

Première Partie :
Interactions Mécaniques
Unité 1
5 H

التجاذب الكوني

la gravitation universelle


Tronc Commun
Physique - Mécanique

I – Echelle des longueurs :

1 – Ecriture Scientifique :

L'**écriture scientifique** d'un nombre s'écrit sous la forme :

$N = a \cdot 10^n$ tel que a est un **nombre décimal** ($1 \leq a < 10$) et n est un **nombre entier relatif**.

$$\begin{aligned} 10^0 &= 1 \\ 10^n \cdot 10^m &= 10^{n+m} \\ 10^{-n} &= \frac{1}{10^n} \\ \frac{10^n}{10^m} &= 10^{n-m} \end{aligned}$$

Exemples :

Nombres	258	49687	0,056	7,506
Ecriture Scientifique	$2,58 \cdot 10^2$	$4,9687 \cdot 10^4$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$7,506 \cdot 10^0$

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** $N = a \cdot 10^n$:

- ⊕ si $a < 5$, on considère $a \approx 1$. Alors, l'**ordre de grandeur** de ce nombre est 10^n .
- ⊕ si $a \geq 5$, on considère $a \approx 10$. Alors, l'**ordre de grandeur** de ce nombre est 10^{n+1} .

Exemples :

Nombres	258	49687	0,056	7,506
Ordre de Grandeur	10^2	10^4	10^{-1}	10

L'utilité de l'Ordre de Grandeur :

- ⊕ Déterminer la position de la distance sur l'échelle de longueurs et de la comparer avec d'autres distances.
- ⊕ Comparer deux distances différentes : où nous disons que deux distances se distinguent par une valeur de n Ordre de Grandeur si le quotient de la divisant de la plus grande distance par la plus petite distance est $a \cdot 10^n$.

Application	Comparer la distinction du diamètre d'une globule rouge $d_1 = 0,007 \text{ mm}$ avec le diamètre de la terre $d_2 = 12800 \text{ km}$
Solution	On a $\frac{d_2}{d_1} = \frac{1,280 \cdot 10^7}{7 \cdot 10^{-6}} = 1,83 \cdot 10^{12}$ alors d_2 et d_1 se distingue par une valeur de 12 Ordre de Grandeur

3 – Les Chiffres Significatifs :

Les **Chiffres Significatifs** sont les chiffres qui forment le nombre a dans l'**écriture scientifique** $N = a \cdot 10^n$.

Echelle des longueurs سلم المسافات
Ecriture Scientifique كتابة علمية

nombre décimal عدد عشرى
nombre entier relatif عدد صحيح نسبى

أرقام معبرة Chiffres Significatifs
رتبة قدر Ordre de Grandeur

Exemples :

Nombres	258	49687	0,056	0,0560	7,506
Chiffres Significatifs	3	5	2	3	4

Remarques :

- ⊕ Le nombre des **Chiffres Significatifs** est concerné **la précision de mesure**.
Par exemple : $2,30$ est plus précis que $2,3$.
- ⊕ Pour **la multiplication et la division**, il faut **arrondir le résultat** afin qu'il contient le même nombre des **Chiffres Significatifs** que le nombre qui en a **le moins** dans l'opération.
Par exemple : $1,2 \times 3,63 = 4,356$, s'écrit sous la forme $1,2 \times 3,63 \approx 4,4$.

$$\frac{55,8744}{6,2} = 9,012$$
 , s'écrit sous la forme $\frac{55,8744}{6,2} \approx 9,0$.
- ⊕ Pour **l'addition et la soustraction**, il faut **arrondir le résultat** afin qu'il contient le même nombre des **Chiffres Significatifs Décimaux** que le nombre qui en a **le moins** dans l'opération.
Par exemple : $1,2 + 3,63 = 4,83$, s'écrit sous la forme $1,2 + 3,63 \approx 4,8$.

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 aisément 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.

الجزء المتر		
Nom	Valeur	Symbol
Millimètre	$10^{-3}m$	mm
Micromètre	$10^{-6}m$	μm
Nanomètre	$10^{-9}m$	nm
Picomètre	$10^{-12}m$	pm
Femtomètre	$10^{-15}m$	fm

مضاعفات المتر		
Nom	Valeur	Symbol
Kilomètre	10^3m	Km
Mégamètre	10^6m	Mm
Gigamètre	10^9m	Gm
Téramètre	$10^{12}m$	Tm

دقة القياس
La précision de mesure
وحدات المسافات
Unités des longueurs

المجهر
Les microscopes
المنظار
Les télescopes

الوحدة الفلكية
Unité Astronomique
سنة ضوئية
Année Lumière

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

4-3- Axe de l'échelle des longueurs :

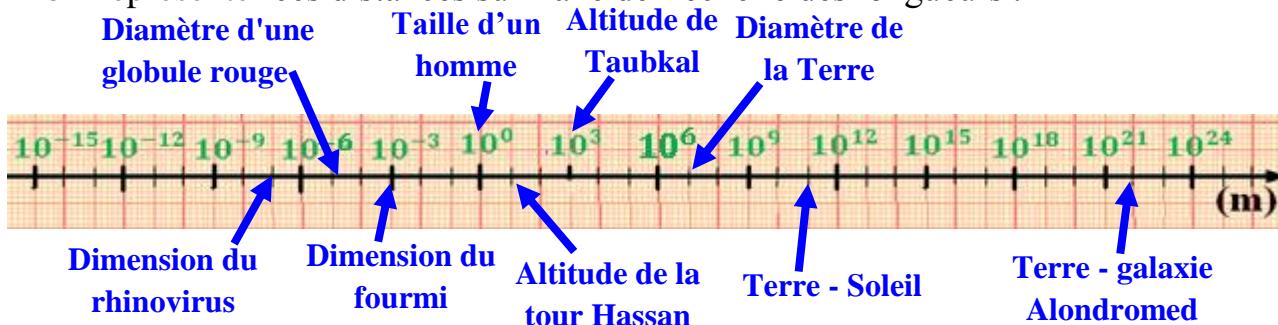
Pour **explorer** et décrire l'**Univers**, les physiciens construisent une échelle des longueurs de l'**infiniment petit** (atome) vers l'**infiniment grand** (galaxie). Cet axe est **graduée en puissance de 10** .

5 – Application :

a- Completer le tableau ci-dessous .

distance	valeur	Écriture Scientifique $a. 10^n$	Ordre de Grandeur	le nombre des Chiffres Significatifs
Taille d'un homme	1,70 m	$1,70.10^0 \text{ m}$	10^0 m	3
Dimension du fourmi	4 mm	4.10^{-3} m	10^{-3} m	1
Altitude de la tour Hassan	44,3 m	$4,43.10^1 \text{ m}$	10^1 m	3
Altitude de Taubkal	4,16 km	$4,16.10^3 \text{ m}$	10^3 m	3
Dimension du rhinovirus	100 nm	$1,00.10^{-7} \text{ m}$	10^{-7} m	3
Diamètre d'une globule rouge	7 µm	7.10^{-6} m	10^{-6} m	1
Diamètre de la Terre	12800 km	$1,2800.10^7 \text{ m}$	10^7 m	5
La distance Terre - galaxie Alondromed	23.10^{18} km	$2,3.10^{22} \text{ m}$	10^{22} m	2
la distance moyenne Terre - Soleil	150.10^9 m	$1,50.10^{11} \text{ m}$	10^{11} m	3

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

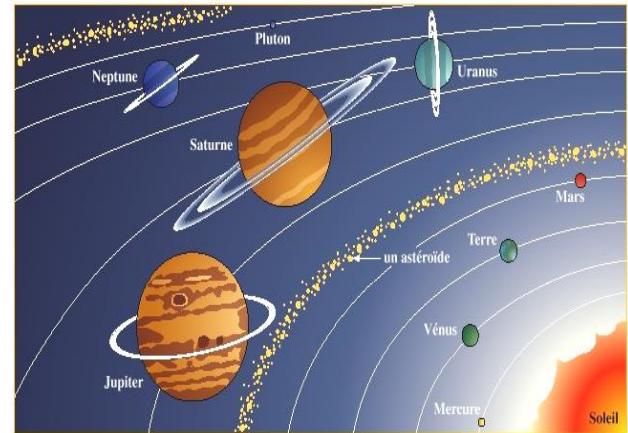


II – Loi de gravitation universelle (Newton 1687) :

1 – Mise en évidence 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.

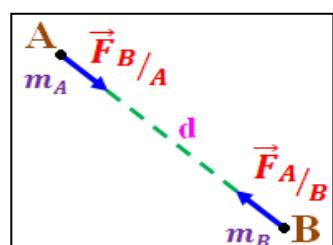
2-2- Formule mathématique :

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 :

- ⊕ même droite d'action (AB)
- ⊕ des sens opposés (vers le corps qui exerce la force)
- ⊕ même intensité : $\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A} = \vec{F} = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$

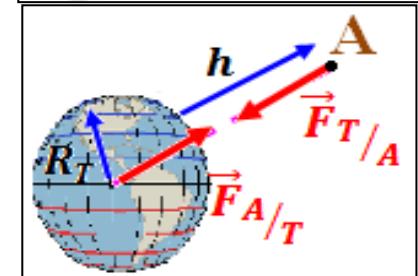
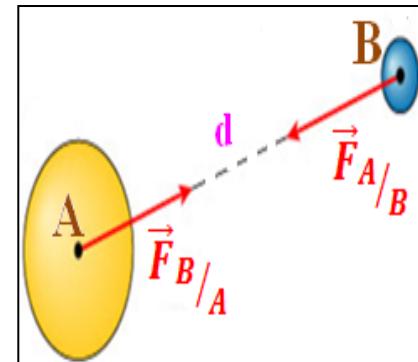
G : Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$



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 :

$$\vec{F}_{T/A} = \vec{F}_{A/T} = \vec{F} = G \frac{M_T \times m_A}{(R_T + h)^2}$$
 Avec $M_T = 6.10^{24} \text{ kg}$
la masse de la Terre et $R_T = 6380 \text{ km}$ 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

1- D'après la loi de Newton, les deux forces d'interactions gravitationnelles attractives $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ayant :

- ⊕ même droite d'action (**AB**)
- ⊕ des sens opposés (vers le corps qui exerce la force)
- ⊕ même intensité : $F_{A/B} = F_{B/A} = F = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$

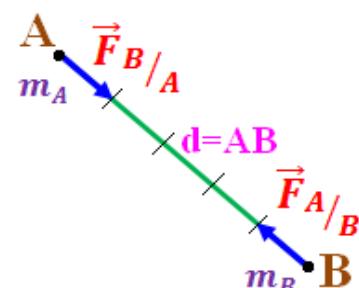
$$\text{AN : } F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{45 \cdot 10^{-3} \times 100 \cdot 10^{-3}}{(50 \cdot 10^{-2})^2} = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

On remarque que cette intensité est très faible, ce qui explique pourquoi on n'aperçoit pas leur effet dans notre vie quotidienne.

2- On choisit l'échelle suivante :

$$1 \text{ cm} \rightarrow 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$
 et

$$1 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ cm}$$



Loi de gravitation universelle قانون التجاذب الكوني
 Constante de gravitation ثابتة التجاذب
 répartition sphérique de masse توزيع كروي للكتلة
 Représenter à une échelle adaptée مثل بسلم مناسب

ظاهرة cohésion تماساك
 prédominante مهيمنة نقطي
 ponctuel نقطي

المجموعة الشمسية système solaire
 تأثير متبادل interaction mutuelle
 على التوالي respectively
 خط التأثير droite d'action

III – Poids d'un corps :

1 – Définition :

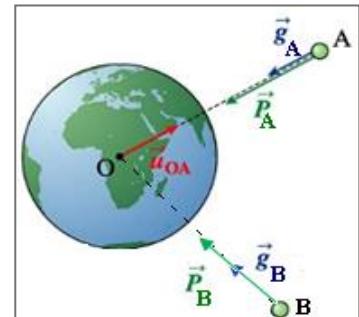
Le poids \vec{P} d'un corps S de masse m est la force d'attraction universelle qu'il subit lorsqu'il est situé au voisinage de la Terre, appliquée par la Terre sur lui.

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 corps
- ⊕ **direction** : la verticale
- ⊕ **sens** : de haut en bas (dirigé vers le centre de la Terre)
- ⊕ **intensité** (ou **valeur**) : $P = m \cdot g$ avec $g = G \frac{M_T}{(R_T+h)^2}$



g s'appelle **intensité du champ pesant**, s'exprime en ($N \cdot kg^{-1}$)

Remarques :

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

L'intensité de pesant à la surface de la terre $h = 0$ est : $g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2}$

Donc : $g_h = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$. 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
$g_0 (N \cdot kg^{-1})$	9,789	9,80	9,796	9,810	9,832

3 – Généralisation de la notion du poids :

En général, on appellera poids \vec{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.

Application	A quelle altitude h on trouve la relation $g_h = \frac{g_0}{4}$?
Solution	<p>On a $g_h = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2} = \frac{g_0}{4}$ alors $\frac{1}{4} = \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$</p> <p>Puisque R_T et h positifs, alors $\frac{1}{2} = \frac{R_T}{R_T+h}$</p> <p>d'où $R_T + h = 2R_T$ donc $h = R_T = 6380 \text{ km}$</p>

Poids d'un corps	وزن جسم
intensité du champ pesant	شدة مجال الثقالة
Caractéristiques du poids	مميزات الوزن
Généralisation de la notion du poids	تمثيل مفهوم الوزن

direction	اتجاه
sens	منحر
intensité	شدة
verticale	رأسية

au voisinage	بجوار
point d'application	نقطة التأثير
centre de gravité	مركز الثقل
droite d'action	خط التأثير