

COURS

POURQUOI LES PLANETES DU SYSTEME SOLAIRE RESTENT-T-ELLES EN ORBITE AUTOUR DU SOLEIL ?

I – RAPPELS SUR LES FORCES

1) Généralités

Une force s'exprime en _____ dont le symbole est F . Elle se mesure à l'aide d'un _____
 Elle possède trois caractéristiques : une _____, un _____ et une _____ ou norme
 On la représente donc par l'intermédiaire d'un vecteur.

2) Les forces à distance

a) le poids

Un objet possède une masse qui se mesure à l'aide d'une _____. La masse s'exprime en _____
 Un objet est attiré par la terre. Cette force se nomme _____.

Les caractéristiques du vecteur poids sont :

- ✓ **Direction** : _____
- ✓ **Sens** : _____
- ✓ **Valeur** : _____



Représentation : le vecteur à son origine au _____
 $P =$ _____
 Avant de le tracer il faut choisir _____
 Ici 1cm \Leftrightarrow _____



Terre

Cf. T.P. : Le poids d'un corps

b) Autres forces à distances

- ✓ Il existe deux autres forces qui s'exercent à distance : _____

3) Les forces de contact

a) La tension d'un fil

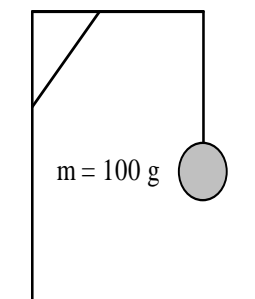
Une masse de 100 g est suspendue à un fil;
 Les forces qui s'exercent sur la masse sont :

- ✓ _____
- ✓ _____

Ces deux forces sont _____

échelle 1cm \Leftrightarrow 1 N

$P =$ _____



b) La force de réaction normale

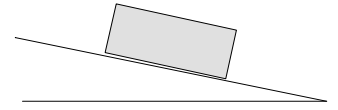
Un objet de masse $m = 100 \text{ g}$ repose sur un plan

Si le sol est horizontal

Forces : ✓ _____
 ✓ _____



sol horizontal



sol incliné

Si le sol est incliné

Forces : ✓ _____
 ✓ _____

4) Effets d'une force sur un mouvement

a) Effet dynamique d'une force

Une force s'appliquant sur un corps peut modifier :

- la trajectoire d'un système
ou
- la vitesse (valeur, direction, sens) d'un système
ou
- la trajectoire ainsi que la vitesse d'un système.

Lorsqu'une force \vec{F} agit sur un objet en mouvement :

- si la direction de la force \vec{F} est parallèle à la trajectoire, elle modifie la vitesse, mais ne modifie pas la trajectoire de l'objet
- si la direction de la force \vec{F} est perpendiculaire à la trajectoire, elle modifie la trajectoire, mais ne modifie pas la vitesse de l'objet.
- si la direction de la force \vec{F} a une direction quelconque par rapport à la trajectoire, elle modifie la vitesse et la trajectoire de l'objet.

b) Influence de la masse d'un système

L'effet d'une force sur le mouvement d'un système dépend de la masse du système. Plus la masse est faible, plus l'effet de la force est important.

II - LE PRINCIPE D'INERTIE

1) Peut-il y avoir mouvement sans force ?

Aristote (384-322 avant J.C.) considérait que le mouvement rectiligne et uniforme d'un corps ne pouvait exister que si une force motrice était exercée sur ce corps pour maintenir sa vitesse constante.

Galilée (1564-1642) savait qu'il n'était pas nécessaire d'exercer une force pour maintenir le mouvement rectiligne et uniforme d'un corps. Cependant il pensait que le mouvement sans force ne pouvait pas exister sur Terre à cause du poids du corps.

Dès 1686, **Isaac Newton** a énoncé le principe d'inertie qui répondit à la question .

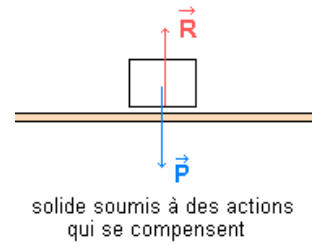
Cf. *Activité documentaire : Newton et la gravitation (Nathan p.214)*

2) Principe d'inertie dans le référentiel terrestre, géocentrique et héliocentrique

a) Définition d'un principe

b) Forces qui se compensent

Les forces s'exerçant sur un corps se compensent si leurs effets combinés n'engendrent aucune modification du mouvement de ce corps. La somme des vecteurs associés à des forces qui se compensent est un vecteur nul.



c) Énoncé du principe d'inertie :

d) Réciproque du principe d'inertie

e) Réponse à la question : Peut-il y avoir mouvement sans force

III - LA FORCE D'ATTRACTION GRAVITATIONNELLE

1) Quête de nombreux scientifiques et philosophes à travers l'Histoire

L'Histoire a retenu qu'en l'année 1665, **Isaac Newton** (1642-1727), alors jeune étudiant, eut l'idée de la gravitation universelle en contemplant la chute d'une pomme. En fait, il s'appuya sur les nombreuses hypothèses émises depuis l'Antiquité et sur les travaux de ses contemporains.



Rubrique à Brac © Gotlib - Dargaud

Pendant des siècles, l'astronomie n'a eu d'autre objet que la description des mouvements des corps célestes.

Dès l'Antiquité, les astronomes essayent de prévoir les déplacements des planètes en choisissant un référentiel dans lequel les trajectoires sont les plus simples possibles.

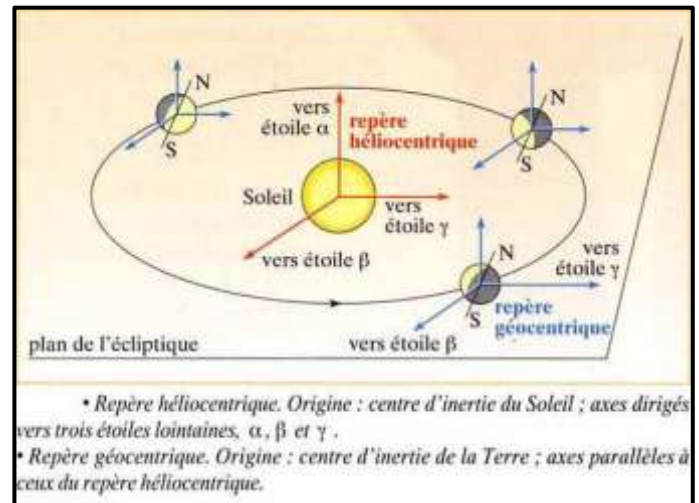
Pour **Ptolomée** (2^{ème} siècle après J.C.), la Terre, autour de laquelle tournent le Soleil et les planètes, occupe le centre du Monde.

En 1543, **Copernic** (1473-1543) publie un traité selon lequel le Soleil est le centre du Monde. **Copernic** est à l'origine d'une "révolution" privilégiant le référentiel héliocentrique.

Il faut attendre les travaux de **Kepler** (1571-1630) pour avoir une description du mouvement des planètes voisine de celle qui est aujourd'hui admise.

Utilisant les résultats des observations de son maître **Tycho Brahé**, **Képler** publie, en 1609 et 1619, les trois lois qui décrivent le mouvement des planètes autour du Soleil.

A la même époque que **Képler**, **Galilée** (1564-1642) découvre le principe de l'inertie qui ouvre de nouvelles perspectives pour comprendre la cause des mouvements. Il argumente en faveur du système héliocentrique.



L'idée de gravitation se précise parallèlement au développement de l'astronomie. **Copernic** estime que la gravité est une attraction naturelle qui fait de chaque corps céleste un centre agissant sur le reste de la matière de l'Univers.

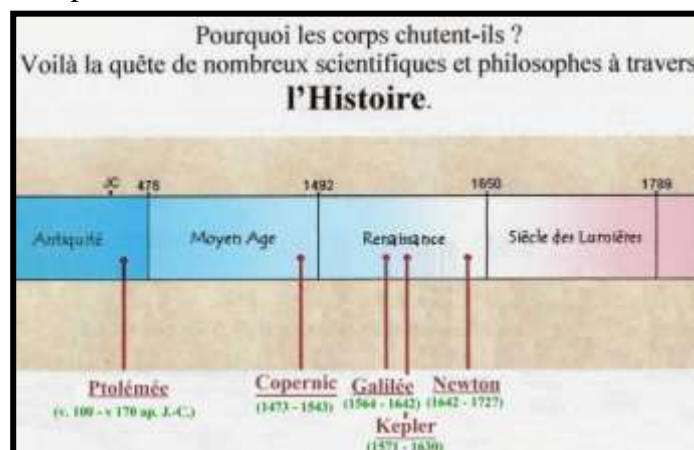
Képler pense, à tort, que l'attraction entre deux astres décroît en raison inverse de la distance qui les sépare.

C'est à **Newton** (1642-1727) que revient la gloire de trouver que l'attraction décroît, en fait, en raison inverse du carré de la distance : cette découverte permet de justifier **les lois de Kepler** décrivant le mouvement des planètes.

S'appuyant sur les travaux de **Képler**, **Newton** émet l'hypothèse que les forces qui régissent le mouvement des astres sont de même nature que celles qui attirent un corps vers le sol.

En 1687, il publie la loi de la gravitation universelle dans ses célèbres **Philosophia naturalis principia mathematica**.

Il explique ainsi de nombreux phénomènes : comme le mouvement de la Lune et l'existence des marées.



2) Analyse de quelques extraits d'un texte historique sur la gravitation écrit par Isaac Newton

Extraits relatifs à la problématique: Pourquoi la Lune reste-t-elle au voisinage de la Terre ?

"La Lune tombe sur la Terre, si elle ne tombait pas, il y a longtemps qu'elle ne serait plus là et elle nous fuirait indéfiniment" [...]

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

"La force qui retient la Lune dans son orbite tend vers la Terre et est en raison réciproque* du carré de la distance des lieux de la Lune au centre de la Terre. " [...]

* signifie en français contemporain : inversement proportionnel à d^2

"La gravité appartient à tous les corps, et elle est proportionnelle à la quantité de matière que chaque corps contient " [...]

« L'action et la réaction sont toujours égales » en d'autres termes : si une planète A exerce une force sur une planète B alors la planète B exerce la même force sur la planète A.

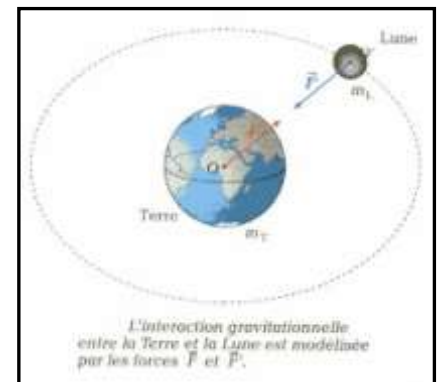
QUESTIONS :

- 1/ Si la Lune ne tombait pas sur la terre, quelle serait sa trajectoire ?
- 2/ Quel principe utilisez-vous pour le justifier ?
- 3/ Quel est l'objet acteur de cette force de gravité ?
- 4/ Quel est l'objet receveur ?
- 5/ S'agit-il d'une force d'attraction ou de répulsion ?
- 6/ On note d la distance entre le centre de la Terre et le centre de la Lune.

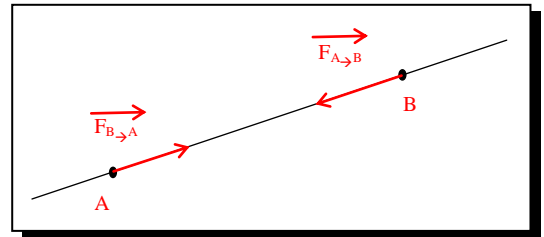
La valeur de la force de la gravité est-elle proportionnelle à d ? ou à d^2 ? ou à $\frac{1}{d^2}$

Justifier votre réponse d'après le texte.

- 7/ A quelle grandeur pensait Newton en écrivant : "proportionnelle à la quantité de matière que chaque corps contient." ?
- 8/ En exploitant le texte, établir l'expression de la force de gravité entre la Terre et la Lune en fonction de la masse de la Terre (notée m_T), la masse de la Lune (notée m_L) et la distance entre la Lune et la Terre (notée d).
- 9/ Qu'est-ce qu'implique la phrase « L'action et la réaction sont toujours égales » ?



3) Généralisation : expression de la force d'attraction gravitationnelle



Remarque : Les masses m_A et m_B sont alors celles des astres en interaction et la distance d est celle qui sépare leurs centres.

4) Les forces de gravitation au sein du système solaire

1) Calculer la force d'interaction gravitationnelle existant entre la Terre et le Soleil

Données :

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$m_{\text{Soleil}} = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$m_{\text{Terre}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$d_{\text{Soleil-Terre}} = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$$

2) Calculer la force d'interaction gravitationnelle existant entre Neptune et le Soleil

Données :

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$m_{\text{Soleil}} = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$m_{\text{Neptune}} = 102,43 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

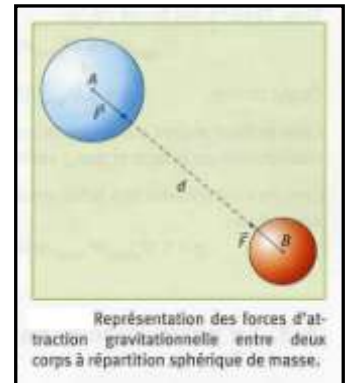
$$d_{\text{Soleil-Neptune}} = 4\,495,06 \cdot 10^6$$

3) Pourquoi les planètes du système solaire restent-elles en orbite autour de soleil ?

5) Les forces de gravitation à la surface de la Terre

- 1) Calculer le poids de chaque élèves dont la masse de l'un est de $m_A = 80\text{kg}$ et la masse de l'autre est de $m_B = 50\text{kg}$
Données : $g = 9,8\text{N.kg}^{-1}$

- 2) Calculer la force de gravitation s'exerçant entre deux élèves dont la masse de l'un est de 80kg et la masse de l'autre est de 50kg séparées d'une distance (notée d) de 1m .



- 3) Comparer le poids et la force d'attraction gravitationnelle entre ces deux élèves.

- 4) Pourquoi les deux élèves ne ressentent-ils pas l'attraction mutuelle due à la gravitation ?

IV - POIDS ET FORCE GRAVITATIONNELLE

- 1) Comparer la force d'attraction gravitationnelle entre un objet et la Terre et le poids de cet objet

- 1) Schématiser un parallélépipède de masse $m = 0,80\text{ kg}$ posé sur le sol et représenter les forces qui s'exerce sur ce pavé.

- 2) Calculer le poids P de ce pavé.
Données : $g = 9,8\text{ N. kg}^{-1}$

3) Schématiser la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le même pavé

4) Calculer cette force gravitationnelle

Données : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Rayon de la Terre : 6380 km

Masse de la Terre : $m_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

5) Comparer le poids de cet objet et la force d'attraction gravitationnelle que la Terre exerce sur cet objet.

2) La pesanteur g

a) Expression de la pesanteur g sur Terre

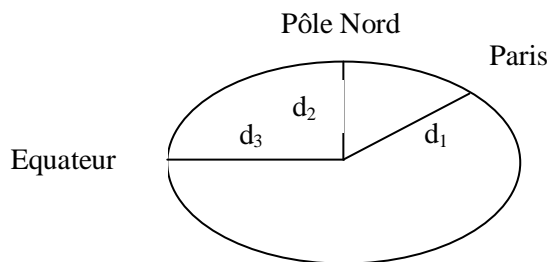
b) De quoi dépend la valeur de la pesanteur ?

De la position géographique à la surface de l'astre

On se place à l'équateur, au pôle Nord et à Paris, c'est à dire à trois latitudes différentes au niveau de la mer.

En utilisant l'expression littérale ci-dessus et sachant que $m_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg, compléter le tableau suivant :

	d (km)	g (N/kg)
Paris	6378	
Pôle Nord	6369	
Equateur	6386	



De l'altitude du lieu considéré

Ecrire l'expression de g en remplaçant d par $(R_T + h)$, où R_T est le rayon moyen de la Terre et h l'altitude.

En utilisant cette expression, et sachant que $R_T = 6380$ km, compléter le tableau suivant :

	h (km)	g (N/kg)
Everest	8,844	
Station internationale	400	
Satellite géostationnaire	36000	

De l'astre exerçant la force gravitationnelle



- 1 - Redonner l'expression littérale de la pesanteur terrestre à sa surface notée g_{Terre} .

- 2 - Calculer la valeur de la pesanteur à la surface de la planète de la Terre que nous noterons g_{Terre} .

Données : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
 $m_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
 $R_T = 6380 \text{ km}$

- 3 - Par analogie avec l'expression trouvée à la question 1 donner l'expression littérale de la pesanteur lunaire à sa surface g_{Lune} .

- 4 - Calculer la valeur de la pesanteur lunaire.

Données : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
 $m_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
 $R_L = 1740 \text{ km}$

- 5 - Quelle grandeur est modifiée sur la Lune : le poids ou la masse d'un objet ?

- 6 - Calculer le rapport $\frac{g_{\text{Terre}}}{g_{\text{Lune}}}$. Tintin a-t-il raison ?

- 7 - D'après vous, pourquoi l'intensité de la pesanteur est-elle plus petite sur la Lune que sur la Terre ?