

# Electrostatique

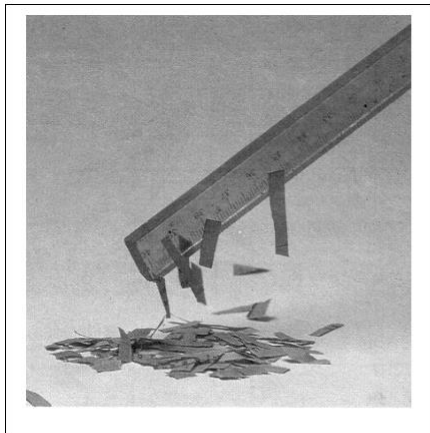
Cette partie présente le comportement des charges électriques au repos.

## 1. Electrifications

### 1.1 Electrification par frottement

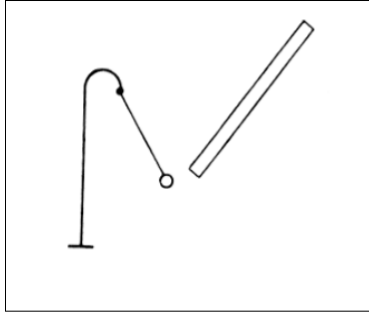
#### 1.1.1 Observations

1. Un disque tournant sur un tourne-disque et soumis aux frottements de l'aiguille du pick-up attire la poussière à sa surface.
2. Retirons un disque de sa pochette, il attire les poussières.
3. Des papiers bien secs peuvent être attirés par une latte de plastique préalablement frottée avec un tissu.
4. L'enfillement de certains vêtements fait apparaître de l'électricité dite statique qui se manifeste par le hérissément des poils et des cheveux.
5. Des cheveux secs se dressent lors du passage d'un peigne.
6. Que peut-on observer en déplaçant son bras près de l'écran de la TV en fonctionnement ?
7. Après avoir roulé en voiture, si vous touchez la carrosserie de votre voiture, vous ressentez une certaine décharge électrique. Pourquoi ?
8. Décharge électrique entre 2 personnes mais aussi entre le sol et les nuages..

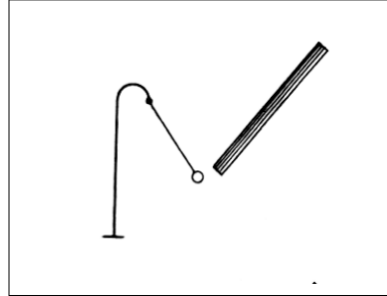


### 1.1.2 Expériences

1. Approchons une tige d'ébonite (caoutchouc durci par addition de soufre) d'une bille de frigolite accrochée à une potence. Rien ne se passe.



2. Frottons la tige avec un drap ou une peau de chat et approchons-la de la bille. Celle-ci est attirée par la tige.



La même expérience peut être réalisée avec un bâton en verre.

### Conclusions

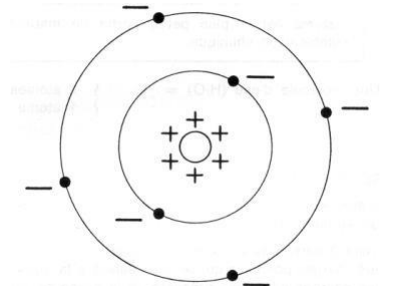
*Les frottements communiquent à certains corps la faculté d'attirer des corps légers. Nous dirons que le corps frotté a été électrisé ou qu'il a subi une électrisation par frottement.*

*On dit aussi que le corps a été chargé d'électricité ou qu'il s'est électriquement chargé. Un corps électrisé possède la propriété d'attirer un petit pendule.*

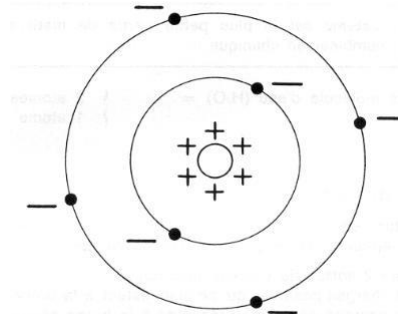
### 1.1.3 Modèle atomique

Rappelons que les atomes de la matière sont constitués de noyaux (chargés positivement) et d'électrons (chargés négativement).  
L'atome est électriquement neutre c'est à dire que la charge positive du noyau est égale à la charge négative des électrons.

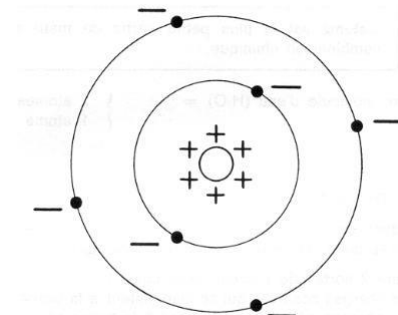
Un corps est électriquement neutre s'il porte autant de charges positives que négatives



Un corps est chargé positivement lorsqu'il possède un défaut d'électrons (il a perdu des électrons). *L'atome est appelé : ion positif*



Un corps est chargé négativement s'il possède un excès d'électrons (il a gagné des électrons)  
*L'atome est appelé ion négatif*

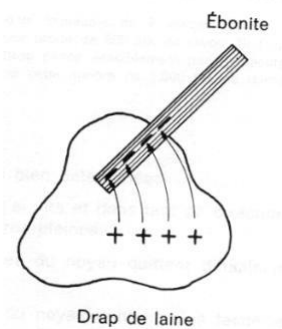


### 1.1.4 Interprétation des expériences

Lors du frottement du bâton d'ébonite sur la peau de chat, des électrons de la peau sont arrachés à celle-ci et passent sur la tige. *L'ébonite se charge négativement.*

*Electriser par frottement un corps ne revient donc par créer des charges supplémentaires mais bien à rompre l'équilibre électrique initial.*

*Un corps chargé d'électricité exerce des forces « électriques » sur les corps situés dans son voisinage*



## 1.2 Electrification par contact

### 1.2.1 Expériences

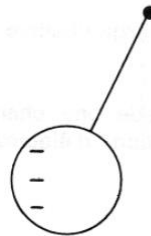
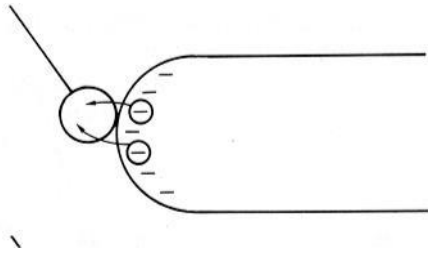
1. Approchons près du pendule (balle de sureau), la tige d'ébonite frottée.  
Il y a attraction entre la boule et la tige.
2. Après contact, il y a répulsion entre la boule et la tige.

#### *Interprétation des expériences*

Avant contact, le corps électrisé (ébonite) attire à lui, le pendule.

Lors du contact, une partie des charges négatives de l'ébonite est transférée sur le pendule qui s'électrise aussi négativement.

***Le pendule s'électrise par contact.***



Après contact, les deux corps se repoussent l'un l'autre.

#### ***Conclusion***

***Deux corps chargés d'électricité de même signe se repoussent.***

### 1.2.2 Expérience

1. Approchons près du pendule (balle de sureau), la **boule A** de la machine de Wimshurst  
Il y a attraction entre la boule et la balle.
2. Après contact, il y a répulsion entre la boule et la balle.
3. Approchons près de la balle, la **boule B** de la machine de Wimshurst.  
Il y a de nouveau attraction entre les 2 corps.

### 1.2.3 Remarques

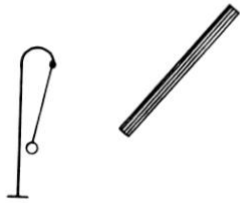
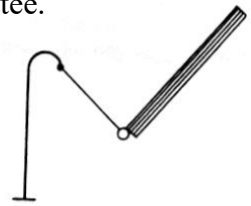
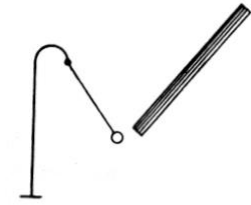
**A.** Les charges électriques sont des grandeurs mesurables.

***L'unité de charge électrique est le coulomb C.***

***La plus petite quantité d'électricité mesurée en valeur absolue est celle portée par l'électron notée e.***

**B.** Un conducteur chargé dans l'air ne peut maintenir sa charge indéfiniment. En effet les ions (positifs et négatifs) que l'air contient toujours sont attirés par la charge de signe contraire du conducteur et finissent plus ou moins rapidement par le décharger.

**C.** Les charges de signe contraire s'attirent. Ainsi si les 2 boules de la machine de Wimshurst sont chargées + et - par frottement et si leur quantité est suffisante, alors on observe une



décharge électrique entre les 2 boules. Cette décharge est le signe que les charges + et - circulent dans l'air pour se neutraliser. C'est ce qui se passe lors d'un orage lors de la formation d'un éclair

### 1.3 Electrification par influence

#### 1.3.1 Expériences

1. Approchons sans toucher le plateau, un corps électrisé.  
Les 2 tiges de l'électroscope s'écartent.

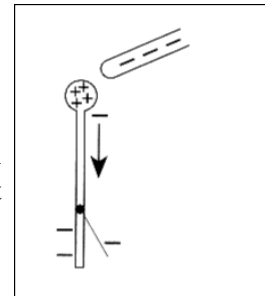


#### 1.3.2 Interprétation

En fait les électrons libres du plateau sont repoussés vers le bas de l'électroscope par l'influence des charges négatives portées par le corps électrisé.

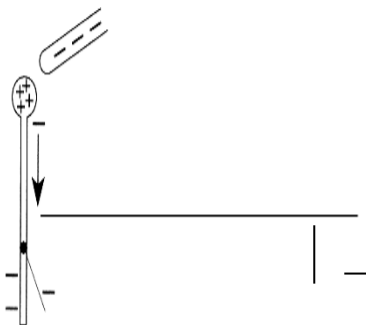
Les charges de même signe se repoussant, les 2 tiges s'écartent et un excès de charges positives s'accumulent sur le plateau supérieur. On dit que l'électroscope subi l'influence électrique du corps électrisé.

***L'effet global est donc une séparation des charges positives et négatives pour l'électroscope.***



#### 1.3.3 Expériences

1. Relions à la terre l'électroscope (toujours soumis à l'influence d'un corps électrisé négativement) par l'intermédiaire d'un corps humain. Les 2 tiges se rapprochent.



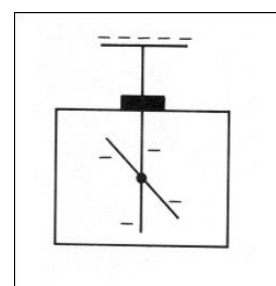
Les charges négatives qui sont repoussées quittent l'appareil via la terre.  
L'électroscope se décharge des -, il ne reste que des +.  
L'électroscope est chargé positivement

En effet les électrons de l'électroscope tendent à se repousser et à s'éloigner du corps électrisé.

Ceux-ci quittent l'électroscope dès que celui-ci est relié à la terre. Les feuilles se rapprochent.

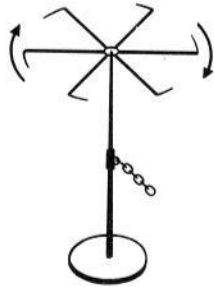
2. Retirons la mise à la terre et éloignons le corps électrisé négativement de l'électroscope.

Les 2 tiges s'écartent de nouveau car les charges positives restantes se répartissent sur tout l'électroscope.



*Celui-ci se retrouve chargé de charges de signe contraire à celle portée par le corps qui l'a influencé.*

## Autres expériences d'électrostatique

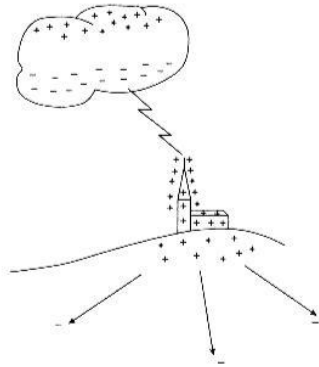


### *Pouvoir des pointes : le tourniquet électrostatique*

Si on électrise un tourniquet muni de pointes avec la machine de Wimshurst, il se met à tourner en sens inverse des pointes. Chaque pointe émet des charges dans l'air et par réaction il se met à tourner.

***Si un conducteur doit capter ou évacuer des charges, il le fait préférentiellement via ses pointes.***

Les électrons exercent une telle force de répulsion entre eux que certains quittent le tourniquet.

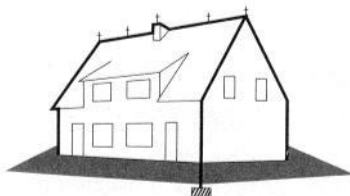


### *Le paratonnerre*

Dans un nuage orageux du type cumulonimbus (masse de plusieurs milliers de tonnes), les courants d'air humide transportent vers le haut des charges positives et vers le bas des charges négatives.

Les objets du sol subissent cette influence électrique et deviennent positifs d'autant plus qu'ils sont pointus. Une décharge électrique peut alors se produire (coup de foudre) entre le nuage et les corps au sol.

[c'est le même effet que la décharge se produisant entre les 2 boules de la machine de Wimshurst]



On peut protéger ces corps en attirant cette foudre via une pointe qui est le paratonnerre. Mais celui-ci doit pouvoir évacuer toutes ces charges dans la terre. Un bon paratonnerre est un bon conducteur qui sera relié au sol. Un tel dispositif fut inventé par Benjamin Franklin.



### *Règles élémentaires de protection*

#### *contre la foudre*

*(voir document annexe)*

***La cage de Faraday***

***Une cage de Faraday est tout simplement une gage formée d'un grillage en matériau conducteur et isolée du sol. Elle constitue un écran contre les influences électriques.***

Si on place des corps dans une gage de Faraday, ceux-ci ne réagissent pas à l'influence électrique produit par un corps chargé placé à l'extérieur de cette cage.

***L'influence électrostatique ne se manifeste donc pas à l'intérieur d'une cage de Faraday. L'effet « Faraday » ne se produit pas si la cage est constituée d'un matériau isolant.***

## 2. Notion de champ électrique

### 2.1 Le champ de pesanteur ou de gravitation : $g$

Nous savons que la Terre exerce une force attractive sur tout objet placé en son voisinage. Cette force est connue sous le nom de force poids  $G$ .

*Autrement dit la Terre exerce autour d'elle, une certaine influence. On dit qu'il existe autour de la Terre un champ de pesanteur ou de gravitation*

Pour étudier ce champ, on y place une masse témoin  $m$  en un point quelconque.

On représente la force attractive  $G$  exercée par la Terre sur cette masse  $m$ .

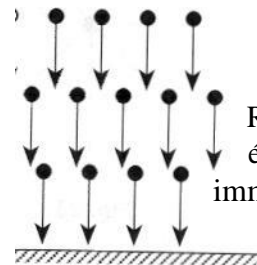
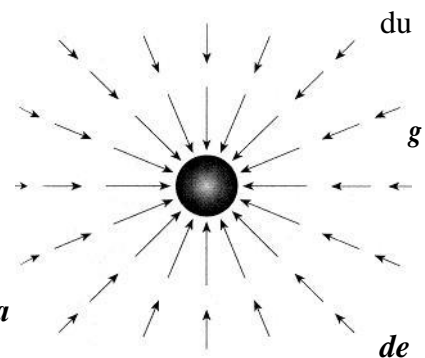
En chacun des points, cette force est proportionnelle à la masse  $m$  du corps témoin.

Par conséquent, le rapport  $G / m$  ne dépend pas de la masse du corps témoin.

*Le vecteur  $G / m$  défini en tout point, représente le vecteur qui est appelé champ de pesanteur ou champ gravifique.*

*Le champ de pesanteur est l'ensemble des vecteurs  $g$ .*

*Ce vecteur peut varier d'un point à un autre. La Terre est la source qui crée le champ et le champ dépend des propriétés de la source.* Il n'est pas nécessaire d'avoir un corps témoin en un endroit pour que le champ existe.



Rappelons que dans un domaine limité, les vecteurs  $g$  seront tous // et égaux. On dit que le champ est uniforme. On sait aussi au voisinage immédiat de la Terre  $g = 9,81 \text{ N / kg}$ .

### 2.2 Champ électrique : $E$

#### 2.2.1 Définition

La notion de champ gravifique peut être transposée aux phénomènes électriques.

Considérons par exemple, une charge ponctuelle  $+Q$  (celle portée par un bâton d'ébonite frotté par exemple).



Cette charge crée autour d'elle, une certaine influence (matérialisée par l'attraction d'une balle de sureau par exemple).

Si on place au voisinage de la charge  $Q$ , une *charge témoin*  $+q$ , la force électrique  $F_{e1}$  agissant sur  $q$  est proportionnelle à  $q$ .

Par conséquent le vecteur  $F_{e1} / q$  ne dépend pas de  $q$ .

On définit *le vecteur champ électrique*

$$E = F_{e1} / q$$

Ses unités sont N / C

L'espace est donc connu électriquement si on connaît l'ensemble des vecteurs  $E$ .

Le champ électrique  $E$  est un vecteur défini à partir d'un autre vecteur  $F_{e1}$

$/q$  Le vecteur  $E$  a

pour origine : un point de l'espace

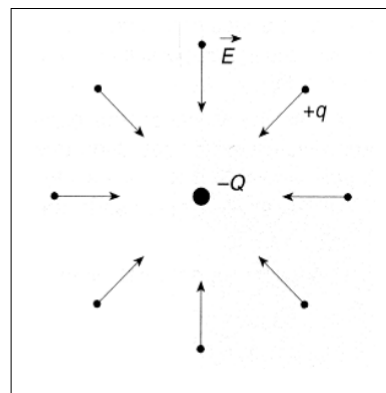
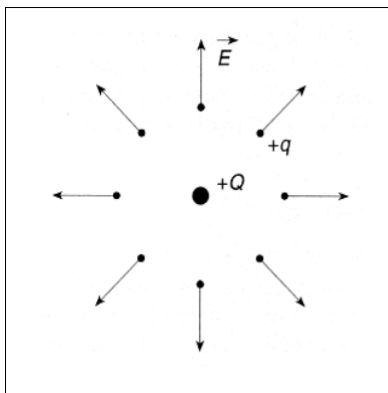
pour direction : celle de la force électrique  $F_{e1}$

pour grandeur :  $F_{e1} / q$  ou  $k \cdot Q / d^2$

pour sens : celui de  $F_{e1}$  si  $q$  est positif

le sens contraire de  $F_{e1}$  si  $q$  est négatif

### Représentation de $E$



« Le champ électrique  $E$  tourne le dos au  $+$  et point vers le  $-$  » Il est indépendant de la charge épreuve placée au point considéré

### 2.2.2 Spectre électrique

Pour visualiser le champ électrique au voisinage d'une charge, prenons une plaque de verre sur laquelle on place des électrodes reliées à la machine de Whimshurst.

Saupoudrons la plaque de graines et pour diminuer les frottement ajoutons de l'huile ou du tétrachlorure de carbone.

Actionnons la machine et observons l'orientation des grains.

Nous observons des lignes qui caractérisent l'espace du point de vue électrique. Ces lignes sont appelées *lignes de champ électrique*.

On voit de suite que *ces lignes de champ possèdent la propriété d'être tangentes en tout point au vecteur champ électrique  $E$* .

Connaître un espace électrostatiquement, c'est déterminer l'ensemble des vecteurs  $E$  en tout point de cette espace.

*Une ligne de champ électrique est donc une courbe tangente au vecteur  $E$  en chacun de ces points.*

*L'ensemble de ces lignes forme un spectre électrique. ( voir feuille annexe)*

*Le sens de ces lignes va toujours de la charge + vers la charge -. Elles sont en fait orientées dans le même sens que le vecteur  $E$ .*

### 3.2.3 Champ uniforme

A l'aide de 2 plaques métalliques, rectilignes et // chargées de signe contraire nous observons entre les plaques, des lignes de champ // entre elles et  $\perp$  aux plaques.

*Entre les plaques, le vecteur champ garde toujours la même direction, le même sens et la même grandeur : on dit que le champ est uniforme.*

## 3. Différence de potentiel électrique

### 3.1 Energie potentielle électrique

Soulever un cartable, tendre un élastique,.. sont des actions qui demandent de l'énergie. Celle-ci, une fois dépensée, se retrouve stockée sous forme d'énergie potentielle :

- *gravifique* pour le cartable
- *élastique* pour le ressort

On peut la récupérer en lâchant le cartable ou en libérant l'élastique.

De même, frotter deux objets neutres l'un contre l'autre pour les électriser, nécessite aussi une dépense d'énergie. Dans le cas des corps électrisés, il y a aussi stockage d'énergie sous forme d'énergie potentielle *électrique*. En effet si l'accumulation de charges est suffisante, une étincelle peut jaillir.

### 3.2 Potentiel électrique en un point situé près d'une charge $Q$

Supposons une charge  $+Q$  placée en un point  $A$  de l'espace

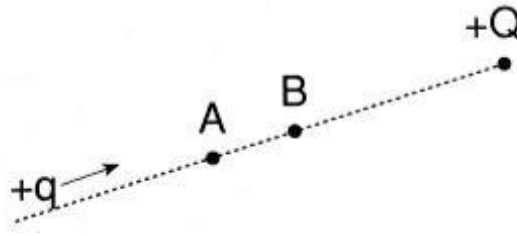
Soit une charge  $+q$  située très loin de la première ( à l'infini ) (sur un support isolant)

Si on désire amener la charge  $q$  au point  $A$ , on doit lutter contre une force répulsive et donc produire un travail physique  $W$ .

Cela demande de l'énergie qui sera stockée sous forme d'énergie potentielle électrique.

En effet si on lâche la charge, elle se met en mouvement.

Si on amène 2 charges  $+2q$  au point  $A$ , le travail à produire est 2 fois plus grand  $2W$



Le rapport du travail fourni sur la charge amenée  $W / q$  est constant.

**On appelle potentiel électrique  $V_A$  au point A, l'énergie potentielle électrique acquise par la charge unité (+1C) au cours de son déplacement depuis l'infini jusqu'au point A. C'est donc l'énergie par unité de charge**

$$V_A = W_{\infty \rightarrow A} / q$$

Remarques

- Le potentiel dépend de la valeur de la charge  $Q$
- le potentiel est + si  $Q$  est + ( car il faut fournir un travail pour amener  $q$  en A)
- le potentiel est - si  $Q$  est - ( car il faut retenir la charge  $q$  )
- ***Le potentiel est du même signe que la charge  $Q$***