

Noms :		Prénoms :	Classe :
Première Spécialité TP	<i>Thème</i> : Mouvement et interactions <i>Chapitre 19</i> : Interactions fondamentales et champs		
	Interactions fondamentales et champs		

I Les particules de la matière

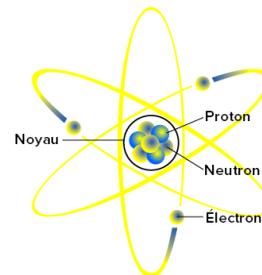
La charge électrique se note « q » et se mesure en coulomb (symbole : C). La plus petite charge positive existante est appelée charge élémentaire. Elle est notée « e » et vaut $e = 1,6 \times 10^{-19}$ coulomb.

L'ensemble de la matière qui nous entoure est composée uniquement à partir de trois types de particules, appelées particules élémentaires.

L'**électron** porteur d'une seule charge électrique élémentaire négative permet aux atomes de s'accrocher les uns aux autres. C'est la particule qui joue un rôle essentiel dans les réactions chimiques.

Dans le noyau, chaque **proton** est porteur d'une seule charge électrique positive, de valeur exactement opposée à celle de l'électron. Les protons sont légèrement plus légers que les **neutrons** également présents dans le noyau. Ces deux particules constitutives du noyau s'appellent des nucléons.

Un nucléon est environ 1800 fois plus lourd qu'un électron.



1) *Après lecture du texte, compléter les deux premières colonnes du tableau à l'aide des valeurs suivantes :*

$1,60 \times 10^{-19}$ C $1,673 \times 10^{-27}$ kg $9,109 \times 10^{-31}$ kg $-1,60 \times 10^{-19}$ C $1,675 \times 10^{-27}$ kg 0 C

2) *Compléter la dernière colonne en notant l'ordre de grandeur de la masse.*

Rappel : On appelle **ordre de grandeur** (OG) la puissance de 10 la plus proche du nombre « $a \times 10^n$ ».

- Si $a < 5$, l'ordre de grandeur vaut 10^n . Par exemple, $3,2 \times 10^2$ a pour ordre de grandeur 10^2 .
- Si $a \geq 5$, l'ordre de grandeur vaut 10^{n+1} . Par exemple, $6,7 \times 10^{-3}$ a pour ordre de grandeur $10^{-3+1} = 10^{-2}$

Particule	Charge électrique q (en coulomb)	Masse m (en kg)	Ordre de grandeur de la masse (en kg)
Électron	$q_{\text{électron}} = \dots\dots\dots$	$m_{\text{électron}} = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
Proton	$q_{\text{proton}} = \dots\dots\dots$	$m_{\text{proton}} = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
Neutron	$q_{\text{neutron}} = \dots\dots\dots$	$m_{\text{neutron}} = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$

II Les trois méthodes d'électrisation

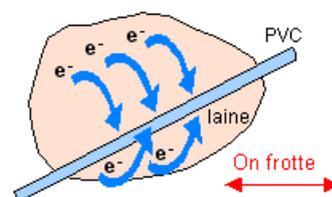
Les phénomènes d'électrisation sont fréquents dans la vie de tous les jours. Quand on enlève un pull ou lorsqu'on se coiffe par temps sec, les cheveux s'électrisent. L'électrisation des nuages conduit à la formation des éclairs.



- Découper de petits morceaux de papier (de dimension d'environ $\frac{1}{2}$ cm).
- Frotter une règle en plastique (PVC) sur de la laine (prenez votre pull ou écharpe ou attendez que le morceau de laine circule entre les groupes).
- Déplacer la règle ainsi électrisée au-dessus des petits morceaux de papier.

3) *Qu'observe-t-on ?*

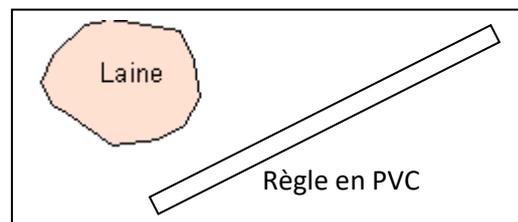
On sait aujourd'hui que les charges électriques les plus mobiles sont les électrons de la périphérie des atomes, et que ce sont eux qui sont transférés lors de l'électrisation.



Lors de l'électrisation par frottement, la règle en PVC (électriquement neutre au départ) arrache des électrons à la laine. Il se produit un transfert d'électrons de la laine vers la règle.

- 4) Après **électrisation par frottement**, la règle est-elle chargée positivement ou négativement ?
- 5) Compléter le schéma suivant en ajoutant les charges sur la laine et sur la règle **après** électrisation par frottement.

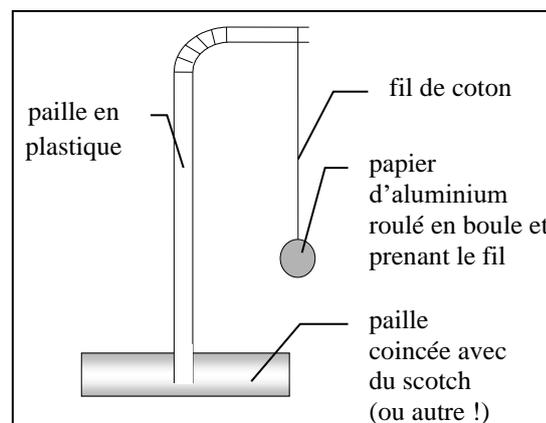
On représentera par des signes « + » les charges positives (déficit d'électrons) et par des signes « - » les charges négatives (excès d'électrons).



- Pour mieux mettre en évidence les phénomènes d'électrisation, fabriquer un petit pendule électrostatique (selon le modèle suivant). Il faut que la « boule » du pendule soit relativement petite. Débrouillez-vous pour que la paille tienne à peu près droit !
- Frotter la règle en PVC pour l'électriser.
- Approcher du pendule la règle en PVC **en prenant soin d'éviter le contact** avec le pendule.

6) *Qu'observe-t-on ?*

Il s'agit d'**électrisation par influence**.



- Recommencer l'expérience et réaliser le contact entre la boule et la règle.

7) *Quelle va-t-elle être la charge de la boule, au départ neutre, après contact avec la règle, en supposant que la charge de la règle se transmet à la boule lors du contact ?*

Il s'agit d'**électrisation par contact**.

- Après le contact, éloigner la règle, la recharger en la frottant de nouveau sur la laine puis l'approcher doucement de la boule.

Cette expérience est très délicate, surtout si l'air est humide ! La règle et la boule doivent être extrêmement bien chargées. Ne pas hésiter à la recommencer plusieurs fois !

Attention : Avant chaque nouvelle expérience, il faut toucher quelques secondes le pendule des doigts pour le décharger, refrotter la règle, toucher la boule avec la règle et approcher de nouveau la règle de la boule.

Aide : après le contact, la boule est censée être repoussée par la règle.

- 8) *Compte tenu de la réponse à la question précédente, comment expliquer ces observations ?*
- 9) *Quelles sont les trois façons d'électriser un objet décrites précédemment ?*
- 10) *L'interaction électrostatique est-elle toujours attractive comme l'interaction gravitationnelle ?*

III Comparaison des forces électrostatique et gravitationnelle

« Pour vous faire une idée de la différence entre les forces électrostatique et gravitationnelle, imaginez que vous teniez un électron dans chaque main et que vous essayiez de les rapprocher. Ces deux particules, identiques, sont chargées négativement, elles s'attirent sous l'effet de la gravitation mais se repoussent sous l'effet de la force électrostatique.

Laquelle de ces deux forces l'emporte ? Les électrons vont-ils s'attirer ou se repousser ? Et bien, c'est la répulsion qui l'emporte, et de très loin : la force électrostatique (F_e) est un million de milliards de milliards de milliards de milliards de fois plus forte que l'attraction gravitationnelle (F_g). [...]

Comment se fait-il alors que la force électrostatique ne submerge pas la gravitation partout dans le monde qui nous entoure ? C'est que la matière est globalement neutre, composée d'autant de charges positives que de charges négatives, de sorte que les interactions électrostatiques s'y compensent.

Rien de tel pour la gravitation, puisqu'elle est toujours attractive : ajoutez de la matière, la force gravitationnelle n'en sera que plus intense. Et pourtant, la gravitation est, intrinsèquement, une force faible. »

L'Univers élégant, Brian Greene, Éditions R. Laffont, 2000.

11) Traduire la phrase soulignée par une relation numérique entre les ordres de grandeur de F_g et F_e .

Aide : Un million = 10^6 et un milliard = 10^9 .

- Newton, en 1687, énonce la loi de la gravitation universelle :

Deux corps A et B, séparés par la distance d , de masses respectives m_A et m_B , exercent l'un sur l'autre une force gravitationnelle attractive dont l'intensité est notée « F_g » et vaut :

$$F_g = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$

F_g : force gravitationnelle en newton (N)

m_A et m_B : masses en kilogramme (kg)

d : distance en mètre (m)

G : **constante de gravitation universelle**

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

12) Calculer l'intensité de la force gravitationnelle F_g qu'exerce un électron sur un autre électron, séparés par une distance $d = 1,0 \times 10^{-10} \text{ m}$, distance classique à l'échelle atomique.

13) Déterminer l'ordre de grandeur de cette force gravitationnelle.

- Le physicien français Charles-Augustin Coulomb établit en 1785 la loi qui porte son nom :

Deux corps A et B, séparés par la distance d , portant les charges électriques respectives q_A et q_B , exercent l'un sur l'autre une force électrostatique attractive ou répulsive dont l'intensité est noté « F_e » et vaut :

$$F_e = k \cdot \frac{|q_A \cdot q_B|}{d^2}$$

F_e : force électrostatique en newton (N)

q_A et q_B : charges en coulomb (C)

d : distance en mètre (m)

k : **constante de Coulomb**

$$k = 8,99 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$$

Remarque : les deux traits verticaux dans la formule représentent la valeur absolue qui permet de retirer l'éventuel signe – résultant du produit des charges électriques, l'intensité de la force électrostatique étant toujours positive.

14) Calculer l'intensité de la force électrostatique F_e qu'exerce un électron sur un autre électron séparés par une distance $d = 1,0 \times 10^{-10} \text{ m}$.

15) Déterminer l'ordre de grandeur de cette force électrostatique.

16) Calculer le rapport $\frac{F_e}{F_g}$ (avec les intensités des forces). Remarque : ce rapport est sans unité.

17) Déterminer l'ordre de grandeur de ce rapport. Retrouve-t-on la relation de la question 11 ?

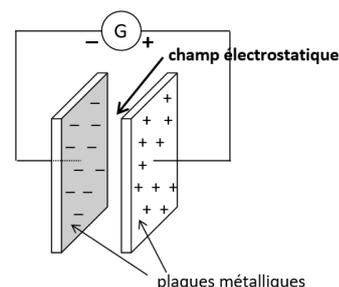
IV Le champ électrostatique créé par un condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques, parallèles et séparées par un isolant (ici l'air).

Lorsqu'une tension continue est appliquée entre les plaques, le condensateur se « charge », c'est-à-dire que des charges électriques apparaissent sur ses plaques.

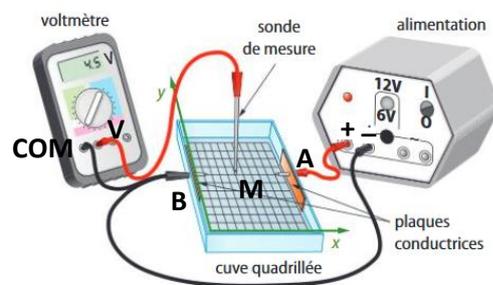
La plaque reliée à la borne + du générateur portera une charge positive et la plaque reliée à la borne – du générateur une charge négative, opposée à la précédente.

Ces charges électriques créent un **champ électrostatique**, noté \vec{E} , entre les plaques que l'on souhaite cartographier.



La **cuve rhéographique** va permettre de cartographier ce champ entre les plaques. Elle contient une solution de sulfate de cuivre de concentration $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$. Elle est munie de deux plaques de cuivres rectangulaires plaquées aux bords opposés de la cuve.

Les deux plaques sont fixées par des pinces à vis qui sont reliées à un générateur de tension continue de $6,0 \text{ V}$ ($U_{AB} = 6,0 \text{ V}$). Un voltmètre muni d'une sonde pointue permet de mesurer U_{MB} en plaçant la pointe dans la solution, sur le point M.



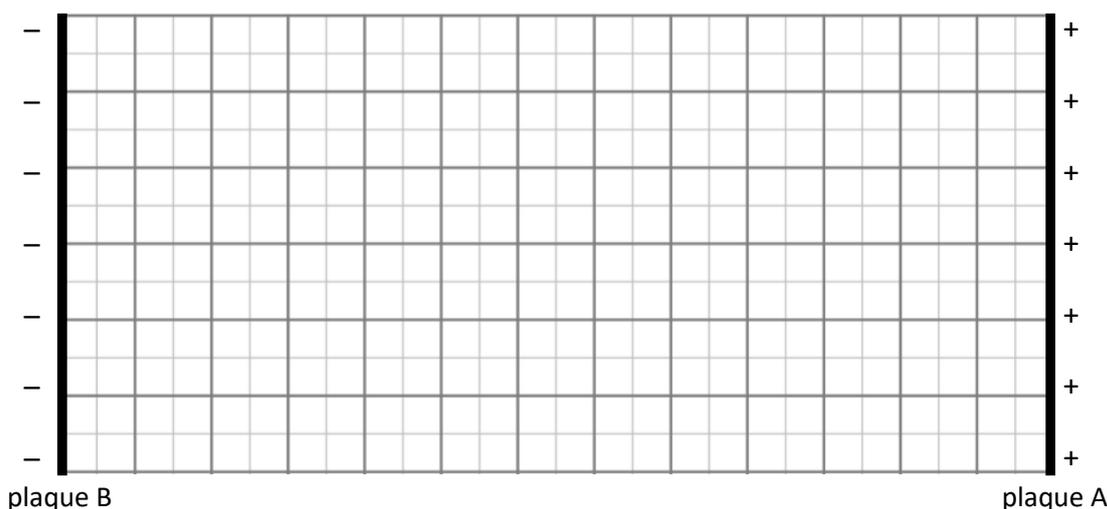
- Réaliser le montage décrit ci-dessus. Bien respecter les sens de branchement du générateur et du voltmètre. Mettre le voltmètre sur le **calibre 200 V** en courant continu.
- Allumer le générateur et tourner le bouton pour obtenir une tension de $6,0 \text{ V}$.
- Placer la pochette contenant le papier millimétré sous la cuve.

👉 **Appeler le professeur pour qu'il vérifie le montage.**

- Déplacer la sonde sur la plaque B, reliée à la borne $-$ du générateur. Faire de même sur la plaque A.
18) Noter les tensions mesurées sur chacune des plaques.
- Déplacer la sonde sur une ligne perpendiculairement à la plaque B, en allant de B vers A.
19) Notez vos observations.
- Déplacer la sonde sur une ligne parallèle aux plaques, dans la cuve. Il s'agit d'une ligne équipotentielle.
20) Notez vos observations.
21) Repérer dans la cuve la ligne qui vérifie $U_{MB} = 1,0 \text{ V}$. Noter la distance $BM_{(1,0 \text{ V})}$ correspondante.
22) Faire de même pour $U_{MB} = 3,0 \text{ V}$ et pour $U_{MB} = 5,0 \text{ V}$. Noter les distances $BM_{(3,0 \text{ V})}$ et $BM_{(5,0 \text{ V})}$.
23) Compléter le schéma à l'échelle suivant en traçant les trois lignes équipotentielles correspondant aux tensions précédentes. Ne pas oublier de noter sur les lignes la tension correspondante.

Une **ligne de champ** électrostatique \vec{E} est une ligne en tout point perpendiculaire aux lignes équipotentielles. Une ligne de champ est également tangente au vecteur du champ électrostatique.

24) Construire quelques lignes de champ entre les plaques. Ajouter une flèche sur chaque ligne de champ, orientée du $+$ vers le $-$.



L'intensité du champ électrostatique peut se calculer à partir de la tension U_{MB} par :

$$\mathbf{E} = \frac{U_{MB}}{d}$$

\mathbf{E} : champ électrostatique en newton par coulomb (N.C^{-1}) ou en volt par mètre (V.m^{-1})
 U_{MB} : tension en volt (V)
 d : distance en mètre (m)

25) Calculer l'intensité du champ E pour les trois tensions précédentes. Que constate-t-on ?