

Mise en situation :

Chacun a déjà fait l'expérience désagréable des décharges électriques par temps sec en hiver en touchant un objet ou une autre personne, ou en enlevant un pull-over. On parle de *phénomènes électrostatiques*.

On se propose dans cette activité de cartographier un champ électrostatique créé par une charge, réaliser et interpréter des expériences d'électrisation et d'établir une analogie avec l'interaction gravitationnelle vue en classe de seconde.

**Document 1 : De Thalès de Milet à Coulomb**

Au VI^e siècle avant notre ère, Thalès de MILET observe qu'après avoir frotté de l'ambre jaune (*appelée êlektron en grec – Fig.1*) avec de la fourrure ou de la laine, il attire de petits corps légers.

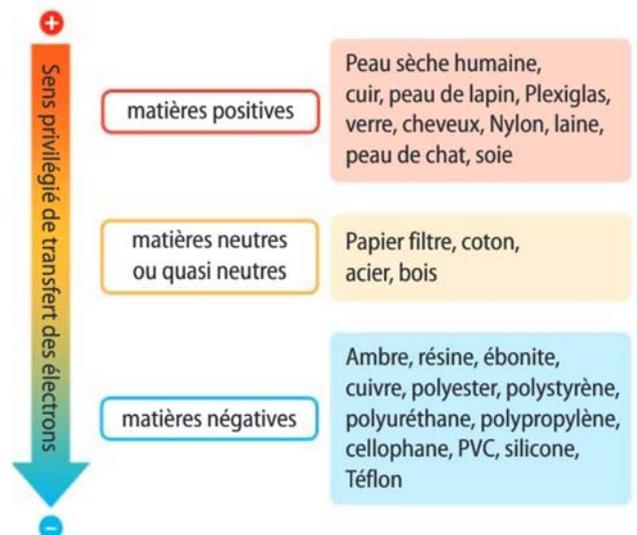
Au début du XVIII^e siècle, les termes « électricité » et « électrisation » apparaissent. En 1733, le français Charles DU FAY (1698-1739) distingue « l'électricité résineuse » (présente sur de l'ambre frotté avec de la laine) et « l'électricité vitrée » (présente sur du verre frotté avec de la laine). Il montre que des corps qui portent des électricités de même nature se repoussent alors qu'ils s'attirent s'ils portent des électricités de nature différente.

L'américain Benjamin FRANKLIN (1706-1790) propose d'appeler « positive » l'électricité vitrée et « négative » l'électricité résineuse.

En 1785, le français Charles COULOMB (1736-1806) vérifie la loi énoncée par DU FAY et énonce la loi fondamentale de l'électrostatique, appelée loi de Coulomb : la force d'interaction entre deux corps chargés électriquement est proportionnelle au produit des charges portées par les corps et inversement proportionnelle au carré de la distance entre les corps (Coulomb pronostique l'influence de la distance par analogie avec la loi de Newton sur la gravitation). A la mort de ce grand scientifique, son nom est aussi attribué à l'unité de charge électrique : le coulomb, de symbole C.

**Document 2 : Electrification d'un corps**

- **L'électrisation par frottement** consiste à arracher ou à déposer des électrons sur un objet que l'on frotte.
Le diagramme ci-contre permet de déterminer le sens privilégié de transfert des électrons entre deux matériaux et le type de charge (positive ou négative) qu'ils vont préférentiellement porter.
- **L'électrisation par contact** consiste à transférer les électrons d'un corps chargé à un autre quand ces corps se touchent.
- **L'électrisation par influence** consiste à modifier la répartition des électrons dans un matériau à l'approche d'un corps chargé, sans contact. Le matériau reste électriquement neutre.

**I. Sur les traces de Thalès de Milet****Travail 1 :**

- Frotter une baguette en ébonite avec la peau de chèvre.
 - Approcher lentement la baguette (sur le côté) de la boule d'aluminium.
- a- Ecrire vos observations.

Interprétation

- b- Etape 1 : Que se passe-t-il au niveau microscopique lorsqu'on frotte la baguette en ébonite avec la peau de chevrete ? Faire un schéma pour illustrer votre réponse.
On dit que les deux corps se sont électrisés. De quel type d'électrisation s'agit-il ? Quel est le signe de la charge électrique portée par la baguette en ébonite une fois frottée ?

- c- Etape 2 : A l'approche de la baguette en ébonite électrisée, la petite boule est attirée par celle-ci. Pourtant la petite boule en aluminium est électriquement neutre. Proposer une explication à cette attraction. S'aider d'un schéma. On dit que la boule d'aluminium s'est électrisée. De quel type d'électrisation s'agit-il ?
- d- Etape 3 : S'il y a contact entre la boule et la baguette en ébonite, on observe un mouvement de répulsion entre les deux objets. Que se passe-t-il au niveau microscopique entre les deux corps lors du contact ? Montrer sur un schéma le transfert des charges. Après contact, la baguette en ébonite porte-t-elle une charge électrique ? Même question pour la petite boule en aluminium. Interpréter alors la répulsion observée. Y'a-t-il dans cette étape un phénomène d'électrisation ? Si oui, de quel type ?
- e- Prévoir le comportement de la boule en aluminium si on approche une baguette en verre frottée avec le tissu synthétique à la fin de l'expérience précédente. Le vérifier expérimentalement.

Travail 2 :

- Découper des petits morceaux de papier (taille de l'ordre de 0,5 cm).
- Electrifier par frottement une règle en plastique puis l'approcher des morceaux de papier. Observer puis expliquer en quelques phrases les observations faites.

II. La loi de Coulomb

On note q_A la charge électrique portée par un corps A et q_B celle portée par un corps B.

Les deux corps en interaction étant séparés par une distance d , choisir parmi les expressions ci-dessous celle qui traduit la valeur de la force électrostatique. Justifier à l'aide du **doc 1**.

a $F_{\text{électrique}} = k \frac{d}{|q_A| \cdot |q_B|}$
b $F_{\text{électrique}} = k \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$
c $F_{\text{électrique}} = k \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d}$
d $F_{\text{électrique}} = k \frac{d^2}{|q_A| \cdot |q_B|}$

Remarques :

- k représente une constante de proportionnalité (appelée « constante de Coulomb »).
- Comme la valeur d'une force est forcément positive, on utilise les notations $|q_A|$ et $|q_B|$ correspondant aux valeurs absolues (positives) des charges électriques.

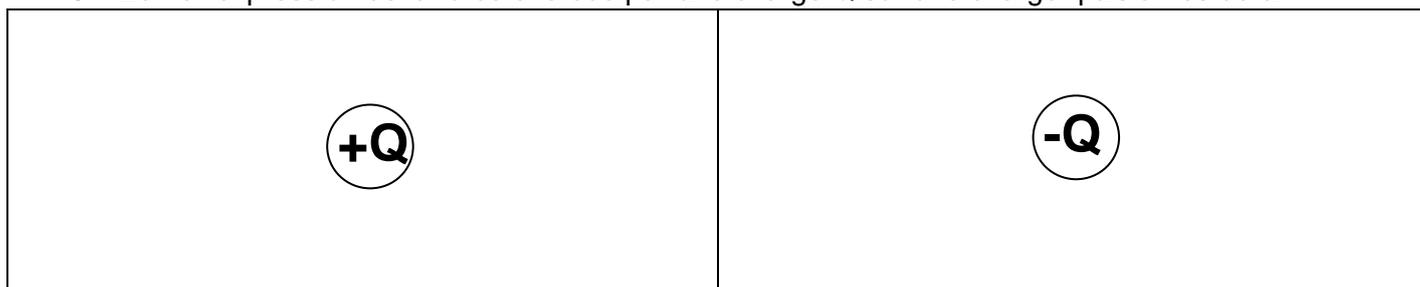
Travail 3 :

Utiliser l'animation "champ et force électrostatique" de l'ENT.

Décocher toutes les cases, insérer une charge + (ou -) dans le cadre et insérer un capteur.

Le capteur mesure la direction, le sens et l'intensité du champ créé par la charge placée dans le cadre.

1. Représenter dans le tableau (cellule de gauche) ci-dessous le champ électrique créé par une charge Q positive en différents points de l'espace. Représenter les lignes de champs qui correspondent aux lignes qui indiquent la direction et le sens du champ électrostatique.
2. Comment varie le champ en fonction de la distance ?
3. Sachant que le capteur se comporte comme une charge q positive qui subirait l'action du champ électrique créé par la charge Q placée dans le cadre, représenter sur le schéma précédent sans soucis d'échelle la force que subit la charge positive q placée dans ce champ.
4. Faire de même dans la cellule de droite avec une charge Q négative.
5. Dans quels cas la force est-elle attractive, répulsive ?
6. Ecrire l'expression de la force exercée par une charge Q sur une charge q distantes de d.



	Loi d'interaction gravitationnelle de Newton	Loi de Coulomb (électrostatique)
	Deux corps A et B possédant une masse m_A, m_B sont en interaction gravitationnelle	Deux corps A et B portant une charge électrique q_A, q_B sont en interaction électrostatique
Schématisation		
Expression des forces	$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A \cdot m_B}{d^2} \vec{u}_{AB} \quad \text{et} \quad \vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$ <p>Valeur : $F_{A/B} = G \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$</p>	$\vec{F}_{A/B} = \pm k \frac{ q_A \cdot q_B }{d^2} \vec{u}_{AB} \quad \text{et} \quad \vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$ <p>Valeur : $F_{A/B} = k \frac{ q_A \cdot q_B }{d^2}$</p>
Analogies	Les forces sont représentées par des vecteurs de même direction (représentée par la droite en pointillés joignant les centres des 2 corps)	
	Valeur des forces : <ul style="list-style-type: none"> ➤ proportionnelle au produit des masses / des charges des corps ➤ inversement proportionnelle au carré de la distance d séparant les centres des corps 	
Différences	Interaction toujours attractive	Interaction attractive si charges de signes opposés ($q_A \times q_B < 0$) Interaction répulsive si charges de mêmes signes ($q_A \times q_B > 0$)
	Prédominante à l'échelle astronomique	Prédominante de l'échelle atomique à l'échelle humaine
Champs	Une particule massique ou/et chargée provoque par sa présence dans l'espace une modification locale des propriétés du milieu. Cette modification de l'espace se traduit mathématiquement par la présence d'un champ vectoriel.	
	<p>Champ de gravitation : $\vec{G} = \frac{\vec{F}}{m}$</p> $\vec{G} = -G \cdot \frac{M}{d^2} \vec{u}$ <p>Rque : à la surface de la Terre Le champ de gravitation = champ de pesanteur \vec{g} qui est uniforme localement</p> $g = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = 9,81 m \cdot s^{-2}$	<p>Champ électrostatique : $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$</p> $\vec{E} = K \cdot \frac{Q}{d^2} \vec{u}$ <p>Rque : entre les armatures d'un condensateur le champ électrique \vec{E} est uniforme. $E = \frac{U}{d}$</p>

Applications :

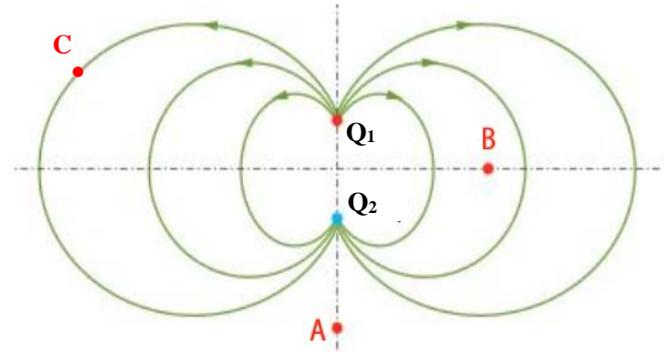
Exercice 1

- Exprimer la force électrostatique exercée par le proton sur l'électron dans un atome d'hydrogène. Calculer sa valeur. On considèrera que le proton et l'électron sont distants de 10^{-10} m.
- Calculer la valeur de la force de gravitation exercée par le proton sur l'électron.
- Comparer le résultat obtenu à la valeur de la force électrostatique puis conclure.

Exercice 2

Un dipôle de charges est constitué par deux charges de signes opposés mais de même valeur absolue. L'allure des lignes de champ du champ électrostatique créé par ce dipôle est modélisée sur le schéma ci-dessous.

- Identifier le signe des charges Q_1 et Q_2 .
- Représenter les vecteurs champ électrostatique aux points A, B et C.
- Supposons qu'au point A est placée une charge électrique positive, représentée la force électrostatique exercée sur cette charge ?
- Même question pour une charge électrique négative placée au point B.

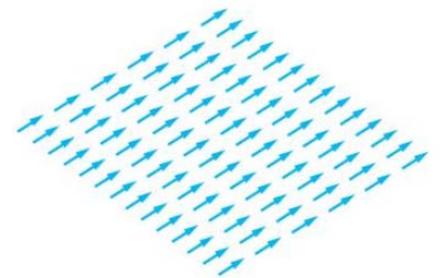


Exercice 3

Il règne dans une région de l'espace un champ électrostatique \vec{E} uniforme. Le champ de vecteurs est représenté ci-contre.

Placé dans ce champ, un proton subit la force électrostatique de valeur : $F = 1,6 \cdot 10^{-17}$ N.

- Justifier que le champ électrostatique est uniforme dans la région considérée.
- Exprimer la force électrostatique \vec{F} subie par le proton en fonction de la charge élémentaire e et du champ \vec{E} . En déduire la valeur E du champ.
- Quelle caractéristique de la force électrostatique serait modifiée si le proton était remplacé par un électron ?



Exercice 4

Dans le cristal de fluorure de calcium, un ion calcium Ca^{2+} et un ion fluorure F^- voisins sont séparés par la distance $d = 232$ pm.

- Exprimer puis calculer les valeurs des forces électrostatiques qui s'exercent entre les deux ions.
- Représenter ces forces à l'aide de vecteurs en précisant leurs caractéristiques et l'échelle utilisée.

Données :

- Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C
- Symbole du noyau d'hydrogène : ${}^1_1\text{H}$
- Masse d'un proton : $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg
- Masse d'un électron : $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg
- Constante de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ SI
- Constante de Coulomb : $k = 9,0 \times 10^9$ SI