

La loi de gravitation universelle

1-L'interaction gravitationnelle

1-1-Enoncé de la loi d'attraction gravitationnelle

Newton démontra que deux corps, du simple fait de leur masse, exercent l'un sur l'autre une force attractive.

Deux corps A et B ponctuels (c'est-à-dire de petites dimensions par rapport à la distance qui les sépare), de masses respectives m_A et m_B , séparés d'une distance d , exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction gravitationnelle.

$F_{A/B}$ La force exercée par le corps A sur le corps B

$F_{B/A}$ La force exercée par le corps B sur le corps A

Les caractéristiques de la force d'interaction gravitationnelle sont les suivantes :

- **direction** : la droite joignant les centres de A et B.

- **sens** : orienté vers le corps qui exerce la force

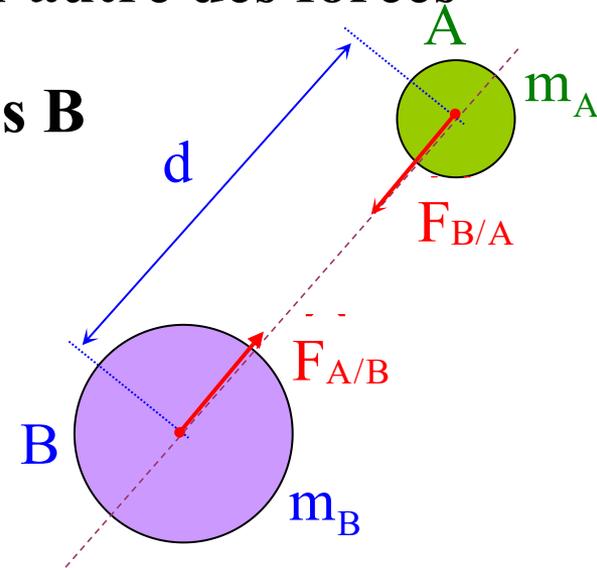
- **valeur** :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$

(N.m².Kg⁻²)

(Kg)

(m)



m_A et m_B sont des masses exprimées en kilogramme (**kg**);
 d est la distance entre les deux corps en mètre (**m**);
 G : constante de gravitation universelle dont la valeur est :

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

$F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ sont des forces exprimées en Newton (**N**).

2-1-Application

On peut déterminer la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune

Données :

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

Masse de la Lune : $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$

Distance les séparant : $d = 3,83 \cdot 10^8 \text{ m}$

$$F = F_{L/T} = F_{T/L} = G \cdot \frac{m_L \cdot m_T}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 7,35 \cdot 10^{22}}{(3,83 \cdot 10^8)^2} = 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

2-poids d'un corps a la surface de la terre P_0

Le poids est une force qui s'exerce sur tout corps possédant une masse et comme toute force, il possède les caractéristiques suivantes :

- une direction : celle de la verticale du lieu.

- un sens : orienté de haut en bas.

- une valeur : $P_0 = m \cdot g_0$

P est une force exprimée en Newton (N) ;
m est la masse du corps exprimée en kilogramme (kg) ;
g₀ = accélération de la pesanteur **à la surface de la terre** = 9,8 N.kg⁻¹.

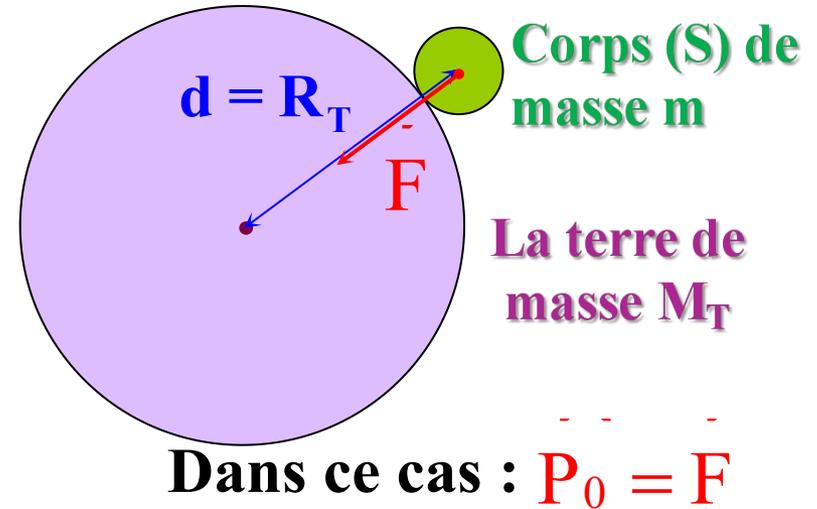
3- Poids et force d'attraction gravitationnelle

Le poids **P** d'un corps **A** de masse **m** est assimilé à la force d'attraction gravitationnelle **F_{Terre/A}** qu'exerce la Terre (de masse **M_T**) sur ce corps situé à sa surface (ou à une certaine altitude) :

$$P_0 = F = G \frac{m \cdot M_T}{R_T^2}$$

→ $m \cdot g_0 = G \frac{m \cdot M_T}{R_T^2}$

→ $g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2} \approx 9,81 \text{ N / Kg}$
 (1)



4- Variation de l'intensité du champs de pesanteur g

1-4-Expression de la pesanteur **g_h** à une altitude **h** de la surface de la terre .

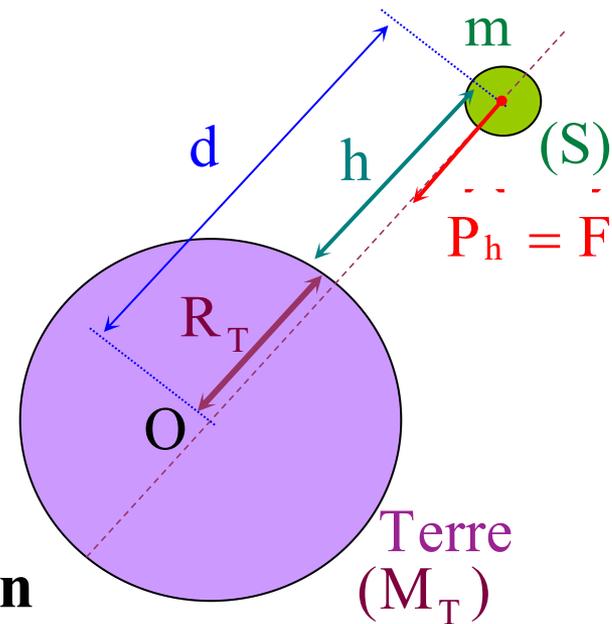
D'une façon générale : Si **h** est l'altitude à laquelle se trouve un objet , et **R_T** le rayon de la terre , alors on a :

$$P_h = F$$

$$P_h = F$$

$$m \cdot g_h = G \frac{m \cdot M_T}{d^2} = G \frac{m \cdot M_T}{(R_T + h)^2}$$

Soit : $g_h = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$ (2)



Devisons la relation (2) par la relation (1), On obtient :

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}}{G \frac{M_T}{R_T^2}} \Rightarrow g_h = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

g_0 : accélération de la pesanteur à la surface de la terre = $9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

g_h : accélération de la pesanteur à une altitude h de la surface de la terre .

2-4-Poids d'un corps à une altitude h de la surface de la terre .

d'une façon générale en définie le poids d'un corps à une altitude h de la surface de la terre par la relation suivante :

$$P_h = m \cdot g_h$$

a- Remarque :

Nous avons trouvé l'expression de l'accélération de la pesanteur à la surface de la terre :

$$g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2}$$

Mais à la surface d'une planète X de masse M_X et de rayon R_X cette expression devient :

$$g_X = G \frac{M_X}{R_X^2}$$

b- Application :

La masse d'un corps (S) est $m = 50\text{Kg}$

1-Sachant que $g_0 = 9,81\text{N/Kg}$ Calculer le poids du corps P_0 à la surface de la terre .

2-Calculer son poids P_h à une altitude $h = 8000\text{m}$ de la surface de la terre .

3-Calculer P_L le poids du corps (S) à la surface de la lune ; comparer P_0 et P_L .

Les données de l'exercice : $g_0 = 9,81 \text{ N.Kg}^{-1}$ - $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

-Le rayon de la lune : $R_L = 1730 \text{ Km}$

-Le rayon de la terre : $R_T = 6400 \text{ Km}$

-La masse de la lune : $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$

5- L'échelle des longueurs de l'univers .

Multiples

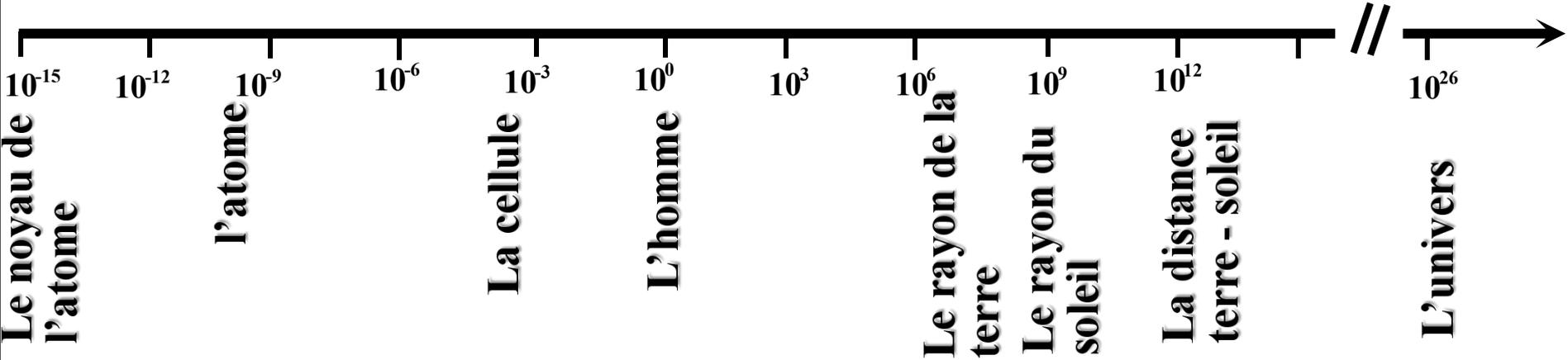
Symbole	Préfixe	Facteur
K	Kilo	10^3
M	Mega	10^6
G	Géga	10^9
T	Téra	10^{12}
P	Pétra	10^{15}
E	Exa	10^{18}

Sous - Multiples

Facteur	Préfixe	Symbole
10^{-3}	Milli	m
10^{-6}	Micro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Pico	p
10^{-15}	Fémto	f
10^{-18}	Atto	a

1-5-L'échelle des longueurs

Longueurs en
mètre (m)



2-5-Ordre de grandeur

a- L'écriture scientifique La notation scientifique est l'écriture d'un nombre X sous la forme du produit : $a \cdot 10^n$
Avec a : nombre décimal $1 \leq a < 10$ et n , entier positif ou négatif.

$$\Rightarrow X = a \cdot 10^b \text{ m} \quad \text{Avec : } \begin{cases} 1 \leq a < 10 \\ b \in \mathbb{N}^* \end{cases}$$

L'ordre de grandeur \sim de X est : $\begin{cases} 10^b \text{ m} & \text{Si } a < 5 & \text{donc } X \sim 10^b \text{ m} \\ 10^{b+1} \text{ m} & \text{Si } a \geq 5 & \text{donc } X \sim 10^{b+1} \text{ m} \end{cases}$

b- Application :

1-donner en mètre l'ordre de grandeur des longueurs suivantes :

$$r_H = 53 \text{ pm} \quad d = 4,2 \text{ m} \quad R_L = 1730 \text{ Km} \quad L = 90 \text{ } \mu\text{m} \quad h = 16 \text{ Km}$$

2-Sur une échelle des longueurs place ces ordres de grandeur