

Manipulations d'électrostatique

EN CLASSE DE QUATRIEME

par Marc CHAPELET,

11 bis, rue E.-Psichari, 78150 Le Chesnay.

Les élèves des classes de quatrième sont dans l'ensemble très intéressés par les phénomènes électrostatiques et ils regrettent de ne pas pouvoir manipuler, faute d'un matériel peu abondant et souvent assez cher (prix indicatifs : 400 F un électroscope ; 20 F un morceau de peau de chat ; 20 F un petit bâton d'ébonite de 10 à 15 mm de diamètre...). Dans cet article, on essaie de montrer que chaque élève, avec des matériaux courants, peut réaliser son matériel d'électrostatique et entreprendre des expériences très instructives en classe ou à la maison.

1. LE MATERIEL DE L'ELEVE.

- Une règle en plastique (ou le corps en plastique transparent d'un stylo à bille « Bic »),
- Un morceau de drap (100 % coton) ou un morceau de laine (typiquement laine peignée 50 % ; acrylique 50 %),
- Un sac d'emballage en polyéthylène,
- Un pendule avec une sphère métallisée (mie de pain ou morceau de liège suspendu à un fil à coudre, enrobé de papier d'aluminium),
- Du papier d'aluminium,
- Un électroscope rudimentaire à feuilles d'aluminium (fig. 1).

Au contact d'une baguette électrisée par frottement, les 2 lames s'écartent ; la décharge n'intervient qu'après plusieurs heures. Le bouchon en plastique et le verre du flacon s'électrisent très peu au contact de la baguette chargée (il suffit de passer le doigt de temps en temps sur le couvercle sans toucher l'aluminium, et sur le verre pour décharger ces isolants).

2. CONNAISSANCES NECESSAIRES POUR COMPRENDRE LES PHENOMENES ELECTROSTATIQUES.

La compréhension des phénomènes d'électrisation exige que l'élève connaisse la structure de l'atome et certaines propriétés des métaux. Il faut insister sur la neutralité globale de l'atome et sur le fait que les électrons sont des particules très légères

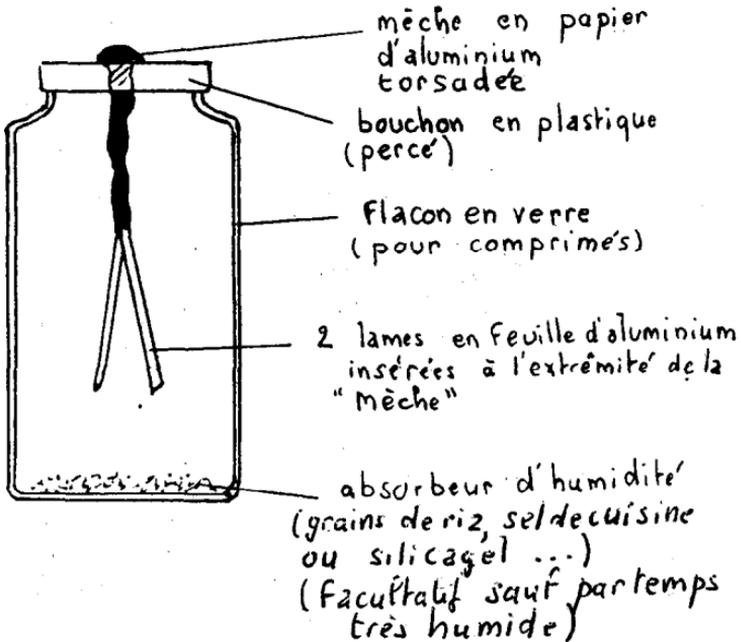


Fig. 1. — L'électroscope (échelle 1).

(comparées aux neutrons et aux protons) situées à la périphérie de l'atome, qu'on peut donc arracher par frottement. Dans le cas des métaux, certains électrons sont peu liés au noyau et peuvent se déplacer librement au sein du métal (insister sur l'immobilité des noyaux). La démarche proposée ici, consiste à présenter aux élèves les résultats admis par les scientifiques, puis à les vérifier au niveau de quelques expériences.

3. L'ENSEMBLE DES MANIPULATIONS PROPOSEES AUX ELEVES.

Il repose sur l'utilisation « intensive » de l'électroscope. En effet, cet instrument est très sensible aux faibles charges électriques et il est facile à charger. Comme, de plus, il conserve sa charge longtemps à l'air libre, il est facile d'identifier le signe des charges portées par le métal de l'électroscope, et de se faire un idée de la quantité de charges électriques accumulées par un matériau électrisé.

L'emploi de l'électroscope enrichit considérablement les expériences d'électrostatique au collège et, complète l'utilisation des pendules qui est déjà largement décrite dans les manuels scolaires. Rappelons que, par temps humide, les expériences d'électrostatique peuvent être difficiles à réaliser.

a) *Expériences préliminaires :*

La règle en plastique frottée avec un morceau de drap attire des petits morceaux de papier d'aluminium. La même règle non frottée n'attire pas ces morceaux. Une tige métallique tenue en main et frottée n'attire pas les morceaux de papier d'aluminium (voir remarques).

b) Par frottement, on arrache des électrons soit au plastique soit au chiffon. Frottée avec un morceau de drap ou de laine ou de papier d'aluminium, la règle en plastique arrache des électrons au chiffon.

Frottée avec un sac en polyéthylène, la règle s'électrise positivement (elle cède des électrons). Donc la même règle en plastique peut être électrisée positivement ou négativement selon la nature du partenaire. Dans la vie courante, il n'est pas facile de trouver des plastiques qui ont cette propriété quand on les frotte avec des matériaux usuels (attention, le plexiglas n'a pas le même comportement : avec les quatre matières citées, il s'électrise toujours positivement, et négativement avec une peau de chat). Le couple [règle plastique - sac polyéthylène] donne de fortes électrisations (voir l'annexe et la référence [1]).

c) Toucher l'électroscope avec la règle frottée avec le polyéthylène (fig. 2) des électrons du métal vont se diriger vers la règle. Les lames d'aluminium se chargent donc positivement par contact. On constate que les deux lames se repoussent, donc des charges de même signe se repoussent.

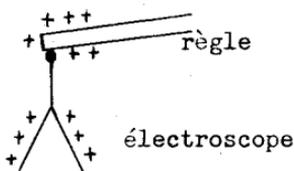


Fig. 2 (expérience c). — Electroscope chargé par contact.

d) Si on approche de l'électroscope ainsi chargé, la règle toujours électrisée, on voit l'écartement des lames augmenter (cette expérience permet d'identifier le signe des charges d'une baguette électrisée) (fig. 3).

e) Si on approche le polyéthylène électrisé de l'électroscope toujours chargé positivement, on voit l'écartement des lames diminuer (fig. 4). Le polyéthylène électrisé repousse des électrons libres de l'aluminium vers les lames, ce qui entraîne une réduction de la charge au niveau des deux lames de l'électroscope.

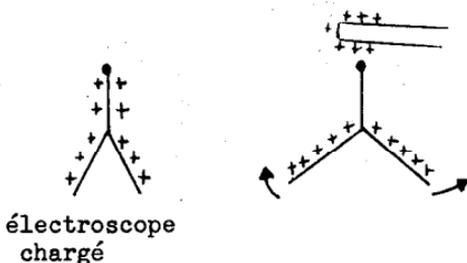


Fig. 3 (expérience *d*). — Lorsqu'on approche une règle chargée positivement, les lames de l'électroscope s'écartent davantage.

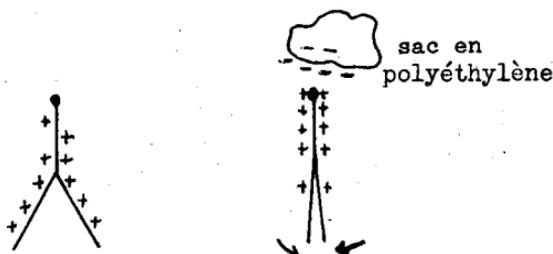


Fig. 4 (expérience *e*). — Lorsqu'on approche un sac en polyéthylène électrisé négativement, les lames de l'électroscope se rapprochent.

On montre ainsi que le polyéthylène et la règle plastique ont des électrisations de signes contraires ; il existe bien deux types de charges.

f) En posant le doigt sur la pointe de l'électroscope chargé négativement par exemple, les lames se mettent en contact. Les électrons libres de l'aluminium de l'électroscope passent dans le corps humain puisque celui-ci est conducteur ; l'électroscope est déchargé (fig. 5).

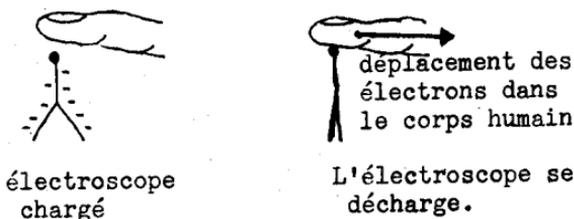


Fig. 5 (expérience *f*).

g) On peut aussi décharger l'électroscope en touchant celui-ci avec un clou tenu à la main. Par contre, une baguette de bois tenue à la main ne décharge pas l'électroscope (fig. 6).

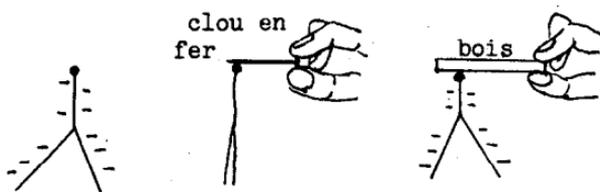


Fig. 6 (expérience g). — Isolants et conducteurs.

On montre ainsi l'existence de deux types de corps : les conducteurs et les isolants (pour ces derniers, le frottement fait apparaître des charges fixes et localisées aux endroits frottés, pas d'électrons libres). Faire remarquer que l'air est un isolant.

h) Electrification par influence de l'électroscope.

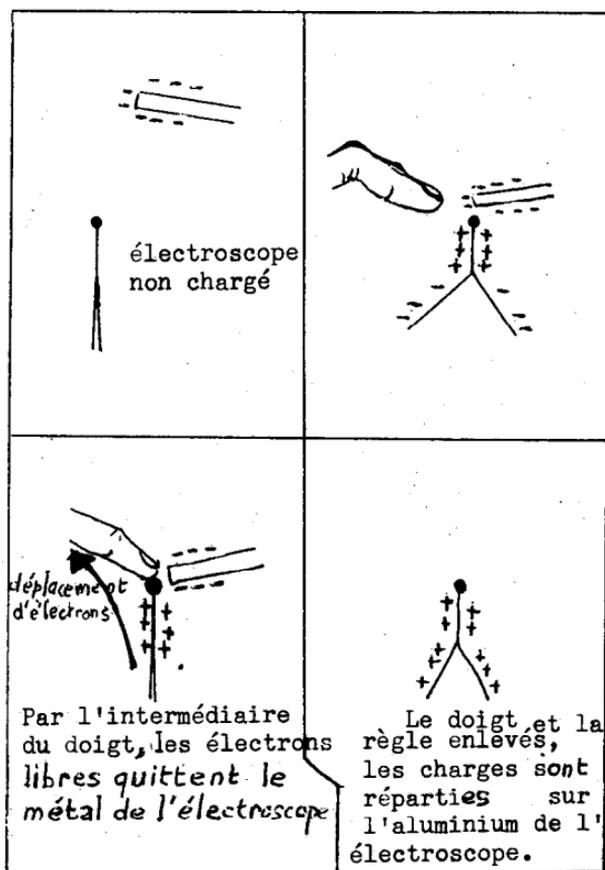


Fig. 7 (expérience h). — Charge par influence d'un électroscope.

Approcher de l'électroscope la règle électrisée négativement par frottement avec le chiffon de laine (ou approcher le sac en polyéthylène chargé négativement) (fig. 7.1), les électrons libres du métal de l'électroscope se répartissent sur les extrémités des lames (fig. 7.2), mettre le doigt sur l'électroscope (fig. 7.3), les électrons libres du métal quittent les lames et se déplacent dans le corps humain, il y a donc un excès de charges positives sur l'électroscope, retirer le doigt, puis la règle, l'électroscope est donc chargé positivement (fig. 7.4), ce qu'on vérifie en approchant à nouveau la règle toujours électrisée négativement (l'écartement des lames diminue) ou tout autre corps électrisé, dont le signe de l'électrisation est connu...

i) Expérience avec un pendule à sphère métallisée (il est plus difficile d'interpréter les expériences avec une sphère de matériau isolant). La règle électrisée positivement attire la sphère (des électrons du métal se déplacent vers l'hémisphère proche de la règle). Au cours du contact, les électrons passent sur la règle, il en résulte un excès de charges positives sur la sphère et on observe alors la répulsion de la sphère (cette dernière expérience plaît beaucoup aux élèves), (fig. 8). Certains élèves sont intrigués par le fait que la règle électrisée positivement attire l'un des hémisphères et repousse l'autre, et que c'est l'attraction qui l'emporte, car l'hémisphère chargé négativement est plus proche de la règle que l'autre hémisphère.

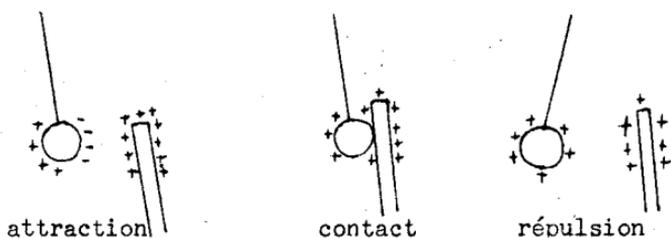


Fig. 8 (expérience *i*). — Action d'une règle chargée sur un pendule à sphère métallisée.

Remarques.

* L'attraction de cheveux ou de petits morceaux de papier, par une règle électrisée est une expérience délicate à interpréter surtout en classe de quatrième. En effet, les morceaux de papier ne sont pas chargés simplement puisque le champ électrique créé par la règle électrisée polarise le diélectrique que constitue le papier. Si cette expérience est présentée en classe, il faut l'interpréter ; on pourra dire par exemple que même si une matière isolante ne renferme pas d'électrons libres, les électrons liés peuvent cependant légèrement se déplacer du côté de la règle électrisée positivement.

* Notre électroscope rudimentaire permet de sélectionner des matières plastiques ayant des propriétés électrostatiques intéressantes (le plastique transparent du corps d'un stylo à bille BIC,...). On peut déterminer le signe de l'électrisation d'une matière en se référant aux couples classiques [ébonite \ominus ; peau de chat \oplus] ou [verre \oplus ; drap \ominus].

BIBLIOGRAPHIE

Outre les nombreux manuels scolaires de quatrième, citons :

- [1] « Réussir les expériences élémentaires d'électrostatique », M^{lle} GARNIER et M. COLLIGNON. B.U.P. n° 576, juillet 1975, p. 1173-1175.
 - [2] *Sciences physiques - quatrième - Livre du professeur*. Collection Chirouze-Lacourt (éd. Armand Colin).
-

ANNEXE

COUPLES DE MATERIAUX POUR ELECTRISATION PAR FROTTEMENT

Signe de la charge de l'élément frotté ↙	Drap pur coton	Laine	Polyéthylène (sac)	Papier d'aluminium	Peau de chat
Corps transparent stylo Bic ou règle plate plastique	—	—	+	— (faible pour stylo Bic)	—
Règle plastique section carrée	—	—	+	+	—
Plexiglas	+	+	+	+	—
Ebonite	—	—	+	—	—
Lucoflex plastique opaque jaune (type PVC)	—	—	—	—	—
Verre ordinaire	+	effets faibles +	+	effets faibles ?	effets faibles —
Verre rodé dépoli	—	—	+	—	—

Ce tableau nous montre qu'un morceau de drap et un sac en polyéthylène et, accessoirement, du papier d'aluminium, frottés avec des règles en plastique sont suffisants pour mettre en évidence les deux types d'électricité.

On constate aussi que la peau de chat se charge toujours positivement et le polyéthylène presque toujours négativement quelque soit la nature de la baguette à frotter. Si on disposait d'un nombre suffisant de données expérimentales sur de tels couples, on pourrait entreprendre une classification des matériaux vis-à-vis de l'électrisation par frottement.