Gravitation Universelle

Le premier à avoir compris que la **pesanteur terrestre** et la **gravitation céleste** (les mouvements astronomiques) étaient le résultat d'une seule et même interaction est Isaac Newton.

1) La loi de la gravitation :

a) Un peu de vocabulaire…

Cette loi fut énoncée par Isaac Newton pour deux **corps ponctuels**, c'est-à-dire dont les dimensions sont très petites par rapport à la distance qui les sépare.

En pratique, on considèrera un corps comme **ponctuel** si :

taille objet $\leq$ (distance d'observation / 100)

Exo 1 : A partir de quelle distance peut-on considérer ces corps ponctuels ?

objets	Dimension (rayon)	Distance (à calculer)
balle de tennis	3 cm	
Lune	$1{,}75.10^3$ km	
Terre	$6{,}4.10^3$ km	
Soleil	$7{,}0.10^5$ km	

Sachant que les distances **Terre/Lune** et **Soleil/Terre** valent en moyenne $3{,}8.10^5$ km et $1{,}5.10^8$ km, que pouvez-vous conclure ?

Conclusion :

Les astres peuvent être considérés comme corps ponctuels en ce qui concernent leurs effets gravitationnels.

b) Enoncé de la loi de gravitation :

Deux corps ponctuels, de masses **m** et **m'**, séparés par une distance **d**, exercent l'un sur l'autre des forces attractives, de même valeur .

c) Formulation mathématique et schéma :

$$F = F' = G\cdot\frac{m\cdot m'}{d^2}$$

G est appelé la constante de gravitation universelle :

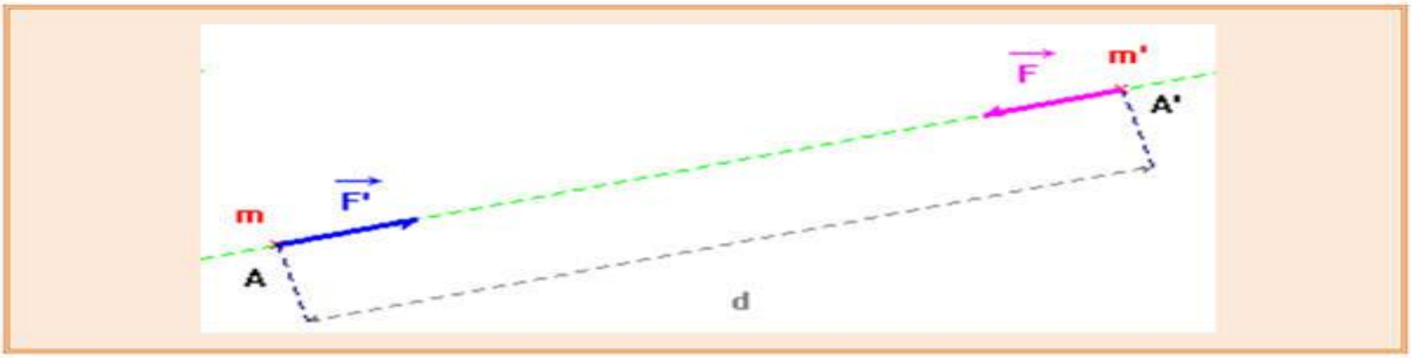
$G \approx 6{,}67 \times 10^{-11}\,m^3.kg^{-1}.s^{-2}$

$G \approx 6{,}67 \times 10^{-11}\,m^2.kg^{-2}.N$

F : Valeur de la force F en Newton N.

m et m' : Valeur des masses en kg.

D : Distance séparant les deux masses ponctuelles : en m



Exo 2 :

- **a)** Calculez l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle entre 2 individus (que l'on assimilera à des corps ponctuels distant de 20 cm). Données : $m_A = 75$ kg et $m_B = 55$ kg
- **b)** Calculez l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle entre la Terre et la plus lourde des deux personnes.
  Données : $M_{Terre} = 6{,}0.10^{24}$ kg et $R_{Terre} = 6{,}4.10^{3}$ km.
- **c)** Comparer les deux valeurs et conclure .

Rep 2 :

a- Expression littéraire :

Expression numérique :

Application numérique :

b- Expression littéraire :

Expression numérique :

Application numérique :

c-

Conclusion : à l'échelle humaine, les effets de gravitation autres que ceux dus à la Terre sont négligeables.
Lorsque les objets deviennent **très massifs** c'est le cas pour les objets astronomiques, elle est perceptible.

2-Le champ de gravitation – Poids du corps :

a) Notion de champ gravitationnel :

Pour interpréter l'interaction gravitationnelle, on peut stipuler que tout objet (A) (de **masse** ***M*** et placé en une **origine spatiale O**) crée autour de lui un champ gravitationnel attractive.

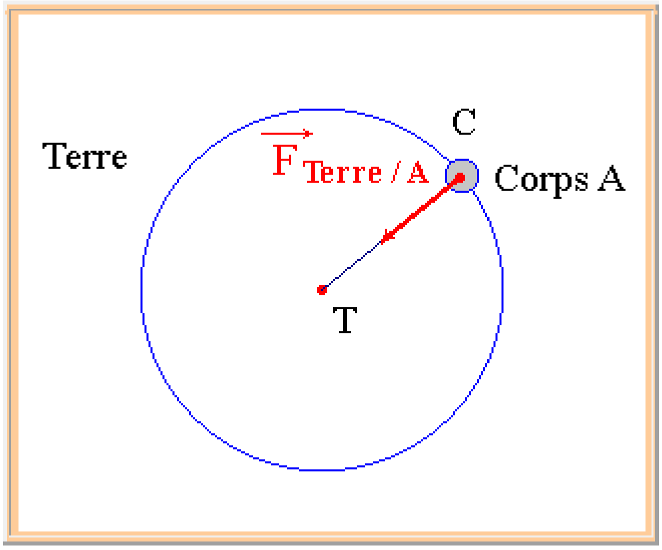
En un point P (hors de l'objet (A)), si un second objet de masse m y est placé ; alors il sera soumis à la force de gravitation exercée par (A) .
Rem : nous supposerons que le corps situé en P ne modifie pas le champ de gravitation auquel il est soumis.

b) Expression du champ gravitationnel (intensité de pesanteur) :

i)- <u>Relation entre le poids d'un objet et la force de gravitation exercée par la Terre</u> :

Tout corps **A**, de centre **C** et de masse m, placé au voisinage de la Terre subit une force gravitationnelle de la part de la Terre.

Le centre de la Terre est noté **T**, sa masse m_T et son rayon R_T.



L'attraction exercé par la Terre sur le corps **A** est modélisée par la force caractérisée par :

$\vec{F}_{Terre/A}$	Point d'application : C
	Direction : la droite (TC). Elle passe par le centre de la Terre. **C'est la verticale du lieu .**
	Sens : de C vers T. La force est orientée vers le bas.
	Valeur de la force : $F_{Terre/A} = G \times \frac{m \times m_T}{d^2}$ Si le corps est au voisinage de la Terre ou à la surface de la Terre on considère que : $d \approx R_T$. Donc : $F_{Terre/A} \approx G \cdot \frac{m \cdot m_T}{R_T^2} = m \cdot \left(G \cdot \frac{m_T}{R_T^2} \right)$

Remarque :

Pour tous les objets qui se trouvent à la surface de la Terre ou au voisinage de la Terre, le terme $G.\frac{m_T}{R_T^2}$ est le même. Il est caractéristique de la Terre.

On peut calculer sa valeur : Données : **G** ≈ $6,67 \times 10^{-11}\ m^2 . kg^{-2} . N$, $R_T = 6,38 \times 10^3$ km et $m_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg .

$$G\cdot\frac{m_T}{R_T^2}=6{,}67\times10^{-11}\cdot\frac{6{,}0\times10^{24}}{\left(6{,}38\times10^{3}\right)^2}$$

$$G\cdot\frac{m_T}{R_T^2}\approx 9{,}8\,\mathrm{N/kg}$$

On retrouve la valeur de $g \approx 9{,}8$ N / kg l'intensité de la pesanteur .

On peut écrire la relation suivante, pour les objets de masse m au voisinage de la Terre :

$$F_{\text{Terre / A}} \approx 9{,}8\, m \approx \boldsymbol{g.m}$$

On retrouve alors l'expression du poids d'un corps de masse m au voisinage de la Terre vue au collège : $P = m\,.\,\mathbf{g}$

Donc le poids d'un objet sur Terre est pratiquement égal à la force gravitationnelle exercée par la Terre sur l'objet

$\vec{P}=\vec{F}_{Terre/A}$	Point d'application : C : centre de gravité du corps **A**
	Direction : Verticale du lieu
	Sens : orientée vers le bas.
	Valeur de la force : $P = m\,.\,\mathbf{g}$ Avec $\mathbf{g}$ = 9,8 N / kg, $\mathbf{g}$ est l'intensité de la pesanteur.

ii) Expression du champ gravitationnel (intensité de pesanteur) :

- ***A la surface de la terre :***

Comme le poids d'un objet sur Terre est pratiquement égal à la force gravitationnelle exercée par la Terre sur l'objet.

$$F = G\cdot\frac{M_T\cdot m}{R_T^2}=m\cdot\frac{G\cdot M_T}{R_T^2}\quad \text{et}\quad P=m\cdot g$$ d'où : $\mathbf{g} = \frac{G.M_T}{R_T^2}$

- ***A une altitude h de la surface de la terre :***

Tout corps **A**, de centre **C** et de masse m, placé à une altitude h de la surface de la Terre subit une force gravitationnelle de la part de la Terre.

La distance entre le centre de la Terre et **C** est : $\mathbf{d} = R_T + \mathbf{h}$

Comme P=F soit $m.g_h = G\,.\,\frac{m.m_T}{d^2} = G\times\frac{m.m_T}{(R_T+h)^2}$

Avec g_h l'intensité de la pesanteur à l'altitude h .

On en déduit : $g_h = G \times \frac{m_T}{(R_T + h)^2}$

A la surface de la terre h = 0 : $g_0 = G \times \frac{m_T}{(R_T)^2}$

D'où : $g_h = g_0 \times \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

c) <u>Poids d'un corps sur la Lune</u> :

Le poids d'un corps sur la Lune peut s'identifier à la force gravitationnelle exercée par la Lune sur l'objet. Montrons q'un corps de masse m n'a pas le même poids sur la Terre que sur la Lune.

$$F_{Lune/A} = G \cdot \frac{m \cdot m_L}{R_L^2} = g_L \cdot m = P_L$$

$$g_T \approx \frac{G \cdot m_T}{R_T^2} \text{ et } g_L \approx \frac{G \cdot m_L}{R_L^2}$$

Avec $R_L = 1{,}75 \times 10^6$ m et $m_L = 7{,}34 \times 10^{22}$ kg on a :

$$g_L \approx \frac{G \cdot m_L}{R_L^2} \approx \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 7{,}34 \times 10^{22}}{\left(1{,}75 \times 10^6\right)^2} \approx 1{,}6 \text{ N.kg}^{-1}$$

$$\frac{g_T}{g_L} \approx \frac{9{,}8}{1{,}6} \approx 6{,}1$$

d'où : $\frac{P_T}{P_L} \approx 6{,}1$

Exo 3 :

a) Calculer les valeurs du champ de gravitation terrestre à la surface de la Terre (point S) et au niveau de l'orbite du satellite SPOT, situé à l'altitude 832 km (point P).

Données $M_{Terre} = 6{,}0.10^{24}$ kg, $R_{Terre} = 6{,}4.10^3$ km.

b) Représenter les vecteurs champs de gravitation de la Terre aux points S et P à l'échelle 2 cm pour 10 N/kg .

Exo 4 : Comparer cette valeur à celle des champs de gravitation, créé à la surface de la Terre, par le Soleil, la Lune et un avion.

Données : $d_{Terre/Soleil} = 1{,}5.10^8$ km, $M_S = 2{,}0.10^{30}$ kg ; $d_{Terre/Lune} = 3{,}8.10^5$ km, $M_L = 7{,}0.10^{22}$ kg ; altitude avion ≈ 10 km, $M_{avion} \approx 300$ tonnes

Exo 5 : a) On note g_0 l'intensité du champ de pesanteur à la surface de la Terre : $g_0 = 9{,}8$ N.Kg^{-1}. Donnez l'expression $g(h)$ de l'intensité du champ de pesanteur à l'altitude h au dessus du sol terrestre en fonction de g_0, R_T et h.

b) A quelle altitude h le champ de pesanteur vaut-il encore 99 % de sa valeur à la surface de la Terre ?