

La gravitation universelle – Masse et poids

Durée: 3H

Thème: mouvement et interactions

Attendus de fin de cycle: Modéliser une interaction par une force caractérisée par un point d'application, une direction, un sens et une valeur

Connaissances et compétences associées:

- Exploiter l'expression littérale scalaire de la loi de gravitation universelle, la loi étant fournie.
- Force : point d'application, direction, sens et Valeur.
- Force de pesanteur et son expression $P=mg$.

Objectifs :

- Connaître la loi de la gravitation universelle.
- Représenter une force par un vecteur.
- Distinguer masse et poids d'un objet.
- Quelle relation existe-t-il entre la masse et le poids d'un objet ?



Jusqu'au XVIème siècle, les astronomes pensaient toujours que la Terre était le « centre du monde », mais en 1543, Nicolas Copernic, proposa une nouvelle théorie, qui plaça le Soleil au centre de l'univers. Plusieurs questions se posaient :

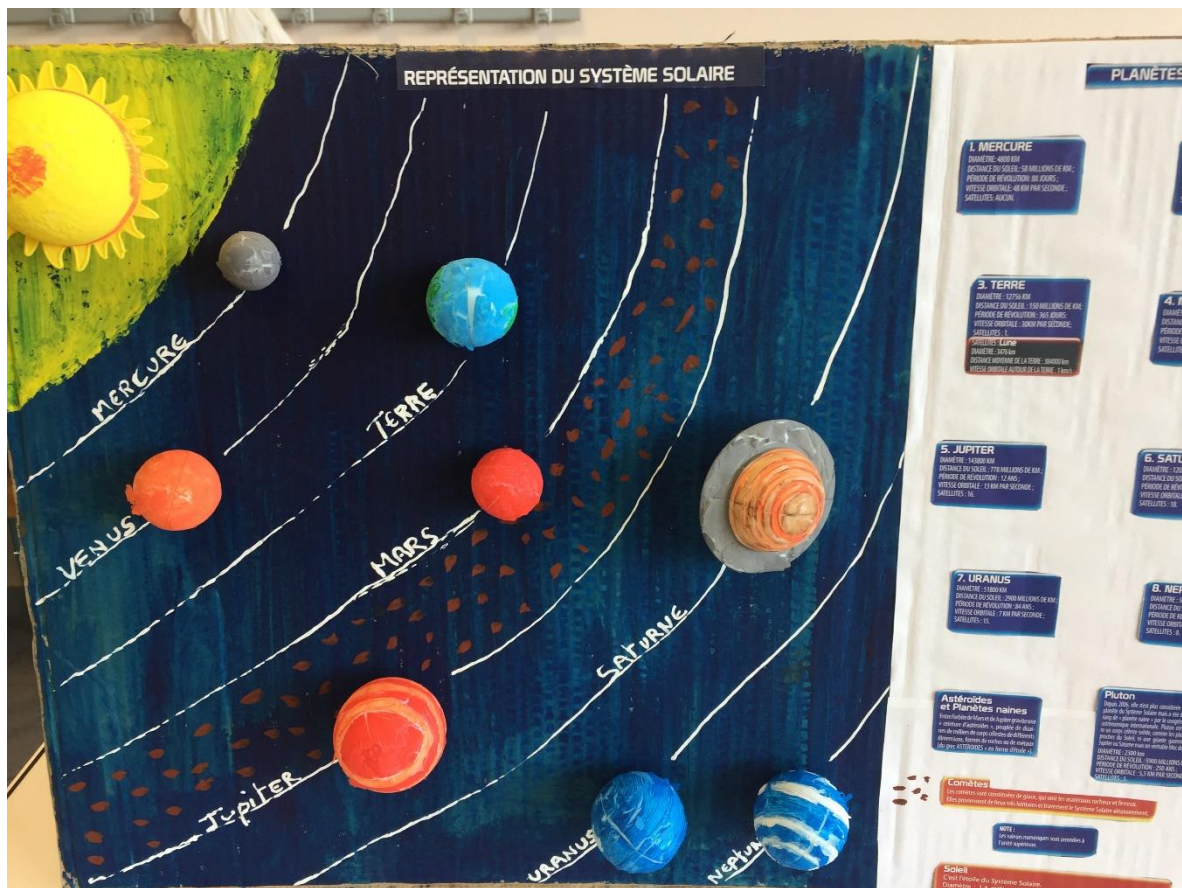
- Pourquoi la Terre tourne-t-elle autour du Soleil ?
- Pourquoi la Lune tourne-t-elle autour de la Terre ?
- Est-ce la même explication pour ces deux phénomènes ?

Il faudra attendre 1687 pour qu'Isaac Newton donne les réponses à ces questions.

I] La gravitation universelle

1.Le système solaire

Planète	Distance moyenne au Soleil (en millions de km)	Période de rotation	Période de révolution	Nombre de satellites
Mercure	58	58,6 jours	88 jours	0
Vénus	108	243 jours	225 jours	0
Terre	150	24 h	365,25 jours = 1 an	1
Mars	228	24,6 h	1 an et 322 jours	2
Jupiter	778	9,92 h	11 ans et 315 jours	63
Saturne	1420	10,7 h	29 ans et 155 jours	60
Uranus	2870	17,2 h	84 ans et 40 jours	27
Neptune	4500	16,1 h	164 ans et 324 jours	13



Production d'élèves.

Pourquoi les planètes restent-elles autour du soleil ?

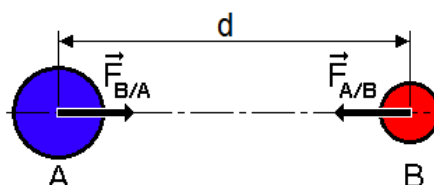
Isaac Newton publie ses travaux en 1687 en développant sa théorie de l'attraction gravitationnelle universelle : les corps s'attirent mutuellement avec une force proportionnelle à leur masse et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.

Le Soleil exerce une attraction sur chacune des huit planètes qui permet de les maintenir sur leurs trajectoires. Le Soleil et les planètes sont donc en interaction à distance, cette interaction est attractive et c'est ce qu'on appelle l'interaction gravitationnelle ou la gravitation universelle.

Chaque planète du système solaire possède une masse importante et attire donc aussi le Soleil, mais cette attraction a peu d'effets car la masse du Soleil est beaucoup plus importante car elle représente 1000 fois celle de l'ensemble des planètes.

2. La gravitation universelle

Deux corps A et B, de masse m_A et m_B , séparés par une distance d , s'attirent mutuellement du fait de leur masse. Cette interaction, appelée interaction gravitationnelle, est modélisée par deux forces, de sens opposés.



La valeur de la force exercée par A sur B, est égale à la valeur de la force exercée par B sur A.

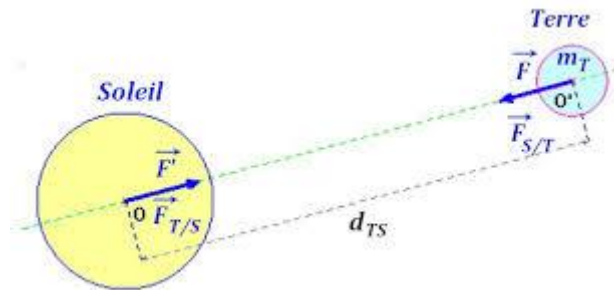
$$F = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

3. Force gravitationnelle du soleil sur la terre

Les caractéristiques de cette force sont :

- Sa direction : la droite qui passe par les centres de la terre et du soleil
- Son sens : de la terre vers le soleil
- Son point d'application : le centre de la terre
- Sa valeur :

$$F_{S/T} = F_{T/S} = G \times \frac{M_S \times M_T}{d^2}$$



III Masse et poids d'un objet

1. Différences entre ces deux grandeurs

La **masse** d'un objet est une grandeur physique invariable, qui dépend de la quantité de matière de l'objet. Elle se mesure avec une **balance** et s'exprime **en kg** (unités de référence).



Le **poids** d'un objet dépend du lieu où l'on se trouve. Il correspond à la **force d'attraction de la Terre sur l'objet**. Un objet tombe car la terre exerce une force d'attraction à distance, appelée le poids de l'objet. On dit que l'objet est soumis à son poids. Il se mesure avec un **dynamomètre** et s'exprime **en N** (Newton, unités de référence).

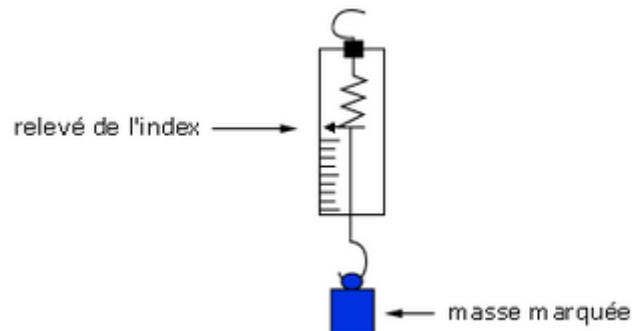


Les caractéristiques du poids sont :

Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité
Centre de gravité G	Verticale	Vers le bas	Valeur en newton qui se mesure avec un dynamomètre

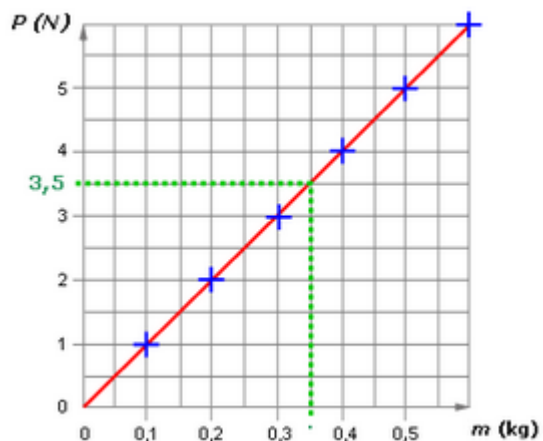
2.Relation entre la masse et le poids

Expérience : on accroche des masses marquées (appelées aussi des poids) de masses différentes à un dynamomètre et on mesure leur poids respectif.



Résultats :

Masse (kg)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Poids (N)	1	2	3	4	5	6



Conclusion :

On remarque que la masse et le poids sont deux grandeurs proportionnelles (fonction linéaire).

Le poids d'un objet est proportionnel à sa masse.

$P = a \times m$, avec a = coefficient de proportionnalité.

$$P/m = a = 6/0,6 = 10$$

$$P = m \times 10$$

Le coefficient de proportionnalité dont la valeur approximative est de 10 est noté g et appelé intensité de la pesanteur.

$$\mathbf{P = m \times g}$$

P : poids en N ; m : masse en kg ; g : intensité de la pesanteur en N/kg

L'intensité de la pesanteur (g) est une grandeur variable :

Sur terre la valeur au niveau de la mer est de 9,81 N/kg mais au sommet du mont Blanc (plus haut sommet d'Europe) elle vaut 9,79 N/kg et au sommet du mont Everest (plus haut sommet du monde) elle vaut 9,78 N/kg. L'intensité de la pesanteur diminue avec l'altitude.

Puisque l'intensité de la pesanteur est une grandeur variable alors le poids est une grandeur variable aussi.

3. Sur les autres astres

Sur d'autres planètes la valeur de l'intensité de la pesanteur est totalement différente. Sur des astres moins massifs que la Terre sa valeur est plus faible : 1,6 N/kg sur la Lune, 2,9 N/kg sur Mercure et 3,6 N/kg sur Mars.

Par contre sur des astres plus massifs l'intensité de la pesanteur est plus élevée: 26 N/kg sur Jupiter.

Sur la Terre

$m = 100 \text{ kg}$
 $P = 981 \text{ N}$



Force qu'exerce
la Terre
sur l'astronaute

Sur la Lune

$m = 100 \text{ kg}$
 $P = 162 \text{ N}$



Force qu'exerce
la Lune
sur l'astronaute

Exercices :

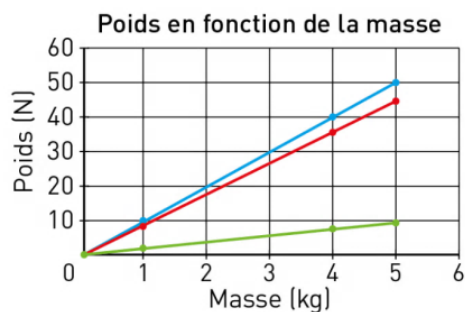
1. La trousse.

En classe, le poids de ma trousse vaut 5N.

- Schématiser cette expérience.
- Calculer sa masse.

2. Sur 3 astres

Le graphique ci-dessous représente la variation du poids en fonction de la masse sur trois astres différents.



—●— Astre 1
—●— Astre 2
—●— Astre 3

	Terre	Venus	Lune
Valeur de g (en kg/N)	9,81	8,9	1,7

- Par lecture graphique, déterminer la valeur du poids d'un objet de masse $m = 2,5 \text{ kg}$ sur ces trois astres.
- Comment expliquer qu'un même objet n'ait pas le même poids sur les trois astres ?
- Quel est l'astre dont l'intensité de pesanteur g est la plus grande ?
- Attribuer à chaque courbe son astre.

3. Sur mars

Le poids du robot Sojourner valait 112,7N sur Terre. Quel était le poids du robot sur Mars lorsqu'il fut posé par la sonde Pathfinder en 07/1997. On donne $g_{\text{(mars)}}=3,7 \text{ N/kg}$ et $g_{\text{(terre)}}=9,8 \text{ N/kg}$

4. Sur la lune

Le 21/07/69 Neil Armstrong fut le premier homme à fouler le sol lunaire. Il déclare alors : « that's one small step for a man, one giant leap for mankind » (c'est un petit pas pour l'homme, un grand pas pour l'humanité).

L'intensité de son poids valait alors 240N.

- a) Calculer sa masse sur la Lune.
- b) Calculer son poids sur Terre.
- c) Quelle est la valeur de sa masse sur Terre.
- d) Sa masse change-t-elle ?
- e) Où se sent-il le plus léger ?

$$g_{\text{(terre)}}=9,81 \text{ N/kg} \quad g_{\text{(Lune)}}=1,6 \text{ N/kg}$$