

Activités en électrostatique

par Norberto FERREIRA

L.D.P.E.S., Paris 7

Tout enseignant de Physique appréhende toujours de faire, en classe, des expériences d'électrostatique. En effet, compte-tenu de l'humidité ambiante, neuf fois sur dix, les expériences réalisées ratent. L'intérêt des expériences proposées ici est triple :

- elles sont fiables avec un taux d'humidité élevé (il ne faut pas cependant que l'air soit trop sec).
- les matériaux utilisés sont faciles à se procurer et sont peu onéreux : chaque élève peut, lui-même, réaliser, en classe ou chez lui, les expériences décrites ici.
- donner une description aussi peu sophistiquée que possible, de quelques lois et concepts électrostatiques.

LISTE DES MATÉRIAUX

- Chalumeaux ou pailles (ils doivent être suffisamment rigides pour que des déchirures n'apparaissent pas lorsqu'on les frotte (des chalumeaux pliables font l'affaire).
- Pâte à modeler pour les supports ou bien des petits gobelets en plastique avec un peu de plâtre.
- Attaches parisiennes n° 10 (c'est-à-dire 4 cm de longueur).
- Papiers divers : serviettes en papier ou papier w.c. (pour frotter les chalumeaux). Papier à rouler les cigarettes pour la construction des électroscopes. Papier aluminium pour tous les conducteurs.
- Colle en bâton et scotch.
- Fil nylon provenant d'un bas ou d'un collant.
- Carton pour les supports de conducteurs et les électroscopes (chemises cartonnées ou carton du dos de blocs de papier).
- Trombones, ciseaux, agrafes...

DESCRIPTION DES MONTAGES

1. PENDULE ÉLECTROSTATIQUE

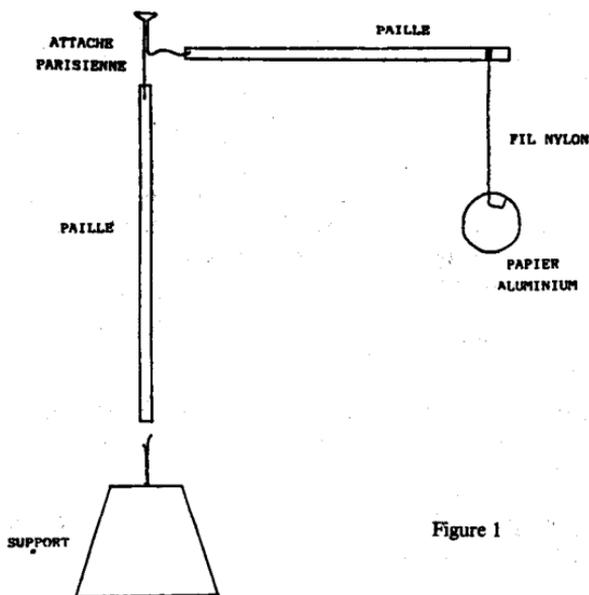


Figure 1

1.1. Fabrication du pendule

Découper un morceau d'aluminium cf. la figure 1a.

Poser un bout de fil nylon (30 cm) sur l'aluminium, mettre de la colle sur la partie hachurée, cf. figure 1b. et plier.

Couper, du bon côté, le reste du fil, cf. figure 1c.

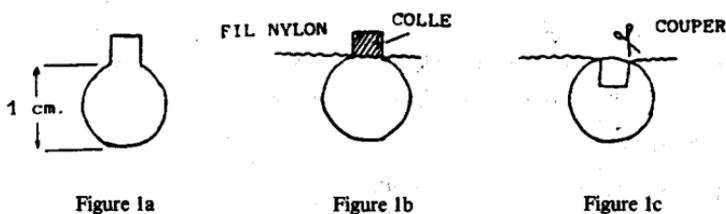


Figure 1a

Figure 1b

Figure 1c

1.2. Fabrication de la potence

Cf. figure 1.

1.3. Fabrication des supports

Première façon :

un gobelet en plastique au fond duquel est fixée une attache parisienne, elle même prise dans du plâtre, cf. figure 1d.

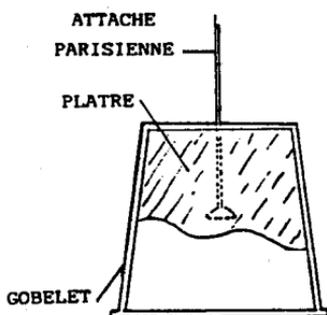


Figure 1d

Deuxième façon :

de la pâte à modeler dans laquelle est enfoncé le chalumeau, cf. figure 1e.

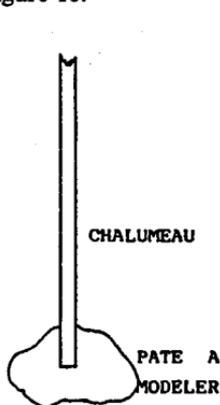


Figure 1e

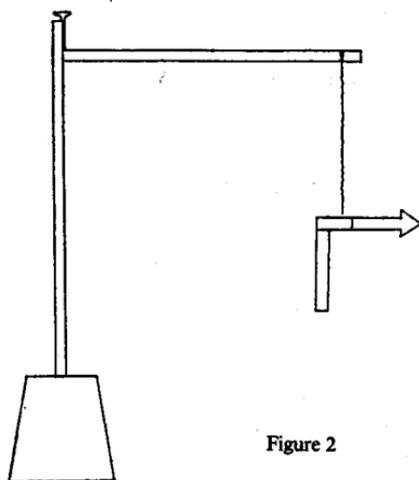


Figure 2

2. PENDULE «VECTEUR»

Même potence que pour le pendule précédent.

Le vecteur est constitué d'une flèche en papier cf. figure 2a.

On encolle une partie de la flèche (la partie hachurée sur la figure 2b).

On pose sur la partie encollée un petit bout de paille et le fil nylon cf. figure 2c.

REMARQUES :

Le bout de chalumeau a deux fonctions :

- servir de contre poids afin que la flèche reste dans un plan horizontal (prendre au départ une longueur de chalumeau assez grande et couper à la bonne longueur pour que la flèche soit horizontale c'est-à-dire couper petits bouts par petits bouts.
- permettre de charger le chalumeau par influence.

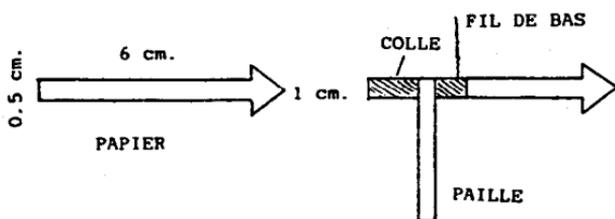


Figure 2a

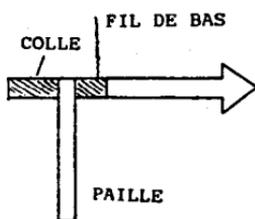


Figure 2b

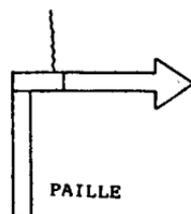


Figure 2c

3. SURFACES CONDUCTRICES**3.1. Surfaces conductrices planes**

Trois sortes de plaques planes peuvent être construites sur le même principe.

- plaques en carton cf. figure 3.

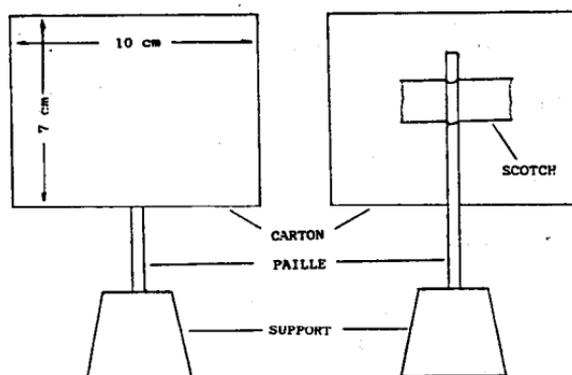


Figure 3

— plaques en carton recouvertes d'un seul côté d'un papier aluminium (figure 3a).

— plaques en aluminium (avec, par exemple, l'aluminium de bacs à congeler, de boîtes en métal...).

3.2. Cylindres

Mêmes techniques, cf. figure 3b.

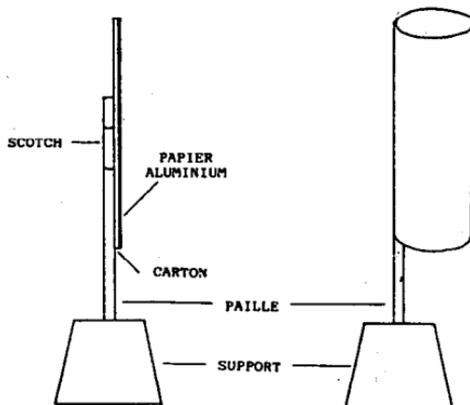


Figure 3a

Figure 3b

4. ÉLECTROSCOPE «CLASSIQUE»

Prendre un morceau de carton, le recouvrir d'un papier aluminium (un seul côté suffit). Couper un rectangle de 2×8 cm environ, et un disque de 4 cm de diamètre.

4.1. Fabrication de la languette et de son attache

Prendre un fil électrique de cuivre fin et lui donner la forme indiquée sur la figure 4a. Fixer ce fil sur le côté aluminisé du rectangle soit par du scotch, (figure 4b), soit en traversant la plaque et en collant avec du scotch au dos.

Découper une petite bande de papier aluminium (dimension $2 \text{ mm} \times 8 \text{ cm}$) et la coller sur le fil (figure 4c).

Coller, avec du scotch, un chalumeau sur la partie non aluminisée du rectangle.

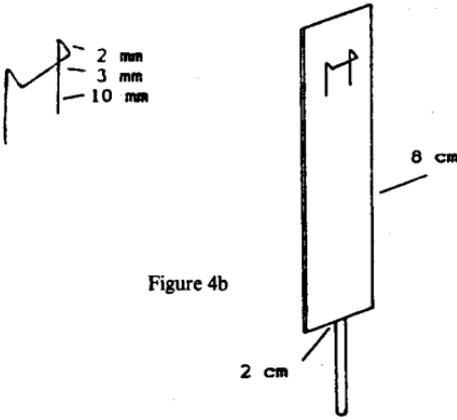


Figure 4b

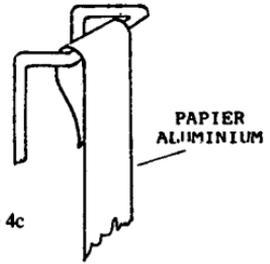


Figure 4c

4.2. Fabrication du chapeau

Prendre une attache parisienne et mettre l'une des jambes à l'horizontale.

Passer la jambe verticale au travers du disque, cf. figure 4d.

Plier les deux jambes comme indique la figure 4e.

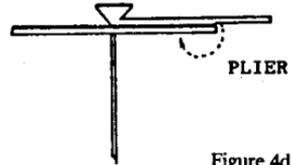


Figure 4d

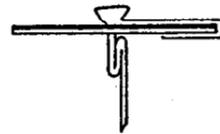


Figure 4e

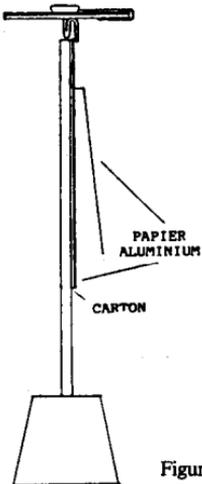


Figure 4

4.3. Assemblage

Emboîter les différents éléments support, plaque rectangulaire et disque (chapeau), cf. figure 4.

5. ELECTROSCOPE EN CARTON

L'électroscope en carton diffère de l'électroscope précédent par :

- le rectangle et le chapeau sont en carton (pas d'aluminium)
- la languette est en papier de cigarettes (1 mm de largeur et 6 cm de longueur) et est simplement collée sur le rectangle.

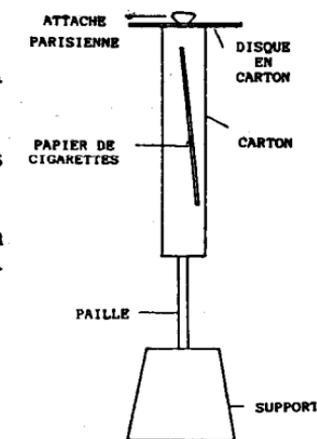
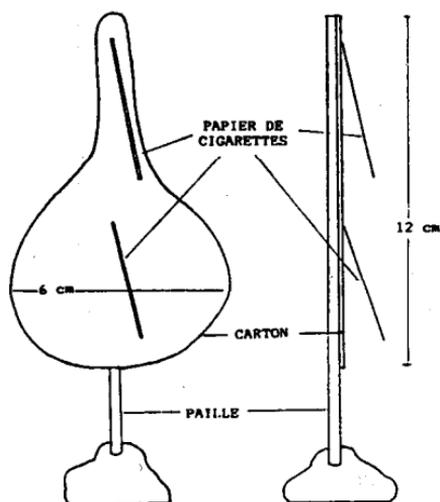


Figure 5

Figure 6

6. POUVOIR DES POINTES

Fabriquer un électroscope en carton ayant la forme indiquée sur la figure 6, ainsi que deux languettes de papier de cigarettes (au lieu d'une seule) et pas de chapeau.

7. PARATONNERRE

Construire comme indiqué sur la figure 7.

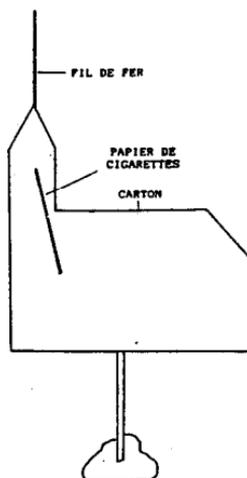


Figure 7

8. CAGE DE FARADAY

Prendre une feuille de papier blanc rectangulaire (dimension $7\text{ cm} \times 20\text{ cm}$), la scotcher sur deux chalumeaux, et coller, de chaque côté de la feuille, une languette de papier de cigarettes (dimension $1\text{ mm} \times 7\text{ cm}$), cf. figure 8.

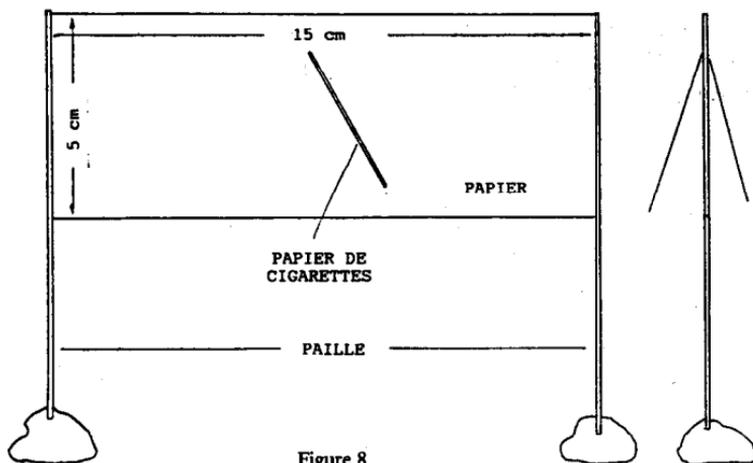


Figure 8

9. COURANT DANS LE PAPIER

Construire deux électroscopes en carton, sans chapeau, et avec des plaques circulaires (diamètre 6 cm), cf. figure 9.

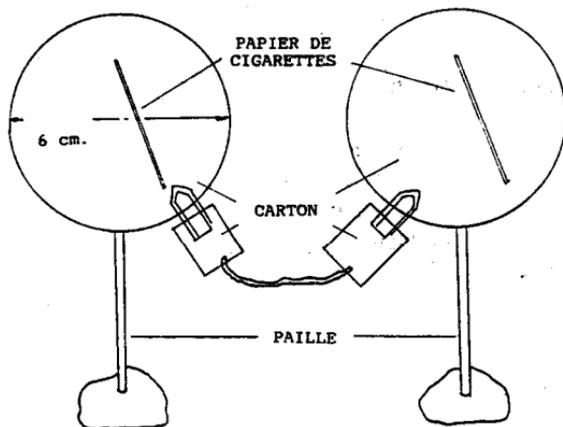


Figure 9

Fabriquer différents «conducteurs» : carton, papier de cigarettes, papier blanc, etc... (cf. figure 9a).

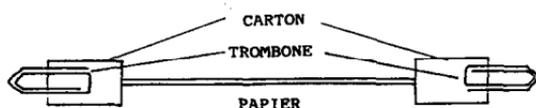


Figure 9a

Toutes les activités proposées nécessitent d'avoir des corps chargés. Ici, le générateur est un *chalumeau ordinaire* que l'on frotte avec du papier (serviette en papier ou papier w.c.).

ATTENTION !

Il faut, pour bien charger le chalumeau, mettre le papier autour de lui et déplacer ce papier rapidement, de bas en haut, en *aplatissant* le chalumeau; Répéter l'opération plusieurs fois jusqu'à ce qu'il soit bien chargé. Le chalumeau est suffisamment chargé lorsque, posé contre un mur, un meuble..., il tient tout seul.

Il est indispensable d'avoir des chalumeaux assez rigides qui ne se fendent pas lorsqu'ils sont frottés : un chalumeau du commerce avec une partie en accordéon convient fort bien.

DESCRIPTION DES EXPÉRIENCES

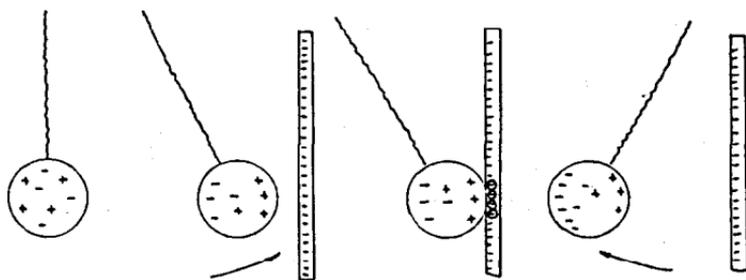
1. PENDULE : CHARGE ET DÉCHARGE

Construire le pendule électrostatique (1)

1.1 Charge par contact

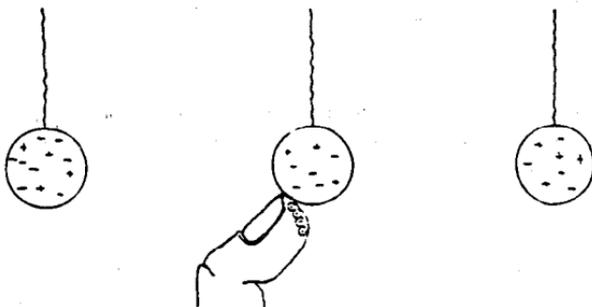
Approcher le chalumeau du papier d'aluminium ; celui-ci est attiré, touche le chalumeau et est repoussé.

Le pendule est alors chargé par contact (même signe que la charge du chalumeau).



1.2. Décharge par mise à la terre

Toucher le pendule avec la main. Le pendule est déchargé. Après avoir retiré la main, si on approche à nouveau le chalumeau chargé, le pendule est encore attiré.



1.3. Oscillations du pendule entre le chalumeau et le main

Placer le pendule non chargé entre la main et le chalumeau chargé. Le pendule oscille en touchant, successivement, la main, le chalumeau...

1.4. Explications

Le pendule non chargé est attiré par le chalumeau, touche celui-ci, se charge, est repoussé, touche la main, devient neutre, et est à nouveau attiré par le chalumeau. Au bout d'un certain temps, la charge du chalumeau est insuffisante et le pendule reste collé au chalumeau.

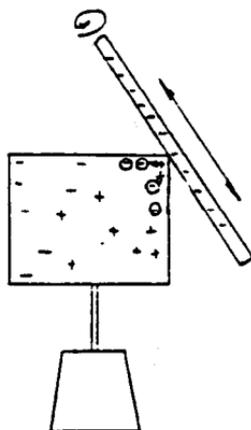
2. SURFACES CONDUCTRICES : CHARGE PAR CONTACT ET PAR INFLUENCE

Construire deux surfaces planes (2)
avec du papier aluminium

2.1. Charge d'une surface par contact

Passer le chalumeau chargé contre le bord de la surface plane (plaque) en tournant le chalumeau autour de son axe de symétrie.

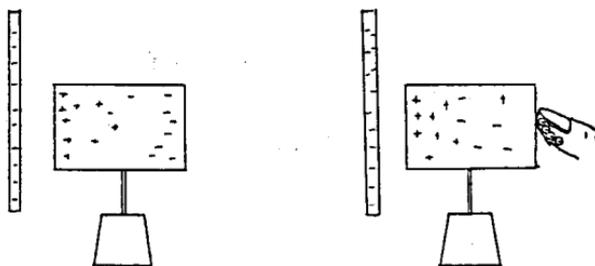
Vérification : approcher cette surface plane d'un pendule chargé. Le pendule est repoussé. La plaque et le pendule ont des charges de même signe.



2.2. Charge d'une surface par influence

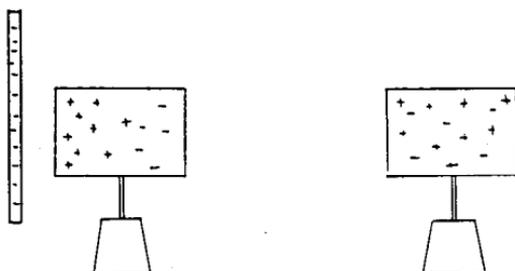
Approcher le chalumeau chargé d'un bord de la plaque.

Toucher l'autre bord de la plaque avec la main, tout en maintenant le chalumeau auprès de la plaque.



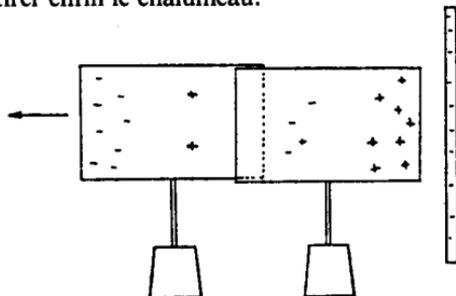
Retirer la main.

Puis retirer le chalumeau.



2.3. Charge simultanée de deux plaques

Les deux plaques sont mises partiellement en contact (les parties aluminisées se touchant). Le chalumeau chargé est approché de l'une des deux plaques. Attendre un peu, puis retirer la plaque plus éloignée du chalumeau. Retirer enfin le chalumeau.



2.4. Vérification

On peut constater que les charges des deux plaques sont de signe opposé en approchant un pendule chargé d'une des plaques puis de l'autre : il est attiré par l'une et repoussé par l'autre.

2.5. Explication

Quand les deux plaques sont en contact, elles forment un conducteur unique. Quand le chalumeau reste près d'une plaque, il y a influence et déplacement des charges à l'intérieur de la plaque, les charges + restent d'un côté, les charges - de l'autre (cf. dessin). Quand on écarte les deux plaques, on isole ainsi les charges positives et négatives.

3. ÉLECTROSCOPE

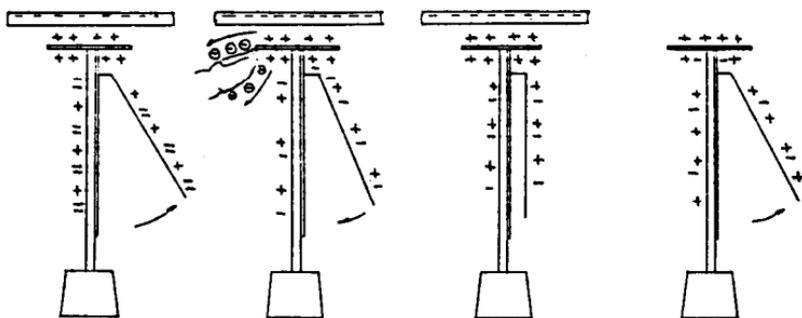
Construire l'électroscope classique (4).

3.1. Charge par contact

Frotter le chalumeau chargé contre le chapeau de l'électroscope : la languette se soulève.

3.2. Charge par influence

Approcher le chalumeau chargé du chapeau de l'électroscope. Toucher le chapeau avec la main. Retirer la main, puis retirer le chalumeau : la languette reste écartée du support.



3.3. Vérification

Si on approche le chalumeau chargé de la languette de l'électroscope chargé :

--- *contact*, la languette se rapproche du support.

nfluence, la languette se soulève.

N.B. c'est l'inverse, si on approche le chalumeau chargé du chapeau de l'électroscope et non de la languette.

3.4. Tester conducteurs et isolants

Charger un électroscope par contact ou par influence. Toucher le chapeau de l'électroscope avec différents matériaux (fil de fer, papier de cigarettes, papier blanc, bois, chalumeau, gomme...). Selon le matériau utilisé, la languette reste en place, ou se rapproche plus ou moins vite du support. Cette expérience indique que l'on peut construire, quelquefois, un électroscope sensible avec du carton et du papier à cigarettes (cf. figure 5).

3.5. Décharge de l'électroscope avec une flamme

Approcher une flamme de la languette de l'électroscope chargé. La languette se rapproche du support, ce qui montre que l'électroscope s'est déchargé, décharge due à l'ionisation de l'air.

4. DIRECTION DU CHAMP ÉLECTRIQUE

Construire le pendule «vecteur» (2). Charger la flèche par contact avec le chalumeau. Placer cette flèche près :

- d'un chalumeau chargé ou de deux chalumeaux chargés (ceci illustre le caractère vectoriel du champ).
- d'une plaque conductrice (3a) chargée par influence (on peut visualiser les effets de bord).
- entre deux plaques conductrices chargées et de signe opposé (cela constitue un condensateur plan). On constate que le champ entre les deux plaques est moins perturbé que pour celui d'une seule plaque : les effets de bord sont moins importants.
- d'un cylindre chargé par influence (un champ radial).
- autour de deux cylindres chargés et de signe opposé (direction et sens du champ créé par un dipole).

5. POUVOIR DES POINTES

a) Construire l'électroscope (5), le charger par contact sur le côté afin d'éviter que la languette ne vienne se coller sur le chalumeau. La languette du haut est plus soulevée que celle du bas car la densité de charges est plus grande en haut qu'en bas.

b) Construire le paratonnerre (7). Approcher, sans toucher, le chalumeau chargé du fil métallique et le retirer : la languette se soulève (pouvoir des pointes) et reste écartée lorsqu'on retire le chalumeau (ceci est dû à l'ionisation de l'air).

6. CAGE DE FARADAY

Construire la cage de Faraday (8) Charger le papier par contact : les deux languettes se soulèvent. Prendre une des pailles et la rapprocher de l'autre en formant un cylindre : la languette interne se ferme, la languette externe se soulevant un peu plus.

7. COURANT DANS LE PAPIER

Construire les deux électroscopes en carton (9) et les relier par différents matériaux. L'électroscope de gauche est chargé par contact : sa languette se soulève. Selon la nature du matériau assurant la liaison entre les deux électroscopes, la languette de l'électroscope de droite se soulève plus ou moins vite. En particulier, si la liaison est en papier à cigarette, la languette de l'électroscope de droite se soulève très lentement.