



Projet Socrates-Comenius :

Bertrand Russell College de Krommenie

COURANTS DE FOUCAULT

L'électricité et le magnétisme forment ensemble l'électromagnétisme.

Si on fait passer un courant dans une bobine, un champ magnétique se crée. Les lignes du champ magnétique sont des cercles centrés sur le courant électrique et leur sens est donné par le mouvement de la poignée d'un tire-bouchon s'enfonçant dans le sens du courant.

Si on raccorde une bobine à une source de tension alternative, on obtient des courants parasites qui sont appelés courants de Foucault. Le champ magnétique, créé par la tension alternative, varie et le courant induit par cette variation s'y oppose, de manière à maintenir le champ magnétique constant (le courant

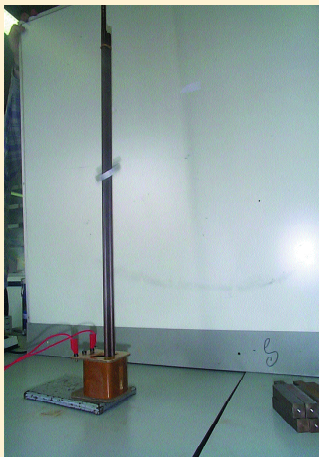
d'induction est la conséquence d'une tension induite).

Ce phénomène est lié au flux magnétique. Ce flux peut être renforcé au moyen d'un noyau de fer dans la première bobine (primaire) et dirigé vers une deuxième bobine (secondaire). Aux bornes de la deuxième bobine se crée une tension d'induction (la bobine s'oppose aux variations du champ dans son noyau). Cette tension dépend de la tension aux bornes de la bobine primaire et du nombre de spires de chaque bobine. Le lien qui les unit est le suivant $U_p / U_s = N_p / N_s$.

U = la tension aux bornes des deux bobines.

N = le nombre de spires des deux bobines.

L'anneau flottant

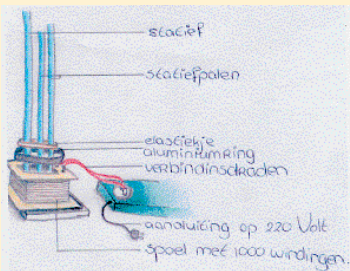


On fait flotter un anneau en aluminium, cela s'appelle lévitation magnétique.

Pour faire léviter l'anneau, il faut créer un courant intense (l'anneau deviendra donc très chaud), mais pour des raisons de sécurité, la tension devra rester très basse (faible).

Dans notre expérience, nous raccordons la bobine primaire au cou-

rant alternatif de 230V (la prise du secteur). La tension employée est donc élevée et dangereuse, mais nous ne pouvons réduire cette tension car nous ne pouvons diminuer la résistance

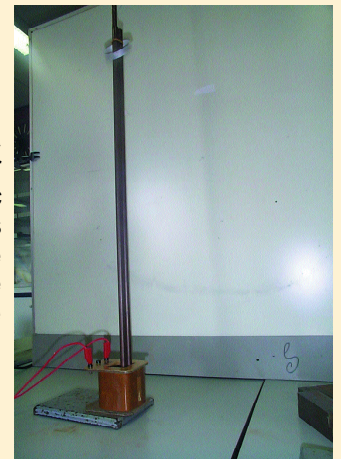


de l'anneau indéfiniment, le courant finalement devant être très fort. (Formule : $I=U/R$)

Le courant dans l'anneau et le flux dans le noyau de fer sont en opposition de phase l'un avec l'autre, de ce fait se produit une répulsion constante.

Si l'anneau est refroidi au préalable, alors il montera plus haut.

La résistance d'un métal augmente avec la température. Refroidir l'anneau signifie donc une résistance plus faible, de telle sorte que nous pouvons atteindre un courant plus élevé dans cet anneau.

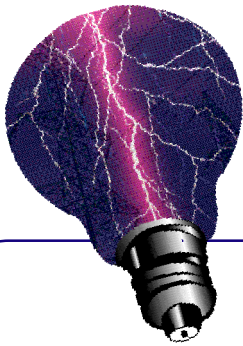


Vocabulaire

Flux : L'unité est le Weber. Sa valeur $[V.s] = [Web]$ par spire est mesurée en enregistrant la tension d'induction au cours du temps. Elle est fonction de l'intensité du champ magnétique.

Tension induite : Les variations du champ magnétique engendrent une force de Lorentz, celle-ci pousse les électrons dans sa direction. Un courant induit se crée et donc aussi une tension (induite).

Courants de Foucault : Une bobine avec noyau de fer, reliée à une tension alternative, crée un champ magnétique oscillant dans ce noyau. On obtient, dès lors, dans le noyau (conducteur métallique) des courants de forme circulaire, appelés courants de Foucault.



Projet Socrates-Comenius :

Bertrand Russell College de Krommenie

La machine électrostatique de Wimshurt

Les premières expériences dans le domaine de la production de l'électricité utilisaient la friction. Les anciens Grecs ont découvert le phénomène en frottant une pierre d'ambre avec de la laine, la laine et l'ambre attirant des corps légers comme par exemple la poussière.

L'électricité a été désigné par ce nom grâce au mot grec elektron qui signifie ambre.

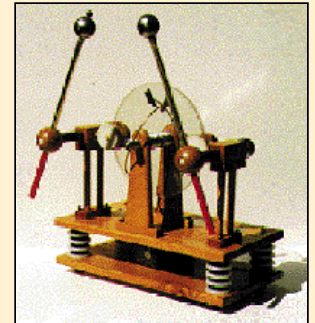
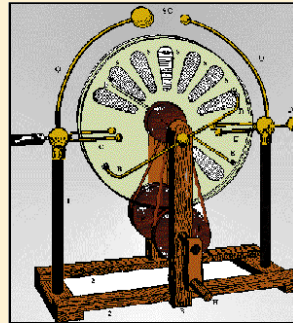
Les premières expériences d'électricité ont eu lieu au cours du milieu du 17^e siècle. La première machine électrostatique apparut en fait quand Otto van Guericke, un physicien allemand, découvrit que des étincelles ressemblant à des billes de cuivre étaient projetées après s'être frotté les mains.

A la fin du 18^e siècle des appareils électrostatiques plus efficaces furent construits par Abraham Bennett. Dans ces appareils les particules chargées positivement furent séparées des particules chargées négativement en les collectant séparément. Ces appareils furent employés surtout comme source de courant en laboratoire où l'on avait besoin de voltages élevés. Au début du 19^e siècle James Wimshurt conçut une machine électrostatique telle que nous la connaissons aujourd'hui.

Une manivelle permet aux deux disques de tourner en sens opposé. Grâce à ce système, des particules chargées négativement apparaissent sur une plaque et

des particules positives sur l'autre. Les particules chargées positivement sont collectées dans une des deux bouteilles de Leyde et les particules chargées négativement le sont dans l'autre. Les bouteilles de Leyde sont reliées chacune à une barre munie d'une boule à l'extrémité. Lorsque la différence de potentiel est suffisante, une étincelle se produit entre les deux boules. Ces étincelles peuvent franchir la distance de 5 pouces (12,5 cm). Ce phénomène ne se produit pas de façon continue mais se reproduit avec un intervalle de temps de quelques secondes. Chaque fois que les bouteilles de Leyde sont chargées suffisamment, l'étincelle se répète.

Cette machine peut même créer des tensions de l'ordre de 500.000 volts!



Le générateur électrostatique à eau dit de Kelvin

Une des plus courantes excuses pour que des expériences d'électrostatique ratent est l'humidité ambiante. L'électricité et l'humidité ne font pas bon ménage. C'est pourquoi cette machine est si surprenante. Dans ce système, les charges sont séparées par la chute de deux gouttes d'eau. Cette découverte fut faite par Lord Kelvin, le célèbre physicien anglais.

Cette expérience est facilement réalisable chez soi. Pour cela, vous avez besoin de :

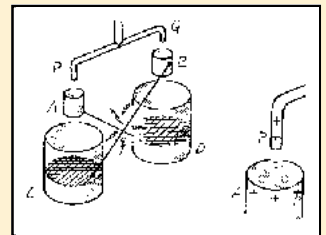
- deux petites boîtes de conserve
- deux grandes boîtes de conserve
- une arrivée d'eau qui se dédouble
- du fil métallique
- du treillis

Vous réalisez le montage représenté sur le schéma. Les boîtes de conserve sont ouvertes aux deux extrémités. Il est important que les gouttes apparaissent juste au dessus du sommet des petites boîtes et qu'elles tombent en même temps. Au croisement des fils, l'espace qui les sépare doit être de l'ordre de 1 cm. Les boîtes doivent être isolées électriquement et ne présenter aucune aspérité pour éviter les effets de pointe. Si l'expérience est bien réalisée, après un certain temps, une étincelle se produit au croisement des fils.

L'expérience s'explique comme suit :

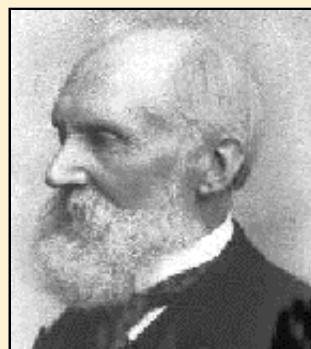
On charge légèrement positivement le système A-D (par exemple par contact avec un corps chargé par frottement). Les gouttes qui tombent en P et en Q seront

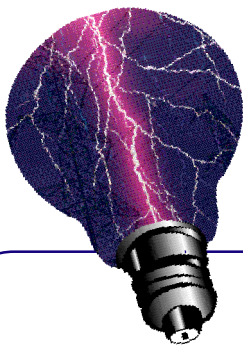
donc respectivement chargées négativement et positivement car, juste avant de tomber, elles se chargent par influence (la goutte en P se charge négativement par l'influence de A). La charge électrique donnée aux gouttes sera transmise



via le treillis aux boîtes. Le système A-D devient donc encore plus positif et le système B-C devient, quant à lui, de plus en plus négatif. Dès lors, l'influence électrique sur de nouvelles gouttes est renforcée et les systèmes deviennent de plus en plus chargés, ceci continuant jusqu'au moment où la tension est telle qu'il y a claquage. L'étincelle est trop faible pour être vue à l'œil nu et un

électromètre est donc nécessaire pour visualiser le chargement électrique des boîtes.





Projet Socrates-Comenius :

Zaanlands Lyceum de Zaandam

Les figures de Lichtenberg

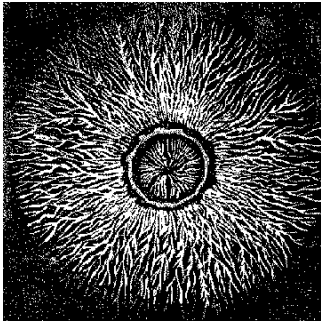


Figure de Lichtenberg positive

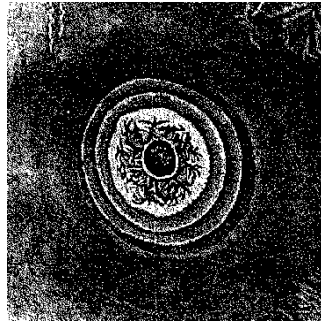


Figure de Lichtenberg négative

PRODUCTION DE FIGURES DE LICHTENBERG

Une fine couche de poudre est déposée sur un diélectrique en matière plastique placé sur une plaque conductrice. Cette plaque est mise à la terre. A quelques centimètres au-dessus de cette plaque, se trouve une petite boule métallique. Cette boule est portée à haute tension par un générateur électrostatique (la machine de Wimshurst par exemple). Une étincelle se déclenche reliant la boule au diélectrique et, sous cet effet, se créent des figures capricieuses et magnifiques : les figures de Lichtenberg. Si la boule est positive, il se crée une "figure positive de Lichtenberg", si on la rend négative il s'agira d'une "figure négative de Lichtenberg". La poudre qu'on utilise peut être faite de minium, de soufre, de résine, de lycopode ou d'un mélange de tout cela.

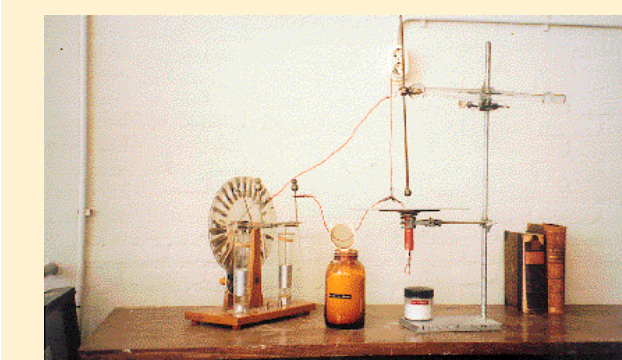
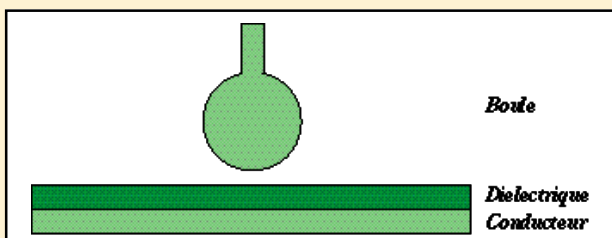


Schéma de l'expérience

Photo de l'expérience réalisée par les élèves du Zaanlands Lyceum aux Pays-Bas. On y voit la machine de Wimshurst, la boule au-dessus de la plaque et les poudres utilisées.



Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799) naquit à Oberramstadt. Il fit des études de mathématiques à Göttingen. Il était aussi intéressé par l'astronomie et la physique expérimentale. Ce qui l'a rendu également célèbre, ce sont ses aphorismes judicieux et ses correspondances. Il a découvert les figures en 1777. L'année suivante il a écrit à ce sujet un livre intitulé : "De Nova Methodo Naturam Ac Motum Fluidi Electri Investigandi".

EXPLICATION DES "FIGURES DE LICHTENBERG"

Le professeur Riess, dans son livre "Die Lehre von der Reibungselektricität" (1853), explique ce phénomène en admettant que la boule met en mouvement la vapeur d'eau qui se trouve dans l'air juste au-dessus du diélectrique. A cause de la friction de cette vapeur d'eau contre le diélectrique, celui-ci serait chargé négativement à quelques endroits. Dans le cas d'une boule positive, l'étincelle des charges électriques sur le diélectrique négatif mènerait à une répartition dendritique des charges, rendues visibles par la poudre. Une telle répartition venant d'une boule chargée négativement sur un diélectrique négatif ne serait pas possible.

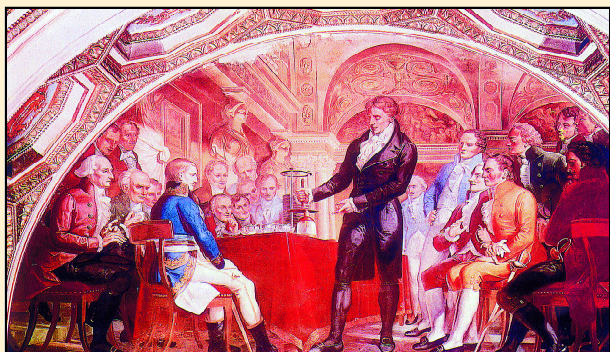
Le physicien néerlandais Van Der Willigen (1862) explique aussi les figures mais sans faire appel à la vapeur d'eau de l'air. Il pense plutôt aux phénomènes d'éclair, aux étincelles autour d'une boule chargée.

On peut fournir une explication plus moderne : à la suite de cette étincelle, des charges résiduelles subsistent sur le diélectrique. On peut rendre visibles les canaux de décharge à l'aide de poudres bien choisies. Il est évident qu'une boule positive retire plus facilement les charges négatives du diélectrique qu'une boule négative. C'est ce qui pourrait donner explication aux formes dendritiques.



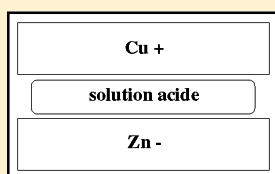
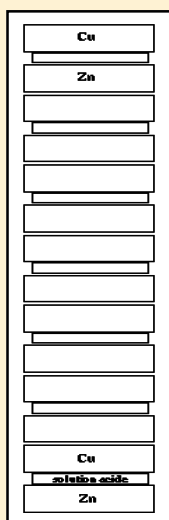
Projet Socrates-Comenius : Zaanlands Lyceum de Zaandam

La pile de Volta



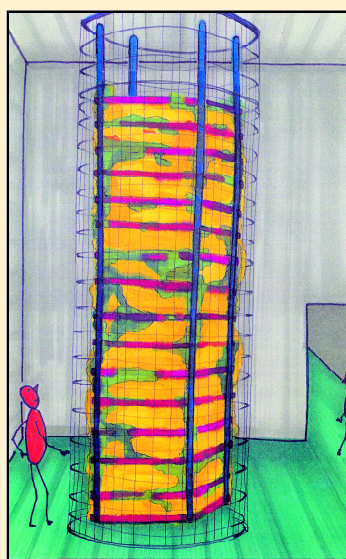
C'est à Alessandro Volta - professeur à l'Université de Pavia – que revient le mérite d'avoir inventé le premier générateur électrochimique: La Pile de Volta (1800). Il a même présenté sa nouvelle invention à Napoléon. Avant 1800, les expériences n'étaient possibles qu'en utilisant des décharges électrostatiques, un courant permanent n'étant pas possible! Volta est donc le pionnier des développements modernes de l'électricité.

La Pile de Volta se compose d'un certain nombre de disques superposés, composés de deux métaux différents et "reliés" par des rondelles de carton imbibées d'eau salée ou d'une solution acide. Comme métaux on peut prendre, par exemple, du cuivre et du zinc. Entre les deux extrémités de la pile se crée une tension électrique.



La pile de Volta pourrait s'imaginer composée de plusieurs morceaux de base: les éléments de Volta. Les métaux (ici du cuivre et du zinc) ont été séparés par

une rondelle de carton imbibée d'une solution acide. Entre le cuivre et le zinc il se crée une tension de 0,75 Volt. Une accumulation de N éléments de Volta (la pile de Volta) crée une tension de $N \times 0,75$ Volt entre ses extrémités.



L'artiste néerlandais D. Raaymakers a construit au Musée Communal de la Haye, une grande pile de Volta qui avait la capacité de faire fonctionner une lampe pendant 6 semaines. Il s'agit ici d'un de ses premiers modèles. Une vidéo de la construction et du fonctionnement de cette pile de Volta a été réalisée.



Démontage de l'énorme colonne de Volta réalisée par l'artiste néerlandais D. Raaymakers au Musée Communal de la Haye.

La chimie de la Pile de Volta

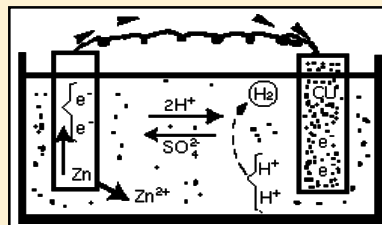
Sur le zinc :

Le métal de l'électrode perd des atomes Zn qui deviennent des ions Zn^{2+} et laissent des électrons dans le métal de l'électrode.

Sur le cuivre :

Les ions H^+ venus de la solution électrolyte acide, rencontrent les électrons venus de l'autre électrode par le circuit extérieur. Ils deviennent ainsi des atomes H qui se combinent à leur tour en molécules H_2 formant des bulles gazeuses de dihydrogène.

Les demi-réactions d'oxydo-réduction sont :





Projet Socrates-Comenius :

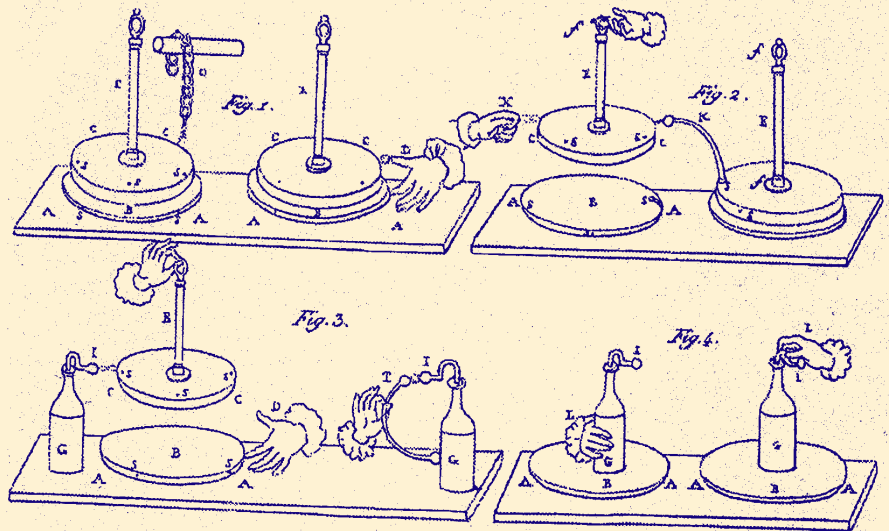
Friedrich Ludwig Jahn Gymnasium de Haldensleben

L'électrophore

Historique

Après des essais intensifs avec le tableau de Franklin, A.Volta a inventé en 1775 un appareil qu'il a nommé "electrophoro perpetuo".

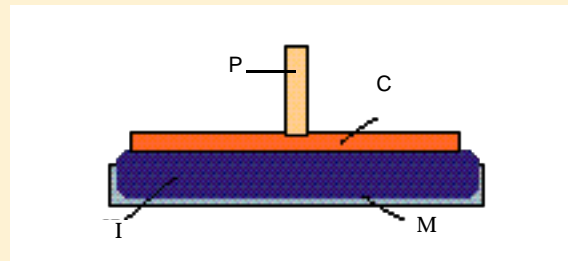
Le principe de fonctionnement est basé sur la séparation de charge par frottement et sur le phénomène d'influence. Ainsi, ce fut la première machine à influence, même si elle fonctionnait encore de façon discontinue.



Présentation de l'appareil original de Volta.

Construction

L'électrophore est composé d'un disque isolant I (nommé gâteau de résine de Volta) placé sur une plaque métallique M. Sur le disque se trouve un couvercle métallique C avec une poignée P.

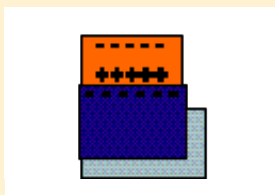
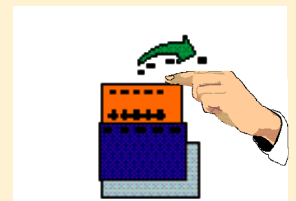


Principe de fonctionnement



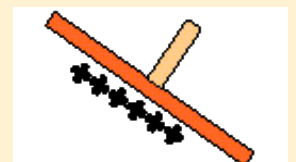
En frottant le disque isolant avec de la laine, on dépose une charge négative sur le disque.

Si on touche brièvement le métal avec le doigt, la charge négative quitte le couvercle métallique.



Lorsque l'on place le couvercle sur le disque, il se produit une séparation de charges, le dessous du couvercle devenant chargé positivement et le dessus négativement.

Si on retire maintenant le couvercle, celui-ci reste chargé positivement et on peut l'utiliser pour des expériences.





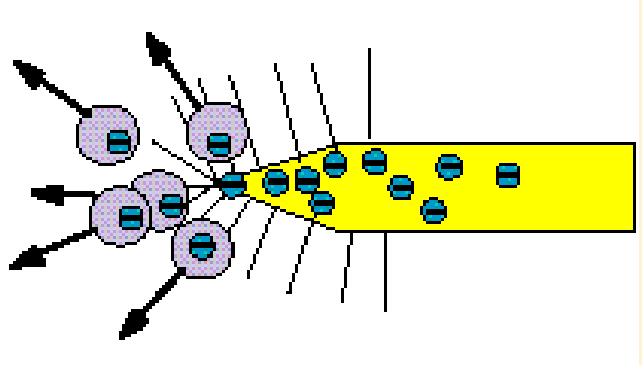
Projet Socrates-Comenius :

Friedrich Ludwig Jahn Gymnasium de Haldensleben

Purification électrique de gaz

On a observé très tôt qu'en travaillant avec des machines à influence sous potentiel électrique élevé, des charges s'échappaient de préférence par les pointes.

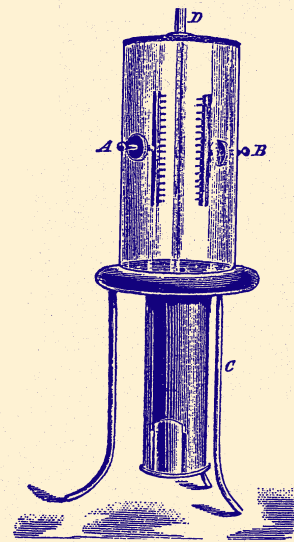
Les électrons quittant la pointe chargée sont attirés par les molécules des gaz de l'air. Puisque les molécules de l'air sont devenues des ions négatifs, elles sont repoussées par la pointe chargée de même : il se produit un courant d'air (vent électrique).



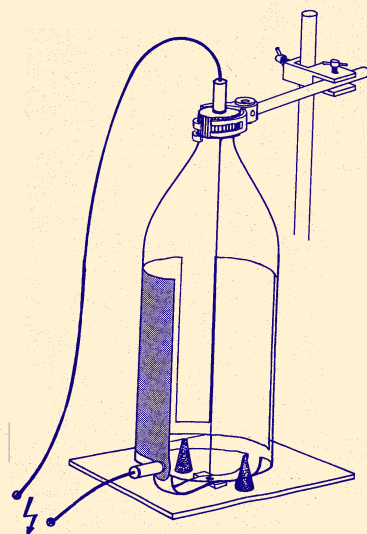
La décharge électrique autour des pointes est la base de la purification électrique de gaz.

Expérience du physicien anglais Lodge

Lorsqu'on produit de la fumée dans un cylindre en verre et que les électrodes A et B sont reliées aux pôles d'une machine électrostatique par influence, on observe une turbulence de la fumée suivie de sa disparition due à sa condensation.



Appareil de Lodge pour la condensation de fumée.



Purification de gaz dans une bouteille en plastique.

Principe de fonctionnement

Le fil au milieu de la bouteille est rattaché au pôle négatif d'un générateur haute tension (> 10 kV). Le pôle positif touche les bandes d'aluminium à la périphérie de la bouteille. Pour produire de la fumée, on dispose de petits cônes d'encens sous la bouteille. Les électrons quittant le fil métallique (dû au potentiel électrique élevé) sont attirés par les particules de fumée qui deviennent chargées négativement. Elles sont accélérées vers l'anode et se déposent sur la paroi de la bouteille.



Projet Socrates-Comenius :

Friedrich Ludwig Jahn Gymnasium de Haldensleben

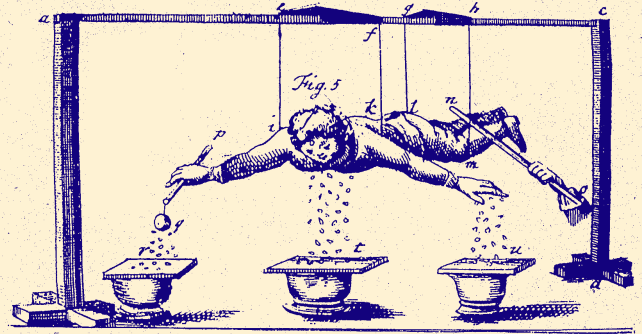
Attraction et répulsion électrostatique d'objets légers

L'attraction électrostatique de l'ambre a déjà été décrite par les Grecs en 577 av J-C.

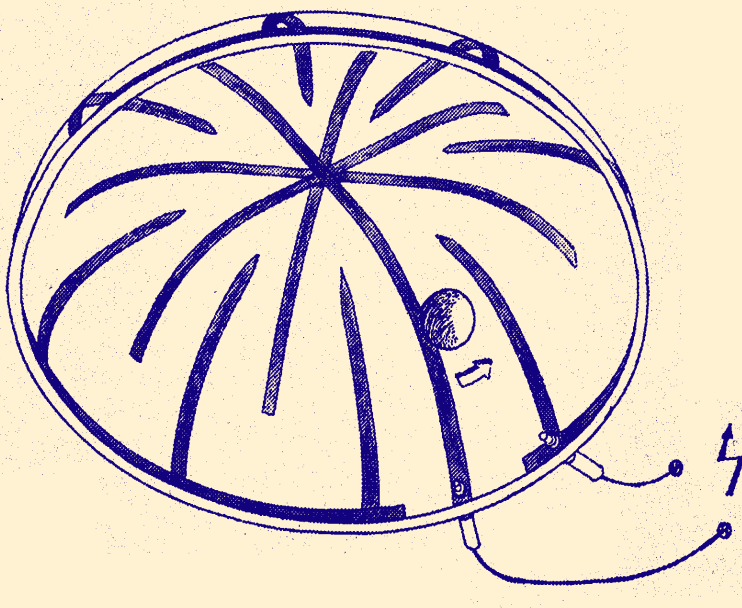
D'autre part la répulsion entre des objets de même charge électrique a été décrite par Otto von Guericke à partir de boules de soufre qui ont été chargées par frottement.

Suite à la découverte de la "machine électrisante" en 1743, ces phénomènes d'électrostatique ont servi à la présentation de beaucoup d'expériences spectaculaires en public.

Le tableau ci-contre montre une des nombreuses expériences par lesquelles S. Gray a démontré la conductibilité du corps humain et le phénomène électrostatique en général. Dans cette expérience, des rognures de papier montent vers un garçon suspendu à des ficelles de soie, pour ensuite redescendre.



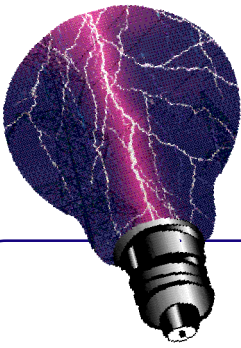
Rotation de billes



Pour démontrer l'adhésion et la répulsion électrostatique, on peut fabriquer un appareil pour rotation de billes à partir d'un saladier en plastique. Les électrodes sont faites de bandes de papier-aluminium No. 1, 3, 5, etc.

La tension est appliquée au bord du saladier. La tension devrait être d'au moins 20 kV. La bille, qui doit posséder une surface d'une bonne conductibilité, fait ses rotations à l'intérieur du saladier le plus loin possible du centre du saladier.

Ceci peut être achevé facilement en posant une assiette (retournée) au fond du saladier.



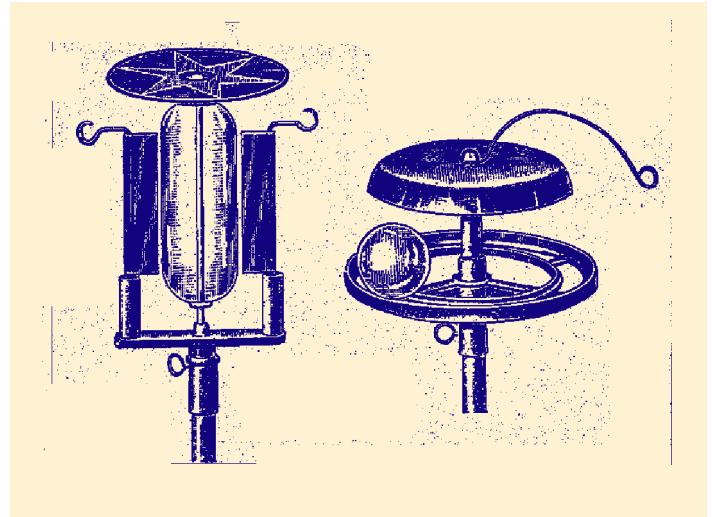
Projet Socrates-Comenius :

Friedrich Ludwig Jahn Gymnasium de Haldensleben

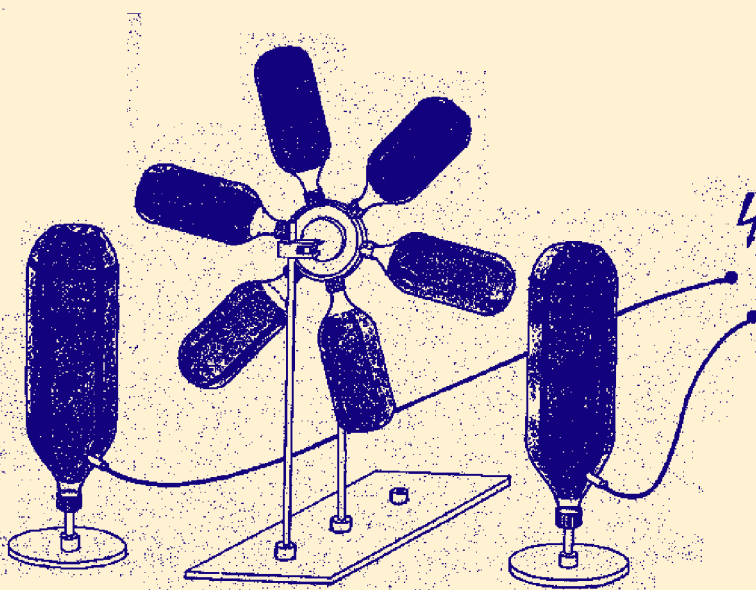
Adhésion et répulsion électrostatique

Moteurs électrostatiques

Les appareils à rotation de billes et les moteurs électrostatiques peuvent avoir des formes très variées. Ci-contre deux exemples de moteurs électrostatiques retrouvés dans un vieux catalogue d'appareillage scolaire de Meiser et Mertig vers 1927.



Moteur électrostatique à partir de bouteilles en plastique



L'expérience consiste en deux conducteurs qui sont reliés aux deux pôles d'un générateur haute tension. Les conducteurs sont fabriqués avec des bouteilles en plastique placées à une certaine distance l'une de l'autre. Entre les deux conducteurs se trouve une roue (à rotation particulièrement facile) faite de six conducteurs plus petits (également des bouteilles en plastique). Toutes les bouteilles sont rendues conductrices en les couvrant de papier alu ou en appliquant une couche d'aluminium au moyen d'un spray. La distance entre les conducteurs de la roue et le grand conducteur immobile est d'environ 1 mm. Dès que le générateur fonctionne et que sa tension atteint au moins 20 kV, les petites bouteilles commencent à tourner. Les petites bouteilles en plastique sont d'abord attirées par un des grands conducteurs. En passant devant, elles se rechargent par une étincelle, prennent la charge opposée et sont aussitôt repoussées.