

# Électricité statique

## Introduction

L'électricité statique peut apparaître comme peu importante de nos jours en regard de l'électrodynamique mais cette dernière a été précédée historiquement par l'observation de multiples phénomènes d'électricité statique. En effet, dès l'Antiquité, on avait observé la foudre, l'attraction de brins de charpie par l'ambre frotté. Au Moyen Âge, on interprétait comme un bon présage ces étranges flammes apparaissant à la pointe des mâts (feu de Saint-Elme) et, lorsque de la pointe d'une lance le feu jaillissait, on y voyait les signes de la victoire proche.

Les grecs nommaient l'ambre « *elektron* » et Thalès de Milet, six siècles avant notre ère, a donné la première explication de ces phénomènes.

L'électricité a eu un développement particulier dans l'histoire des sciences car si le premier travail systématique date de 1600, ses bases sont établies au XVIII<sup>e</sup> siècle *par des expériences*, qui se déroulent autant dans les laboratoires que sur les places publiques et dans les salons des riches.

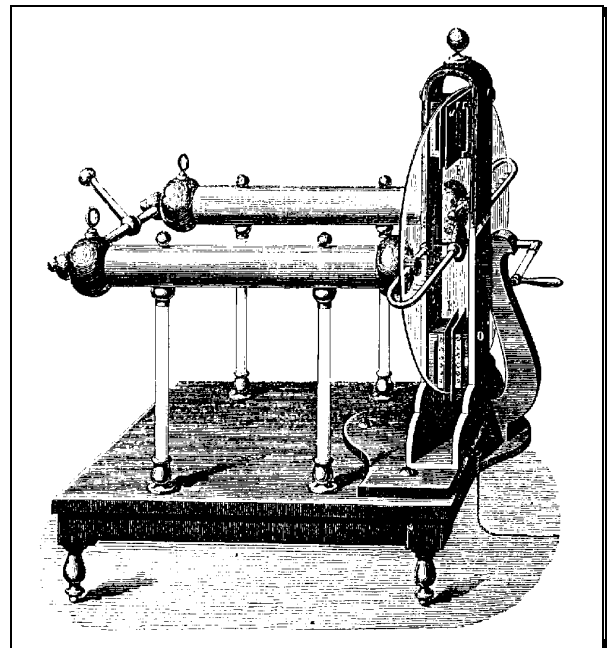
L'intérêt de cette histoire réside dans le fait que l'électricité ne se voit pas et qu'elle a échappé longtemps à toute explication. En particulier, il faut rappeler que les premiers modèles de la structure de l'atome ne datent que du début du XX<sup>e</sup> siècle, ainsi l'interprétation microscopique est absente précédemment.

## Quelques étapes historiques importantes

1600 Gilbert, médecin royal d'Angleterre, établit une liste des substances se comportant comme l'ambre et les nomme "électriques".

1660 Von Guericke construit la première machine électrostatique (boule de soufre que l'on faisait tourner et sur laquelle on posait la main pour produire un frottement).

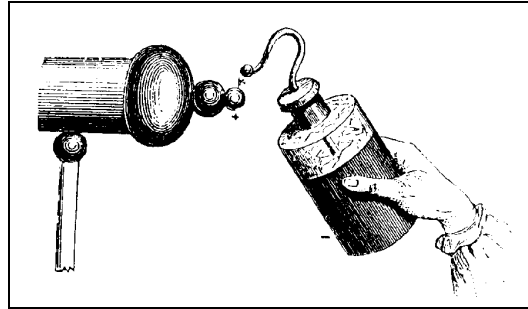
1730 Gray découvre la conduction et établit une liste de "conducteurs" et "d'isolants". Il constate également que les charges se trouvent à la surface des conducteurs.



La machine électrique de Ramsden produit toujours par frottement l'électricité : la boule de soufre est remplacée par un disque de verre frotté par quatre coussins

- 1733 Dufay découvre qu'il existe deux sortes d'électricité qu'il nomme "vitreuse" et "résineuse". La liste de Gilbert est partagée en deux : les électriques se comportant comme le verre (vitreux) et ceux se comportant comme l'ambre (résineux).
- 1745 Presque simultanément, Kleist en Pologne et Van Musschenbroeck avec son élève Cuneus en Hollande essaient de stocker du "fluide" électrique dans une bouteille remplie d'eau et tenue dans la main. Ils découvrent la possibilité d'accumuler des charges électriques (premier condensateur) et le rôle joué par la main qui tient la "bouteille de Leyde".  
A Paris, Nollet fait des démonstrations avec la fameuse bouteille : une compagnie de policiers mise en contact avec celle-ci sauta en l'air.

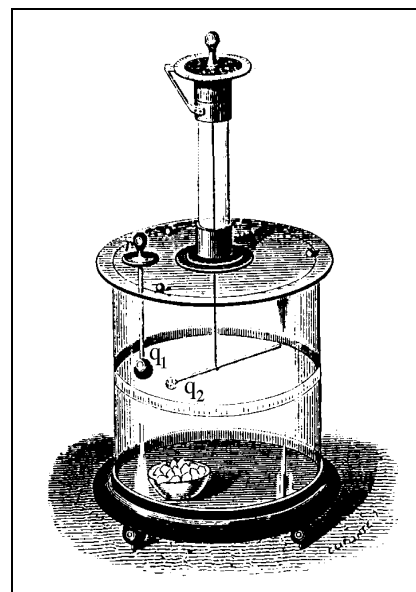
La bouteille de Leyde s'est transformée rapidement : on a remplacé l'eau par des feuilles d'or et l'on a collé sur la face extérieure une couche d'étain



- 1746 Benjamin Franklin, qui ne se fiait pas à la théorie des deux fluides (éлектриités vitreuse et résineuse), propose sa théorie basée sur un excès et une déficience de fluide électrique qu'il appelle électricité positive (excès) et négative (déficience).
- 1752 Par son expérience du cerf-volant, Franklin prouve que la foudre est de nature électrique. Son étude de l'effet de pointe conduit à l'installation du premier paratonnerre à Philadelphie en 1760 et à la mort d'un physicien de Petersburg qui répétait l'expérience du cerf-volant.

- 1785 Coulomb formule en termes précis un rapport de Priestley sur l'attraction et la répulsion de petites sphères chargées d'électricité : c'est la « loi » de Coulomb.

Pour mesurer les forces électriques entre deux charges  $q_1$  et  $q_2$  on utilise la déviation d'une tige fixée à un fil.  
A l'extrémité de la tige mobile on fixe une sphère chargée l'autre étant suspendue à une tige fixe.



# Électricité statique et interprétation microscopique

## Remarque préliminaire

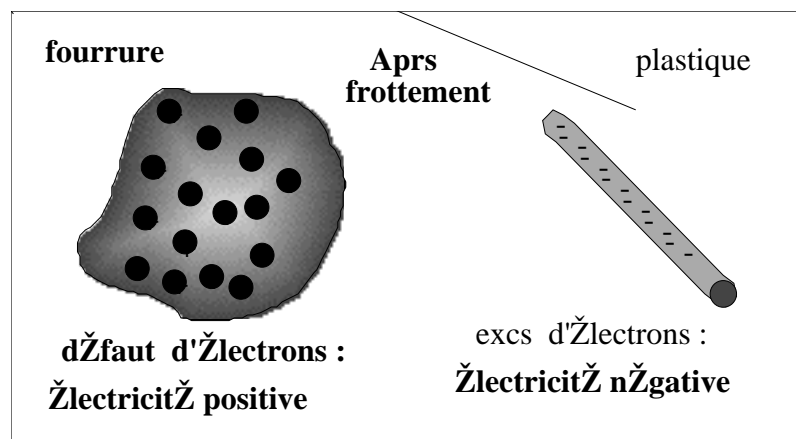
L'électron est la seule particule de l'atome pouvant se déplacer dans un solide. En effet, les atomes ayant une position déterminée, seuls quelques électrons externes peuvent, sous certaines conditions, se déplacer.

## Électrisation par frottement

Au départ la matière est neutre (nombre de protons = nombre d'électrons) et, par frottement, on déplace quelques électrons d'un objet à l'autre.

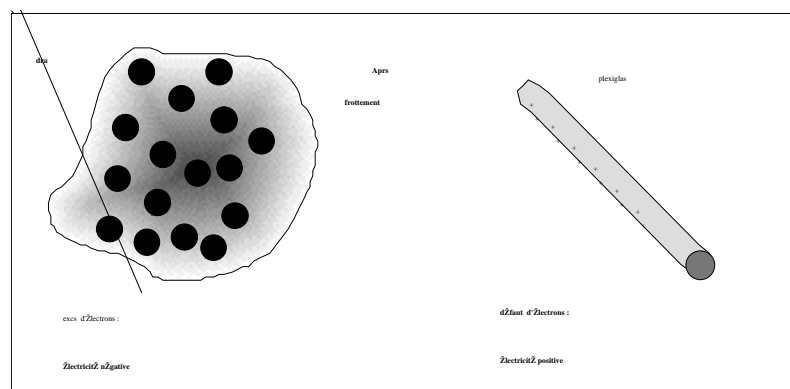
a) Bâton de plastique (même comportement que l'ambre) frotté sur de la fourrure.

Par frottement, des électrons passent de la fourrure sur le plastique.



b) Bâton de plexiglas (même comportement que le verre) frotté sur du drap.

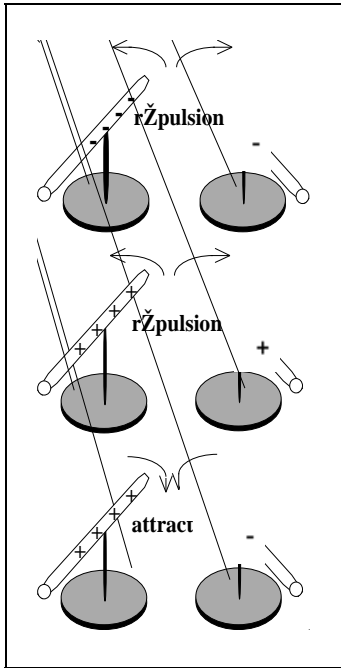
Par frottement, des électrons passent du plexiglas sur le drap.



Conclusion :

Par frottement, on ne crée pas de charges, on les déplace (transfert d'électrons). On retrouve l'idée de Franklin : excès et déficience de "fluide électrique", mais un excès d'électrons est une électricité négative, le choix de l'électricité positive et négative ayant été fait bien avant la découverte du proton et de l'électron.

## Deux sortes d'électricité



Entre deux bâtons de plastique préalablement frottés sur une fourrure, on constate une répulsion. (Répulsion entre charges de même signe)

Entre deux bâtons de plexiglas préalablement frottés sur un drap, on constate une répulsion. (Répulsion entre charges de même signe)

Entre deux bâtons, l'un de plastique et l'autre de plexiglas, préalablement frottés, on constate une attraction. (Attraction entre charges de signe contraire)

Conclusion :

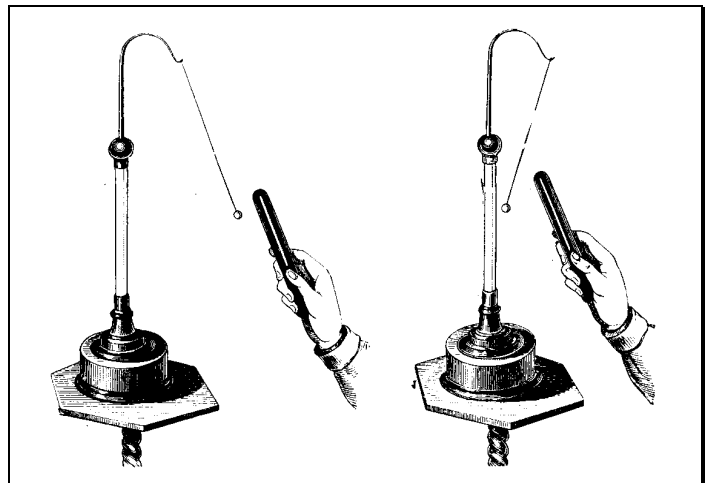
Il est impossible d'expliquer ces deux types de force (attractive et répulsive) en supposant qu'il existe une seule sorte d'électricité. Même sans la connaissance du modèle atomique, cette expérience conduit à l'hypothèse des deux sortes d'électricité.

## Électrisation par contact

Lorsqu'on approche un bâton chargé d'une petite sphère neutre, on constate d'abord une attraction puis, après contact, une répulsion intense.

Conclusion :

Au moment du contact une charge négative est transférée du bâton à la boule : c'est l'électrisation par contact.

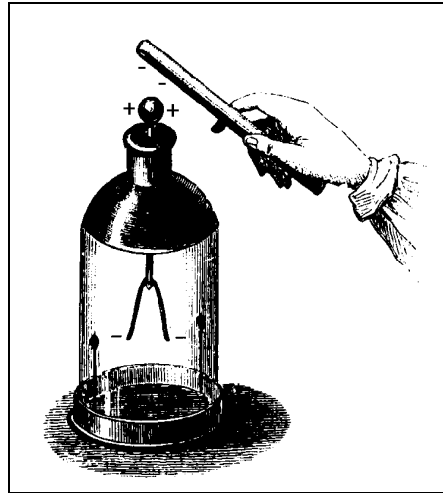


## Phénomène d'influence

On approche un bâton chargé de l'électroscope neutre. A cause de la répulsion entre les électrons, ceux-ci descendent sans qu'il y ait transfert de charge. Les feuilles de l'électroscope s'écartent, mais reprennent leur position verticale dès qu'on éloigne le bâton.

**Le bâton influence à distance la répartition des charges dans l'électroscope.**

L'influence se manifeste également si la matière n'est pas conductrice mais le phénomène est plus délicat à expliquer.



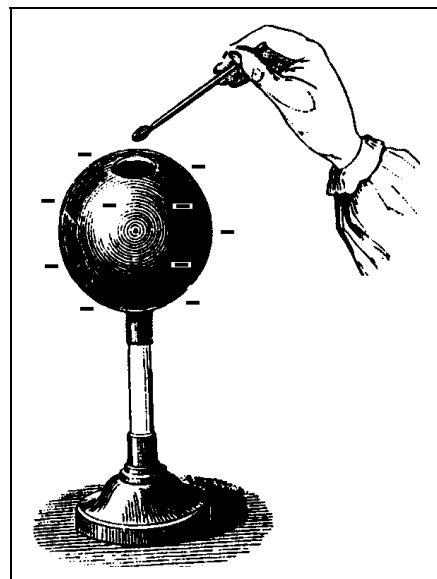
## Attraction d'un objet neutre

L'influence des charges du bâton conduit à la polarisation de la matière et l'attraction électrique entre les charges de signe opposé l'emporte sur la répulsion entre les charges de même signe. En effet, la force électrique dépend de la distance et  $d_1$  (distance entre charges de même signe) est plus grande que  $d_2$  (distance entre charges de signe contraire).

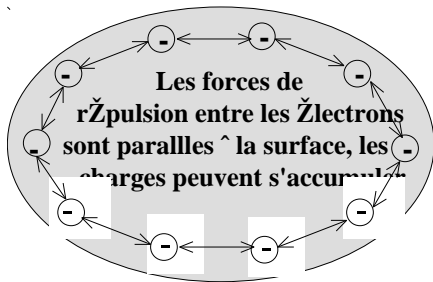
## Répartition des charges et effet de pointe

On ne récupère aucune charge à l'intérieur d'une sphère creuse préalablement chargée, en revanche on en trouve sur la surface extérieure.

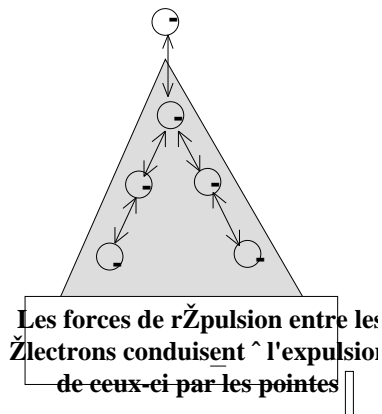
Dans un conducteur, les charges se trouvent à la surface. La répulsion entre les charges de même signe les conduisent à se placer le plus loin possible les unes des autres : sur la surface extérieure.



Pour accumuler des charges, les objets doivent être de forme arrondie.



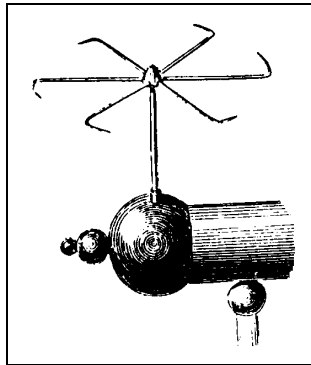
Que se passe-t-il si le conducteur comporte des pointes ?



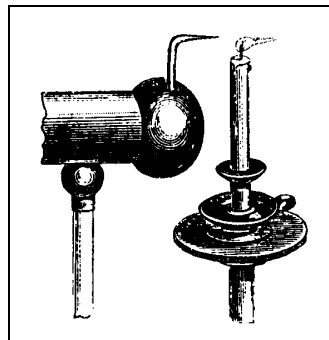
C'est l'effet de pointe

Illustrations de l'effet de pointe :

a) Un tourniquet métallique se met en rotation lorsqu'il est placé sur une sphère chargée.



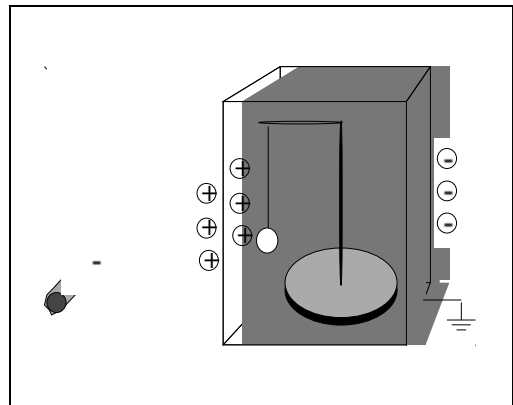
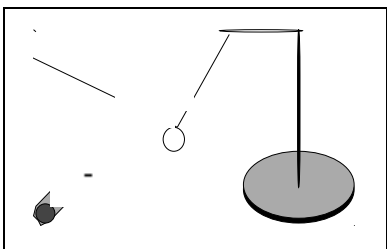
b) La flamme d'une bougie est déviée par une pointe chargée d'électricité.



Une explication détaillée des expériences qui précèdent fait appel à l'ionisation de l'air par les charges qui s'échappent des pointes. C'est ensuite la répulsion entre les ions et les pointes (charges de même signe) qui produit la rotation du tourniquet et la déviation de la flamme.

## Cage de Faraday

L'attraction du bâton sur la petite sphère disparaît si on enferme la boule dans une cage métallique reliée à la terre :  
c'est la cage Faraday



Les charges se déplacent sur la cage par influence et compensent exactement l'effet du bâton sur la petite sphère.