

# La loi de gravitation universelle

Prof.ahmed boulouiha

#### 4 – L'échelle des longueurs de l'univers:

Les **microscopes** nous permettent d'explorer **le cœur de la matière** et donc de mesurer des grandeurs **extrêmement petite**. Au contraire, les **télescopes** nous permettent d'explorer **les abords de l'univers** et donc de mesurer des longueurs **très grandes**. Cherchons un moyen aisé de comparer ces différentes distances.

##### 4-1- Unités des longueurs :

Dans le (S.I), l'**unité de longueur** est **le mètre** ; symbole **m**.

On exprime souvent les longueurs avec des multiples ou des sous-multiples du mètre.

| أجزاء المتر les sous-multiples du mètre |             |         |
|---|-------------|---------|
| Nom                                     | Valeur      | Symbole |
| Millimètre                              | $10^{-3}m$  | mm      |
| Micromètre                              | $10^{-6}m$  | $\mu m$ |
| Nanomètre                               | $10^{-9}m$  | nm      |
| Picomètre                               | $10^{-12}m$ | pm      |
| Femtomètre                              | $10^{-15}m$ | fm      |

| مضاعفات المتر les multiples du mètre |            |         |
|--------------------------------------|------------|---------|
| Nom                                  | Valeur     | Symbole |
| Kilomètre                            | $10^3m$    | Km      |
| Mégamètre                            | $10^6m$    | Mm      |
| Gigamètre                            | $10^9m$    | Gm      |
| Téramètre                            | $10^{12}m$ | Tm      |

#### 4-2- Unités utilisées en Astronomie :

- ⊕ **Unité Astronomique ( $U.A$ )** est la distance moyenne entre le centre de la **Terre** et le centre du **Soleil** tel que  $1 U.A = 150.10^6 km$  .
- ⊕ **Année Lumière ( $A.L$ )** est la distance parcourue par la lumière au cours d'une année avec la vitesse  $C = 3.10^8 m/s$  dans le vide tel que  $1 A.L \approx 9,5.10^{15} m$  .

#### 4-3- Axe de l'échelle des longueurs :

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

## 5 – Application :

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

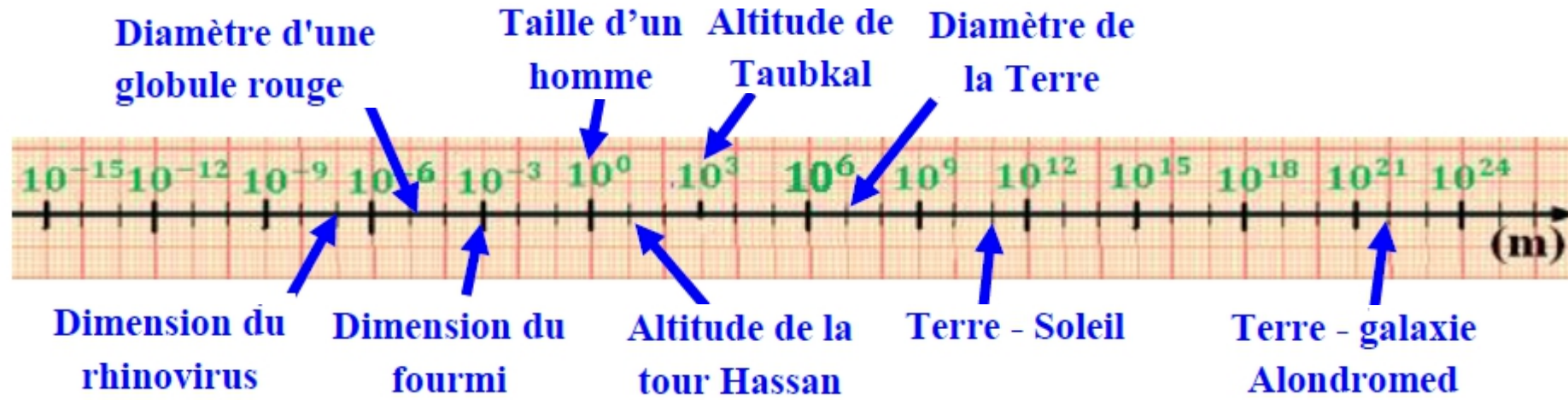
a- Completer le tableau ci-dessous .

| distance                                  | valeur          | Ecriture<br>Scientifique<br>$a. 10^n$ | Ordre de<br>Grandeur | le nombre<br>des Chiffres<br>Significatifs |
|---|-----------------|---------------------------------------|----------------------|--|
| Taille d'un homme                         | 1,70 m          |                                       |                      |  |
| Dimension du fourmi                       | 4 mm            |                                       |                      |  |
| Altitude de la tour<br>Hassan             | 44,3 m          |                                       |                      |  |
| Altitude de Taubkal                       | 4,16 km         |                                       |                      |  |
| Dimension du rhinovirus                   | 100 nm          |                                       |                      |  |
| Diamètre d'une globule<br>rouge           | 7 $\mu$ m       |                                       |                      |  |
| Diamètre de la Terre                      | 12800 km        |                                       |                      |  |
| La distance Terre -<br>galaxie Alondromed | $23.10^{18}$ km |                                       |                      |  |
| la distance moyenne<br>Terre - Soleil     | $150.10^9$ m    |                                       |                      |  |

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma



b- Représenter ces distances sur l'axe de l'échelle des longueurs .



## II – Loi de gravitation universelle (Newton 1687) :

### 1 – Mise en evidence de l'attraction universelle :

#### 1-1- Activité :

Newton est assis sous un pommier, la nuit va tomber et la pleine Lune est déjà levée. Une pomme tombe, il se demande : Pourquoi la pomme tombe, alors que la Lune ne tombe pas ? Newton expliqua le chute des corps sur la Terre, le mouvement de la Lune autour de la Terre et le mouvement des planètes du système solaire autour du Soleil comme le résultat d'un même phénomène. C-à-d , par l'attraction universelle .



a- Comment expliquer la cohésion du système solaire ?

**La gravitation universelle** est l'interaction responsable de la cohésion du système solaire.

b- D'après Newton, quel est la cause de cette attraction universelle ?

Cette attraction universelle exercée par les corps à **cause de leurs masses**.  
Alors, c'est une **force d'interaction mutuelle**.

c- Pourquoi la Terre tourne autour du Soleil ?

Par ce que **la masse du Soleil** est **supérieur** à la masse de la Terre.

### 1-2- Résumé :

La **gravitation universelle** est une des interactions responsable de la **cohésion de l'univers**. Elle est **prédominante** à l'échelle astronomique. C'est elle qui explique la **cohésion** et la **structure du système solaire**. Elle est la **cause** du **mouvement** des planètes et de leurs satellites.

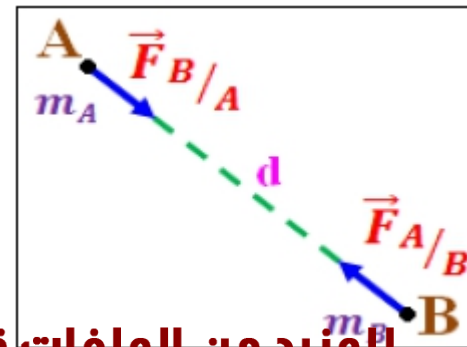
## 2 – Loi de gravitation universelle :

### 2-1- Énoncé :

*A cause de leurs masses, les corps exercent, les uns sur les autres des forces attractives mutuelles.*

### 2-2- Formule mathématique :

Deux **corps ponctuels**  $A$  et  $B$ , de **masses respectivement**  $m_A$  et  $m_B$ , séparés par une **distance**  $d = AB$ , exercent l'un sur l'autre des **forces d'interactions gravitationnelles attractives**  $\vec{F}_{A/B}$  et  $\vec{F}_{B/A}$  ayant :





$\vec{F}_{A/B}$  : 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

⊕ même droite d'action ( $AB$ )

⊕ des sens opposés (vers le corps qui exerce la force)

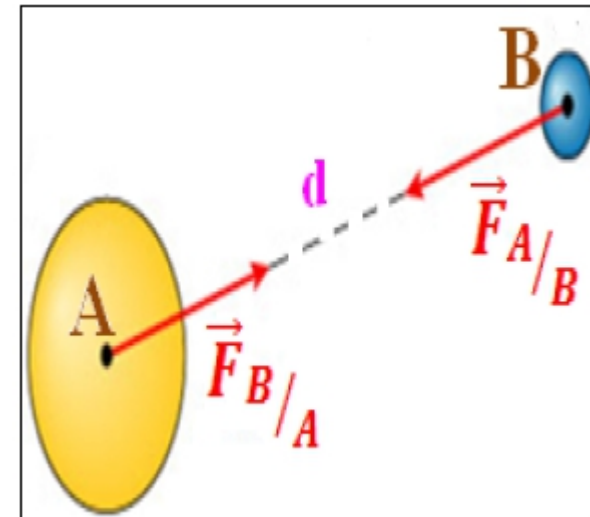
⊕ même intensité :  $F_{A/B} = F_{B/A} = F = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$

$G$  : Constante de gravitation universelle  $G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$

#### Remarques :

⊕ Les 2 forces d'interactions ont même droite d'action, des sens opposés et d'intensités égales :  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

⊕ 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.

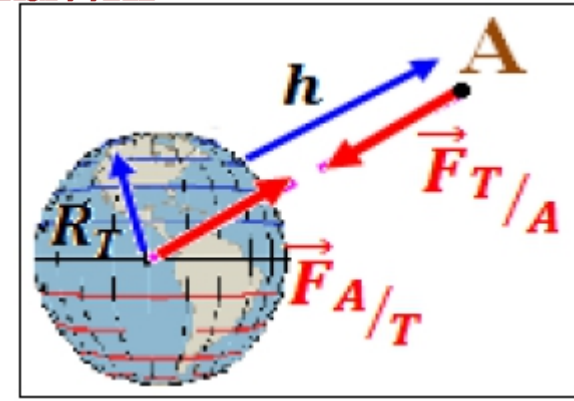




- ⊕ Pour un corps ponctuel  $A$  de masse  $m_A$  à l'altitude  $h$  par rapport à la surface de la Terre, on a :

$$F_{T/A} = F_{A/T} = F = G \frac{M_T \times m_A}{(R_T + h)^2} \quad \text{Avec } M_T = 6.10^{24} kg$$

la masse de la Terre et  $R_T = 6380 km$  son Rayon.



- ⊕ L'expression de l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle **reste valable** pour **deux corps quelconques**, tel que  $d$  est la distance séparant leurs **centres de gravité** respectifs.

## Application

- 1- Déterminer les caractéristiques de la force d'attraction universelle qui s'exerce entre deux corps ponctuels  $A$  et  $B$ , de masses respectivement  $m_A = 45 \text{ g}$  et  $m_B = 100 \text{ g}$ , séparés par une distance  $AB = 50 \text{ cm}$ .
- 2- Représenter les deux forces à une échelle adaptée.

## Solution

### III – 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.

L'intensité du poids est :  $P = G \frac{M_T \times m}{(R_T + h)^2}$

#### 2 – Caractéristiques du poids :

Les caractéristiques du poids d'un corps  $S$  sont :

- ⊕ point d'application : le centre de gravité  $G$  du cor
- ⊕ direction : la verticale
- ⊕ sens : de haut en bas (dirigé vers le centre de la Ter
- ⊕ intensité (ou valeur) :  $P = m \cdot g$

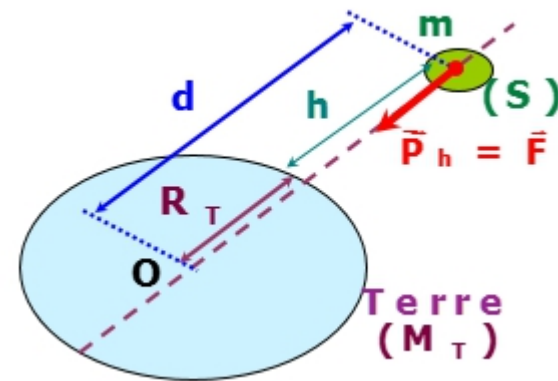
Si nous négligeons la rotation de la Terre autour d'elle-

Nous écrivons :  $P = F$  Alors  $m \cdot g = G \frac{M_T \times m}{(R_T + h)^2}$

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

La relation (1) montre que l'intensité de la gravité varie avec la hauteur  $h$  pour la même latitude.

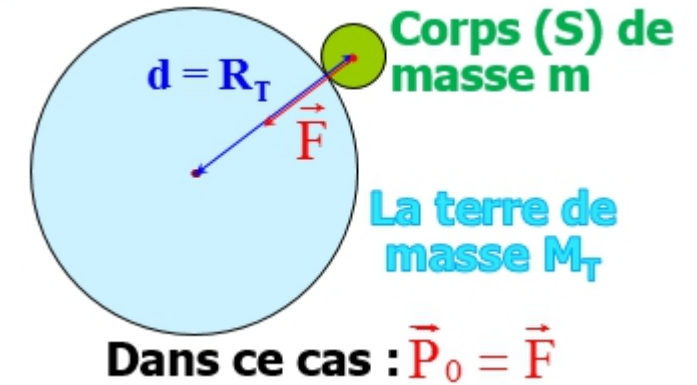
للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma



L'intensité de pesanteur à l'altitude  $h$  est : (1)  $g_h = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$

L'intensité de pesanteur à la surface de la terre  $h = 0$  est : (2)  $g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2} \approx 9,73 \text{ N / Kg}$

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



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

Puisque  $R_T + h \geq R_T$  alors  $g_0 \geq g_h$

| Lieux             | à l'équateur | à Casablanca | à Rabat | A Paris | Au pôle |
|-------------------|--------------|--------------|---------|---------|---------|
| $g_0 (N.kg^{-1})$ | 9,789        | 9,80         | 9,796   | 9,810   | 9,832   |



### 3 – Généralisation de la notion du poids :

En general, on appellera **poids  $P$**  d'un corps  **$S$**  de masse  **$m$** , la force **d'attraction universelle**, appliquée par **un astre quelconque** (Terre, Soleil, Lune,...) sur ce corps. L'**intensité** du poids est toujours :  **$P_A = m \cdot g_A$**  avec  **$g_A$**  l'**intensité du champ pesant** de cet astre.

**Par exemple :**  **$g_{0L} = G \frac{M_T}{R_L^2}$**  l'**intensité de pesant** à la surface de la Lune.

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Application</b> | A quelle altitude <b><math>h</math></b> on trouve la relation <b><math>g_h = \frac{g_0}{4}</math></b> ? |
| <b>Solution</b>    |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>Echelle des longueurs سلم المسافات</p> <p>Ecriture Scientifique كتابة علمية</p>   | <p>nombre décimal عدد عشري</p> <p>nombre entier relatif عدد صحيح نسبي</p>                    | <p>Chiffres Significatifs أرقام معبرة</p> <p>Ordre de Grandeur رتبة قدر</p>  |
| <p>La précision de mesure دقة القياس</p> <p>Unités des longueurs وحدات المسافات</p>  | <p>Les microscopes المجهر</p> <p>Les télescopes المنظار</p>                                  | <p>Unité Astronomique الوحدة الفلكية</p> <p>Année Lumière سنة ضوئية</p>  |
| <p>Loi de gravitation universelle قانون التجاذب الكوني</p> <p>Constante de gravitation ثابتة التجاذب</p> <p>répartition sphérique de masse توزيع كروي للكتلة</p> <p>Représenter à une échelle adaptée مثل بسلم مناسب</p> | <p>phénomène ظاهرة</p> <p>cohésion تماسك</p> <p>prédominante مهيمنة</p> <p>ponctuel نقطي</p> | <p>système solaire المجموعة الشمسية</p> <p>interaction mutuelle تأثير متبادل</p> <p>respectivement على التوالي</p> <p>droite d'action خط التأثير</p> |
| <p>Poids d'un corps وزن جسم</p> <p>intensité du champ pesanteur شدة مجال الثقالة</p> <p>Cractéristiques du poids مميزات الوزن</p> <p>Généralisation de la notion du poids تعميم مفهوم الوزن</p>                          | <p>direction اتجاه</p> <p>sens منحنى</p> <p>intensité شدة</p> <p>verticale رأسي</p>          | <p>au voisinage بجوار</p> <p>point d'application نقطة التأثير</p> <p>centre de gravité مركز الثقل</p> <p>droite d'action خط التأثير</p>              |