



Jusqu'au XVI^{ème} siècle, les astronomes pensaient que la Terre était le « centre du monde ». Après les travaux de Nicolas Copernic (1543), les astronomes « replacent » le Soleil au centre du système solaire. Une question se pose alors : pourquoi les planètes tournent-elles autour du Soleil, ou encore, pourquoi la Lune et les satellites artificiels tournent-ils autour de la Terre ? Les deux phénomènes auraient-ils la même explication ?

Document 1 : Newton et la légende de la pomme

En 1665, la peste se déclare à Londres. Isaac Newton interrompt ses études et se réfugie dans la campagne anglaise du Lincolnshire. La légende veut que ce soit en observant la chute d'une pomme dans son jardin qu'il eut l'idée de sa théorie de la gravitation universelle.

« L'attraction qui attire la pomme vers le sol ne peut pas limiter ses effets à la hauteur du pommier : elle agit aussi au sommet des montagnes ! Pourquoi ne s'étendrait-elle pas jusqu'à la Lune ? Ainsi, la Lune et la pomme seraient toutes deux "captives" de la Terre.

Et si le Soleil maintenait de manière analogue l'ensemble des planètes sur leur orbite ? Alors la loi d'attraction serait universelle : elle s'appliquerait aussi bien à une pomme qu'au Soleil ! »



Rubrique à Brac © Gollib - Dargaud

Comme la pomme, la Lune devrait tomber sur la Terre, mais son mouvement la fait perpétuellement tomber « à côté » de la Terre. Sa vitesse lui permet d'être en orbite autour de notre planète. C'est la même force qui fait tomber la pomme et qui maintient la Lune sur son orbite : sans elle, la Lune partirait en ligne droite.

Newton imagine de lancer un boulet de canon avec une vitesse horizontale de plus en plus élevée : le boulet retomberait de plus en plus loin et il arriverait un moment où sa trajectoire s'incurverait pour suivre le contour de la Terre ; il deviendrait alors un satellite de la Terre comme la Lune !

Afin d'interpréter le mouvement d'une planète autour du Soleil, Newton compare ce mouvement à celui du caillou dans une fronde :



« La pierre qu'on fait tourner par le moyen d'une fronde agit sur la main en tendant la fronde ... et elle s'échappe aussitôt qu'on ne la retient plus. L'action exercée par la main pour retenir la pierre, laquelle est contraire à l'action par laquelle la pierre tend la fronde, est donc toujours dirigée vers la main, centre du cercle décrit par la pierre ...

Il en est de même de tous les corps qui se meuvent en rond ...

Sans le secours d'une action dirigée vers le centre de leur révolution, ils s'en iraient en ligne droite d'un mouvement uniforme. »

D'après *Philosophiae Naturalis Mathematica*, Issac Newton, 1687

Document 2 : Modèle mathématique de la force gravitationnelle

« Deux corps massiques quelconques s'attire avec une force directement proportionnelle au produit de leur masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance »

D'après *Philosophiae Naturalis Mathematica*, Issac Newton, 1687.

Un objet A de masse m_A subit une attraction de la part d'un objet B de masse m_B situé à une distance d . Cette attraction est modélisée par une force : la force de gravitation, dont l'intensité est notée F_G .

L'expression de l'intensité de la force est donnée ci-contre, avec :

F_G : valeur de la force (en N)

m_A et m_B : masses (en kg)

d : distance entre les centres de gravités de A et B (en m)

G : constante gravitationnelle ($G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$)

$$F_G = G \frac{m_A m_B}{d^2}$$

Le coefficient G a une faible valeur : la force de gravitation n'est perceptible que pour des masses importantes (étoiles, planètes, etc.).

La force diminue quand la distance augmente.

La force de gravitation est proportionnelle aux masses des objets en interaction.

La pomme

1. Quelle est la cause commune du mouvement de la Lune et de celui de la pomme qui tombe ?
2. Pourquoi, contrairement à la pomme, la Lune ne s'écrase-t-elle pas sur la Terre ?
3. Pourquoi utilise-t-on le qualificatif « universelle » pour la théorie de la gravitation de Newton ?

La fronde

4. Dans une fronde, quel est l'auteur de l'action mécanique qui retient la pierre? Sur un schéma, indique la direction et le sens de cette action à l'aide d'une flèche rouge.
5. Quelle est la trajectoire de la pierre avant libération ? Et après libération ?
6. Dans la fronde, la pierre exerce-t-elle une action sur la main ? Si oui, indique sur le schéma précédent la direction et le sens de cette action à l'aide d'une flèche verte.
7. Par analogie avec la fronde, fais le schéma du mouvement de la Lune autour de la Terre et indique la direction et le sens de l'action qui maintient la Lune sur sa trajectoire.
8. Quel est l'auteur de l'action qui maintient la Lune sur sa trajectoire ? Comment se nomme-t-elle ? Donne les caractéristiques de cette action.
9. Toujours pas analogie avec la fronde, la Lune exerce-t-elle une action sur la Terre ? Si oui, propose un exemple de l'effet de la Lune sur la Terre.
10. Pourquoi l'action exercée par la Terre sur la Lune est-elle appelée **interaction** gravitationnelle ? Quelles différences existe-t-il entre **la force** d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune et celle exercée par la Lune sur la Terre ?
11. Quelle est la différence entre les actions exercées dans le cas de la fronde avec la pierre et dans le cas de la Lune avec la Terre ?

Intensité de l'interaction

Données

- masse de la Terre : $m_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$
 - rayon de la Terre : $R_T = 6,371 \times 10^6 \text{ m}$
 - constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$
 - pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N/kg}$
12. Comment varierait l'intensité de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune si la Lune était 2 fois plus massive ? Et si elle était 2 fois plus loin ?
 13. Calcules l'intensité de la force de gravitation que la Terre exerce sur toi (pour cela, on considère que toute la masse de la Terre est concentrée dans son centre et que tu te trouves à sa surface, donc à une distance correspondant au rayon de la Terre).
 14. Calcules ton poids ($P = m \times g$). Que remarques-tu ?
 15. Si $P = F_G$, quelle est alors l'expression de g en fonction de la masse et du rayon de la Terre ?
 16. Calcules l'intensité de la force de gravitation que tu exerces sur ton voisin de classe si vous étiez séparé d'une distance de 1 m et compare-la à l'intensité de la force de gravitation que la Terre exerce sur toi. Explique alors pourquoi tu n'es pas "attiré" gravitationnellement par les gens qui t'entourent.