Vecteur et scalaire

Un vecteur est une grandeur mathématique qui est spécifié que par une **valeur**, une **direction** et un **sens**. Comme une force ou un champs magnétique…

Un scalaire est une grandeur mathématique qui n'est spécifié que par une **valeur**. On peut l'exprimer avec un seule nombre, suivi ou non d'une unité. Comme la masse, le temps, la température….

Champ scalaire

On appelle <u>champ scalaire</u> la représentation d'un ensemble de valeurs prises par une grandeur en différents points de l'espace. Chaque valeur dépend de la position du point.

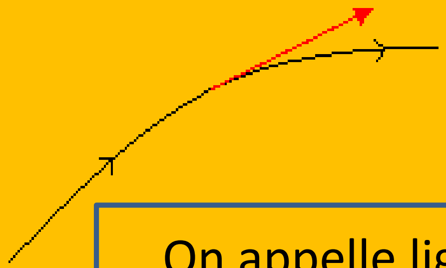
Comme exemple la profondeur ou la température d'un fluide

Champ vectoriel

On appelle <u>champ vectoriel</u> la représentation d'un ensemble de vecteurs représentant une grandeur en différents points de l'espace. Chaque vecteur dépend de la position du point

Champs uniforme

Un champ est uniforme si la grandeur physique qui le définit a les mêmes caractéristiques en tout point de l'espace.



Les lignes de champs

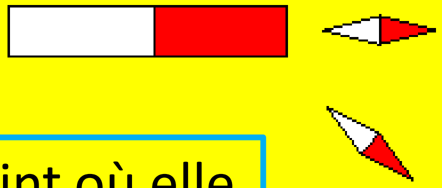
On appelle lignes de champ les courbes tangentes au vecteur champ en chacun de leurs points. Elles sont orientées dans le sens du vecteur champ

1- Champs magnétique

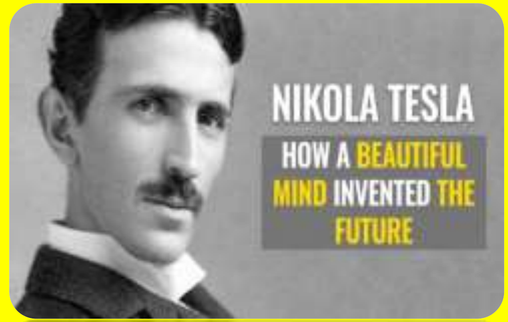
C'est une grandeur physique qui apparait au voisinage d'un aimant permanant ou d'un Circuit électrique.

Le centre de la terre est une source du champs magnétique terrestre

Le vecteur champ magnétique



L’orientation d’une aiguille aimantée dépend du point où elle est placée. <u>Le champ magnétique est un champ vectoriel</u> prend une direction tangente à la ligne de champ et s'oriente du pôle nord vers le pôle sud

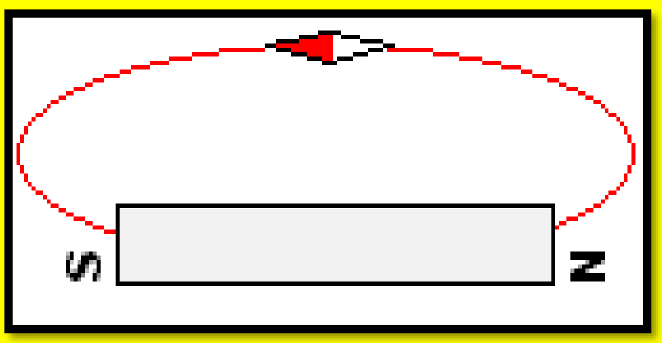


On représente le champ magnétique en un point A de l'espace par un vecteur champ magnétique $\vec{B}$ tel que

Sa direction est celle qu'aurait une aiguille aimantée placée en ce point

Son sens est orienté du pôle sud vers le pôle nord de l'aiguille aimantée

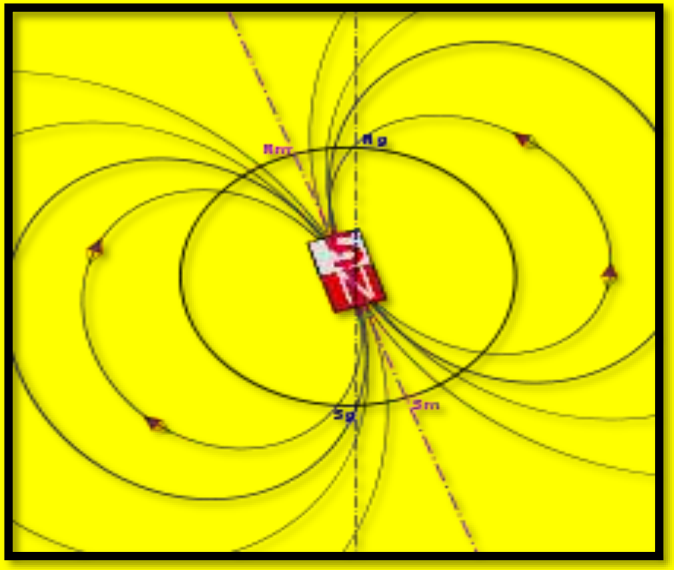
Sa valeur se mesure à l'aide d'un teslamètre (s'exprime en tesla (T))



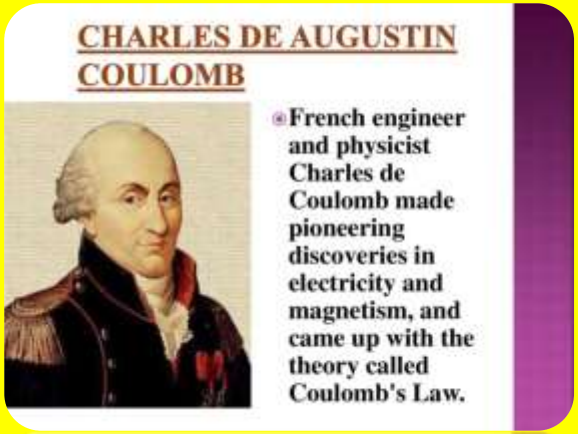
Champ magnétique terrestre

Le **champ magnétique terrestre**, aussi appelé *bouclier terrestre*, est un immense champ magnétique qui entoure la Terre, de manière non uniforme du fait de son interaction avec le vent solaire.

Il est engendré par les mouvements du noyau métallique liquide des couches profondes de la Terre.
la Terre possédait déjà un champ magnétique il y a 3,45 milliards d'années



2- Champ électrostatique



La présence d'une charge électrique q_1 dans un espace modifie les caractéristiques de celui-ci en y créant un champ électrique en tout point de cet espace.
En plaçant une charge q_2 dans ce voisinage, elle subit une force électrostatique dite La force de coulomb.

Champ crée par q_1 à la distance "r " de celle-ci

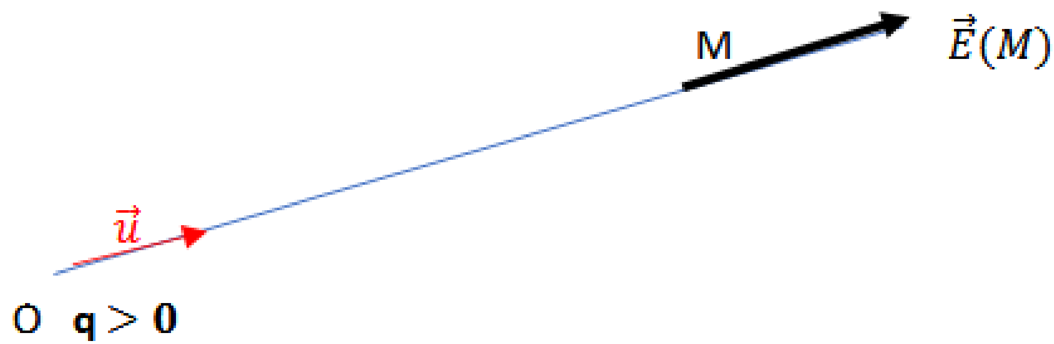
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1}{r^2}\vec{e}_r$$

Force subit par q2 placée à la distance "r" de q1

$$\vec{f}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{e}_r = q_2\vec{E}$$

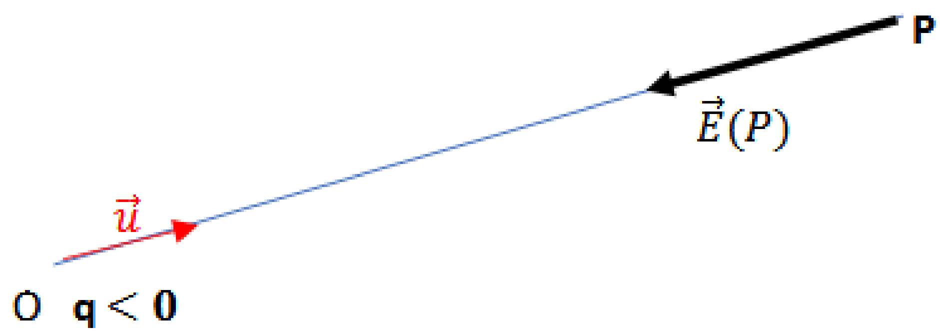
- Le champ électrostatique crée par q_1 ne dépend que de la distance "r" de q_1
- il a le même sens que la force F quand $q_2 > 0$ et de sens contraire quand $q_2 < 0$.

Si la charge source q est positive



Le champ $\vec{E}$ est dirigé de O vers M : Le champ électrostatique est centrifuge ou divergent

Si la charge source q est négative

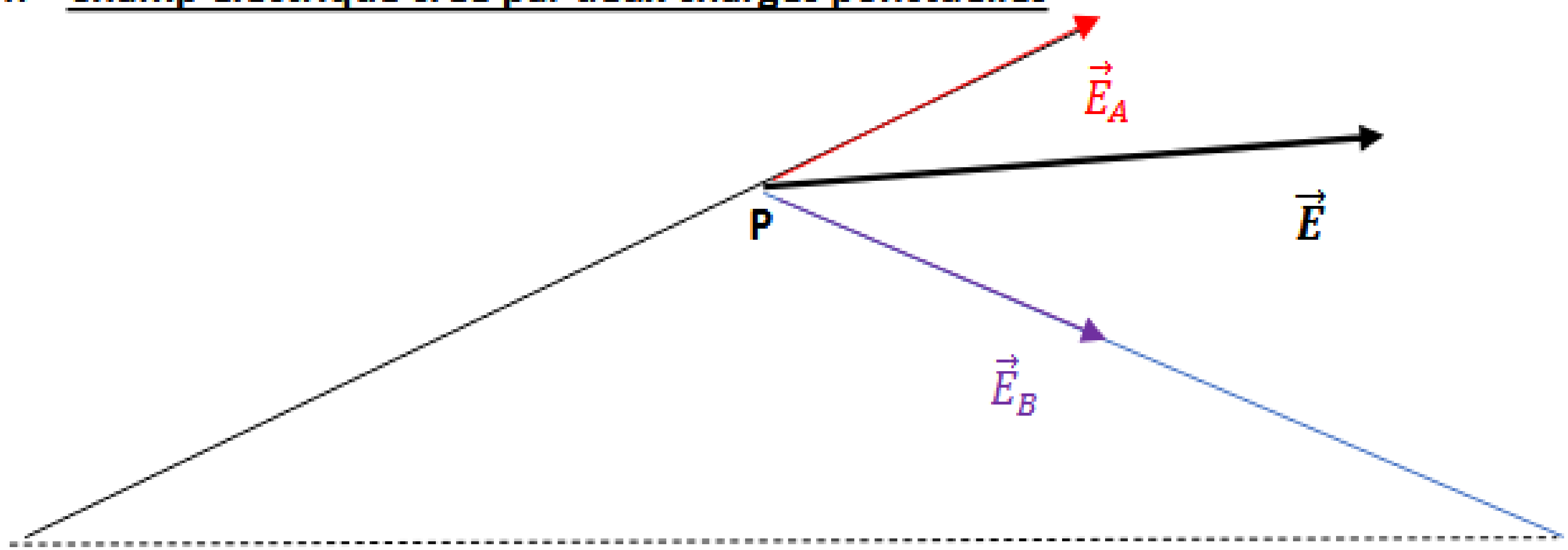


Le champ $\vec{E}$ est dirigé de P vers O : Le champ électrostatique est centripète ou convergent

Remarque :

A la place de champ électrostatique, on parle souvent de champ électrique. En fait, un champ électrostatique est un cas particulier de champ électrique où les charges électriques sont statiques (immobiles)

4. Champ électrique crée par deux charges ponctuelles



A $(q_A > 0)$ B $(q_B < 0)$

Principe de superposition

Le champ électrostatique total créé par deux charges ponctuelles est la somme vectorielle des deux champs individuels créés par chaque charge prise séparément

$$E_A = \frac{Kq_A}{AP^2} ; \; E_B = \frac{K|q_B|}{BP^2}$$

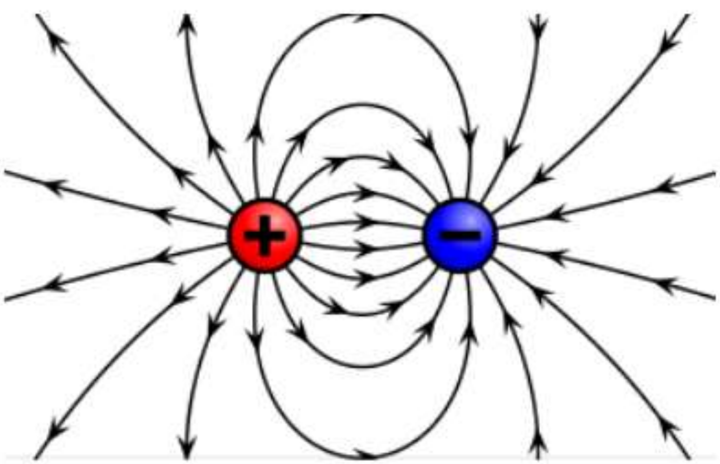
$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B \Rightarrow E^2 = {E_A}^2 + {E_B}^2 + 2\,\vec{E}_A.\vec{E}_B \Rightarrow E^2 = {E_A}^2 + {E_B}^2 + 2\,E_A E_B \cos(\vec{E}_A, \vec{E}_B)$$

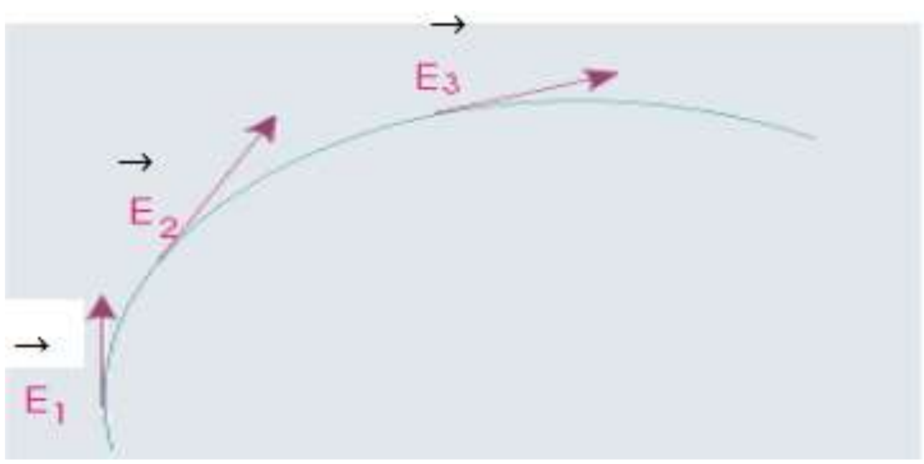
Lignes de champs electrostatique

Une ligne de champ est une courbe telle qu'en chacun de ses points, le champ électrostatique $\vec{E}$ soit porté par la tangente à la courbe. Les lignes de champ sont orientées dans le sens de $\vec{E}$

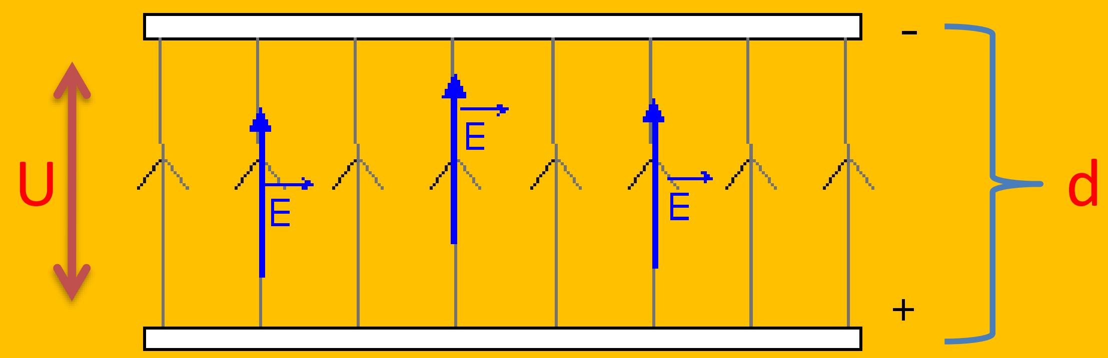
L'ensemble des lignes de champ est appelé spectre électrostatique

Exemple du dipôle électrique





Champ intérieur d'un condensateur plan



C'est un champ uniforme (même valeur en tout point)

Dirigé vers l'armature négative

Perpendiculaire aux armatures

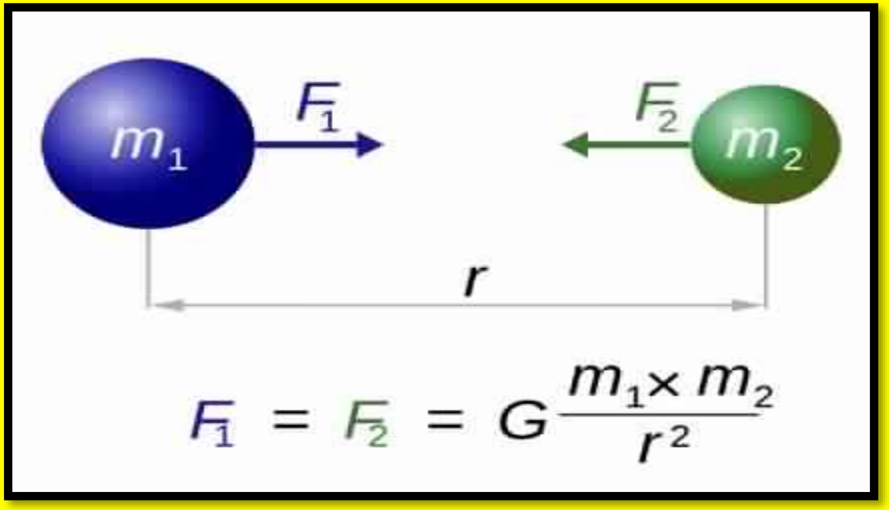
Sa valeur est $E=U/d$

Son unité est le V/m (volt par mètre)

U est la différence de potentielle entre les armatures

3- Champ de gravitation

Deux masses en présence l'une exerce sur l'autre une force d'attraction dont la direction est la droite joignant leurs centre de gravité qui est aussi le point d'application. Son module vaut



la masse m1 crée dans son voisinage un champ gravitationnel E tel que toute masse m_2 qui se trouve dans l'espace environnant subit la force $F=m_2E$

D'où le champ de gravitation crée par une masse "m" à la distance "r"

$N.m^2.Kg^{-2}$

Kg

$$E = G\frac{m}{r^2}$$

m

Champ de pesanteur

La terre doté d'une mase M crée donc un champ
De gravitation à la distance "r" appelé champ de pesanteur

$$\boxed{g = G\frac{M}{r^2}}$$

Toute masse au voisinage de la terre subit la force P=mg qui n'est autre que le poids

Application 1

Dans cet exercice, on notera T le centre de gravité de Titan, S celui de Saturne. On donne les paramètres suivants :

- Rayon de Saturne : $R_S = 5,82.10^4$ km
- Rayon de Titan : $R_T = 2,57.10^3$ km
- Distance Saturne-Titan : $d = 1,22.10^6$ km
- Masse de Saturne : $M_S = 5,68.10^{26}$ kg
- Masse de Titan : $M_T = 1,35.10^{23}$ kg
- Constante gravitationnelle : $G = 6,67.10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2}
- Période de révolution de Titan autour de Saturne : 16 jours
- Périmètre d'un cercle de rayon R : $2\pi R$

Application 1

1 Force d'interaction gravitationnelle exercée par Saturne sur Titan

1.1 Représenter sur l'**ANNEXE 1 A RENDRE AVEC LA COPIE** la force d'interaction gravitationnelle $\overrightarrow{F_{S/T}}$ exercée par Saturne sur Titan, sans se soucier de l'échelle.

1.2 Donner l'expression de cette force en fonction des paramètres du problème.

1.3 Exprimer et calculer l'intensité de cette force.

2 Représenter sur l'**ANNEXE 1 A RENDRE AVEC LA COPIE** quelques lignes du champ gravitationnel généré par Saturne.

3 Montrer que la vitesse de rotation de Titan autour de Saturne est proche de 20000 km/h.

Solution

Application 1

$$\overrightarrow{F_{S/T}} = -G\frac{M_S M_T}{d^2}\vec{u}$$

$$F_{T/S} = G\frac{M_S M_T}{d^2} = 6,67.10^{-11} \times \frac{5,68.10^{26} \times 1,35.10^{23}}{(1,22.10^6 \times 10^3)^2} = 3,44.10^{21}\ \mathrm{N}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi \times 1,22.10^6}{16 \times 24} = 19962\ \mathrm{km.h^{-1}}$$

Application 2

Quelle est la force coulombienne de répulsion s'exerçant entre deux protons dans un noyau de fer si on suppose que la distance qui les sépare est de 4.10^{-15} m

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 10^{19}} = 8.85\ 10^{-12}\ F/m$$

Solution

Application 2

Donnés: $r = 4.10^{-5}$m , $q_1 = q_2 = 1,6.10^{-19}$ C

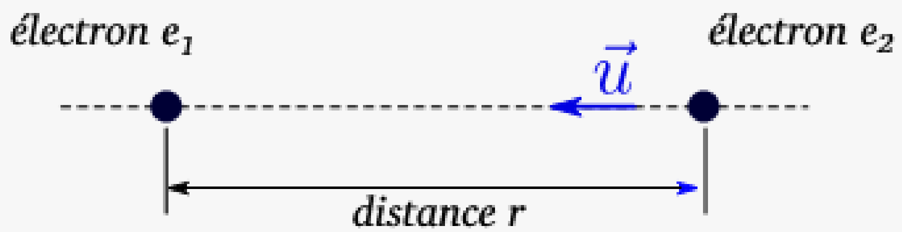
La force de répulsion entre les deux protons est

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\, q_2}{r^2} \qquad \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 10^{19}} = 8.85\ 10^{-12}\ F/m$$

AN : $F = 14N$

Application 3

La figure 3 représente deux électrons en interaction.
Exprimer les forces électrostatiques exercées sur chaque électron $\vec{F}_{e1/e2}$ et $\vec{F}_{e2/e1}$.



Solution

Application 3

Le système étudié est l'électron 1, il subit une force de répulsion exercée par l'électron 2 qui a une charge du même signe. La force de répulsion est dans le même sens que le vecteur $\vec{u}$ du schéma.

$$\vec{F}_{\text{e2/e1}} = \frac{K \times e^2}{r^2}\vec{u}$$

Le système étudié est l'électron 2, il subit une force de répulsion exercée par l'électron 1 qui a une charge du même signe. La force de répulsion est dans le sens opposé du vecteur $\vec{u}$ du schéma.

$$\vec{F}_{\text{e1/e2}} = -\frac{K \times e^2}{r^2}\vec{u}$$

On constate que

$$\vec{F}_{\text{e2/e1}} = -\vec{F}_{\text{e1/e2}}$$

Application 4

Deux boules A et B en aluminium supposées ponctuelles possèdent des charges respectives

$$q_A = -2.0 \times 10^2 \ nC$$

et

$$q_B = 6.0 \times 10^2 \ nC$$

La distance entre ces deux boules est $d = 10 \ cm$.

a. Calculer la valeur de la force électrostatique exercée par la boule A sur la boule B.

b. Donner le sens attractif ou répulsif de l'interaction exercée entre les deux boules en justifiant votre réponse.

Solution

Application 4

a. On convertit les différentes quantités avant de les utiliser dans les formules

$$d = 10\ cm = 0.10\ m$$

$$q_A = -2.0 \times 10^2\ nC = -2.0 \times 10^2 \times 10^{-9}\ C$$

$$q_B = 6.0 \times 10^2\ nC = 6.0 \times 10^2 \times 10^{-9}\ C$$

La valeur de la force d'interaction électrostatique est

$$F = \frac{k \times q_A \times q_B}{(d)^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 2.0 \times 10^{-7} \times 6.0 \times 10^{-7}}{(0.10)^2} = 0.108\ N$$

b. Comme les charges électriques déposées sur les deux boules sont de signe contraire, les forces d'interaction seront attractives.

Application 5

Le noyau d'un atome est composé de protons qui présentent une charge $e = 1.60 \times 10^{-19}\ C$ et de neutrons non chargés.
À l'intérieur du noyau, deux protons supposés ponctuels éloignés de la distance

$$d = 2.32 \times 10^{-6}\ nm$$

ont une masse

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27}\ kg$$

La constante de gravitation universelle vaut $\mathscr{G} = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$, constante de la loi de Coulomb dans l'air $k = 9.0 \times 10^9\ N.m^2.C^{-2}$.

a. Exprimer puis calculer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_g$ qui s'exerce entre ces deux protons.

b. Calculer la valeur de la force d'interaction électrostatique $\vec{F}_e$ qui s'exerce entre ces deux protons.

c. Calculer le rapport des valeurs de ces deux forces. En déduire la force prédominante.

d. Expliquer pourquoi l'interaction prédominante n'explique pas la cohésion du noyau.

Solution

Application 5

a.

$$F_g = \frac{\mathcal{G} \times m_p \times m_p}{d^2}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times (1.67 \times 10^{-27}\ kg)^2}{(2.32 \times 10^{-6} \times 10^{-9}\ m)^2}$$

$$= 3.46 \times 10^{-35}\ N$$

b.

$$F_e = \frac{k \times e \times e}{d^2}$$

$$= \frac{9.0 \times 10^{9} \times (1.60 \times 10^{-19}\ C)^2}{(2.32 \times 10^{-6} \times 10^{-9}\ m)^2}$$

$$= 43\ N$$

c.

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{43}{3.46 \times 10^{-35}}$$

$$= 1.2 \times 10^{36}$$

La force électrostatique est largement prédominante.

d. La force électrostatique n'assure pas la cohésion du noyau car elle est répulsive entre les protons qui sont de même signe. Il existe deux autres interaction au cœur du noyau qui expliquent sa cohésion.

Application 6

Dans un microscope électronique à balayage (MEB) les images sont obtenues grâce à l'interaction d'un faisceau d'électrons avec la matière observée. Les électrons sont accélérés dans un champ électrique de valeur $E = 10000\ V.m^{-1}$.
La masse d'un électron est

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$$

La charge électrique d'un électron est

$$q = -1.6 \times 10^{-19}\ C$$

a. Donner l'expression de la valeur du champ de gravitation puis calculer la force d'interaction gravitationnelle subie par l'électron.

b. Donner l'expression puis calculer la valeur de la force électrostatique agissant sur l'électron.
c. Comparer ces deux forces et préciser laquelle des deux peut être négligée à l'échelle de l'électron.

Solution

Application 6

a.

$$
\begin{aligned}
F_g &= m_e \times g \\
&= 9.1 \times 10^{-31}\ kg \times 9.81\ N.kg^{-1} \\
&= 8.9 \times 10^{-30}\ N
\end{aligned}
$$

b.

$$
\begin{aligned}
F_e &= q \times E \\
&= 1.6 \times 10^{-19}\ C \times 10000\ V.m^{-1} \\
&= 1.6 \times 10^{-15}\ N
\end{aligned}
$$

c.

$$
\begin{aligned}
\frac{F_e}{F_g} &= \frac{1.6 \times 10^{-15}\ N}{8.9 \times 10^{-30}\ N} \\
&= 1.8 \times 10^{14}
\end{aligned}
$$

La force électrostatique est 10^{14} × plus grande que la force due à la gravitation, cette dernière est donc négligeable.