



Activités de la séquence n°8

Forces et interactions



Fiches de synthèse mobilisées :

Fiche n°6 (PCM 1^{ère}) : interactions, actions et forces

Fiche n°8 (PCM terminale) : forces et interactions



Sommaire des activités

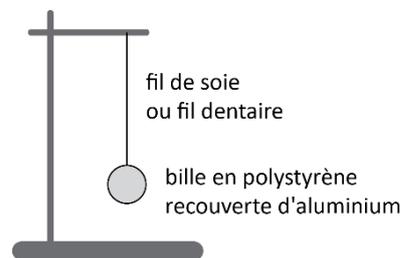
ACTIVITÉ 1 :	expériences d'électrisation	1
ACTIVITÉ 2 :	tension électrique et champ électrostatique dans un condensateur plan	2
ACTIVITÉ 3 :	illustration expérimentale du lien entre champ et force électrostatique.....	4

ACTIVITÉ 1 : expériences d'électrisation

Nous allons réaliser des expériences d'électrisation pour mettre en évidence une nouvelle force : la force électrostatique. Pour toutes les parties expérimentales de cette activité, il importe de porter des moufles de préhension en plastique (celles habituellement utilisées en chimie) pour isoler de la Terre ce que l'on touche.

Expérience 1 : électrisation par influence

- Réaliser le dispositif schématisé ci-contre.
- Frotter énergiquement une baquette de plexiglas avec un morceau de sac plastique.
- Approcher la tige de la bille suspendue sans que celles-ci n'entrent en contact et observer.
- Recommencer autant de fois que nécessaire, jusqu'à être en mesure de noter une observation probante.



1. Noter ce que l'on observe.
2. Lorsque le plexiglas est frotté avec le sac plastique, cela lui arrache des électrons de sa surface : on dit qu'il a été électrisé. Quel est alors le signe de sa charge électrique ?
3. L'aluminium qui entoure la bille de polystyrène possède des électrons « libres » : ceux-ci peuvent se déplacer dans tout l'échantillon d'aluminium. À votre avis, de quel côté de l'aluminium ces électrons se sont-ils déplacés pour justifier ce que l'on a observé ?

Expérience 2 : électrisation par contact

- Reprendre le dispositif précédent.
 - Reproduire les mêmes étapes que lors de l'expérience 1 mais, à l'approche de la bille de polystyrène, la laisser entrer en contact avec la tige de plexiglas.
 - Recommencer autant de fois que nécessaire, jusqu'à être en mesure de noter une observation probante et différente de la précédente.
4. Noter ce que l'on observe après que la bille et la tige sont entrées en contact.
 5. Lors du contact, des électrons peuvent être transférés entre l'aluminium et le plexiglas : dans quel sens se sont-ils déplacés ?
 6. Proposer une explication au mouvement de la bille.



Conclusion sur la force électrostatique

7. L'année dernière nous avons étudié la force gravitationnelle : il s'agit d'une force attractive, à distance, entre deux corps possédant une masse.

La force électrostatique est une autre force et c'est elle qui explique les observations que nous venons de faire. Elle s'exerce entre deux corps électriquement chargés. D'après nos observations :

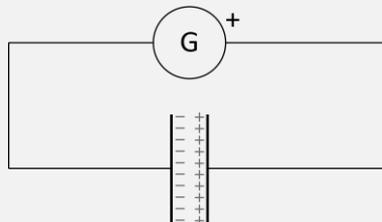
- s'exerce-t-elle, comme la force de gravitation, à distance ?
- est-elle forcément attractive ?

ACTIVITÉ 2 : tension électrique et champ électrostatique dans un condensateur plan

L'objectif de cette activité est de relier la tension électrique à une grandeur physique nouvelle : le champ électrostatique. L'expérience qui nous servira de support pour notre étude représente un condensateur plan.

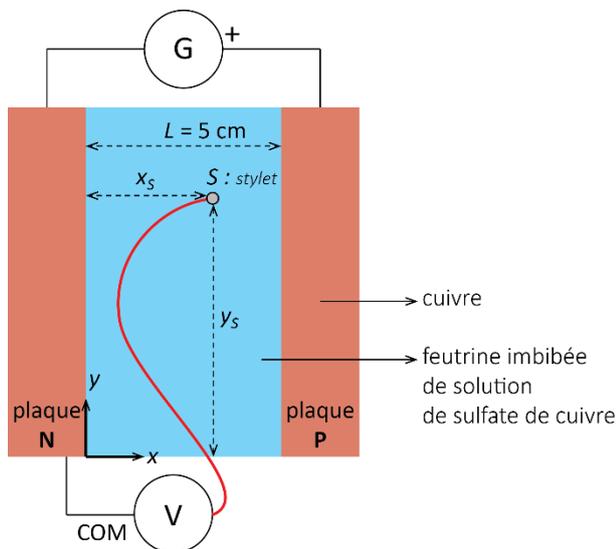
DOCUMENT 1 : le condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de 2 armatures planes, parallèles et conductrices, entre lesquelles se trouve un matériau isolant. Lorsque l'on applique une tension électrique entre ces plaques, celles-ci se chargent soit positivement soit négativement :



Expérience :

Le dispositif utilisé possède la géométrie d'un condensateur plan mais nous ajoutons, entre ses armatures, un milieu conducteur afin de réaliser des mesures avec un multimètre.



Matériel utilisé :

- deux plaques de cuivre et quatre pinces crocodile ;
- plaque en verre ;
- carré de feutrine de dimensions 9 cm × 9 cm ;
- un multimètre en mode « voltmètre » ;
- trois fils électriques et une sonde ;
- un générateur de tension continue 6 V ;
- une solution aqueuse de sulfate de cuivre ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) de concentration $0,01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;
- une cuve rectangulaire.

- Imbiber la feutrine avec la solution de sulfate de cuivre et la déposer sur la plaque de verre.
- Déposer deux lames de cuivre bien à plat sur les bords de la feutrine afin qu'elles soient distantes de 5 cm et les maintenir en contact avec la feutrine par deux pinces crocodile chacune.
- Relier à l'aide de fils conducteurs l'une des plaques de cuivre à la borne (+) du générateur : ce sera la plaque P ; relier l'autre à la borne (-) : ce sera la plaque N.
- Relier la borne COM du voltmètre à la plaque de cuivre relié à la borne (-) du générateur.



- Relier la borne V du voltmètre au stylet. Le voltmètre permet alors de mesurer la tension électrique entre le stylet et la plaque de cuivre chargée négativement. Cette tension sera notée U_{SN} .
 - Régler la tension aux bornes du générateur à une valeur de 6V.
1. Déposer le stylet à divers endroits de la feutrine, afin de répondre aux questions suivantes (attention, lors des mesures, à bien tenir le stylet verticalement) :
 - la tension U_{SN} varie-t-elle significativement lorsque le stylet se déplace selon l'axe (Ox) ?
 - la tension U_{SN} varie-t-elle significativement lorsque le stylet se déplace selon l'axe (Oy) ?
 2. La plaque N étant notre référence des potentiels électriques, la tension U_{SN} mesurée est le potentiel électrique du point où se trouve le stylet. Le champ électrique, noté \vec{E} , est un vecteur qui indique la direction et le sens **dans lesquels le potentiel électrique diminue** : quels sont la direction et le sens du champ électrique entre les armatures ?
 3. On souhaite à présent cartographier le potentiel électrique (égal à la tension U_{SN}), c'est-à-dire effectuer des mesures régulières sur toute la surface qui sépare les deux armatures. Procéder aux mesures nécessaires pour compléter le tableau suivant :

x_S (cm) \ y_S (cm)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
8,5								
6,5								
4,5								
2,5								
0,5								

cartographie du potentiel électrique entre les plaques de cuivre

4. On appelle des « équipotentielles » les lignes le long desquelles le potentiel électrique est constant. Faire un schéma du dispositif et tracer quelques lignes équipotentielles.
5. À l'aide d'un tableur-grapheur, représenter l'évolution de U_{SN} en fonction de x_S pour $y_S = 4,5$ cm. Par quelle fonction mathématique semble-t-il possible de modéliser cette série de mesures ?
6. Lorsque le potentiel électrique varie linéairement en fonction d'une distance, alors la valeur du champ électrique est constante et égale, en valeur absolue, au coefficient directeur de la droite représentant l'évolution du potentiel en fonction de la distance.
Exploiter le graphique précédent pour déterminer la valeur du champ électrique.
7. Expliquer en quoi notre étude montre que le champ électrique, entre les deux armatures, est uniforme, c'est-à-dire constant en direction, sens et valeur.
8. Sans faire aucune mesure de tension électrique avec le stylet, par quelle relation aurions-nous pu calculer la valeur du champ électrostatique entre les deux armatures ?
9. En conclusion, déduire de ce qui précède toutes les propriétés du champ électrique \vec{E} créé entre les deux armatures : sa direction, son sens et sa valeur.
10. Sur la figure de la question 4, représenter le champ électrique à quelques endroits en respectant les conclusions de la question précédente.

**ACTIVITÉ 3 : illustration expérimentale du lien entre champ et force électrostatique****DOCUMENT 1 : une expérience de migration des ions**

Une solution de chromate de tétraamine cuivre II $[Cu(NH_3)_4]^{2+} + CrO_4^{2-}$ est déposée au centre d'une bande de papier filtre, elle-même imbibée d'une solution de chlorure de potassium.

Une tension électrique est appliquée entre les deux extrémités de la feuille de papier à l'aide d'un générateur de tension continue.

Voici ce que l'on observe :

Au début de l'expérience :

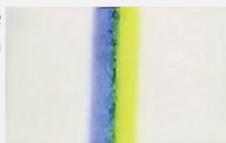
coté connecté
à la borne (-)



coté connecté
à la borne (+)

Au bout de 3 minutes :

coté connecté
à la borne (-)



coté connecté
à la borne (+)

L'expérience a été filmée et est accessible ici : <https://www.youtube.com/watch?v=IJ-tTN3PIAY>

1. Les ions tétraamine cuivre II $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ sont bleus en solution, les ions chromate CrO_4^{2-} sont jaunes. Le chlorure de potassium est incolore. Comment expliquer la couleur de la zone où la solution a été déposée au début de l'expérience ?
2. Justifier qu'un champ électrostatique règne à l'intérieur de la bande de papier. Préciser sa direction, son sens et le représenter sur la figure de droite (sans respecter d'échelle).
3. C'est l'exercice de la force électrostatique sur les ions $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ et CrO_4^{2-} qui explique leur mise en mouvement au cours de l'expérience. Quel est le sens de la force électrostatique exercée sur les ions cuivre ? sur les ions chromate ? Justifier en utilisant la photographie de droite.
4. Le document 2 ci-dessous énonce la relation entre le champ électrostatique et la charge électrique portée par une particule. En utilisant cette relation, compléter les phrases suivantes par « même sens que le... » ou « sens opposé au... » :
 - une particule chargée positivement subit une force de ... champ électrostatique qui règne dans son milieu ;
 - une particule chargée négativement subit une force de ... champ électrostatique qui règne dans son milieu.
5. Montrer que le résultat des observations de la question 3 et la prévision de la question 4 sont compatibles. En conclusion, représenter sur le schéma de droite :
 - la force $\vec{F}_{el,cation}$ qui s'exerce sur les ions $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$;
 - la force $\vec{F}_{el,anion}$ qui s'exerce sur les ions CrO_4^{2-} .

DOCUMENT 2 : relation entre champ électrostatique et force subie par une particule chargée

Si une particule porte une charge électrique q et se trouve dans un milieu où règne un champ électrostatique \vec{E} , la force électrostatique \vec{F}_{el} qui s'exerce sur elle vaut :

$$\vec{F}_{el} = q\vec{E}$$

avec :

- q : charge électrique de la particule en coulomb (C) ;
- \vec{E} : champ électrostatique dont la valeur est en $V \cdot m^{-1}$;
- \vec{F}_{el} : force dont la valeur est en N.