

EXERCICE 1 : QCM sur le condensateur plan

1. Un condensateur plan est constitué de deux armatures planes métalliques reliées aux bornes d'un générateur de tension continue. On étudie un électron placé entre ces deux armatures.

Le champ électrostatique entre les deux armatures a une direction :

- horizontale
 verticale

Le champ électrostatique entre les deux armatures a un sens :

- vers le haut
 vers le bas
 vers la gauche
 vers la droite

La force électrostatique qui s'exerce sur l'électron a une direction :

- horizontale
 verticale

La force électrostatique qui s'exerce sur l'électron a un sens :

- vers le haut
 vers le bas
 vers la gauche
 vers la droite

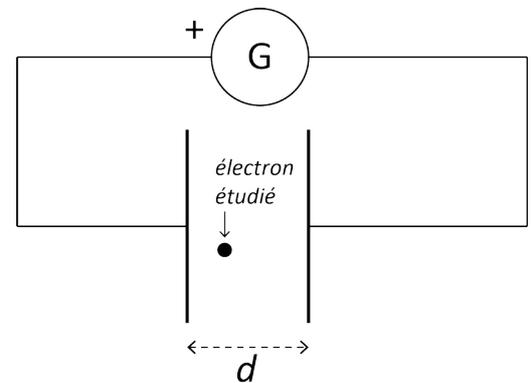
2. La distance entre les deux plaques est multipliée par deux.

La tension électrique entre les deux armatures a une valeur :

- égale à sa valeur précédente ;
 égale au double de sa valeur précédente ;
 égale à la moitié de sa valeur précédente.

Le champ électrostatique a une valeur :

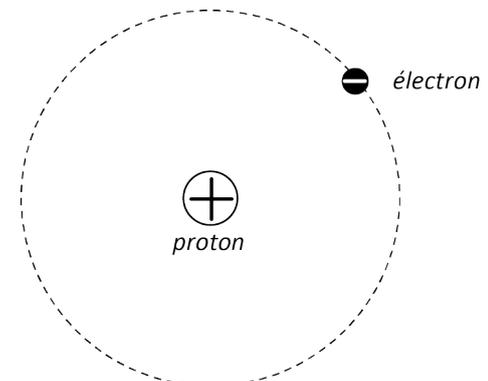
- égale à sa valeur précédente ;
 égale au double de sa valeur précédente ;
 égale à la moitié de sa valeur précédente.

**EXERCICE 2 : l'atome d'hydrogène**

L'atome d'hydrogène est l'atome le plus léger et le plus abondant de l'Univers. Il n'est constitué que d'un proton et d'un électron.

Données :

- distance moyenne proton - électron : $r = 53 \text{ pm}$
- masse de l'électron: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- masse du proton: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- charge électrique élémentaire: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- constante de Gravitation Universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} (\text{unité SI})$
- valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- valeur du champ électrique qui règne au niveau de l'électron : $E = 5,1 \cdot 10^{11} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$



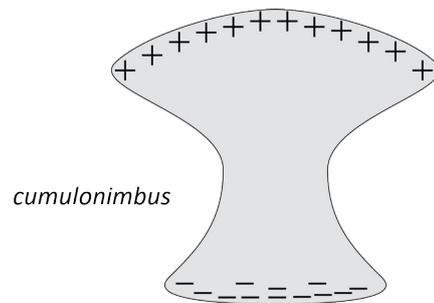
1. Nommer les 3 forces qui s'exercent sur le système {électron}, et préciser leurs directions et leurs sens.

2. Exprimer en fonction des données, puis calculer numériquement la valeur de chacune de ces forces.

3. Les calculs précédents montrent quelle est la force responsable de la cohésion de l'atome d'hydrogène et plus généralement, de la cohésion de la matière à l'échelle microscopie. Laquelle est-ce ?

EXERCICE 3 : la foudre

Les nuages porteurs d'orage sont appelés les cumulonimbus. Ils ont une forme d'enclume très particulière. Des mouvements de convection au sein du cumulonimbus provoquent une séparation des charges : le sommet du nuage se charge positivement et sa base se charge négativement. À l'approche d'un cumulonimbus, le sol se charge alors positivement (par un phénomène appelé « influence »). L'air est un isolant. Mais s'il y règne un champ électrique supérieur à une valeur particulière appelée « champ disruptif », il devient subitement conducteur électrique et arc électrique (gigantesque étincelle) se forme : c'est la foudre.



Le champ disruptif de l'air vaut :

- $E_1 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ pour l'air sec ;
- $E_2 = 1,0 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ en moyenne pour l'air saturé en humidité.



On considère dans cet exercice un cumulonimbus se rapprochant du sol, tel que la tension électrique entre le sol et le nuage vaut : $U = 40 \text{ MV}$.

1. L'air atmosphérique situé entre le sol et le nuage peut être modélisé comme un condensateur plan. Que peut-on alors dire du champ électrique qui règne entre le sol et le cumulonimbus ?
2. Sur la figure ci-dessus, représenter le champ électrique entre le sol et la base du nuage.
3. Pourquoi la foudre a-t-elle plus de chances de tomber dans une zone montagneuse que dans une plaine ? Citer une relation abordée dans cette séquence pour répondre.
4. L'air étant saturé en humidité, à quelle altitude la base du nuage se trouve-t-elle lorsque la foudre tombe ?
5. Si l'air était sec, à l'altitude précédente, la foudre serait-elle tombée ? Justifier à l'aide des données.

EXERCICE 4 : comment brancher le générateur ?

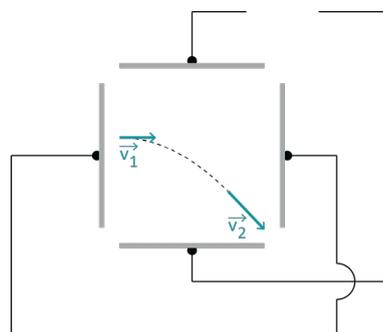
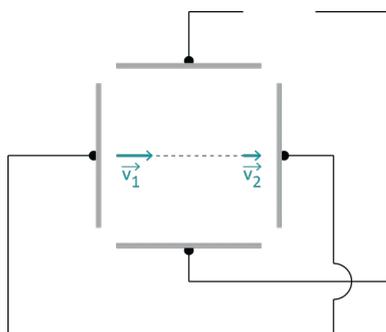
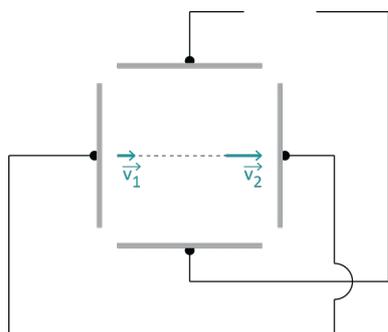
Les trois figures ci-dessous représentent les armatures de deux condensateurs (en gris), auxquelles on souhaite connecter un générateur de tension continue. Sont également représentés la trajectoire, le vecteur-vitesse initial et un vecteur-vitesse ultérieur d'un électron qui pénètre entre ces quatre armatures.

Compléter chacune de ces figures en ajoutant le générateur nécessaire pour obtenir le mouvement souhaité et en précisant où se trouve sa borne positive.

Figure 1

Figure 2

Figure 3



EXERCICE 5 : La mesure de la charge élémentaire par Millikan

Lorsque R. Millikan entreprend ses travaux sur la mesure de la charge électrique de l'électron, l'existence de cette particule est bien établie et le rapport de sa charge par sa masse correctement estimée par le physicien J.J Thomson en 1897.

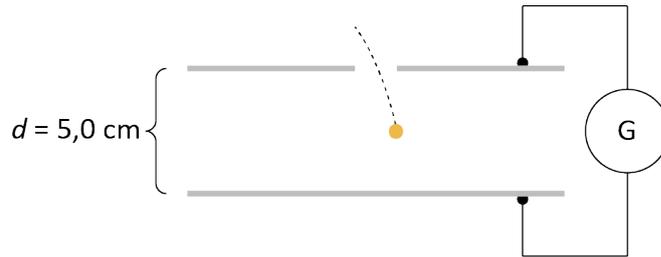
Cet exercice propose une version simplifiée de l'expérience ayant permis à Millikan de mesurer la charge élémentaire. Un modèle plus complet de l'expérience de Millikan sera abordé dans la séquence 9.

Principe de l'expérience :

Millikan s'intéresse à la chute dans l'air de petites gouttes d'huile chargées négativement. Elles sont alors soumises à leur poids, les forces de frottements étant considérées comme négligeables.

Il souhaite créer une force de valeur réglable qui viendrait compenser les effets du poids des gouttes et les maintenir en mouvement rectiligne uniforme. C'est pourquoi, il imagine soumettre ses gouttes à l'action d'un champ électrique uniforme réglable.

La figure ci-dessous représente schématiquement le dispositif de Millikan et une goutte d'huile immobilisée après avoir parcouru la trajectoire tracée en pointillés.



1. Compléter cette figure en représentant le poids de la goutte d'huile et la force électrostatique qu'elle subit lorsqu'elle est immobile dans le condensateur de Millikan.

2. En déduire le sens du champ électrostatique qui règne dans le condensateur, puis la polarité du générateur. Compléter la figure avec ces informations.

On suppose, pour simplifier le problème, que Millikan a utilisé un dispositif lui permettant de pulvériser des gouttes d'huile ayant toutes une masse identique de valeur : $m = 2,1 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$

Toutes les gouttes étaient chargées négativement mais leur charge électrique pouvait varier. Millikan a alors mesuré la tension électrique nécessaire pour immobiliser chaque goutte d'huile.

Voici les résultats :

Goutte n°	1	2	3	4	5
U (V)	$3,17 \times 10^4$	$2,11 \times 10^4$	$1,59 \times 10^4$	$1,27 \times 10^4$	$1,06 \times 10^4$

Le but des questions qui suivent est de calculer la charge électrique portée par les gouttes n°1 à 5.

3. Rappeler la relation entre la valeur du champ électrostatique E à l'intérieur du condensateur, la tension U aux bornes du générateur et la distance d.

4. Lorsque la bille est à l'équilibre, écrire la relation entre les valeurs P et F_{el} des deux forces qui s'exercent sur elle.

5. Déduire ce qui précède l'expression suivante de la charge électrique portée par chaque goutte :

$$q = \frac{-m \cdot g \cdot d}{U}$$

6. Calculer numériquement la charge électrique des cinq gouttes d'huile considérées.

7. Les valeurs que nous venons d'exploiter ne sont pas réellement celles de Millikan, son expérience était plus compliquée, mais il a pu faire, comme nous, ce constat : toutes les charges électriques qu'il obtenait étaient des multiples d'une même valeur : quelle est cette valeur ? Que représente-t-elle ?