

**Données :**

$$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_{\text{électron}} = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_{\text{nucéon}} = 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

$$k = 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$$

$$g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$$

EXERCICES EN AUTONOMIE**Ex 1 – Déterminer la composition d'un atome**

Le silicium est l'élément utilisé dans les panneaux photovoltaïques pour convertir la lumière en électricité. La charge q du noyau de l'atome de silicium, de représentation symbolique ${}_{14}^{28}\text{Si}$, a pour valeur $2,24 \times 10^{-18} \text{ C}$.

1. **Calculer** le nombre de protons possède ce noyau ?
2. En **déduire** le nombre de neutron de ce noyau
3. **Donner** est le nombre d'électron de cet atome ?

$$1. \quad Q = Z \times e \text{ donc } Z = \frac{Q}{e}$$

$$\text{Application numérique : } Z = \frac{2,24 \times 10^{-18}}{1,60 \times 10^{-19}} = 14$$

$$2. \quad N_{\text{neutrons}} = A - Z = 14$$

$$3. \quad N_{\text{électrons}} = 14$$

car l'atome est électriquement neutre

Ex 2 – Autour du mercure

A la température de 20°C le mercure de symbole Hg est un métal gris et liquide.

Le noyau d'un atome de mercure est caractérisé par les valeurs $Z=80$ et $A=200$.

1. Comment appelle-t-on Z et A ?
Que représentent-ils ?
2. **Donner** la représentation symbolique de cet atome et indiquer sa composition
3. **Calculer** la charge électrique Q_{noyau} de son noyau de cet atome
4. **Calculer** la masse m de cet atome

1. Z numéro atomique ou nombre de charge et A nombre de masse

$$2. \quad {}_{80}^{200}\text{Hg} :$$

80 protons, 200 nucléons, 120 neutrons et 80 électrons

3.

$$Q_{\text{noyau}} = Z \times e$$

$$Q_{\text{noyau}} = 80 \times 1,60 \times 10^{-19} = 1,28 \times 10^{-17} \text{ C}$$

4.

$$m_{\text{atome}} = m_{\text{noyau}} = A \times m_{\text{nucéon}}$$

$$m_{\text{atome}} = 200 \times 1,7 \times 10^{-27} = 3,4 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

Ex 3 – Electrifier la matière

On électrifie par frottements deux tiges, l'une en verre et l'autre en polystyrène ? On approche ces tiges d'une sphère métallique chargée négativement et suspendue à un fil.



1. **Déterminer** la charge de l'extrémité de chaque tige
2. **Expliquer** en considérant les déplacements de charges opérés, comment chaque tige a été électrisée

1. Polystyrène chargé négativement et verre positivement

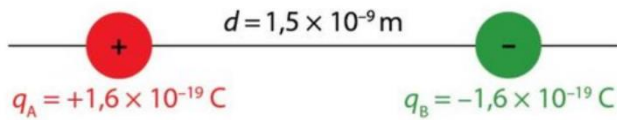
2. Electrification par frottement donc les électrons ont été arrachés, déplacés.

Pour la tige de polystyrène : les électrons ont été déplacés vers la tige et pour la tige de verre les électrons ont été arrachés et ont quittés la tige.

Ex 4 – Etudier une interaction électrique

Le schéma suivant représente deux particules de charges q_A et q_B placées à une distance d l'une de l'autre

1. Quelle interaction existe-t-il entre les deux particules représentées sur ce schéma ?
2. **Exprimer** puis **calculer** la valeur de la force que chaque particule exerce sur l'autre



1. Interaction électrostatique

$$2. F_{\text{elec } A/B} = \frac{k \times |q_A \times q_B|}{d_{AB}^2}$$

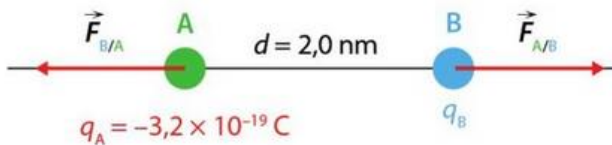
Application numérique

$$F_{\text{elec } A/B} = F_{\text{elec } B/A} = \frac{9,0 \times 10^9 \times (1,60 \times 10^{-19})^2}{(1,5 \times 10^{-9})^2} = 1,0 \times 10^{-10} \text{ N}$$

Ex 5 – Calculer une charge

Les forces d'interaction électrostatique entre les particules schématisées ci-dessous ont pour valeur :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = 4,60 \times 10^{-10} \text{ N}$$



1. Quel est le signe de la charge placée en B ?
2. **Exprimer** puis **calculer** cette charge

1. Sur le schéma l'interaction est répulsive donc $q_B < 0$

$$2. F_{\text{elec } A/B} = \frac{k \times |q_A \times q_B|}{d_{AB}^2}$$

$$\text{donc } |q_B| = \frac{F_{\text{elec } A/B} \times d_{AB}^2}{k \times |q_A|}$$

$$|q_B| = \frac{4,60 \times 10^{-10} \times (2,0 \times 10^{-9})^2}{9,0 \times 10^9 \times 3,2 \times 10^{-19}} = 6,4 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{donc } q_B = -6,4 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Ex 6 – Exprimer la force de gravitation

Jupiter est la plus grosse et la plus massive des planètes du système solaire.

Sa masse est $M_J = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$.

Exprimer la force exercée par le Soleil sur Jupiter puis **calculer** sa valeur

Données

$$M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg} ; d_{J-S} = 7,79 \times 10^8 \text{ km}$$

$$F_{g \text{ S/J}} = \frac{G \times m_S \times m_J}{d_{J-S}^2}$$

$$F_{g \text{ S/J}} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 1,99 \times 10^{30} \times 1,90 \times 10^{27}}{(7,79 \times 10^8 \times 10^3)^2} = 4,16 \times 10^{23} \text{ N}$$

Ex 7 – Représenter une force de gravitation

La planète Mars possède une orbite autour du Soleil dont le rayon moyen est $d = 2,28 \times 10^{28} \text{ km}$.

Elle subit de la part du Soleil une force de gravitation dont la valeur est $F_g = 1,64 \times 10^{21} \text{ N}$

Représenter sur un schéma les centres des deux astres ainsi que la force exercée par Mars sur le Soleil.

Echelles

$$1 \text{ cm} \leftrightarrow 2,0 \times 10^{27} \text{ km}$$

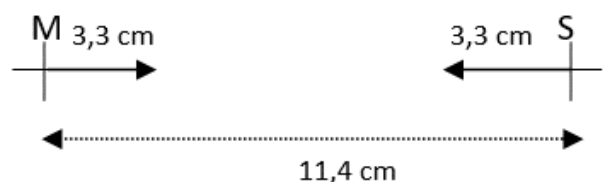
$$1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,50 \times 10^{21} \text{ N}$$

Proportionnalité :

$$d_{M-S}(\text{sur le schéma}) = \frac{2,28 \times 10^{28}}{2,0 \times 10^{27}} = 11,4 \text{ cm}$$

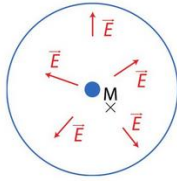
et

$$F_{g \text{ M/S}}(\text{sur le schéma}) = \frac{1,64 \times 10^{21}}{0,50 \times 10^{21}} = 3,3 \text{ cm}$$



Ex 8 – Etudier un champ

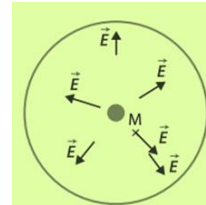
Le schéma ci-dessous représente le champ électrostatique en quelques points d'un condensateur cylindrique.



1. Quel est le signe de la charge portée par l'armature centrale de ce condensateur ?
2. **Représenter** le vecteur champ au point M

1. L'armature centrale est chargée positivement car le champ électrostatique tracé est orienté depuis le centre vers l'extérieur.

2. Le champ électrostatique en M est radial par définition et orienté du centre vers l'extérieur car la charge de l'armature centrale est positive.



EXERCICES D'ANAYSE

Ex 9 – Soulever une bille ?

Une bille métallique de $m = 40\text{g}$ portant une charge électrique égale à $q = -15e$ est posée sur une table.

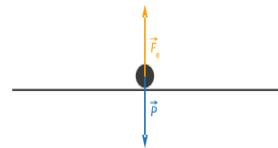
On approche 10 cm au-dessus d'elle, une seconde bille métallique portant une charge électrique égale à $q = +10e$.

L'interaction gravitationnelle entre les billes est négligée.

Les charges électriques des deux billes sont-elles suffisantes pour que la seconde bille soulève la première ?

1. Sans soucis d'échelle, **schématiser** la situation et les forces subies par la bille supposée en lévitation au-dessus de la table
2. **Calculer** l'intensité de la force électrostatique subie par la bille
3. **Calculer** l'intensité de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la bille
4. L'hypothèse de la question 1 est-elle justifiée ?
5. **Reprendre** les trois dernières questions avec des billes de charges un million de fois supérieures. **Conclure.**

1.



2.

$$F_e = k \cdot \frac{|q_{\text{bille1}} \cdot q_{\text{bille2}}|}{d^2} = k \cdot \frac{|-15e \cdot 10e|}{d^2} \\ = 9,0 \times 10^9 \times \frac{150 \times (1,602 \times 10^{-19})^2}{(10 \times 10^{-2})^2} = 3,5 \times 10^{-24} \text{ N.}$$

3. $F_g = P = m \cdot g = 40 \times 10^{-3} \times 9,81 = 3,9 \times 10^{-1} \text{ N.}$

4. La bille restera immobile, car $F_g \gg F_e$.

5.

$$F'_e = k \cdot \frac{|-15e \cdot 10e|}{d^2} \\ 9,0 \times 10^9 \times \frac{15 \times 10^6 \times 10 \times 10^6 \times (1,602 \times 10^{-19})^2}{(10 \times 10^{-2})^2} = 3,5 \times 10^{-12} \text{ N.}$$

Le poids est toujours plus intense que la force électrostatique subie, la bille restera donc encore immobile.



Ex 10 – Atome d'hélium

Un atome d'hélium 4 est noté ${}^4_2\text{He}$

Un atome d'hélium possède un rayon approximatif de $r = 31 \text{ pm}$

1. **Donner** la composition de cet atome.
2. En considérant le noyau comme ponctuel, **exprimer** et **calculer** l'intensité de la force électrostatique exercée par un proton du noyau sur un des électrons du cortège électronique
3. Sans soucis d'échelle, **représenter** cette force sur un schéma
4. **Calculer** le rapport de ces deux intensités.
Commenter

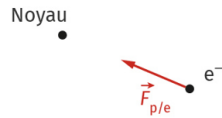
1. L'atome d'hélium est constitué de deux protons, deux neutrons et deux électrons.

2

$$F_e(\text{proton}/\text{électron}) = k \cdot \left(\frac{e}{r}\right)^2 = 8,99 \times 10^9 \times \left(\frac{1,602 \times 10^{-19}}{31 \times 10^{-12}}\right)^2 = 2,4 \times 10^{-7} \text{ N}$$

La force électrostatique exercée par un proton du noyau sur l'un des électrons du cortège électronique est de $2,4 \times 10^{-7} \text{ N}$.

3.



4.
$$F_g(\text{proton}/\text{électron}) = G \cdot \frac{m_{\text{nucléon}} \cdot m_{\text{électron}}}{r^2}$$

$$= 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,67 \times 10^{-27} \times 9,11 \times 10^{-31}}{(31 \times 10^{-12})^2} = 1,1 \times 10^{-46} \text{ N}$$

L'intensité de la force gravitationnelle du proton sur l'électron est de $1,1 \times 10^{-46} \text{ N}$.

$$\frac{2,4 \times 10^{-7}}{1,1 \times 10^{-46}} = 2,2 \times 10^{39}$$

L'interaction électrostatique entre un proton et un électron est $2,2 \times 10^{39}$ fois supérieure à leur interaction gravitationnelle.

Ex 11 – La lune s'éloigne

La lune s'éloigne chaque année de 3,8 cm de la Terre.

1. Cet éloignement influence-t-il la valeur de la force gravitationnelle qui s'exerce entre les deux astres ?
2. De quelle distance la Lune se sera-t-elle éloignée de la Terre dans 10 000 ans ?
3. Quelle sera alors la valeur de la force gravitationnelle entre les deux astres ?

Données : $d_{T-L} = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$

1. Oui, car la force gravitationnelle qui s'exerce entre les deux astres est inversement proportionnelle au carré de leur distance. Lorsque cette distance augmente, l'intensité de l'interaction diminue.

2. $3,8 \times 10^{-2} \times 10\,000 = 380 \text{ m}$

Dans 10 000 ans, la Lune se sera éloignée de 380 mètres de la Terre.

3. Calcul de la force gravitationnelle entre les deux astres :

$$F = G \cdot \frac{m_{\text{Terre}} \cdot m_{\text{Lune}}}{(d_{\text{Terre-Lune}})^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{6,0 \times 10^{24} \times 7,3 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8 + 380)^2} = 1,98 \times 10^{20} \text{ N}$$

Ex 12 – Caractériser un champ de gravitation

Neptune est en interaction gravitationnelle avec le Soleil.

Donner l'expression vectorielle puis les caractéristiques du champ de gravitation du Soleil au niveau de Neptune

Données :

Le vecteur unitaire est orienté arbitrairement du Soleil vers Neptune.

$$M_S = 2,00 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$d_{S-N} = 4,50 \times 10^9 \text{ km}$$

Le champ de gravitation du Soleil au niveau de Neptune a pour expression :

$$\vec{G}_S(\text{Neptune}) = - \frac{G \times m_S}{d_{S-N}^2} \vec{u}$$

Ses caractéristiques sont :

- **Direction** : la droite passant par les centres du Soleil et de Neptune
- **Sens** : De Neptune vers le Soleil
- **Valeur** :

$$G_S(\text{Neptune}) = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 2,00 \times 10^{30}}{(4,50 \times 10^9 \times 10^3)^2} = 6,59 \times 10^{-6} \text{ N}$$

Ex 13 – Connaitre le champ de gravitation

La lune est en interaction gravitationnelle avec la Terre. On note d la distance entre les centres des deux astres

1. **Exprimer** la force vectorielle exercée par la Terre sur la Lune en fonction de sa masse m_L et du vecteur champ de gravitation terrestre $\vec{G}_{\text{terre}}$
2. **Déduire** de l'expression précédente l'unité de la valeur du champ de gravitation terrestre.
3. **Schématiser** sans contrainte d'échelle la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune et le champ de gravitation terrestre existant au même point

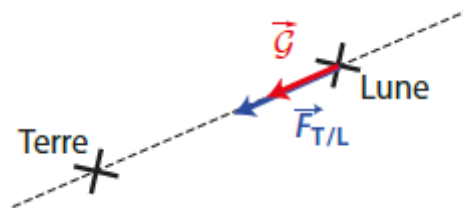
$$1. \vec{F} = m_L \vec{G}$$

2. La valeur de la force s'exprime en N.

La masse s'exprime en kg.

La valeur du champ s'exprime donc en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ car $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$

3. Le champ gravitationnel $\vec{G}$ de la Terre et la force $\vec{F}_{T/L}$ exercée par la Terre sur la Lune sont colinéaires et de même sens. Ils sont dirigés vers la Terre.



Ex 14 – Champ gravitationnel du Soleil

1. **Représenter** les lignes de champ du champ gravitationnel du Soleil puis le vecteur $\vec{g}_{\text{soleil}}$ sur la Terre



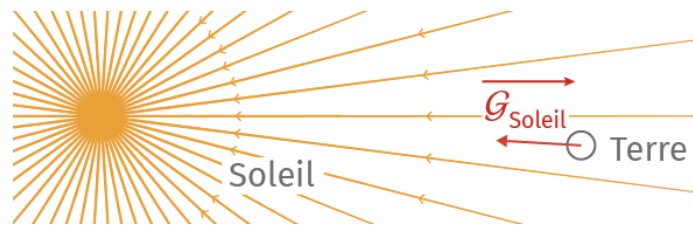
2. **Donner** l'expression de g_{soleil} à la distance de la Terre
3. **Calculer** g_{soleil} à la distance de la Terre
4. **Déterminer** la distance à laquelle la Terre doit s'éloigner du Soleil pour que le champ gravitationnel soit 1 million de fois moins intense.

Données :

$$d_{\text{soleil/terre}} = 1,496 \times 10^{11} \text{ km}$$

$$m_{\text{soleil}} = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$$

1.



2. g_{Soleil} subi sur Terre :

$$g_{\text{Soleil}} = G \cdot \frac{m_{\text{Soleil}}}{d_{\text{Soleil/Terre}}^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,989 \times 10^{30}}{(1,496 \times 10^{11})^2} = 5,93 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

3. D'après l'expression précédente, on peut calculer d :

$$d = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\text{Soleil}}}{g_{\text{Soleil}}}}$$

4.

$$d = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\text{Soleil}}}{\frac{g_{\text{Soleil}}}{10^6}}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 1,989 \times 10^{30}}{\frac{5,93 \times 10^{-3}}{10^6}}} = 1,50 \times 10^8 \text{ m}$$

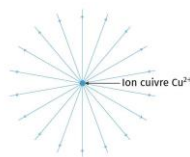
Pour que le champ gravitationnel subi par la Terre soit un million de fois moins intense, elle doit s'éloigner de $1,5 \times 10^8 \text{ m}$ du Soleil.

Ex 15 – Un ion cuivre II

1. **Donner** la composition du noyau et du nuage électronique d'un ion Cu^{2+} (élément cuivre ${}^{63}_{29}\text{Cu}$)
2. **Calculer** la charge électrique portée par cet ion
3. **Représenter** les lignes du champ électrostatique créé par cet ion, modélisé par un point
4. **Calculer** l'intensité du champ électrostatique que cet ion engendre à 1,0 cm de lui
5. **Calculer** l'intensité du champ gravitationnel que cet ion engendre à 1,0 cm de lui

1. Le noyau d'un ion cuivre est constitué de 29 protons et de 34 neutrons. Le nuage électronique est constitué de 27 électrons.

2. Cet ion présente un déficit de deux électrons, or un électron porte une charge électrique égale à $-e$, donc la charge totale d'un ion cuivre Cu^{2+} est $+2e$, soit $3,204 \times 10^{-19} \text{ C}$.



4. L'intensité du champ électrostatique que cet ion engendre à 1,0 cm de lui vaut :

$$\begin{aligned} E &= k \cdot \frac{q}{d^2} \\ &= 8,99 \times 10^9 \times \frac{2 \times 1,602 \times 10^{-19}}{(1,0 \times 10^{-2})^2} : \\ &= 2,9 \times 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} \end{aligned}$$

5. L'intensité du champ gravitationnel que cet ion engendre à 1,0 cm de lui vaut :

$$\begin{aligned} G &= G \cdot \frac{63 \cdot m_{\text{nucléon}} + 27 \cdot m_{\text{électron}}}{d^2} : \\ &= 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{63 \times 1,67 \times 10^{-27} + 27 \times 9,11 \times 10^{-27}}{(1,0 \times 10^{-2})^2} \\ &= 2,34 \times 10^{-31} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

Ex 16 – Champ de pesanteur en haut de l'Everest

L'Everest est la plus haute montagne du monde avec une altitude $h = 8848\text{m}$. Son sommet se situe à une distance $d = 6,382 \times 10^6\text{ m}$ du centre de la Terre

1. **Exprimer** la valeur de la force de gravitation subie au sommet de l'Everest par un alpiniste de masse m en fonction de G , d , m et m_T la masse de la Terre
2. **Exprimer** la valeur du poids de l'alpiniste en fonction de l'intensité de pesanteur au sommet de l'Everest g_E
3. En assimilant le poids à la force de gravitation **déterminer** l'expression de la valeur du champ de pesanteur en haut de l'Everest
4. **Calculer** cette valeur puis la comparer à celle de ce champ au niveau de la mer g

Données : $m_T = 5,97 \times 10^{24}\text{ kg}$; $m = 80\text{ kg}$

1. La force de gravitation exercée par la Terre sur l'alpiniste a pour expression vectorielle : $\vec{F}_{T/A} = - G \times \frac{m \times M_T}{d_{TA}^2} \vec{u}_{T \rightarrow A}$ où $\vec{u}_{T \rightarrow A}$ est un vecteur unitaire dirigé du centre de la Terre vers l'alpiniste.

Sa valeur est : $F_{T/A} = G \times \frac{m \times M_T}{d^2}$.

2. $\vec{P} = m \times \vec{g}_E$ la valeur du poids est donc $P = m \times g_E$

3. $P = F_{T/A}$ donc $m \times g_E = G \times \frac{m \times M_T}{d^2}$ soit $g_E = G \times \frac{M_T}{d^2}$

4. $g_E = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{5,97 \times 10^{24}\text{ kg}}{(6,382 \times 10^6\text{ m})^2}$
 $g_E = 9,78\text{ N} \times \text{kg}^{-1}$; ce qui est plus faible qu'au niveau de la mer ($9,81\text{ N} \times \text{kg}^{-1}$).

EXERCICES D'APPROFONDISSEMENT.... un pas vers la terminale !



Ex 17 – L'expérience de Millikan

L'expérience de la goutte d'huile est une expérience réalisée par le physicien américain Millikan au début du XX^{ème} siècle.

C'est par cette expérience que Millikan a déterminé la valeur de la charge électrique de l'électron. Ces résultats lui ont valu le prix Nobel de physique en 1923. Votre mission est de retrouver ce résultat !

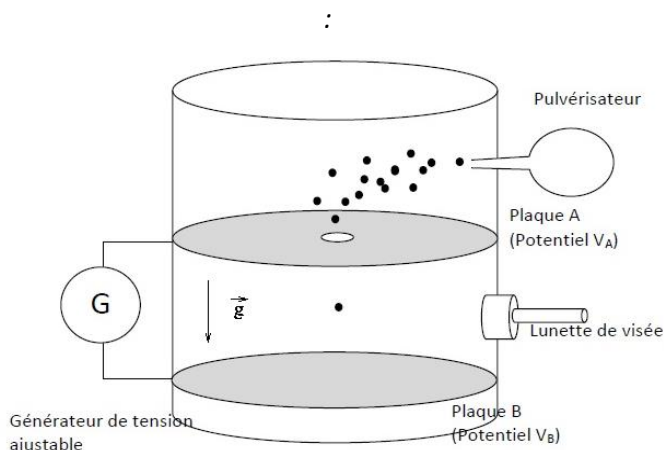
L'expérience décrite est une réplique simplifiée de l'expérience historique de Millikan. L'expérience consiste à pulvériser de minuscules gouttes d'huiles électrisées positivement entre les deux électrodes horizontales d'un condensateur plan chargé

DOC 1 : L'expérience

Pour ajuster la force électrique F_e qui s'exerce sur la goutte, on ajuste la tension entre les plaques A et B du condensateur ce qui permet d'ajuster le champ électrique qui règne entre les deux plaques.

La distance entre les plaques du condensateur est **$d = 2,00 \text{ cm}$** .

Les gouttes pour lesquelles on obtient l'équilibre ont toute la même taille ; elles sont assimilables à des sphères de rayon **$r = 2,07 \mu\text{m}$** .



DOC 2 : Les résultats

On observe l'équilibre de différentes gouttes pour les valeurs suivantes du champ E :

$2,07 \times 10^6 \text{ N.C}^{-1}$	$1,04 \times 10^6 \text{ N.C}^{-1}$
$6,95 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$	$5,20 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$
$4,17 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$	$3,48 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$

DOC 3 : Les données

- Volume d'une sphère de rayon R :
 $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$
- Masse volumique de l'huile :
 $\rho_h = 9,12 \times 10^2 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

1. $P = m \times g = \rho \times V \times g$

$$F_e = q \times E$$

2. $E_{\text{moyen}} = 8,48 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$

3. $P = F_e$

$$\rho \times V \times g = q \times E$$

donc

$$q = \rho \times V \times g / E$$

$$= 900 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (2,07 \times 10^{-6})^3 \times 9,8 / (8,48 \times 10^5)$$

$$= 1,3 \times 10^{-19} \text{ C}$$

BUT : retrouver la valeur de la charge élémentaire...

tout comme l'a fait Millikan il y a presque 100 ans !

- Donner** l'expression des 2 forces qui s'appliquent sur les gouttes d'huile lorsqu'il y a équilibre.
- Calculer** la valeur moyenne du champ électrique
- Exprimer** puis **calculer** la valeur de la charge élémentaire

Ex 18 – J'attire tout sur mon passage

« Vous n'en avez sans doute pas conscience, mais pendant que vous êtes assis en train de lire, vous attirez tout ce qui se trouve autour de vous – mur, plafond, lampe, chat – du fait de votre petit (voire minuscule) champ de gravitation. Et toutes ces choses nous attirent. [...] »

Bill BRYSON, *Une Histoire de tout ou presque...*, 2007.

1. **Donner** l'expression du champ de gravitation dû à un objet de masse m_1 en un point distant d du centre de cet objet.

Une élève assise à 1,0 m de son camarade de classe dont la masse est $m_2 = 60$ kg

2. **Calculer** la valeur du champ de gravitation créé par le camarade de classe à l'emplacement de l'élève
3. **Calculer** la valeur du champ de gravitation de la Terre en un point de sa surface
4. **Commenter** la phrase soulignée du texte.

Données : $m_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ; $R_T = 6,38 \times 10^6$ m

1. Le champ de gravitation dû à un objet de masse M , en un point distant de d du centre de cet objet a pour expression :

$\vec{G} = -G \times \frac{M}{d^2} \vec{u}_{M \rightarrow \text{point}}$ où $\vec{u}_{M \rightarrow \text{point}}$ est un vecteur unitaire orienté du centre de l'objet de masse M vers le point situé à la distance d du centre de l'objet de masse M .

$$2. a. G_m = G \times \frac{m}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{60 \text{ kg}}{(1,0 \text{ m})^2} = 4,0 \times 10^{-9} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

$$b. G_T = G \times \frac{M_T}{R_T^2} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6,38 \times 10^6 \text{ m})^2} = 9,78 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

$$3. \frac{G_T}{G_m} = \frac{9,78 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}}{4,0 \times 10^{-9} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}} = 2,4 \times 10^9.$$

Le champ gravitationnel attractif créé par le camarade de classe est 2,4 milliards de fois plus petit que celui dû à la Terre.

Ex 19 – Champ gravitationnelle de la Terre et de la Lune

1. **Déterminer** la longueur d , telle qu'au point x les champs gravitationnels de la Terre et de la Lune soient de même intensité.

d sera exprimé en fonction de la masse m_T , de la masse de la Lune m_L , et de la distance d_{T-L} entre la Terre et la Lune

2. **Comparer** numériquement cette distance d à la distance Terre Lune d_{T-L}

Données : $d_{T-L} = 384\,000$ km ;

$m_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;

$m_L = 7,35 \times 10^{22}$ kg

1. **Calcul de la valeur de d tel qu'au point x les champs gravitationnels de la Lune et de la Terre aient la même intensité :**

$$g_{\text{Terre}} = g_{\text{Lune}}$$

$$G \cdot \frac{M_T}{d^2} = G \cdot \frac{M_L}{(D_{TL} - d)^2}$$

$$\frac{(D_{TL} - d)^2}{d^2} = \frac{M_L}{M_T}$$

$$\frac{(D_{TL} - d)}{d} = \sqrt{\frac{M_L}{M_T}}$$

$$\frac{D_{TL}}{d} - 1 = \sqrt{\frac{M_L}{M_T}}$$

$$\frac{D_{TL}}{d} = \sqrt{\frac{M_L}{M_T}} + 1$$

$$d = \frac{D_{TL}}{\sqrt{\frac{M_L}{M_T}} + 1}$$

$$d = \frac{384\,000 \times 10^3}{\sqrt{\frac{7,35 \times 10^{22}}{5,97 \times 10^{24}}} + 1} = 3,82 \times 10^8 \text{ m}$$

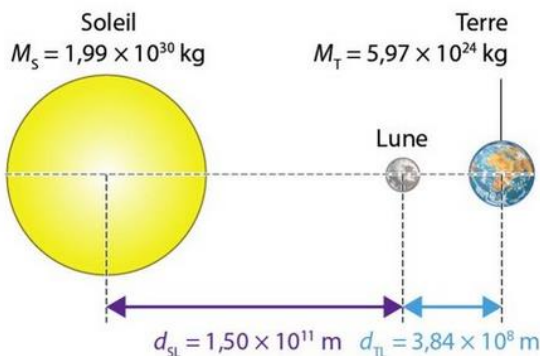
Le point x doit être situé à $3,82 \times 10^8$ m de la Terre.

$$2. d_{TL} - x = 3,84 \times 10^8 \text{ m} - 3,82 \times 10^8 \text{ m} = 2 \times 10^6 \text{ m}$$

Or 2×10^6 m est très petit devant d_{TL} : ce point est très proche de la Lune

Ex 20 – Champ résultant au niveau de la Lune lors d'une éclipse de Soleil

Lors d'une éclipse solaire, la lune se retrouve entre la Terre et le Soleil



1. **Exprimer** la force exercée par la Terre sur la Lune $\vec{F}_{T/L}$ en fonction de m_L , m_T , et d_{T-L}
2. **Exprimer** également cette force en fonction du champ de gravitation $\vec{G}_T$ et de la masse de la Lune m_L
3. En **déduire** l'expression du champ de gravitation $\vec{G}_T$
4. **Indiquer** alors ses caractéristiques
5. **Faire** de même pour le champ de gravitation $\vec{G}_S$ du au Soleil
6. **Reproduire** le schéma. Le **compléter** en représentant à l'échelle les deux champs $\vec{G}_T$ et $\vec{G}_S$ au niveau de la Lune
7. **Déterminer** les caractéristiques du champ résultant

$$1. a. \vec{F}_{T/L} = -G \times \frac{M_L \times M_T}{d_{TL}^2} \vec{u}_{T \rightarrow L}$$

$$b. \vec{F}_{T/L} = M_L \vec{G}_T$$

$$c. -G \times \frac{M_L \times M_T}{d_{TL}^2} \vec{u}_{T \rightarrow L} = M_L \vec{G}_T \text{ donc } \vec{G}_T = -G \times \frac{M_T}{d_{TL}^2} \vec{u}_{T \rightarrow L}$$

d. $\vec{G}_T$ a pour direction la droite passant par les centres T et L, est orienté de L vers T et a pour valeur :

$$G_T = G \times \frac{M_T}{d_{TL}^2} ;$$

$$\text{soit } G_T = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(3,84 \times 10^8 \text{ m})^2}$$

$$= 2,70 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

$$2. \vec{G}_S = -G \times \frac{M_S}{d_{SL}^2} \vec{u}_{S \rightarrow L}$$

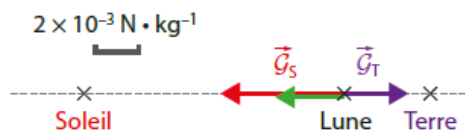
Par analogie $\vec{G}_S$ a pour direction la droite passant par les centres S et L, orienté de L vers S et a pour valeur :

$$G_S = G \times \frac{M_S}{d_{SL}^2} ;$$

$$\text{soit } G_S = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{1,99 \times 10^{30} \text{ kg}}{(1,50 \times 10^{11} \text{ m})^2}$$

$$= 5,90 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

3. Exemple de schématisation :



Sur ce schéma, le champ résultant est représenté en vert (question suivante).

4. Le champ résultant pointe vers le Soleil, et a pour valeur : $3,2 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

