

## Mouvements et interactions : Gravitation, poids et masse

### I La masse ? C'est quoi ?

Observer : [Film sur la masse](#)

L1 /1

#### Conclusion

La chute d'un corps ne dépend pas de ..... (la quantité de matière contenue). Cependant il faut le faire dans le vide pour que l'expérience ne soit pas faussée par la présence de l'air. La force qui attire un objet massif par la Terre est son .....

Observer : [Film sur la masse et le poids](#) et [l'expérience en pensée de Newton sur la gravitation](#)

- **Question** : Newton énonce la notion de masse, avec sa théorie de la gravitation universelle, mais il suppose l'existence en fait de deux masses lesquelles ?

L1 /1

.....

- **Question** : Quand j'ai du mal à pousser une voiture en panne pour la mettre en mouvement, elle est plus massive.

L1 /1

De quelle masse parle-t-on ?

.....

- **Question** : Une voiture est attirée plus fortement par la Terre que nous parce que la masse de la voiture est plus importante.

L1 /1

De quelle masse parle-t-on ?

.....

Dans la suite du cours nous ne ferons plus la différence entre ces deux masses mais les concepts amenant l'existence de ces deux masses sont différents.

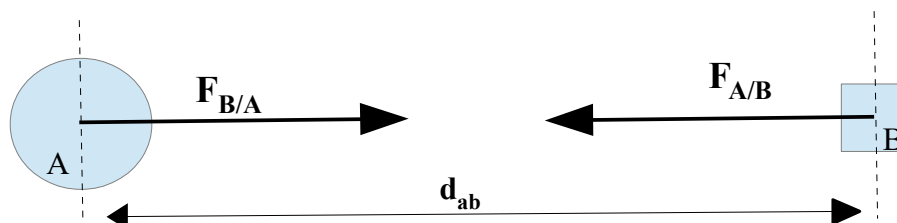
### II Gravitation et masse

#### a. Quelle relation existe-t-il entre la masse des objets et leur attraction mutuelle ?

Isaac Newton (1642 - 1727) a le premier émis et décrit le phénomène de la gravitation universelle (elle régit l'univers entier). Cette gravitation universelle se traduit par une force décrivant le mouvement des corps célestes et la chute des objets en général. Cette force peut être décrite sous une forme vectorielle.

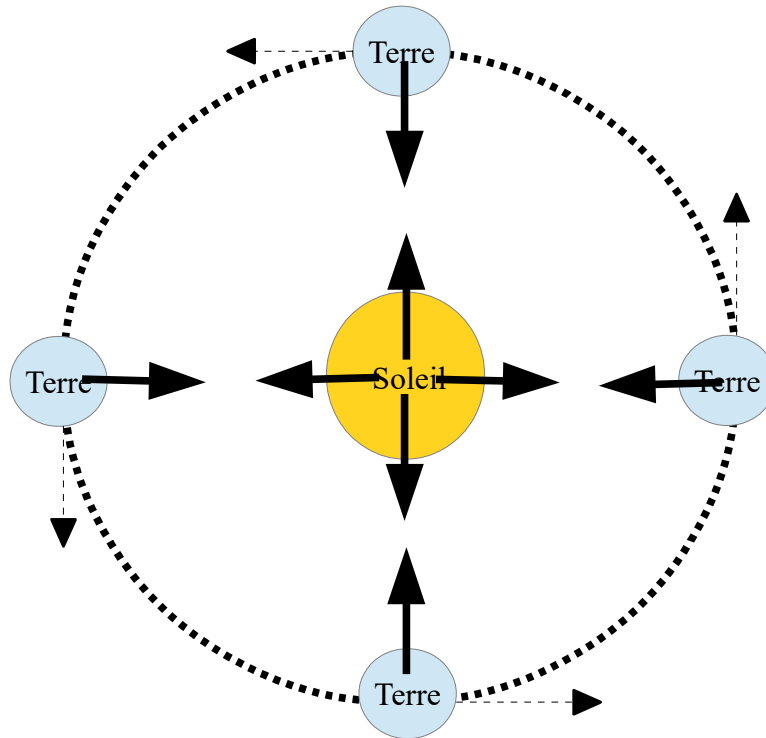
#### Deux corps possédant une masse s'attirent réciproquement

- Cette force est toujours **attractive**
- L'intensité de cette force réciproque est donnée par :  $F_{AB} = (G \cdot m_A \cdot m_B) / d_{AB}^2$
- Elle s'applique au centre de gravité des corps
- C'est une action à distance



**b . Le système solaire est un exemple observable de la gravitation universelle.**

- Le système solaire est un système cohérent basé sur la gravitation. L'objet le plus massif est le Soleil, c'est une étoile moyenne. Elle contient 99 % de la masse du système solaire.
- On peut donc dire que le Soleil est pratiquement le centre du système solaire du fait de la prépondérance de sa masse.



**c. Applications**

L1	/1
----	----

- Quelle est la valeur (ou intensité) de la force d'attraction entre la Terre et le Soleil ?

.....

.....

**Données :**  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$  ;  $m_{\text{Terre}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  ;  $m_{\text{Soleil}} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$  ;

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

-----

- On peut exprimer la force d'attraction de la Terre à sa surface sur un objet plus simplement :

$$F_{\text{terre/objet}} = (G \cdot m_{\text{terre}} \cdot m_{\text{objet}}) / d_{\text{terre-objet}}^2 \quad \text{sous une forme} \quad F_{\text{terre/objet}} = m_{\text{objet}} \cdot g$$

- A quoi correspond dans ce cas  $g$  ?

L1	/2
----	----

.....

- Calculer la valeur de  $g$  à la surface terrestre

.....

➤ Donnée : Rayon de la Terre = 6 400 km

### III Activité «mesure de la masse et du poids»

- Le poids est la **force d'attraction gravitationnelle** exercée par la Terre sur un objet terrestre. On note cette force  $P$ .

$P$  s'applique au centre de gravité de l'objet

Sa direction est verticale

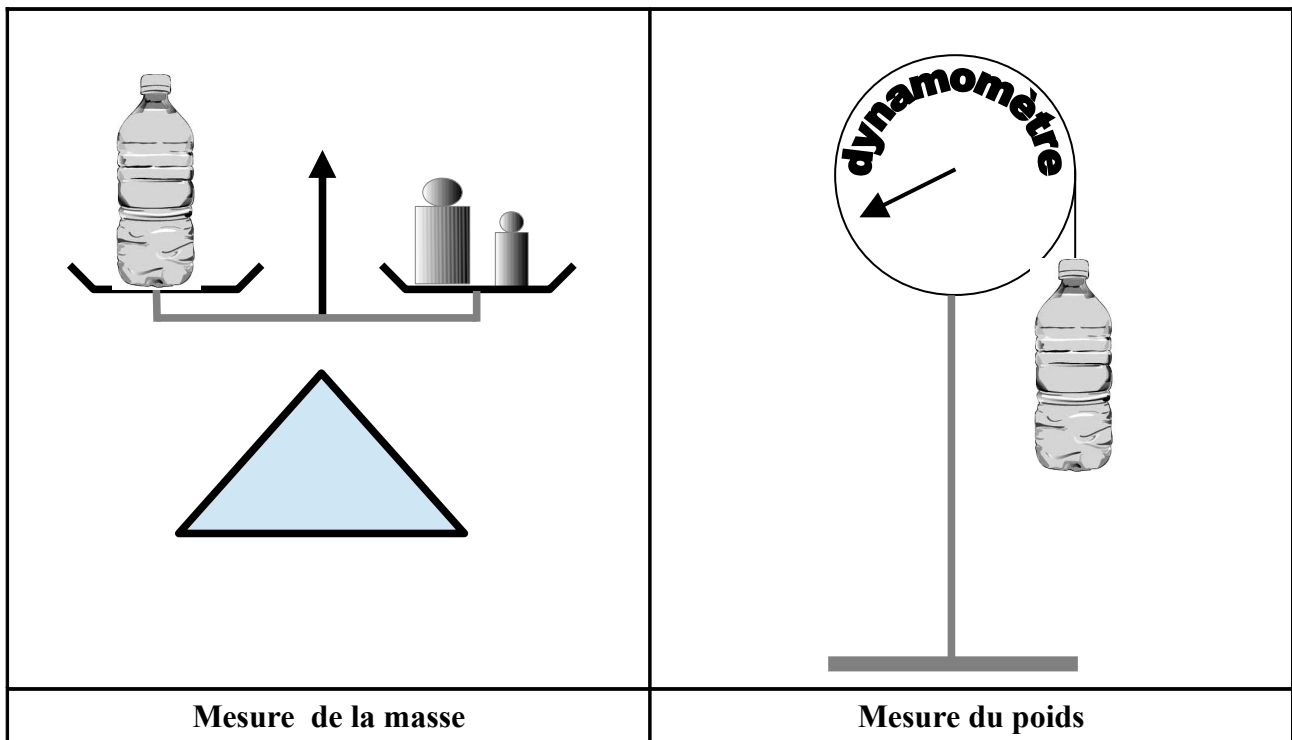
Son sens est vers le bas

Sa valeur est en N (calculable avec la relation de Newton)

**Objectif : Comparer l'évolution du poids d'un corps en fonction de sa masse.**

#### Mesure d'une masse et du poids d'une bouteille d'eau

**Matériel : Balance de type Roberval, un dynamomètre, masses marquées, bouteille d'eau, quelques morceaux de papier (pour la tare).**



Mesure de la masse

Mesure du poids

I3 /1

#### a. Expérience :

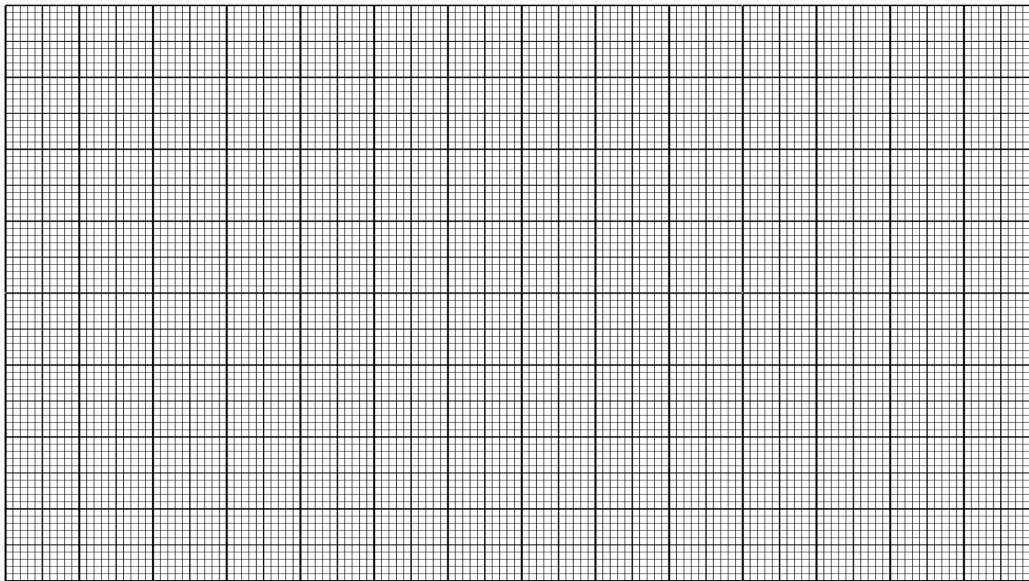
- On doit d'abord **équilibrer** les plateaux **avec une tare** si l'équilibre n'est pas réalisé à vide.
- On place alors des masses marquées pour atteindre les masses déterminées du tableau
- On rétablit alors l'équilibre avec la bouteille avec de l'eau sur l'autre plateau.
- On effectue la mesure très précise du poids de la bouteille correspondant à la masse à l'aide du dynamomètre (ne jamais arrondir).

Bouteille d'eau	mesure n°1	mesure n°2	mesure n°3	mesure n°4	mesure n°5
Masse	100 g	200 g	300 g	400 g	500 g
Poids (N)					

**b. Tracer le graphique représentant la variation du poids en fonction de la masse**

- Choisir les échelles pour repartir au mieux le graphique.

L4 /1



**c. Interprétation du graphique**

I4 /1

- Quelle **propriété** peut-on déduire de ce graphique entre P et m ?

.....  
 .....

- En déduire la constante g (intensité de pesanteur terrestre) donnée par **le quotient P/m** en respectant **les unités internationales et en les écrivant.**

I4 /1

Bouteille d'eau	mesure n°1	mesure n°2	mesure n°3	mesure n°4	mesure n°5
$\frac{P}{m}$					

- En déduire la valeur moyenne de  $g = \dots\dots\dots$  N/kg à Saint-Julien-en – Genevois.

I5 /1

**Donner la relation reliant P, m et g sur Terre**

.....

L2 /1

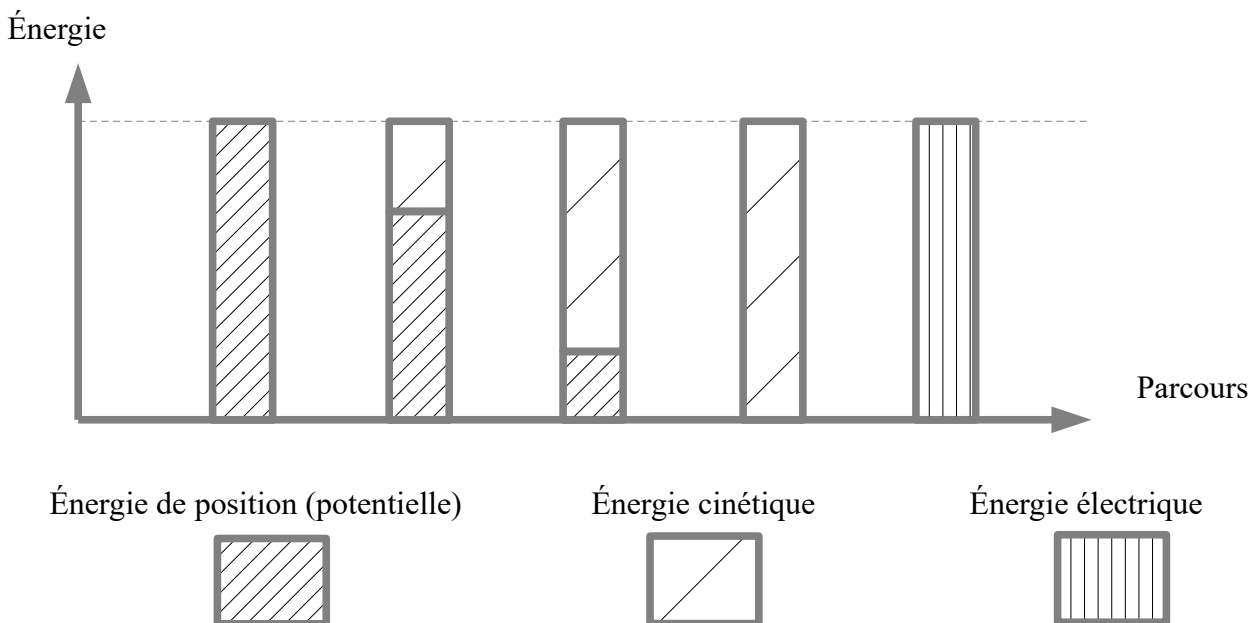
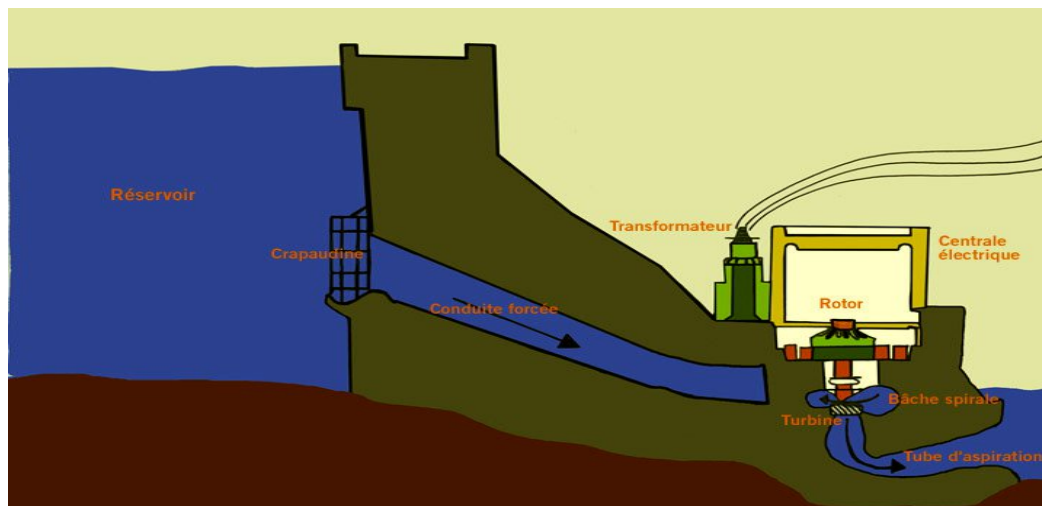
- Comparer cette valeur mesurée à celle calculée avec la relation de Newton.

.....

## IV Énergie mécanique

Un barrage transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique. L'eau en haut du barrage sous l'action de la gravité acquiert de la vitesse pour faire tourner la turbine.

- L'eau **en haut** du barrage possède une énergie potentielle..
- Cette énergie potentielle est transformée en énergie cinétique lorsque l'eau atteint **le bas** du barrage (en se rapprochant de la Terre).
- L'énergie cinétique est alors convertie en énergie électrique par l'alternateur.



On constate que l'**énergie mécanique** dont les deux composantes sont l'énergie de position et l'énergie cinétique reste **constante** lors du parcours dans le barrage. L'**énergie de position** se transforme lors du parcours **en énergie cinétique** mais l'**énergie mécanique** ne se modifie pas.

$$\text{Énergie mécanique} = \text{Énergie de position} + \text{Énergie cinétique}$$

Annexe à l'énergie mécanique

## V Les balances et le kg étalon

### a. Unité de masse

Le kilogramme est l'unité internationale de masse... Il a été défini à l'origine comme étant la masse équivalente à la matière contenue dans un litre d'eau. On a ainsi fabriqué une masse de référence : le kg étalon (voir photo).



Ci-contre le kg étalon sous différentes cloches pour qu'il ne perde pas de matière et qu'il reste propre.

### b. Balance Roberval

Lorsqu'on prend une **balance** avec **deux plateaux**, on **compare** la masse d'un objet avec cette «**masse étalon**» et ses représentants que sont **les masses marquées**. Cette comparaison fonctionnera sur la Lune et **n'importe où** dès qu'il y a une gravité. La masse ne varie donc pas en changeant de planète.



### c. Balance avec un seul plateau

Lorsqu'on prend une «balance» avec **un seul plateau**, on ne compare pas les masses. On mesure l'action du poids sur la «balance». On mesure donc en réalité **le poids et donc une force** (c'est donc un **dynamomètre**) mais on affiche la masse. Ce genre de « balance » doit être étalonné selon le lieu où on se trouve. Cependant à la surface terrestre les variations sont faibles et dans **les applications courantes** cet étalonnage est inutile.



### d. Application.

Sur la lune on a  $g = 1,6 \text{ N.kg}^{-1}$

L1	/3
----	----

Quelle sera la masse mesurée par une « balance » électronique terrestre d'un spationaute de 80 kg ?

.....  
.....

Quelle est sa masse réelle ?

.....

Quel sera son poids sur la Lune ?

.....  
.....  
.....

## VI Application à la météorite de Tchéliabinsk (Russie) en 2013

Vers 9 h 20 (heure locale), un bolide (météore de grande taille) d'un diamètre compris entre 15 et 17 mètres et d'une masse comprise entre 7 000 et 10 000 tonnes est entré dans l'atmosphère terrestre au-dessus de la Sibérie à une vitesse estimée à 20 km/s. Son angle d'entrée dans l'atmosphère était proche de l'horizontale (environ 20°) et il a traversé celle-ci d'est en ouest durant 32,5 secondes en parcourant plusieurs milliers de kilomètres. Il s'est fragmenté en plusieurs morceaux à une altitude comprise entre 15 et 25 km. Des stations de mesures d'infrasons situées à plusieurs endroits sur la planète ont permis d'estimer l'énergie totale dégagée du bolide à environ 500 kilotonnes de TNT soit l'équivalent de 30 fois la puissance de la bombe atomique de Hiroshima. Trois explosions ont été entendues, la première étant la plus importante. Les ondes de choc créées par l'explosion du bolide en altitude, en se propageant, ont provoqué des dégâts dans la ville de Tcheliabinsk, située dans l'Oural, en Russie. Les fragments du bolide n'ont, semble-t-il, occasionné aucun dégât et se sont écrasés à plusieurs dizaines de kilomètres au sud-ouest de cette ville.

Extrait de Wikipédia

L'objectif est de vérifier les différentes données dans ce document

On a les données suivantes :

- $m_{\text{Terre}} = 6.10^{24} \text{ kg}$      $m_{\text{Soleil}} = 2.10^{30} \text{ kg}$      $r_{\text{Soleil}} = 7 \times 10^8 \text{ m}$      $r_{\text{Terre}} = 6,3 \times 10^6 \text{ m}$
- **Distance Soleil-Terre = 150 millions de km**
- $G = 6,67.10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$
- $E_p = - (m_{\text{objet}} \cdot m_{\text{Planète}} \cdot G) / r$  où  $r$  est la distance séparant le centre de la planète avec l'objet.  
Ep représente l'énergie potentielle.
- **Énergie de la bombe d'Hiroshima = 50 TJ à 60 TJ**  
(Le téra = T =  $10^{12}$ )

### Energie du météore

- a. Calculer l'énergie du météore lorsqu'il arrive sur Terre avec une vitesse de 20 km/s et la comparer à celle d'Hiroshima.
- b. Est-ce que le **facteur 30** est justifié dans le document ?

### Vitesse du météore

(mettre les réponses sur votre cahier)

- a. Calculer la **vitesse de rotation de la Terre autour du Soleil** (trajectoire circulaire) en  $\text{km.s}^{-1}$

On prend un corps rocheux **immobile** lointain (mais dans le système solaire) qui tombe sur une planète ou sur le Soleil.

- b. En utilisant la **conservation de l'énergie** mécanique, quelle sera l'énergie mécanique de ce corps au loin ? Sur la planète (sans frottement de l'air) ?
- c. Écrire l'expression complète de l'énergie mécanique et en déduire la **vitesse du météore** sur la planète avant qu'il ne touche la planète en fonction de  $m_{\text{Planète}}$ ,  $G$  et  $r_{\text{planète}}$ .
- d. Calculer cette vitesse pour **un météore tombant sur le Soleil** provenant de très loin lorsque qu'il passe à proximité de la Terre.
- e. En déduire la **vitesse minimale et maximale d'un météore** lorsqu'il tombe sur Terre.
- f. La vitesse annoncée est-elle possible pour ce bolide ?