est une courbe plane, définie comme l'ensemble des points P vérifiant :

$$FP + F'P = d + d' = 2a$$

F et F' sont appelés les foyers de l'ellipse.

[AA'] est le grand axe de l'ellipse avec  $AA' = 2a$ .



**Remarque :** lorsque F et F' sont confondus, l'ellipse devient un cercle de rayon  $a$ .

**Données :**

- $1 \text{ ua} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ .
- La comète de Halley met 76 ans pour parcourir sa trajectoire autour du Soleil dont le demi grand axe mesure 17,9 ua.

**Travail à effectuer**

1. Préciser les conditions de l'étude mécanique.
2. Rappeler les trois lois de Kepler.
3. Exécuter le programme python pour les quatre planètes disponibles.  
« A » désigne l'Aphélie de la trajectoire (Le plus loin du Soleil) ; « P » le Périhélie (Le plus près du Soleil)
  - 3.1. En déduire la nature (circulaire ou elliptique) de leurs orbites.
  - 3.2. Vérifier la deuxième loi de Kepler.
  - 3.3. Vérifier la troisième loi de Kepler.
4. Observer les valeurs des vitesses en A et en P. Justifier à l'aide des questions 3.1. et 3.2. que les vitesses d'une planète dans le référentiel héliocentrique en A et en P sont différentes.
5. Justifier que la comète de Halley est en orbite autour du Soleil.

## A Mouvement d'un satellite

Le mouvement d'un satellite de la Terre est étudié dans le référentiel géocentrique. Sa trajectoire dépend des conditions de son lancement. Le satellite se déplace ensuite de façon périodique sur une trajectoire appelée **orbite**.

Le mouvement d'un satellite est, entre autres, caractérisé par :

- l'inclinaison : angle entre le plan de l'orbite et celui de l'équateur terrestre ;
- la période de révolution : durée d'un tour complet.

Ces grandeurs sont choisies très précisément en fonction de la mission assignée au satellite.

## L'orbite polaire

À une altitude généralement assez basse, un satellite en orbite polaire passe au-dessus des pôles à chaque révolution.



## L'orbite géostationnaire

Un satellite géostationnaire est immobile pour un observateur terrestre. Sa période de révolution est égale à la période de rotation de la Terre autour de l'axe des pôles : 23 h 56 min.



## B Exemples de satellites artificiels de la Terre

Les **satellites Spot** sont une famille de satellites développés dans de nombreux domaines : défense, suivi des intempéries, etc. Ils évoluent à une altitude voisine de 820 km.



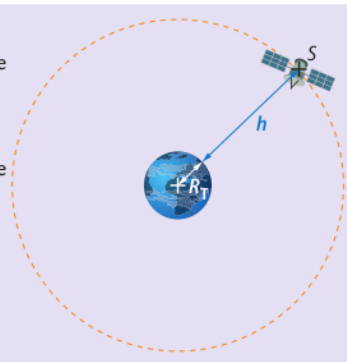
Les **satellites Météosat** forment une constellation de cinq satellites météorologiques. Chaque satellite observe constamment la même zone à la surface de la Terre.



## COMPLÉMENT SCIENTIFIQUE

Dans le référentiel géocentrique et dans l'approximation des trajectoires circulaires, la période de révolution des satellites de la Terre situés à une altitude  $h$  a pour expression :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \times M_T}}$$



## Données

- Masse de la Terre :  $M_T = 5,97 \times 10^{24}$  kg.
- Rayon de la Terre :  $R_T = 6,37 \times 10^3$  km.
- Constante universelle de gravitation :  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>·kg<sup>-2</sup>.

## Travail à effectuer

On se place dans l'hypothèse d'une trajectoire circulaire.

1. Quelle est la nature du mouvement d'un satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique, puis dans un référentiel terrestre.
2. Préciser les conditions de l'étude mécanique, puis montrer que les satellites géostationnaires évoluent à une altitude voisine de  $36 \cdot 10^3$  km.
3. Les satellites Spot et Météosat sont-ils géostationnaires ?
4. Justifier que Thomas Pesquet a vu le Soleil se lever 16 fois en 24 heures, depuis l'ISS évoluant à 410 km d'altitude.