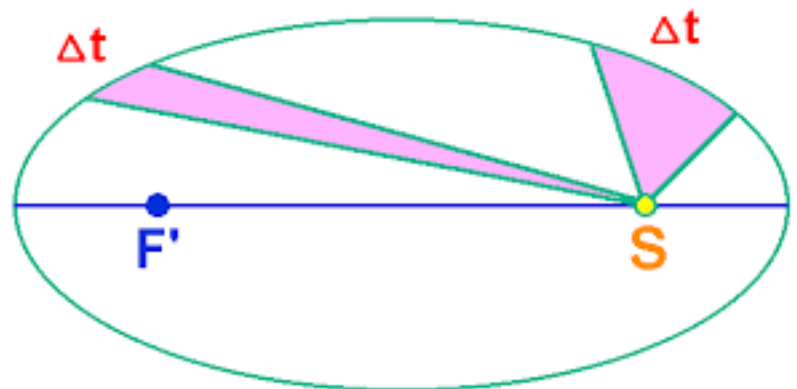


P6

Mouvement dans un champ de gravitation

- I. Les lois de Kepler
- II. Application aux mouvements célestes



P6 - MOUVEMENT DANS UN CHAMP DE GRAVITATION

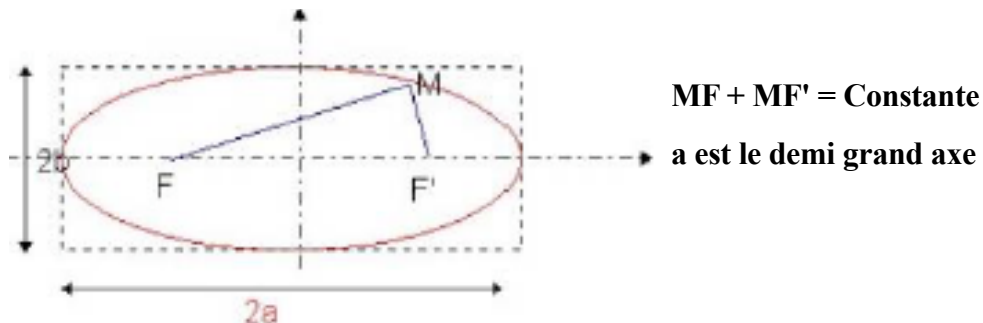
I. Les lois de Kepler

1. Evolution des idées en astronomie

- ❖ **Ptolémée** (greco-romain, II^{ème} s.) pense que la Terre est le centre du monde
 ➔ *système géocentrique*
- ❖ **Nicolas Copernic** (polonais, 1473-1543) pense que le Soleil est le centre du monde
 ➔ *système héliocentrique*
- ❖ **Johannes Kepler** (allemand, 1571-1630) exploite les mesures de son maître danois **Tycho Brahé** et énonce trois lois qui régissent le mouvement des planètes : *les trois lois de Kepler* -1606-.
- ❖ **Galileo Galilei (dit Galilée)** (italien, 1564-1642) défend le système héliocentrique dans son «*dialogue sur les deux principaux systèmes du monde*» -1632-.
- ❖ **Isaac Newton** (anglais, 1643-1727) énonce *la loi de la gravitation universelle* -1687- qui explique aussi bien le mouvement des astres que la chute des corps.

2. 1^{ère} loi : Loi des orbites

- ◆ **L'orbite de chaque planète est une ellipse, dont l'un des foyers est occupé par le Soleil.**



3. 2^{ème} loi : Loi des aires

- ◆ **Le mouvement de chaque planète est tel que le segment de droite reliant le Soleil et la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.**

4. 3^{ème} loi : Loi des périodes

- ◆ **Pour toutes les planètes, le rapport entre le cube du demi grand axe de la trajectoire et le carré de la période est le même.**

Cette constante est indépendante de la masse de la planète mais dépend de la masse du Soleil.

Application :

Kepler a étudié les mouvements des planètes autour du Soleil.

- a. Quel référentiel a-t-il choisi pour simplifier les calculs à réaliser ?
- b. Comment traceriez-vous une ellipse avec 2 bâtons, une ficelle et un crayon ?

- c. En vous aidant de la 2^{ème} loi de Kepler et/ou d'un schéma, discuter de la vitesse d'une planète lorsqu'elle parcourt son orbite.
- d. Traduire par une équation la 3^{ème} loi de Kepler.
- e. Par quel type de trajectoire simple peut-on approximer l'orbite d'une planète autour du Soleil ? En vous aidant de la 2^{ème} loi, comment varie alors la vitesse de la planète ?
- f. Les trois lois de Kepler sont-elles applicables au mouvement d'un satellite autour d'une planète ?

II. Application aux mouvements célestes

1. Rappel : loi de la gravitation universelle

Deux corps ponctuels A et B, de masses m_A et m_B , séparés d'une distance $d = AB$, exercent l'un sur l'autre des forces attractives $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ telles que :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2} \cdot \vec{u}_{AB}$$

avec la constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$



Avec $F_{A/B} = F_{B/A} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$ | F en N
m en kg
d en m

Application :

En assimilant la force au gravitation au poids au voisinage de la Terre, retrouver la valeur de l'intensité de pesanteur g à la surface de la Terre.

Données : $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

$R_T = 6380 \text{ km}$

2. Mouvement d'une planète

On considère une planète P de masse m_P qui tourne autour du Soleil de masse M_S selon une trajectoire circulaire.

- a. Exprimer le vecteur-accelération \vec{a} de la planète selon un vecteur unitaire \vec{u}_{SP} (vecteur qui a pour origine S et dirigé vers P) et donner les caractéristiques de cette accélération.
- b. Exprimer le vecteur-accelération \vec{a} dans le repère de Frenet. En déduire la vitesse v de la planète et caractériser son mouvement.
- c. L'accélération de la planète est non nulle mais sa vitesse demeure constante. Pourquoi ?
- d. Qu'est-ce que la période de révolution ? La déterminer à l'aide des résultats précédents.
- e. Retrouver la troisième loi de Kepler à partir de l'expression précédente.

Données : $M_S = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

Distance Terre-Soleil $D_{TS} = 149,6 \text{ millions de km}$

3. Les satellites géostationnaires

On considère, à présent, un satellite géostationnaire.

- a. Préciser le mouvement de ce genre de satellite par rapport à un référentiel terrestre puis par rapport au référentiel géocentrique.
- b. Par analogie avec l'étude du mouvement d'une planète autour du Soleil, donner l'expression de la vitesse v d'un satellite géocentrique en fonction, entre autres grandeurs, de son altitude h .
- c. A l'aide de la période d'un satellite géostationnaire, calculer leur altitude et leur vitesse.