

## Cours N° 1 :

*La gravitation universelle***Introduction :**

Isaac Newton affirme que tous les corps ayant une masse sont en interaction sur terre et dans l'espace : c'est l'attraction gravitationnelle, appelée aussi la gravitation universelle. Elle permet d'expliquer le mouvement des planètes autour du soleil.

- Qu'est-ce que la gravitation universelle ?
- Comment expliquer le mouvement des planètes autour du soleil ?

**1. Echelle des longueurs :****1. Ecriture scientifique :**

L'écriture scientifique d'un nombre  $X$  s'écrit sous la forme du produit :  $a \cdot 10^n$

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

Tel que  $a$  est un nombre décimal :  $1 \leq a < 10$  et  $n$  est un nombre positif ou négatif.

Exemple :

Nombres	245	78456	0,0312	0,000796
Ecriture scientifique	$2,45 \cdot 10^2$	$7,8456 \cdot 10^4$	$3,12 \cdot 10^{-2}$	$7,96 \cdot 10^{-4}$

**2. Ordre de grandeur :**

L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre dans l'écriture scientifique  $X = a \cdot 10^n$

- Si  $1 \leq a < 5$  : l'ordre de grandeur est égal à  $10^n$
- Si  $5 \leq a < 10$  : l'ordre de grandeur est égal à  $10^{n+1}$

Exemple :

Nombres	245	78456	0,0312	0,00796
Ordre de grandeur	$10^2$	$10^5$	$10^{-2}$	$10^{-2}$

**Remarque :**

- On utilise l'ordre de grandeur pour n'importe quelle grandeur physique (longueur, temps, masse, ...)
- On utilise l'ordre de grandeur (des longueurs) pour déterminer la position de la distance sur l'échelle de longueurs et de la comparer avec d'autres distances.

**3. Multiples et sous-multiples du mètre :**

Dans le système international d'unités (S.I.) ; l'unité de longueur est le **mètre (m)**. On exprime souvent les longueurs avec des multiples ou des sous-multiples de mètre.

Préfixe	Multiples						Sous-multiples				
	téra	giga	méga	kilo	hecto	déca	milli	micro	nano	pico	femto
Symbole	<i>T</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>k</i>	<i>h</i>	<i>da</i>	<i>m</i>	$\mu$	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>F</i>
Puissance de dix	$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^2$	$10^1$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$

**Remarque :**

- Unité Astronomique (**U.A.**) est la distance moyenne entre le centre de la Terre et le centre du Soleil tel que :

$$1 \text{ U.A.} = 150 \cdot 10^6 \text{ km.}$$

- Année Lumière (**A.L.**) est la distance parcourue par la lumière au cours d'une année avec la vitesse  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  dans le vide tel que :  $1 \text{ A.L.} \approx 9,5 \cdot 10^{15} \text{ m.}$

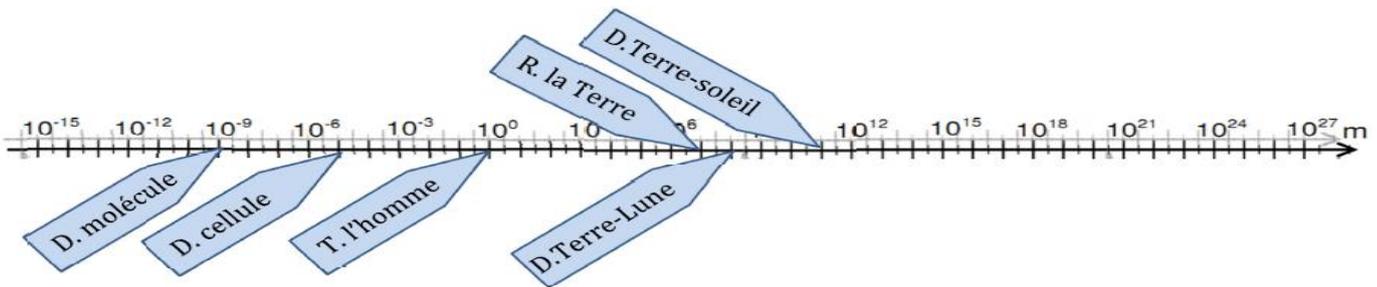
#### 4. Echelle de distances :

Pour explorer et décrire l'univers, les physiciens construisent une échelle des longueurs de l'infiniment petit (atome) vers l'infiniment grand (galaxie). Cet axe est gradué en puissance de **10**.

Exemple :

Distance		Ecriture scientifique	Ordre de grandeur
Terre-Lune	380 000 km	$3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$	$10^8 \text{ m}$
Dimension d'une molécule	2 nm	$2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	$10^{-9} \text{ m}$
Rayon de la Terre	6400 km	$6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$	$10^7 \text{ m}$
Taille de l'homme	170 cm	1,70 m	$10^0 \text{ m}$
Distance Terre -soleil	150.10 <sup>6</sup> km	$1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$	$10^{11} \text{ m}$
Dimension d'une cellule humaine	10 μm	$10^{-5} \text{ m}$	$10^{-5} \text{ m}$

On place ces distances sur l'axe de l'échelle des distances.

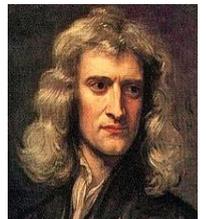


## 2. La gravitation universelle :

C'est en 1687 que Newton explique le mouvement des planètes et des satellites en affirmant que tous les corps s'attirent mutuellement selon la loi d'interaction gravitationnelle.

### 1. Enonce de loi de la gravitation universelle (loi de Newton) :

Deux corps s'attirent mutuellement à cause de leur masse, exercent l'un sur l'autre des forces attractives de même valeur.



### 2. Formulation mathématique de loi de Newton :

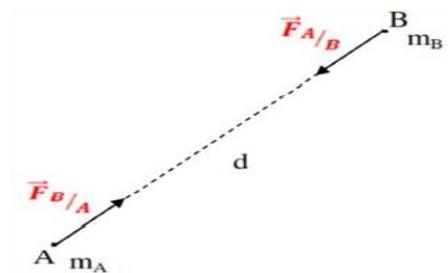
L'interaction gravitationnelle entre deux corps ponctuels A et B de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , séparés d'une distance  $d=AB$ , est modélisée par des forces d'attraction gravitationnelles attractives  $\vec{F}_{A/B}$  et  $\vec{F}_{B/A}$  telle que :

$\vec{F}_{A/B}$  : La force exercée par le corps A sur le corps B.

$\vec{F}_{B/A}$  : La force exercée par le corps B sur le corps A.

Ces deux forces ont :

- La même ligne d'action (direction) : c'est la droite (AB).
- Des sens opposés : vers le corps qui exerce la force.
- La même intensité :  $F_{A/B} = F_{B/A} = F$  (en Newton noté N)



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

$m_A$  : masse de corps A en Kg

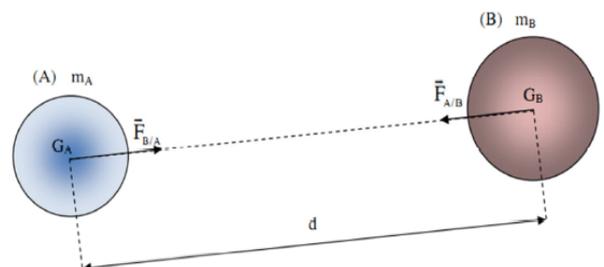
$m_B$  : masse de corps B en Kg

$d$  : distance entre le A et B en mètre noté m

$G$  : constante de gravitation sa valeur est :  $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

### Remarques :

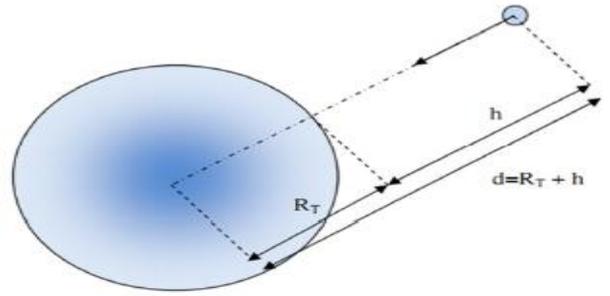
- Cette loi est aussi valable pour des corps volumineux présentant une répartition sphérique de masse (même répartition de masse autour du centre de l'objet). C'est le cas des planètes et des étoiles, dont la distance  $d$  est celle qui sépare leurs centres.



- Pour un corps ponctuel (**S**) de masse  $m_s$  à l'altitude  $h$  par rapport à la surface de la Terre, on a :

- $M_T$  la masse de la terre.
- $m_s$  la masse du corps.
- $R_T$  rayon de la terre.

$$F_{T/s} = G \frac{M_T m_s}{(R_T + h)^2}$$



**Application 1 :**

1. Calculer l'intensité de la force d'attraction universelle s'appliquant entre deux corps A et B de masses respectives :  $m_A = 1\text{Kg}$  et  $m_B = 10\text{ Kg}$  distants de  $d= 20\text{cm}$ . On donne :  $G=6,67.10^{-11}\text{ N.m}^2 .\text{Kg}^{-2}$

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

2. Représenter les deux forces à une échelle adaptée.

.....  
 .....

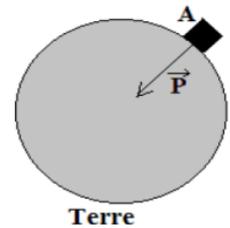
**3. Poids d'un corps :**

1. Définition :

Le poids  $\vec{P}$  d'un corps **S** de masse  $m$  est la force d'attraction universelle qu'il subit lorsqu'il est situé au voisinage de la Terre, appliquée par la Terre sur lui.

2. Caractéristique du poids :

- Point d'application : le centre de gravité du corps.
- Droite d'action : droite passant par le centre de gravité du cops et le centre de la terre.
- Sens : dirigé vers le centre de la terre.
- Intensité :  $\vec{P} = m.g$  avec  $g$  s'appelle intensité du champ pesanteur, s'exprime en  $\text{N.Kg}^{-1}$   
 On écrit aussi :  $\vec{P} = m .\vec{g}$  telle que  $\vec{g}$  le vecteur de la pesanteur.

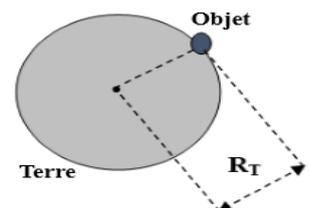
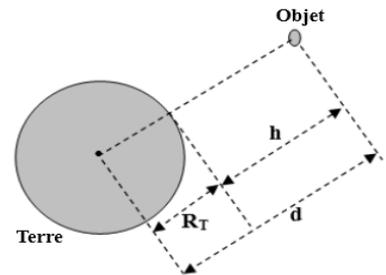


3. Expression de l'intensité de pesanteur :

Si on néglige l'influence du mouvement de la terre (mouvement de rotation sur elle-même et autour de soleil) sur les corps situé au voisinage de la terre. On peut dire que le poids de l'objet est simplement la force d'attraction gravitationnelle exercée par la terre sur l'objet c'est-à-dire :  $\vec{P}_h = F_{T/S}$

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

- $g_h$  : l'intensité de la pesanteur à l'altitude  $h$  en  $(\text{N.kg}^{-1})$
- $M_T$  : la masse de la Terre en  $(\text{kg})$
- $R_T$  : le rayon de la Terre en  $(\text{m})$
- $h$  : la distance entre la surface de la Terre et le corps en  $(\text{m})$



Sur la surface de la terre on pose  $h=0$  donc la pesanteur sur la surface  $g_0$  est :

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

On a :  $g_h = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$  et  $g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2} \Rightarrow g_0 R_T^2 = G M_T$

Donc en remplaçant dans la première formule :  $g_h = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

Lieu	Latitude	$g$ (N/Kg)
Pole nord	90°	9,832
Paris	49°	9,810
Rabat	34°	9,796

Astre	$g$ (N/Kg)
Lune	1,6
Mars	3,7
Jupiter	25

Application 2 :

Données : intensité de la pesanteur au sol :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$  ;  $R_T=6380 \text{ km}$  ;  $M_T=5,98.10^{24} \text{ kg}$  ;  $G=6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2 .\text{Kg}^{-2}$

1. Quelle est la valeur  $P$  du poids d'une boule de masse  $m= 800\text{g}$ , posée sur le sol ?

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

2. Quelle est la valeur de la force gravitationnelle  $F$  exercée par la Terre sur la même boule ?

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

3. Comparer ces deux forces et conclure.

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

Application 3 :

Un satellite artificiel de la terre a une masse de 80 Kg.

On donne : intensité de la pesanteur au sol :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$  ;  $R_T=6380 \text{ km}$  ;  $M_T=5,98.10^{24} \text{ kg}$  ;  $G=6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2 .\text{Kg}^{-2}$

1. Quel est le poids du satellite au sol ?

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

2. Quel est le poids du satellite lorsqu'il est à 18 km d'altitude ?

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

Application 4 :

Données : masse de la lune  $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$  ; rayon de la lune  $R_L = 1,75 \cdot 10^6 \text{ m}$

1. Déterminer l'intensité de pesanteur  $g_0$  sur la surface de la lune.

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

2. En déduire le poids d'un astronaute de masse  $m=70\text{kg}$  sur la surface de la lune.

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

3. A quelle altitude  $h$  par rapport à la surface de la lune on trouve la relation :  $g_h = \frac{g_0}{4}$  ?

Avec  $g_h$  L'intensité de pesanteur à altitude  $h$  par rapport à la surface de la lune.

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