

Newton et la pomme

Objectif

Interpréter des documents présentant des arguments historiques pour discuter la théorie héliocentrique.

Constitution du groupe

6 élèves dont :

- 3 HGGSP
- 2 Math
- 1 PC



Figure 1: Newton (d'après Gotlib)

Pour l'exposé

Vous ne travaillez que sur une toute partie de l'Histoire. Votre groupe (G6) aura 10 minutes maximum pour présenter ses arguments, dont 2 minutes maximum par élève.

- G1 : le modèle de l'Antiquité
- G2 : Aristarque
- G1 : Les complications du modèle antique
- G3 : Ptolémée
- G1 : Le problème du calendrier
- G4 : Copernic
- G1 : De Copernic à Galilée
- G5 : Galilée
- G1 : L'héliocentrisme et l'Eglise
- **G6 : Isaac Newton**
- G1 : Conclusion

L'histoire qui raconte que c'est lors d'une sieste sous un pommier que Newton eut l'idée de la gravitation est une légende. On retrouve cependant bien une pomme dans ses correspondances.

L'objectif de cette activité est de faire le lien entre la pomme décrite dans la correspondance et la légende bien connue. Pour cela, on va passer d'une situation réelle, le mouvement de la lune, à un modèle qui nous permettra en retour d'interpréter la réalité.

Problématique

Comment la chute d'une pomme a remis en question le modèle aristotélicien du cosmos ?

1. Isaac Newton

HGGSP

1. Faire des recherches sur la vie de Newton et présenter une courte biographie.

Document 1 : Traduction de la correspondance entre Newton et Halley en 1684.

Halley : « Monsieur, je viens vous demander quelle serait la trajectoire des planètes, si la gravité diminuait en fonction inverse du carré de la distance ? »

Newton : « Cette trajectoire serait une ellipse. Elle pourrait être également une parabole, une hyperbole ou, bien sûr, un cercle, selon les conditions initiales du mouvement. Quelle ressemblance y a-t-il entre le mouvement de la Lune qui ne tombe pas et tourne, et celui d'une pomme qui tombe et ne tourne pas ? La réponse est facile. Si je lâche une pomme, elle tombe à mes pieds ; Si je la lance devant moi, elle tombe à quelques mètres de moi et plus je la lance fort, plus elle tombe loin... Si je tiens compte de la sphéricité de la Terre, je vais constater qu'à la limite, avec une force considérable, elle viendrait retomber à mes pieds en me revenant par derrière, après avoir fait un tour de la Terre. Vous le voyez, Monsieur, il n'y a pas bien loin entre les comportements apparemment si différents de la pomme et de la Lune. »

2. Faire des recherches sur qui est Halley et qu'est-ce qui l'a rendu célèbre.

2. Modélisation de la situation pour la Lune

PC

Document 2 : Extrait du livre troisième des « Principes mathématiques de la philosophie naturelle »

Proposition IV – théorème IV

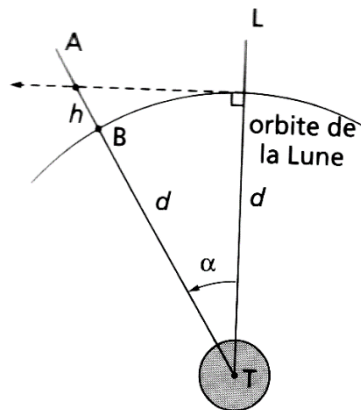
« La Lune gravite vers la Terre, et par la force de la gravité elle est continuellement retirée du mouvement rectiligne et retenue dans son orbite. »

Document 3 : Extrait du livre troisième des « Principes mathématiques de la philosophie naturelle »

[...] Prenons 60 demi-diamètres de la Terre pour la distance moyenne Terre-Lune ; et supposons que la révolution de la Lune autour de la Terre, par rapport aux étoiles fixes, s'achève en 27 jours 7 heures et 43 minutes, comme les astronomes l'ont déterminé : enfin prenons 123 249 600 pieds de Paris pour la circonférence de la Terre, suivant les mesures prises en France : on aura 15 ½ pieds de Paris pour l'espace que la Lune parcourait en une minute, si elle était privée de tout autre mouvement et qu'elle descendit vers la Terre par la seule force qui la retient dans son orbite.

Unités de mesures de longueur

1 pied de Paris = 0,326 m

Document 4 : Modélisation du mouvement de la Lune

1. Quel référentiel privilégié pour l'étude de la trajectoire de la Lune ?
2. Décrire la trajectoire dans ce référentiel.
3. Que représente la distance d sur le schéma ?
4. Que représente la ligne en pointillés sur le schéma ? Rappeler le principe d'inertie.
5. Expliquer la proposition IV faite par Newton.
6. Que représente la hauteur h sur le schéma ?

3. Réalisation de calculs à partir du modèle**MATH**

1. Convertir la circonférence de la Terre retenue par Newton en mètres.
2. Calculer la valeur du rayon terrestre R .
3. L'ordre de grandeur de cette valeur est-elle en accord avec la valeur connue aujourd'hui (6400 km) ? Justifier en calculant un écart relatif.
4. D'après Newton, que vaut la distance d ? La calculer en mètre et la comparer à la valeur retenue actuellement (384 400 km). Réaliser un écart relatif.
5. Convertir 27 jours 7 heures et 43 minutes en minutes.
6. Quelle est la valeur de l'angle α associé à cette durée ?
7. Montrer que l'angle α dont a tourné la Lune en 1 minute vaut $9,5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ$.
8. Exprimer la distance LA en fonction de d , h et $\sin \alpha$.
9. En utilisant le triangle TLA, écrire une relation entre h , d et α .

10. Montrer que l'on peut déduire l'expression suivante :

$$h = \frac{d}{\cos\alpha} - d$$

11. Calculer la valeur de h en mètres. Elle représente la hauteur de chute de la Lune en une minute.

4. Modélisation de la situation pour la pomme

MATH

Pendant la première seconde de chute, une pomme tombe d'une hauteur H, alors que la Lune, située à 60 rayons terrestres (6400km pour Newton) du centre de la Terre, « tombe » de la distance $h = AB$. Une petite équation de la dynamique nous dit qu'en 1s de chute, la pomme tombe de la hauteur : $H = \frac{1}{2} \times g \times t^2$ avec $g = 10\text{N/kg}$, t exprimé en seconde et H en mètre.

1. Dans quel référentiel étudier la chute de la pomme ?
2. Réaliser un diagramme objet-interaction pour la pomme en chute libre.
3. Calculer en mètre la hauteur H dont chute la pomme en une minute.
4. Calculer le rapport $\frac{H}{h}$.
5. Que représente physiquement la valeur obtenue à la question précédente ?
6. Calculer le rapport $\frac{d}{R_L}$.
7. Que représente physiquement la valeur obtenue à la question précédente ?
8. Calculer le carré du rapport $\frac{d}{R_L}$.
9. Comparer les rapports $\frac{H}{h}$ et $\left(\frac{d}{R_L}\right)^2$.
10. Compléter la proposition suivante :

La Lune située _____ fois plus loin que la pomme (du centre de la Terre) parcourt une longueur _____ fois plus faible que la pomme dans la chute libre pendant la même durée. Cela signifie que la force qui attire la lune est _____ fois plus faible que celle qui attire la pomme. La loi de force est donc en $1/r^2$ avec r distance entre _____ et _____.

11. Expliquer comment le terme « universelle » pour parler de la loi trouvée par Isaac Newton.

5. La force prédictive du modèle

Dans *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Isaac Newton (1642-1727) décrit les mouvements des objets sur Terre et dans les cieux par trois lois mathématiques. Edmond Halley les applique dans le modèle héliocentrique pour prévoir le retour d'une comète.

1. Rechercher de quelle comète il s'agit.
2. A quelle date est prévue le retour de cette comète ?
3. A quelle date revint-elle dans le ciel ?
4. Expliquer pourquoi cette prédiction permet à la science de gagner un statut de toute puissance.



Figure 2: Newton (d'après Gotlib)

6. La découverte de Neptune

1. Citer les planètes du système solaire visibles à l'œil nu.
2. Rechercher quand a été découvert Uranus et par qui.
3. Rechercher comment Neptune a été découvert et par qui.
4. Pourquoi la loi de gravitation met fin au débat des modèles héliocentrique/géocentrique tout en favorisant l'émergence de la physique mathématique ?