

MOUVEMENTS ET LOIS DE NEWTON POUR DES CORPS CÉLESTES



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

- ✓ Connaître et exploiter les trois lois de Newton.
- ✓ Définir et reconnaître des mouvements (circulaire uniforme) et donner dans chaque cas les caractéristiques du vecteur accélération.

I. But

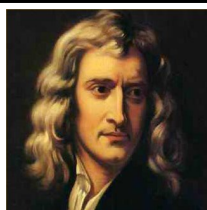
- Vérifier la deuxième loi de Newton pour un corps en orbite autour d'un autre.

II. Documents

(s'approprier)



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



Newton, physicien anglais, est né l'année de la mort de Galilée. Entré au Trinity College de l'université de Cambridge en 1661, il y effectuait ses propres recherches et enseigna alors qu'il était encore étudiant.

Son ouvrage "*Philosophiæ naturalis principia mathematica*", paru en 1687, comporte trois sections et contient l'énoncé de la loi de la gravitation universelle et celui des trois fameuses lois de Newton.

Cet ouvrage exceptionnel inclut également une part importante sur les "*processus du raisonnement en philosophie*" et une multitude de découvertes en mathématiques et en physique. Citons par exemple l'explication du phénomène des marées.

- **Première loi de Newton** ou principe de l'inertie (initialement formulé par Galilée) :

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie G d'un solide soumis à un ensemble de forces dont la somme vectorielle est nulle est soit au repos, soit animé d'un mouvement rectiligne et uniforme (le vecteur vitesse demeure constant).

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \rightarrow \vec{v} = \vec{Cte}$$

- **Deuxième loi de Newton** ou théorème du centre d'inertie :

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces appliquées à un objet ponctuel est égale au produit de la masse de l'objet par son vecteur accélération.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

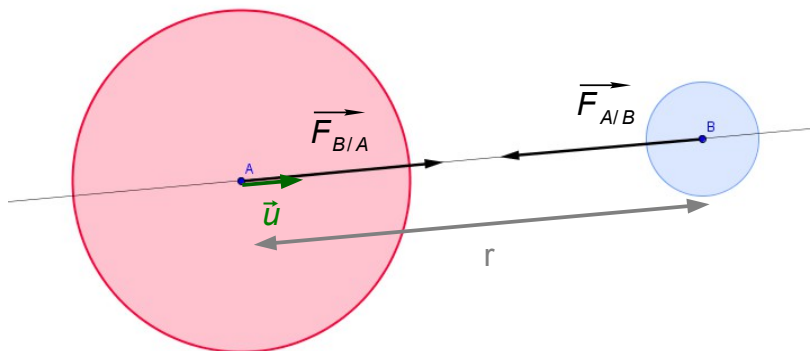
- **Troisième loi de Newton** ou principe des actions réciproques :

Lorsqu'un solide S_1 exerce une force sur un solide S_2 , le solide S_2 exerce sur le solide S_1 , la force directement opposée.

$$\vec{F}_{1/2} = - \vec{F}_{2/1}$$

II.2. Doc 2 : La loi de la gravitation universelle

Deux corps quelconques s'attirent en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de la distance de leurs centres de gravité.



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

Avec \vec{u} un vecteur unitaire et G la constante de gravitation universelle.

III. Etude du mouvement de Vénus

III.1. Manipulations



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

www.imcce.fr

- Sélectionner « Éphémérides ». Dans la section « 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.


- Sélectionner Vénus comme corps à étudier.
- 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 56, sous « Pas d'échantillonnage », rentrer 4 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 Vénus dans le référentiel héliocentrique s'affiche.

- Supprimer les dates du graphique et l'enregistrer sous forme d'image au format **.jpg**.



Comment modifier un graphique et l'enregistrer sous forme d'image dans Regressi ?

- Cliquer l'icône « Coordonnées »  puis sélectionner l'onglet « Date = f(Long) » et cliquer sur « Supprimer ».
- Dans le menu déroulant « Copier graph » au dessus du graphique, sélectionner « Enregistrer graphique ».
- Choisir « format JPEG » et nommer votre fichier.

- Lancer le logiciel LatisPro.
- Cliquer sur l'icône « Lecture de séquences AVI » . Cliquer sur « Fichiers » et sélectionner votre image précédente.
- Etalonner le logiciel en suivant les étapes à droite de la fenêtre de haut en bas.



Il faut bien respecter les unités...

Données :

- **Durée d'un jour en millisecondes : $\Delta t = 86\,400\,000\text{ ms}$**
 - **Unité astronomique : $1\text{ ua} = 149\,597\,871\,000\text{ m}$**
- Pointer manuellement avec la plus grande précision les différentes positions occupées par Vénus puis cliquer sur le bouton « Transférer vers les vecteurs ».

Appel du professeur

III.2. Exploitation des résultats

(analyser, valider)



- Observer le vecteur vitesse et le vecteur accélération aux différentes positions de Vénus en pointant ces positions.
- En tenant compte des erreurs de mesure, que peut-on remarquer ?
- A quelque chose près, comment peut-on qualifier le mouvement de Vénus dans le référentiel héliocentrique ?
- Relever la valeur de l'accélération à différentes dates.
- Vénus respecte-t-elle la deuxième loi de Newton ?
- Conclure.

Données :

- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
- Masse du Soleil : $M_s = 1,989 \cdot 10^{30}\text{ kg}$

Appel du professeur

IV. Etude du mouvement de Mercure

IV.1. Manipulations

(réaliser)



- Réaliser la même manipulation que précédemment pour Mercure dans le référentiel héliocentrique.
- Sous « Nombre de dates », rentrer 44, sous « Pas d'échantillonnage », rentrer 2 jours.

Appel du professeur

IV.2. Exploitation des résultats

(analyser, valider)



- Observer le vecteur vitesse et le vecteur accélération aux différentes positions de Mercure en pointant ces positions.
- En tenant compte des erreurs de mesure, vers quel point pointe le vecteur accélération ?
- Sa vitesse est-elle constante ? Où est-elle la plus grande ? Où est-elle la plus petite ?
- Relever la valeur de l'accélération à différentes dates.
- Mercure respecte-t-elle la deuxième loi de Newton ?
- Conclure.

Appel du professeur

V. Compte-rendu

(communiquer)



- Rédiger le compte rendu de cette activité de modélisation.



Fiche méthode : Rédiger un compte rendu d'activité expérimentale