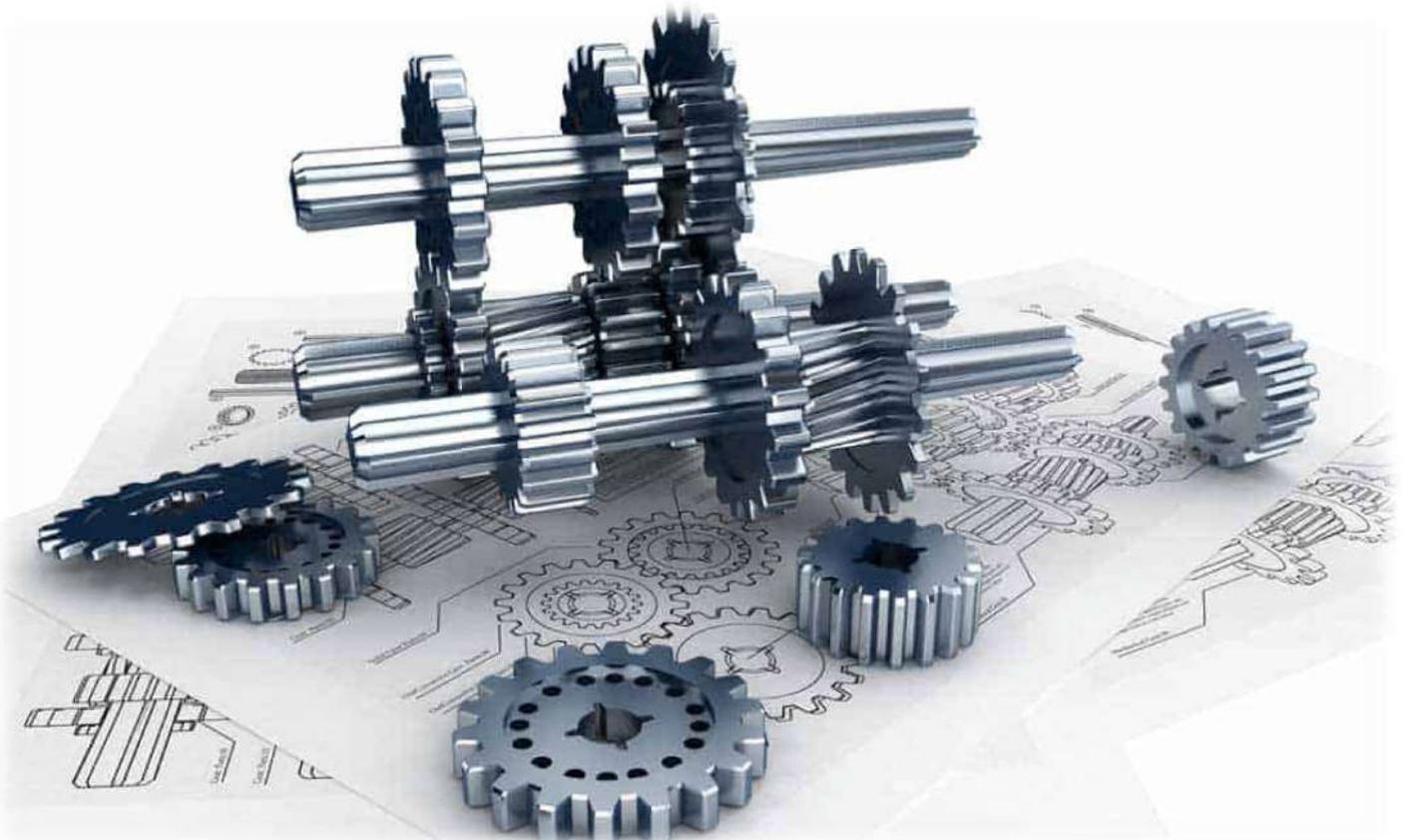


TC

# Physique

Partie :

**Mécanique**



# Chapitre 1 : La gravitation universelle

Il y a des microscopes perfectionnés permettent d'explorer la matière jusqu'au niveau atomique et avec des télescopes de plus en plus performants, nous observons des galaxies très éloignées.

- Comment pouvons-nous exprimer des distances et des tailles allant de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique ?
- Existe-il une loi régie le mouvement et les interactions des planètes et des étoiles dans l'univers ?

## I- L'échelle des longueurs de l'univers

### 1- Unité de longueur / Multiples et sous multiples d'une unité :

L'unité de la longueur dans le système international est le mètre, noté m. Le tableau suivant montre quelques multiples et sous-multiples du mètre :



Nom	Multiples					Sous-multiples			
	Téra	Giga	Méga	Kilo	Mili	Micro	Nano	Pico	Femto
symbole	T	G	M	k	m	$\mu$	n	p	f
Valeur en (m)	$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$

*Exemple de quelques longueurs*

- ✓ Rayon de la terre : 6400 km
- ✓ Distance moyenne entre la terre et la lune : 384000 km
- ✓ Diamètre d'un globule rouge : 7  $\mu\text{m}$
- ✓ Longueur d'une porte : 2 m

### 2- Unité astronomique et L'année lumière

Pour exprimer les longueurs à l'échelle astronomique, on utilise plus souvent d'autres unités telles-que :

- **Unité astronomique** : est la distance moyenne entre la terre et la lune tel que :  $1 \text{ U.A.} = 1.5 \cdot 10^8 \text{ km}$
- **L'année lumière** : est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année avec une vitesse de  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

### 3- Ecriture scientifique et Ordre de grandeur d'un nombre :

La notation scientifique est l'écriture d'un nombre sous la forme du produit :  $a \cdot 10^n$

Avec a : nombre décimal  $1 \leq a < 10$  et n, entier positif ou négatif

- Si  $a < 5$  alors l'ordre de grandeur du nombre est  $10^n$
- Si  $a \geq 5$  alors l'ordre de grandeur est  $10^{n+1}$

**Exemple :**

	Distance	Distance en mètre (Notation scientifique)	Ordre de grandeur
<b>Terre-Lune</b>	380 000 km = $3,8 \cdot 10^8$ m	380 000 km = $3,8 \cdot 10^8$ m	$10^8$ m
<b>Rayon atome d'hydrogène</b>	0,105 nm = $1,05 \cdot 10^{-10}$ m	0,105 nm = $1,05 \cdot 10^{-10}$ m	$10^{-10}$ m
<b>Dimension d'une molécule</b>	2 nm = $2 \cdot 10^{-9}$ m	2 nm = $2 \cdot 10^{-9}$ m	$10^{-9}$ m
<b>Rayon de la Terre</b>	6400 km = $6,4 \cdot 10^6$ m	6400 km = $6,4 \cdot 10^6$ m	$10^7$ m
<b>Taille d'un homme</b>	170 cm = 1,70 m	170 cm = 1,70 m	$10^0 = 1$ m

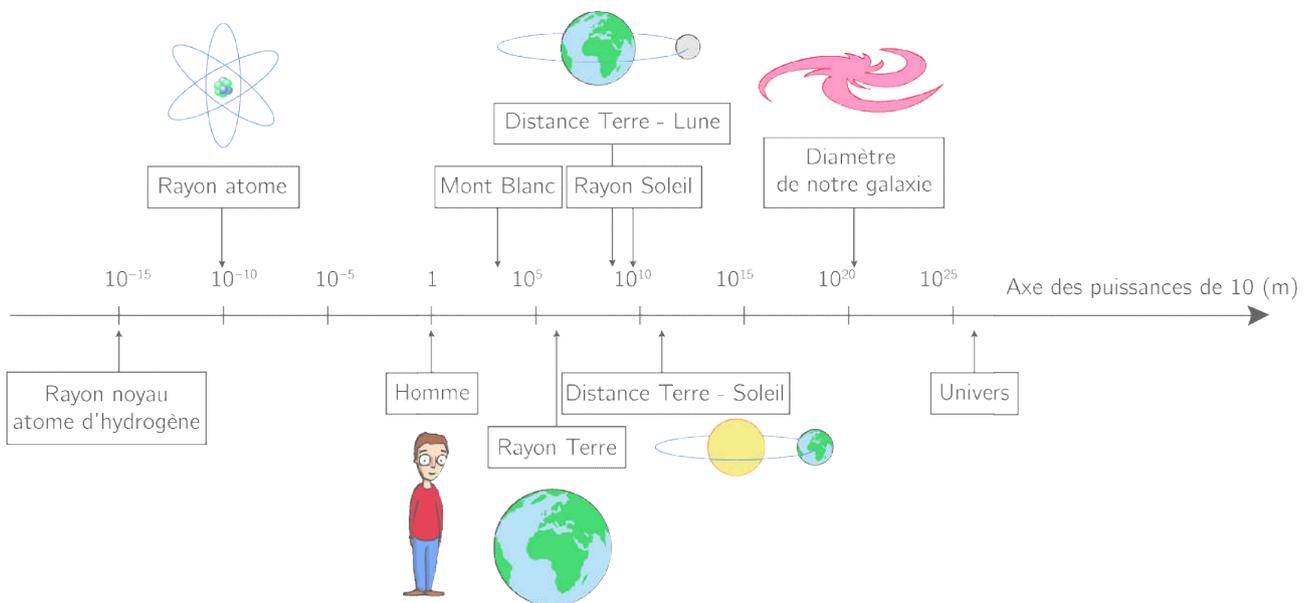
**Remarque :**

- Pour comparer les valeurs prises par une grandeur physique (Exemples : une masse une longueur), il faut les convertir dans la même unité.
- Deux valeurs seront du même ordre de grandeur si le quotient de l'ordre de grandeur de la plus grande par la plus petite est compris entre 1 et 10.

**4- Echelle de longueurs :**

L'échelle de longueurs est un axe gradué en puissance de nombre 10, permet de classer les longueurs de l'infiniment petit (les atomes...) vers l'infiniment grand (les étoiles, les planètes...)

Pour explorer et décrire l'univers. Le physicien construit une échelle de distance de l'infiniment petit vers l'infiniment grand, c'est l'échelle des longueurs.



**Exercice d'application**

A toutes les échelles de l'Univers, on trouve des noyaux dont les diamètres sont donnés dans le tableau ci-dessous, Exprimer les valeurs de ces diamètres en mètre, à l'aide d'une écriture scientifique et représenter leurs ordres de grandeur dans un échelle de longueurs :

Noyau	Diamètre
D'un atome	$10^{-6}$ nm =
D'une cellule	5 mm =
D'une cerise	6 mm =
De la Terre	1275 km =

## II- la gravitation universelle :

### 1- Définition :

Deux corps A et B sont en **interaction gravitationnelle** s'ils exercent mutuellement, l'un sur l'autre, des forces d'attraction dues au seul fait qu'ils ont une masse non nulle.

### 2- Enoncé et expression mathématique de la loi de la gravitation universelle :

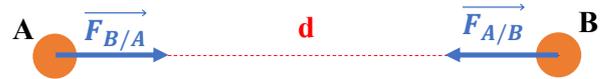
La gravitation est une interaction (action réciproque) attractive entre tous les objets qui ont une masse. C'est une interaction qui s'exerce à distance. Cette interaction dépend de la masse des objets et de la distance qui les sépare.

Donc deux objets A et B, de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , dont les centres sont séparés par une distance  $d$ , exercent l'un sur l'autre des actions mécaniques attractives modélisées par des forces  $\vec{F}_{A/B}$  et  $\vec{F}_{B/A}$ , appelées forces d'attraction gravitationnelle tel que ces deux forces ont :

- Même droite d'action (AB)
- Deux sens opposés
- Même intensité (ou valeur)

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

N (force)  
 Kg (masse)  
 Kg (masse)  
 N.m<sup>2</sup>.Kg<sup>-2</sup> (G)  
 m (distance)



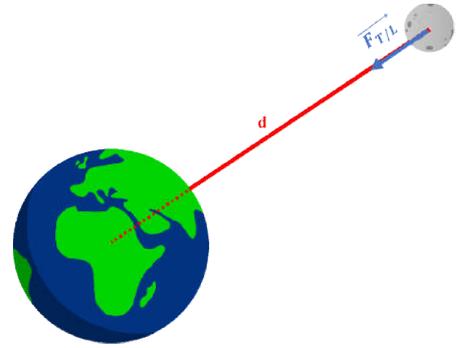
Avec G c'est la constante de gravitation universelle :  $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$  (SI)

### 3- L'interaction gravitationnelle entre deux corps à répartition sphérique de masse :

La loi de l'attraction gravitationnelle peut être généralisée à tous les corps à répartition sphérique de masse. C'est à dire un corps dont la matière est répartie uniformément autour de lui ou en couches sphériques homogènes autour de son centre. C'est le cas des Planètes et des Etoiles.

**Exemple :** Dans le cas de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune, l'intensité de la force exercée par la Terre sur la Lune est donnée par l'expression :

$$F_{T/L} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2}$$



Avec :

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

$M_L$  : Masse de la Lune  $M_L = 7,34 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$

$d$  : distance entre le centre de la Terre et le centre de la Lune.

Donc La force d'attraction gravitationnelle est :

$$F_{T/L} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 7,34 \cdot 10^{22}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

**Remarque :** La force qu'exerce la Terre sur la Lune est égale en intensité à la force exercée par la Lune sur la Terre  $F_{T/L} = F_{L/T}$

### III- Poids d'un corps et force gravitationnelle

#### 1- Poids d'un corps

Le poids  $\vec{P}$  d'un corps est la force d'attraction qu'il subit lorsqu'il est situé à la surface de la Terre. Il est donné par la relation suivante :  $\vec{P} = m\vec{g}$

Les caractéristiques du poids sont :

- **Point d'application** : centre de gravitation du corps
- **Direction** : la verticale
- **Sens** : de haut en bas (vers le centre de la Terre)
- **Intensité** :  $P = m g$

#### 2- Expression de l'intensité de la pesanteur

On peut considérer que le poids  $\vec{P}$  d'un objet est égal à la force de gravitation  $\vec{F}$  exercée par la Terre sur cet objet, et on écrit :  $P = F = m g$  avec  $F = G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2}$

Donc :  $m g = G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2}$

Alors l'expression de l'intensité de la pesanteur est :

$$g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \quad (1)$$

Cette relation montre que l'intensité de la pesanteur  $g$  varie avec l'altitude.

À la surface de la terre ( $h = 0$ ), l'intensité de la pesanteur est notée :

$$g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2} \approx 9,81 \text{ N.kg}^{-1} \quad (2)$$

À partir de (1) et (2), on déduit que :

$$g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

### Exercice d'application

On considère un satellite (S), de masse  $m$ , se trouve à une hauteur  $h$  de la surface de la terre (on considère que la terre est sphérique).

1- Représente sur un schéma la force d'attraction exercée par la terre sur le satellite (S)

2- Donner l'expression la force d'attraction exercée par la terre sur le satellite (S)

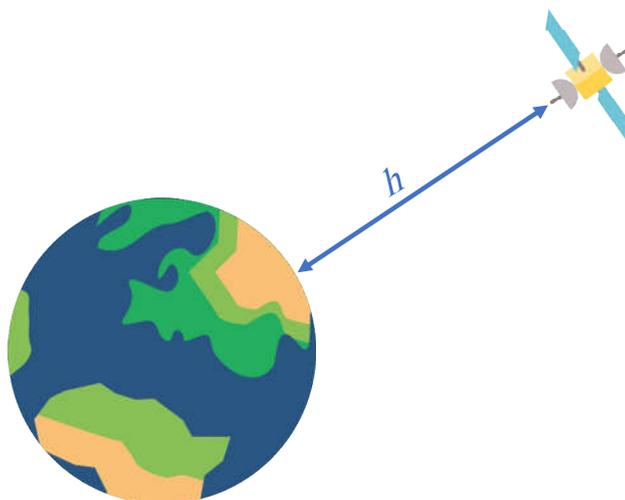
3- Retrouver l'expression de l'intensité de la pesanteur à la surface de la terre:  $g_0$

4- Donner l'expression de la hauteur  $h$  en fonction de  $g_0$ ,  $g_h$  et  $R_T$

5- Calculer  $h$  pour  $g_h = 2,45 \text{ N.kg}^{-1}$ .

6- Donner l'unité de la constante de gravitation universelle  $G$  dans le système international des unités

7- Calculer le poids du satellite à la surface de la terre puis à la hauteur  $h$  :  $h = 3 \times R_T$



#### Données :

- $m = 8,00 \cdot 10^2 \text{ kg}$  ;  $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$  ;
- $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$  ;  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ (SI)}$