

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.

$$10^0 = 1$$

$$10^n \cdot 10^m = 10^{n+m}$$

$$10^{-n} = \frac{1}{10^n}$$

$$\frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m}$$

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 distinguent 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 عشري
nombre entier relatif عدد صحيح نسبي

Chiffres Significatifs أرقام معبرة
Ordre de Grandeur رتبة قدر

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 contienne 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 $1,2 \times 3,63 \approx 4,4$.

$$\frac{55,8744}{6,2} = 9,012 \text{ , s'écrit sous la forme } \frac{55,8744}{6,2} \approx 9,0 \text{ .}$$

⊕ Pour **l'addition et la soustraction**, il faut **arrondir le résultat** afin qu'il contienne 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 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.

les sous-multiples du mètre أجزاء المتر		
Nom	Valeur	Symbole
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

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

La précision de mesure دقة القياس
Unités des longueurs وحدات المسافات

Les microscopes المجهر
Les télescopes المنظار

Unité Astronomique الوحدة الفلكية
Année Lumière سنة ضوئية

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 $1 U.A = 150.10^6 \text{ km}$.
- ⊕ **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 $1 A.L \approx 9,5.10^{15} \text{ m}$.

4-3- Axe de l'échelle des longueurs :

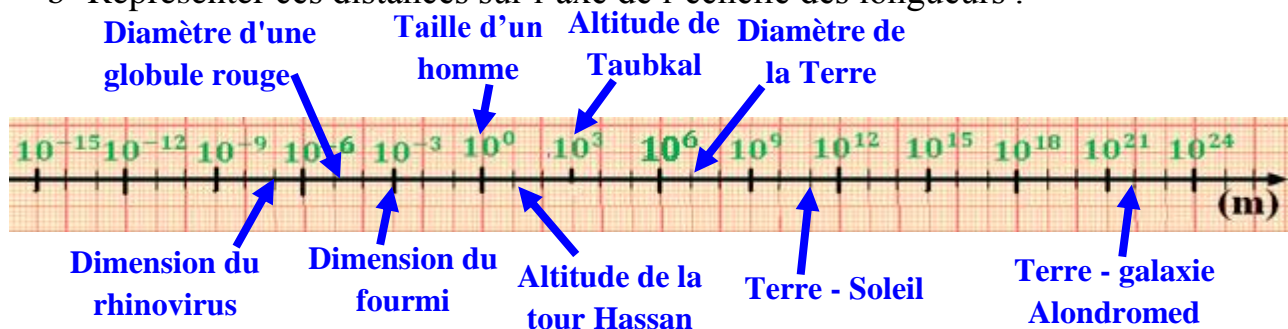
Pour **explorer** et **décrire l'Univers**, les physiciens construisent une échelle des longueurs de **l'infiniment petit (atome)** vers **l'infiniment grand (galaxie)**. Cet axe est gradué en puissance de 10.

5 – Application :

a- Compléter le tableau ci-dessous.

distance	valeur	Ecriture 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^{-5} 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.

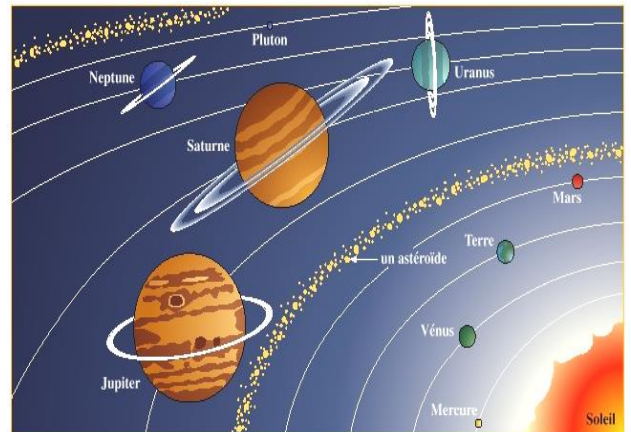


II – Loi de gravitation universelle (Newton 1687) :

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 :

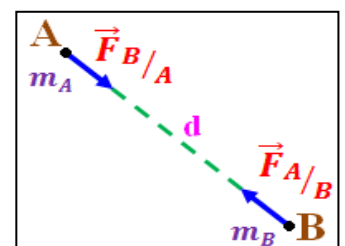
2-1- Énoncé :

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

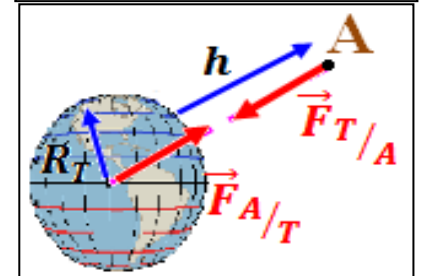
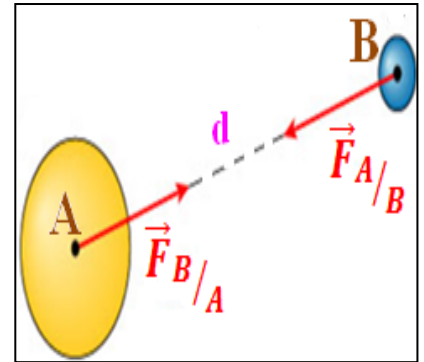


G : Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

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 :

$$F_{T/A} = F_{A/T} = F = G \frac{M_T \times m_A}{(R_T + h)^2}$$
 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 $m_A = 45 g$ et $m_B = 100 g$, séparés par une distance $AB = 50 cm$.

2- Représenter les deux forces à une échelle adaptée.

Solution

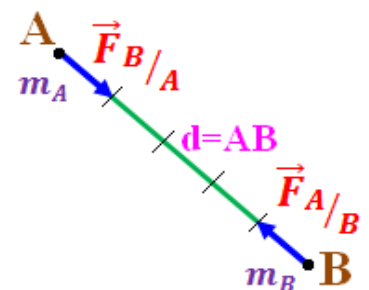
1- D'après la loi de Newton, les deux forces d'interactions gravitationnelles attractives $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ayant :

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

$$AN : F = 6,67.10^{-11} \frac{45.10^{-3} \times 100.10^{-3}}{(50.10^{-2})^2} = 1,2.10^{-12} N$$

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 :
 $1 cm \rightarrow 1,2.10^{-12} N$ et
 $1 cm \rightarrow 10 cm$



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

phénomène ظاهرة
 cohésion تماسك
 prédominante مهيمنة
 ponctuel نقطي

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

III – Poids d'un corps :

1 – Définition :

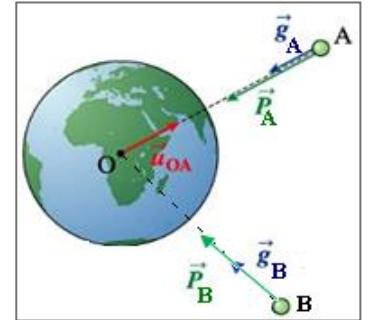
Le poids \vec{P} d'un corps S de masse m est la force d'attraction universelle qu'il subit lorsqu'il est situé au voisinage de la Terre, appliquée par la Terre sur lui.

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 pesanteur**, s'exprime en $(N \cdot kg^{-1})$

Remarques :

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

L'intensité de pesanteur 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 general, 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 pesanteur de cet astre.

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

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

Poids d'un corps	وزن جسم	direction	اتجاه	au voisinage	بجوار
intensité du champ pesanteur	شدة مجال الثقالة	sens	منحى	point d'application	نقطة التأثير
Caractéristiques du poids	مميزات الوزن	intensité	شدة	centre de gravité	مركز الثقل
Généralisation de la notion du poids	تعميم مفهوم الوزن	verticale	رأسي	droite d'action	خط التأثير