

## TP : Interactions électrostatiques – Etude des orages

- Il existe deux types de charges électriques : négatives et positives
- Un noyau est formé de neutrons électriquement neutres et de protons chargés positivement
- Autour du noyau se trouve un cortège électronique ; les électrons sont chargés négativement
- La charge d'un électron est exactement opposée à la charge d'un proton :  
 $q_p = -q_{e^-} = 1,6 \times 10^{-19} C$
- L'unité qui permet d'exprimer la charge électrostatique est le Coulomb (symbole  $C$ )
- La matière, au repos (qui ne subit pas de « perturbation » ou « d'excitation ») est électriquement neutre
- Pour charger un corps initialement neutre, on électrise le corps par frottement ; au cours du frottement, un transfert d'électron d'électrons s'effectue d'un corps mis en contact vers l'autre.
- Un matériau électriquement conducteur autorise le déplacement des charges électriques (opposé : matériau isolant)

### I. Electrisation d'un pendule :

#### 1. Electrisation par influence :

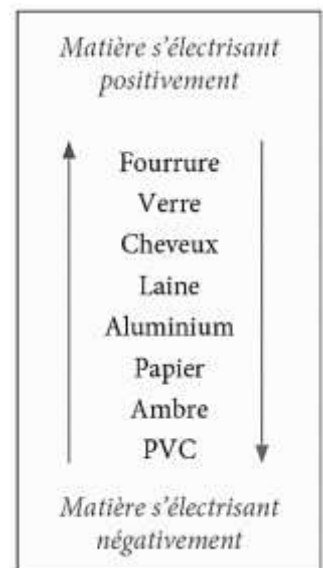
Expérience :

- S'assurer que le pendule est bien neutre en le déchargeant (il suffit de le toucher).
- Frotter énergiquement un bâton de PVC (ou de verre) avec la peau de chat (ou la laine)
- Approcher le bâton du pendule en évitant le contact entre les deux.

Observation : Le pendule est attiré par le bâton.

Interprétation de l'observation :

- En utilisant le document suivant, déterminer dans quel sens s'est réalisé le transfert d'électrons lors du frottement.
- Le pendule a été chargé par influence : des électrons des atomes du pendule se sont déplacés à la surface de ce pendule. Définir s'ils se sont éloignés ou rapprochés du bâton.



- Compléter le schéma ci-dessous en dessinant les charges – et + à la surface du pendule (P) et au bout du bâton (B), ainsi que les forces  $\vec{F}_{B \rightarrow P}$  et  $\vec{F}_{P \rightarrow B}$  qui traduisent l'interaction entre les deux objets



## 2. Electrisation par contact

Expérience :

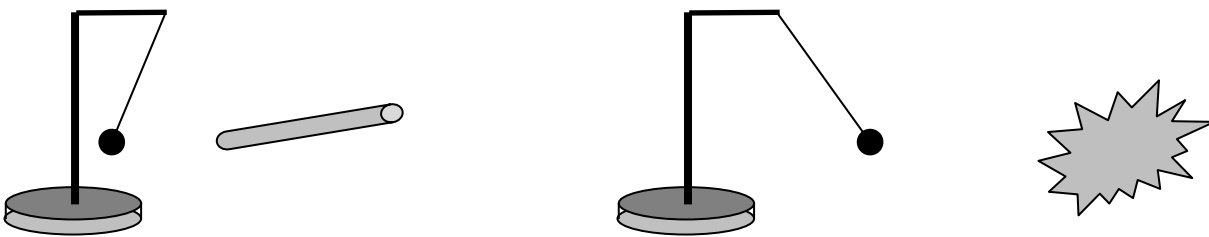
- Frotter énergiquement un bâton de PVC (ou de verre) avec la peau de chat (ou la laine)
- Approcher le bâton du pendule jusqu'à ce qu'il y ait contact entre les deux.
- Faire une première observation
- Frotter à nouveau le bâton avec la peau, puis approcher la peau du pendule
- Faire une deuxième observation

Observations :

Interprétation :

- Que s'est-il passé au cours du contact ?

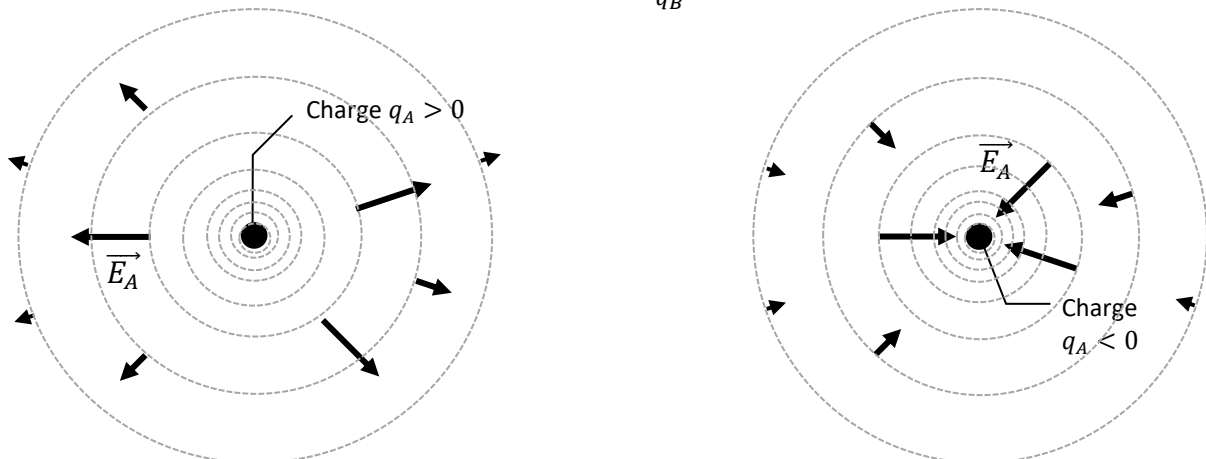
- Interpréter les observations en complétant les schémas ci-dessous (charges et forces  $\vec{F}_{B \rightarrow P}$  et  $\vec{F}_{P \rightarrow B}$  à représenter)



## II. Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle :

L'influence du bâton électriquement chargé dans l'espace qui l'entoure est interprétée par l'existence d'un « champ électrostatique ». Le champ électrostatique permet de décrire l'influence à distance des corps chargés.

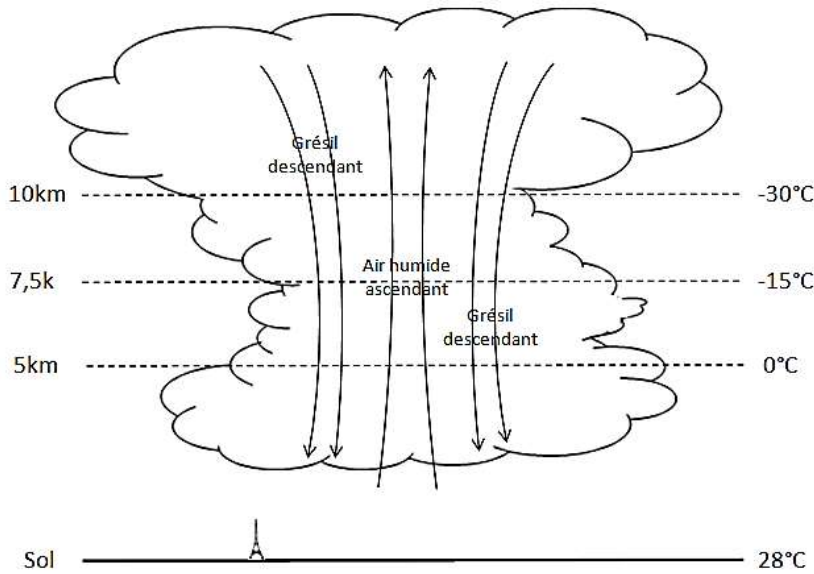
Si une particule B subit l'action à distance  $\vec{F}_{A \rightarrow B}$  de la particule A, on peut dire que A génère un champ électrique  $\vec{E}_A$  dans l'espace qui l'entoure tel que  $\vec{E}_A = \frac{\vec{F}_{A \rightarrow B}}{q_B}$



- Comment est orienté le champ créé par une charge positive ? négative ?
- Que remarque-t-on à propos du champ le long d'un cercle pointillé appelé cercle équipotentiel ?

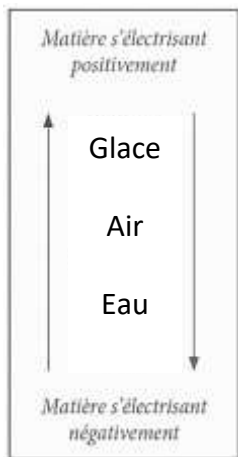
### III. Un phénomène électrostatique naturel : les orages

#### 1. Charges électrostatiques dans le nuage :

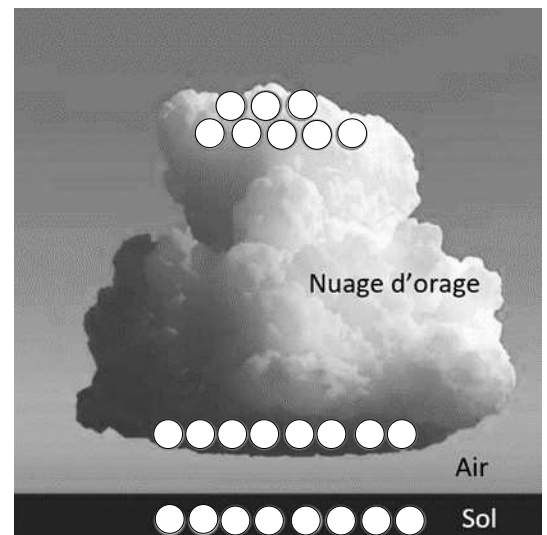


Les nuages d'orage sont des cumulonimbus, gros nuages en forme d'enclume. Ils se forment en été, lorsque l'air est humidité. En raison d'importante différences de température, des mouvements rapides et violents de convection des particules humides se forment à l'intérieur du nuage (voir schéma ci-contre). A cause des frottements entre l'air et ces particules humides, des charges apparaissent entre le bas et le haut du nuage

La terre en dessous de ce nuage se charge alors par influence.



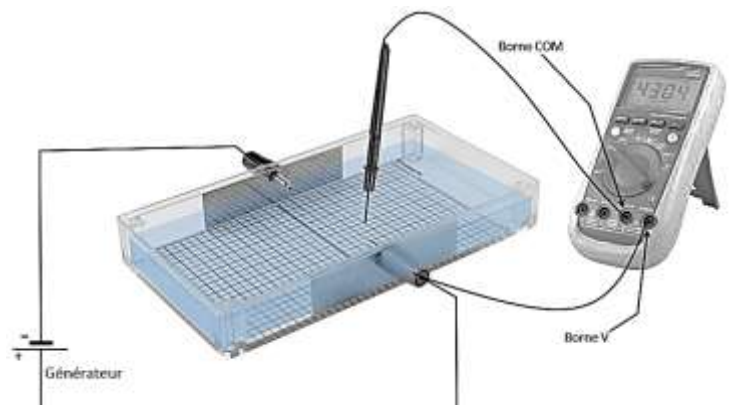
Compléter le schéma ci-dessous en représentant les charges en haut du nuage, au bas du nuage et au niveau du sol. Justifier.



#### 2. La foudre :

La différence de charges entre la base du nuage et la terre fait apparaître un champ électrostatique apparait entre le bas du nuage et le sol. Lorsque ce champ électrostatique dépasse une certaine valeur l'air devient conducteur. Il s'établit alors un fort courant électrique à travers l'air : c'est la foudre. **L'étude qui suit cherche à montrer pourquoi des bâtiments élevés ou des arbres se comportent comme des paratonnerres qui « attirent » la foudre.** Pour répondre à cette problématique, il faut cartographier le champ électrique entre le nuage et la terre.

- Pour simuler le champ électrique étudié, on utilise une cuve rhéographique : les armatures en cuivre de la cuve correspondent l'une à la base du nuage et à l'autre à la surface de la terre. On utilise un générateur 6V : l'une des plaques est reliée au pôle + du générateur, l'autre au pôle -. Indiquer sur le schéma la plaque représentant la base du nuage ? La terre ?



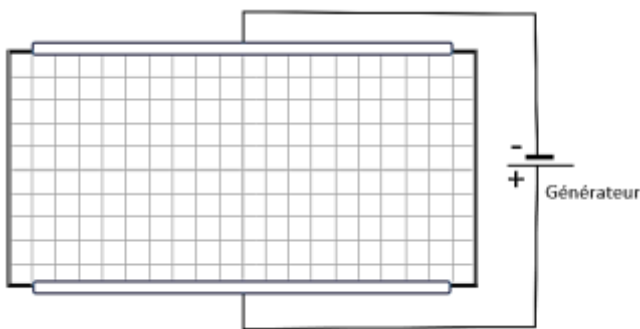
- Cartographier le champ électrique revient à définir la direction, le sens et les variations du champ électrique dans l'espace entre le nuage et la terre. Pour cela, on cherche la position et la forme de lignes équipotentiellles.

Le champ électrostatique a la même intensité en chaque point d'une ligne équipotentielle. On admettra que :

- Le vecteur champ électrostatique est perpendiculaire aux lignes équipotentiellles.
- Le vecteur champ électrostatique est toujours orienté dans le sens des potentiels décroissants.
- Des lignes équipotentiellles parallèles les unes aux autres caractérisent un champ uniforme.
- Des lignes équipotentiellles qui se resserrent caractérisent l'intensification du champ électrostatique.

- On utilise un voltmètre branché comme l'indique le schéma du dispositif : borne V reliée à la plaque + : borne com reliée au stilet. Pour déterminer la position d'une ligne équipotentielle, on déplace le stilet et on cherche les positions qui permettent de maintenir une tension constante  $U$ .

Déterminer les lignes équipotentiellles entre les plaques correspondant aux valeurs  $U = 1, 3, \text{ et } 5V$  (forme et distance entre les lignes). Les représenter approximativement sur le schéma ci-dessous.

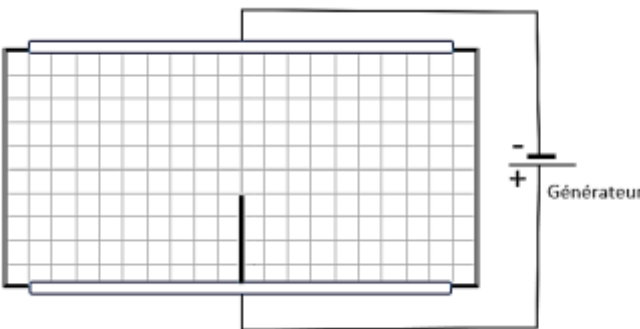


Que remarque-t-on à propos de la forme et de la distance ?

Que peut-on en déduire au sujet du champ électrique entre le nuage et la terre ?

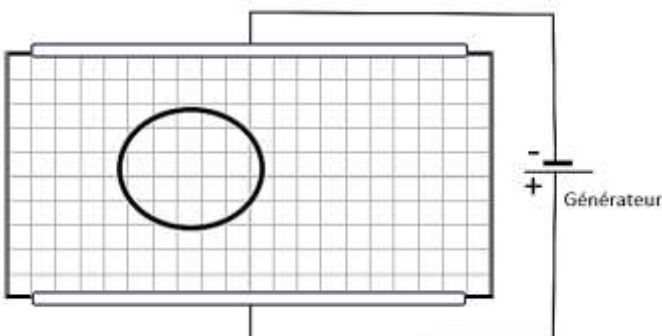
Représenter ce champ en 3 endroits différents.

- Placer une tige de cuivre d'environ 4cm en contact avec la plaque + comme indiqué sur la figure ci-dessous de déterminer la position des lignes équipotentiellles correspondant aux valeurs  $U = 1, 3 \text{ et } 5V$ .



Expliquer l'origine physique de l'expression commune : le paratonnerre « attire » la foudre.

- Placer un anneau conducteur en cuivre (« cage de Faraday ») n'importe où dans l'espace entre les deux plaques. Mesurer  $U$  pour les points de l'anneau. Expliquer pourquoi on ne peut envisager une décharge électrique d'un point à un autre à travers l'anneau ?



En déduire pourquoi la foudre n'est pas dangereuse pour les avions ou les passagers d'une voiture.