| Spécialité première générale | Mouvement et interaction |
|---|---|
| 1 Interactions fondamentales et introduction à la notion de champ | |

**Exercice 1 : Titan et Saturne**
Titan est le plus grand des 54 satellites de la planète Saturne. On a représenté ci-dessous les deux planètes sans souci d'échelle. S est le centre de Saturne, T est le centre de Titan.


1°) Donner la valeur $F_{S/T}$ de la force $\overrightarrow{F_{S/T}}$ que Saturne exerce sur Titan.
2°) Représenter la force $\overrightarrow{F_{S/T}}$ sur le schéma ci-dessus avec pour échelle 1 cm ↔ $1{,}0.10^{21}$ N.
3°) Que peut-on dire de la force $\overrightarrow{F_{T/S}}$ que Titan exerce sur Saturne ? Représenter la sur le schéma ci-dessus avec la même échelle de la question précédente.
4°) Si Titan était situé deux fois plus près de Saturne, quelle serait la valeur de la force $\overrightarrow{F_{S/T}}$ par rapport à la valeur calculée au 1° ? Justifier sans faire le calcul complet de $F_{S/T}$ .
Formulaire et données :
$F = \dfrac{G m_A m_B}{d^2}$ ; $G = 6{,}67.10^{-11}$ S.I. ; masse de Saturne : $m_S = 5{,}68.10^{26}$ kg ; masse de Titan : $m_T = 1{,}31.10^{23}$ kg ; Distance entre le centre de Saturne et le centre de Titan ST = $1{,}22.10^{9}$ m.

**Exercice 2 : Si nous étions électriquement chargés...**
*Si vous vous teniez à un bras de distance de quelqu'un et que chacun de vous ait un pour cent d'électrons de plus que de protons, la force de répulsion serait incroyable. De quelle grandeur? Suffisante pour soulever l'Empire State Building? Non! Pour soulever le Mont Everest? Non! La répulsion serait suffisante pour soulever une masse égale à celle de la Terre entière!*

*D'après Richard FEYNMAN.*

1°) Quelle est l'interaction évoquée par Feynman ?
2°) La situation décrite par Feynman peut-être modélisée par deux corps ponctuels de charge $q_1 = q_2 = 6{,}7.10^{7}$ C, distants de d = 60 cm.
a) La force qui s'exerce entre ces charges ponctuelles a -t-elle portée infinie ou limitée ? Justifier votre réponse.
b) Calculer la valeur F de cette force.
3°) Calculer le poids P qu'aurait un objet si sa masse était égale à celle de la Terre.
4°) Comparer les ordres de grandeurs de F et P. La dernière phrase du texte ci-dessus est-elle justifiée ?

Formulaire et données :

$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{k|q_A . q_B|}{d^2}$ ; k = $9{,}0.10^9$ N.m$^9$.C$^{-2}$ ; P = m.g ; g = 10 N.kg$^{-1}$ ; Masse de la Terre : $m_T = 6{,}0.10^{24}$ kg.

**Exercice 3 : Particules en interaction**

Une particule P portant une charge électrique équivalente à celle de 6 protons se trouve à une distance d = $1{,}0.10^{-9}$ m d'une particule N de charge $q_N$ . La particule P est attirée par la particule N avec une force F = $5{,}53.10^{-9}$ N.

1°) Déterminer la valeur $q_P$ de la charge de la particule P.

2°) Quel est le signe de $q_N$ ? Expliquer.

3°) Donner l'expression de la charge $q_N$ en fonction de F, k, e et d.

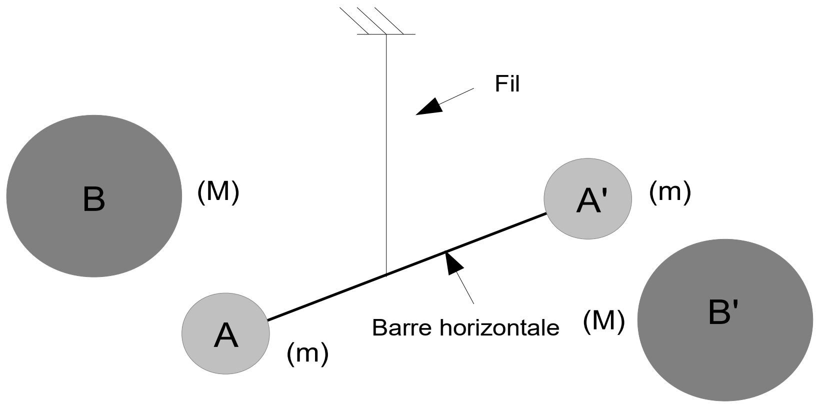
4°) Calculer $q_N$ en coulomb puis en en fonction de e, la charge élémentaire.

Formulaire et données :

$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{k|q_A . q_B|}{d^2}$ ; k = $9{,}0.10^9$ N.m$^9$.C$^{-2}$ ; charge du proton : e = $1{,}6.10^{-19}$ C.

**Exercice 4 : Détermination de la masse de la Terre**

Le britannique Henry Cavendish (1731-1810) utilisa en 1798 un pendule de torsion pour mesurer la masse de la Terre. Une barre légère suspendue en son milieu à un fil fin reçoit à ses extrémités deux petites sphères de plomb identiques A et A'. On place deux grandes sphères de plomb identiques B et B' à proximité de chaque petite sphère (voir schéma ci-dessous). Les forces gravitationnelles firent tourner légèrement la barre par rapport à sa position initiale. La mesure de l'angle de torsion du fil lui a permis de calculer l'intensité de la force exercée entre les deux types de sphères.




Les deux sphères suspendues A et A' ont une masse m = 750 g et les grandes sphères B et B' ont une masse M = 160 kg. Les centres des sphères A et B (ou A' et B') sont distants de d = 15 cm. L'intensité de la force gravitationnelle entre les deux types de sphères est $F_{A/B} = F_{B/A} = 3{,}5.10^{-7}$ N.

1°) Ecrire l'expression de la force gravitationnelle $F_{A/B}$ entre les deux sphères A et B et en déduire l'expression puis la valeur (avec deux chiffres significatifs) de la constante de la gravitation universelle G et son unité S.I.

2°) Le poids P d'un objet à la surface de la Terre est la force gravitationnelle que la Terre exerce sur les objets en son voisinage.

a) Ecrire l'expression de la force gravitationnelle $F_{T/O}$ exercée par la Terre de masse $M_T$ sur un objet O de masse m' placé à la surface de la Terre de rayon $R_T$ (l'objet est à une distance $R_T$ du centre de la Terre).

b) Ecrire l'égalité entre $F_{T/O}$ et le poids P = m'g de l'objet O puis exprimer la masse $M_T$ de la Terre et calculer sa valeur.

**Exercice 5 : Lévitation électrostatique**

On transfère à une petite boule d'aluminium de masse $m_B$ une charge $q_B = -11{,}6.10^{-9}$ C et on place à une distance d = 3,00 mm d'elle une plaque portant une charge $q_P = +\ 11{,}6.10^{-9}$ C. La boule est alors en lévitation.

1°) Doit-on placer la plaque au-dessus ou en-dessous de la boule pour exercer une action sur elle vers le haut ? Justifier.

2°) Pour charger la boule, lui a-t-on enlevé ou ajouté des électrons ?

3°) Exprimer puis calculer la valeur de la force électrostatique $F_{P/B}$ que la plaque exerce sur la boule.

4°) La boule est en lévitation lorsque $F_{P/B}$ est égale au poids P de la boule. Exprimer puis calculer la masse $m_B$ de la boule.

5°) On réduit de moitié la charge électrique portée par la plaque.

a) La boule va-t-elle se rapprocher de la plaque, s'en éloigner ou rester à la même place ? Justifier sans calcul.

b) Si vous pensez que la distance d entre la plaque et la boule est modifiée, calculer sa nouvelle valeur.

**Exercice 6 : Champ électrique crée par quatre charges ponctuelles**

En quatre points A, B, C et D de l'espace qui forment un carré de côté a, on place quatre charges ponctuelles +q et -q comme indiqué sur la figure ci-dessous.

On donne $q = 1{,}0.10^{-9}$ C ; a = 0,10 m. La diagonale d'un carré de côté a a pour longueur $a\sqrt{2}$

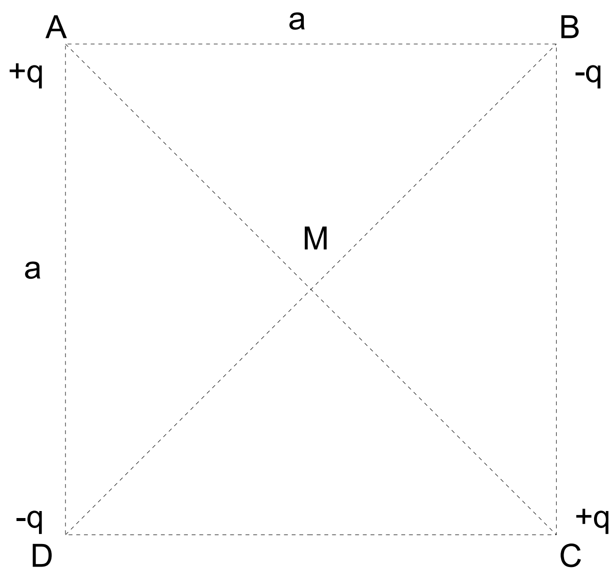
1°) Donner les caractéristiques du champ électrostatique $\vec{E_A}(M)$ (direction, sens et valeur) que la charge + q placée au point A, crée au point M situé au centre du carré. Représenter ce vecteur sur la figure sans souci d'échelle.

2°) Faire le même travail avec le champ $\vec{E_B}(M)$ crée par la charge -q placée en B.

3°) Représenter sur le schéma les champs $\vec{E_C}(M)$ et $\vec{E_D}(M)$ en justifiant votre construction sans calcul.

4°) Quelle est la valeur du champ résultant $\vec{E}(M) = \vec{E_A}(M) + \vec{E_B}(M) + \vec{E_C}(M) + \vec{E_D}(M)$ ? Justifier votre réponse.

5°) Quelle conséquence a le résultat précédent sur la présence de ligne de champ en M ? Dessiner l'allure des lignes du champ résultant $\vec{E}(M)$ à l'intérieur du carré ABCD.



**Exercice 7 : En apesanteur**

On considère que la Terre a une répartition sphérique de sa masse. On peut donc assimiler son champ de gravitation à celui crée par une masse ponctuelle égale à celle de la Terre ( de masse $m_T$ ) et placée en son centre O.

1°) Donner les caractéristiques (direction, sens et valeur) du champ de gravitation $\vec{G}(P)$ crée par la Terre au point P à la surface de la Terre de rayon $R_T$ . On précisera l'unité de G(P).

2°) Représenter le vecteur champ de gravitation $\vec{G}(P)$ au point P sans souci d'échelle. Quelle est la forme géométrique de la ligne de champ passant par P ?

3°) On entend souvent dire dans les média que les occupants d'une station en orbite autour de la Terre sont en apesanteur, ce qui signifie littéralement sans pesanteur, ou en microgravité (gravité très faible).

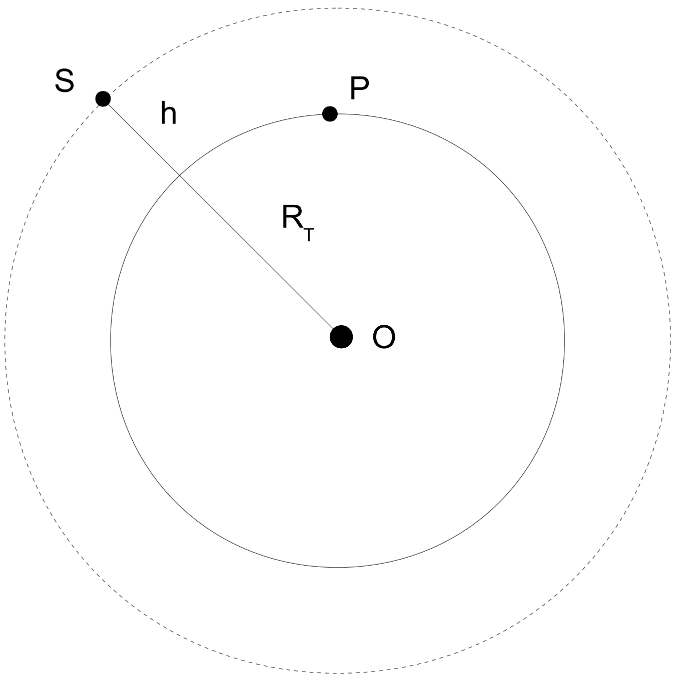
a) Calculer la valeur du champ de gravitation G(S) au niveau d'une station orbitale qui évolue à une altitude h = 400 km du sol.

b) L'intensité g de la pesanteur étant égale à la valeur G du champ de gravitation au point considéré, quel serait la valeur du poids P d'une personne de masse m = 70 kg à bord de la station ? Comparer cette valeur à celle du poids P(sol) de cette personne au sol.

c) Conclure sur la justesse des mots apesanteur ou microgravité employés pour qualifier la situation à bord de cette station.

**Formulaire :**

$G(M) = \frac{k\,m}{d^2}$ ; $k = 6{,}67.10^{-11}$ S.I. ; $R_T = 6370$ km ; $m_T = 5{,}97.10^{24}$ kg ; P = m.g.



**Corrigé :**

**Exercice 1 :**

1°) $F_{S/T} = \frac{G m_S m_T}{ST^2}$ = $(6{,}67.10^{-11} \times 5{,}68.10^{26} \times 1{,}31.10^{23})/(1{,}22.10^{9})^2 = 3{,}33.10^{21}$ N.

2°) A l'échelle indiquée, $F_{S/T}$ es représentée par une flèche de 3,3 cm.


3°) $\overrightarrow{F_{T/S}}$ a la même direction que $\overrightarrow{F_{S/T}}$ (la droite TS), la même valeur (car donnée par la même relation) mais un sens opposé à $\overrightarrow{F_{S/T}}$ .

4°) La distance étant divisée par 2, son carré serait divisé par 4. L'intensité de $F_{S/T}$ serait donc multipliée par 4.

**Exercice 2 :**

1°) C''est l'interaction électromagnétique

2°) a) Elle a une portée infinie car elle ne s'annule que lorsque d est infinie.

b) $F = k.q^2 /d^2 = 9{,}0.10^9 \times (6{,}7.10^7)^2/(0{,}60)^2 = 1{,}1.10^{25}$ N.

3°) $P = m.g = 3{,}0.10^{24} \times 10 = 6{,}0.10^{25}$ N.

4°) F et P sont presque du même ordre de grandeur. La dernière phrase du texte est justifiée.

**Exercice 3 :**

1°) $q_P = 6e = 9{,}6.10^{-19}$ C.

2°) $q_N$ est négative car la particule N est attirée par la particule P de charge positive.

3°) On a $F = k.\ q_P|q_N|/d^2$ soit $|q_N| = F.d^2{:}k.q_P$

4°) $|q_N| = 5{,}53.10^{-9} \times (1{,}0.10^{-9})^2 / (9.10^9 \times 9{,}6.10^{-19}) = 6{,}4.10^{-19}$ C = 4e.

**Exercice 4 :**

1°) $F_{A/B} = \frac{GmM}{d^2}$ soit $G = \frac{F_{A/B}d^2}{mM}$ A.N : $G = \frac{3{,}5.10^{-7} \times (0{,}15)^2}{0{,}750 \times 160}$ = $6{,}6.10^{-11}$ Nm² kg⁻² .

2°) a) $F_{T/O} = \frac{Gm'M_T}{R_T^2}$

b) $F_{T/O} = m'g$ soit $\frac{Gm'M_T}{R_T^2} = m'g$. On a : $M_T = \frac{gR_T^2}{G}$ A.N : $M_T = \frac{9{,}81 \times (6400 \times 10^3)^2}{6{,}6.10^{-11}}$ = $6{,}1.10^{24}$ kg.

**Exercice 5 :**

1°) La plaque et la boule portent des charges opposées : elles exercent entre elles des forces attractives. Pour que la force exercée sur la boule soit dirigée vers le haut, il faut placer la plaque au-dessus de la boule.

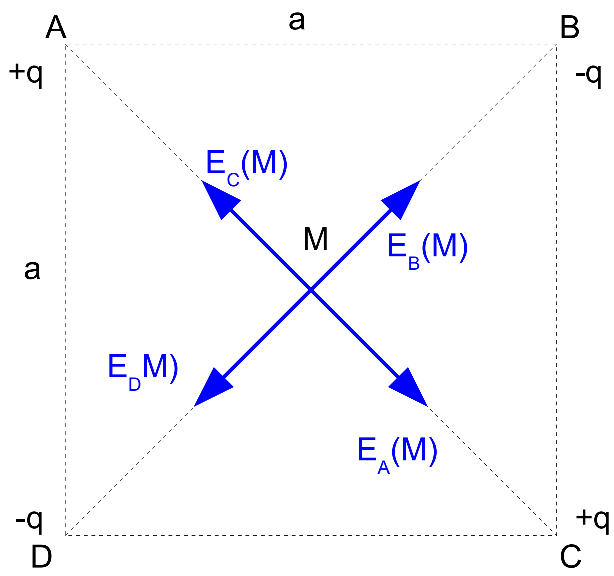
2°) La charge transférée à la boule est négative : on lui a ajouté des électrons.

3°) $F_{P/B} = k.q_P\,|q_B|/d^2 = 9.10^9 \times (11{,}6.10^{-9})^2/(3{,}00.10^{-3})^2 = 0{,}135$ N.
4°) On a $P = m_B\,g = F_{P/B}$ d'où $m_B = F_{P/B}/g = 0{,}135/9{,}81 = 1{,}38.10^{-2}$ kg.
5°) a) Si la charge portée par la plaque est réduite, la force qu'elle exerce sur la boule est réduite car sa valeur est proportionnelle aux charges en présence. Pour compenser le poids de la boule (qui n'a pas changé) il faut que la boule soit plus proche de la plaque pour que la force électrique qu'elle exerce sur la boule soit plus intense.
b) On a $F_{P/B} = P$ soit $k.q_P\,|q_B|/d^2 = P$ et $d^2 = k.q_P\,|q_B|/P$.
On a donc $d = (k.q_P\,|q_B|/P)^{1/2} = (9.10^9 \times 5{,}8.10^{-9} \times 11{,}6.10^{-9}/0{,}135)^{1/2} = 2{,}12.10^{-3}$ m = 2,12 mm.

**Exercice 6 :**

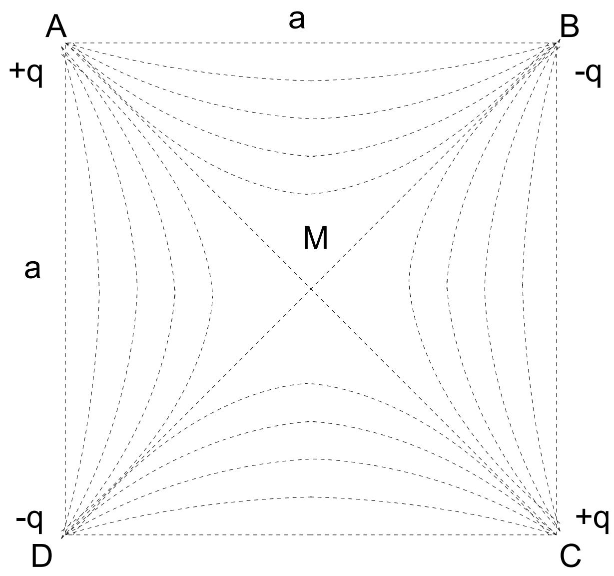
1°) $\vec{E}_A(M)$ a pour direction la droite (AM), son sens est de A vers M (car q est positive) et sa valeur est $E_A(M) = \dfrac{k|q|}{(a\sqrt{2}/2)^2} = \dfrac{9.10^9 \times 1{,}0.10^{-9}}{(0{,}10 \times \sqrt{2}/2)^2} = 1{,}8.10^3\ N.C^{-1}$ .

Représentation : voir schéma.




2°) $\vec{E}_B(M)$ a pour direction la droite (BM), son sens est de M vers B (car q est négative) et sa valeur est $E_B(M) = \dfrac{k|q|}{(a\sqrt{2}/2)^2} = \dfrac{9.10^9 \times 1{,}0.10^{-9}}{(0{,}10 \times \sqrt{2}/2)^2} = 1{,}8.10^3\ N.C^{-1}$ .

Représentation : voir schéma.
3°) Les champs $\vec{E}_C(M)$ et $\vec{E}_D(M)$ sont symétriques de $\vec{E}_A(M)$ et $\vec{E}_B(M)$ par rapport aux diagonales du carré.
4°) Les champs se compensent deux à deux, le champ résultant $\vec{E}(M)$ est nul au point M.
5°) Le champ résultant en M étant nul, il ne doit pas y voir de lignes de champ au point M. Les lignes de champ créées par les charges en A, B, C et D sont des courbes prenant appui sur les côtés du carré et dont le « sommet » « pointe » vers le point M.




**Exercice 7 :**

1°) $\vec{G}(P)$ a pour direction la droite (PO), de sens vers le point O et sa valeur est

$$G(P) = \frac{k\,m_T}{OP^2} = \frac{6{,}67.10^{-11} x\, 5{,}97.10^{24}}{(6{,}370.10^{6})^2} = 9{,}81 \text{ N.kg}^{-1} .$$

2°) Représentation de $\vec{G}(P)$ (voir schéma ci-dessous). La ligne de champ passant par P est la demi-droite (OP) d'origine O.

3°) a) $G(S) = \frac{k\,m_T}{OS^2} = \frac{6{,}67.10^{-11} x\, 5{,}97.10^{24}}{(6{,}370.10^{6} + 4{,}0.10^{5})^2} = 8{,}69 \text{ N.kg}^{-1}$ .

b) P = m.g = m.G(P) = 70x8,69 = 608 N.

Au sol, le poids de cette personne serait P(sol) = 70x9,81 = 687 N. Le poids au sol n'est guère plus élevé au sol que dans la station.

c) Ces termes ne sont pas adapté car la pesanteur ou la gravité dans la station ne sont pas beaucoup plus faibles qu'au sol.