

La Puce de Tahiti, l'électrostatique et le champmètre

par Marcel BRINGUIER
38100 Grenoble

L'article de Monsieur Roumainville sur le «puce électrique» (B.U.P. n° 696) m'a mis... la puce à l'oreille. Les demandes de renseignements au sujet de l'interprétation des expériences qu'il a réalisées me paraissent appeler une réponse, aussi me suis-je senti obligé d'apporter ma modeste contribution à une tentative d'explication.

1. LES DIFFICULTÉS DE L'ÉLECTROSTATIQUE

L'électrostatique n'est simple qu'en apparence. Si certains ouvrages traitent «légèrement» l'attraction ou la répulsion des corps légers, la modestie vient d'un prix Nobel de Physique. Le Professeur Feynman écrit en effet (*Electromagnétisme 1*) : «*Dans la théorie des diélectriques il se pose un problème étonnamment compliqué, qui est le suivant : pourquoi un objet chargé attire-t-il des petits morceaux de diélectriques ?*»,

En laissant pour l'instant de côté ce problème particulier, on peut dire d'une façon générale que lorsqu'on envisage l'interaction de deux corps électriquement chargés on oublie que, d'un point de vue pratique, ils sont entourés par une atmosphère, soutenus par un support et souvent influencés par l'expérimentateur qui manipule.

J'ai donc refait les expériences de Monsieur Roumainville en essayant d'interpréter l'influence des différents facteurs.

2. NATURE DES SUPPORTS ET DES PUCES

Le support isolant est constitué par une plaque de verre (une simple vitre) posée sur des cales isolantes (par exemple de simples pots de confitures identiques).

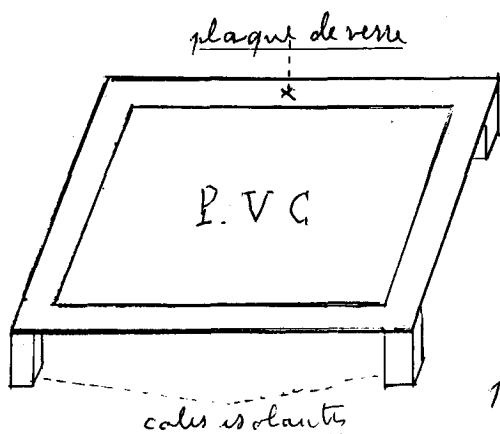


Figure 1

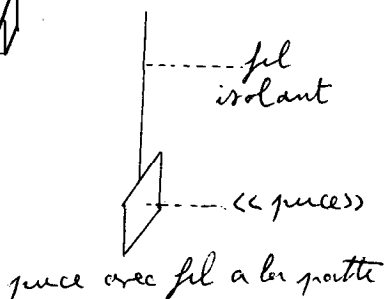


Figure 2

Sur cette vitre se trouve placée une feuille de chlorure de polyvinyle (Fig. 1) (feuille plastique intercalaire de cahier) que l'on électrisera par frottement au moyen d'un chiffon de laine.

Les puces «métropolitaines» peuvent être constituées comme leurs consœurs «tahitiennes» par de simples petits morceaux carrés découpés dans une feuille de papier à écrire ou dans différentes matières plastiques (cellophane, polypropylène, polyester, etc.), mais elles peuvent être aussi constituées par de petits morceaux de papier d'aluminium et nous verrons pourquoi elles diffèrent un peu des autres. Pour contrôler son état d'électrification la puce portera un petit fil isolant collé par un tout petit morceau de scotch.

Le contrôle de l'état d'électrification des différents éléments de l'expérience (y compris l'expérimentateur) se fera au moyen du champmètre de Pélissier que je représenterai avec seulement son support et son antenne (Figure 3). Cet appareil peut être facilement construit en se reportant aux différents numéros du B.U.P. cités en bibliographie.

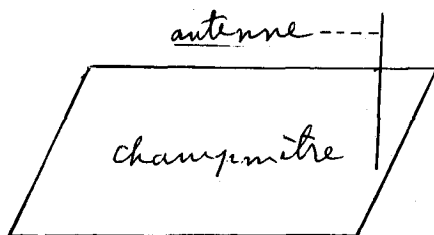


Figure 3

3. LES EXPÉRIENCES ET LES CONCLUSIONS

La feuille de P.V.C. placée sur le support de verre est électrisée par frottement avec un chiffon de laine : à ce moment elle adhère bien à la plaque de verre et l'ensemble peut être facilement déplacé : approché ou éloigné de l'antenne du champmètre l'appareil ne réagit pas (sa lampe ne s'allume pas) : l'ensemble est donc neutre. Par contre si l'on sépare feuille de P.V.C. et plaque de verre et qu'on approche la feuille de P.V.C. de l'antenne du champmètre sa lampe s'allume montrant que le P.V.C. est chargé négativement. Avec le verre c'est en éloignant la plaque de verre de l'antenne du champmètre que sa lampe s'allume. C'est par polarisation au contact du P.V.C. chargé négativement que la plaque de verre s'est chargée positivement.

C'est le même phénomène de polarisation qui joue lorsqu'après avoir réélectrisé feuille de P.V.C. et plaque de verre on dispose une «puce» isolante à la surface de la feuille du P.V.C. : la face de la puce au contact du P.V.C. n'échange pratiquement pas de charges avec elle car on sait que les échanges de charges avec les corps isolants sont très difficiles mais par contre la proximité immédiate de la face de la puce au contact du P.V.C. détermine un puissant effet de polarisation. La puce adhère bien à la feuille de P.V.C. et on peut la retourner sans que la puce tombe.

L'expérience réussit avec des puces de matières plastiques différentes en les découpant de telle sorte qu'elles aient sensiblement le même poids. Si l'on répartit sur la feuille de P.V.C. ces différentes puces et qu'on retourne la feuille de P.V.C. on constate que toutes les puces n'ont pas la même adhérence et que certaines se détachent plus facilement que d'autres, ce qui est naturellement lié à la valeur de la constante diélectrique de l'isolant.

Il était intéressant de savoir si le phénomène d'influence aurait les mêmes effets. Pour cela il suffit de réaliser des puces en papier d'aluminium. Disposées sur la feuille de P.V.C. électrisée, elles y adhèrent parfaitement, et on peut retourner le P.V.C. sans qu'elles tombent. Là aussi on peut varier la nature du métal ; à la condition que la puce reste très légère l'expérience réussit.

On a un peu ici l'inverse de ce qui se passe dans un condensateur où l'armature métallique est chargée et l'isolant polarisé : ici ce sont les isolants qui sont chargés et le métal qui subit le phénomène d'influence.

Pour en revenir aux puces d'aluminium, on peut même réduire la surface de contact en roulant la petite puce entre les doigts pour lui donner

grossièrement une forme à peu près sphérique : la petite boule adhère encore bien à la feuille de P.V.C. électrisée et les expériences ultérieures en seront même facilitées.

Dans toutes ces expériences où on a pu constater au moyen du champmètre que toutes ces puces portaient, après contact avec le P.V.C. électrisé, une charge positive, il faut bien admettre qu'il y a eu l'équivalent négatif de cette charge et qu'elle a été neutralisée par l'action des ions atmosphériques. Cette action se retrouvera également dans d'autres expériences.

Lorsque la feuille de P.V.C. électrisée est soulevée de façon à réaliser un coin d'air (Figure 4) on crée un champ électrique plus intense vers l'intersection des deux plans. Si dans ces conditions les puces situées entre les deux plans sont détachées de la feuille de P.V.C. maintenue plane, elles exécutent une série de bonds en allant vers les champs les plus intenses c'est-à-dire vers l'intérieur du coin réalisé.

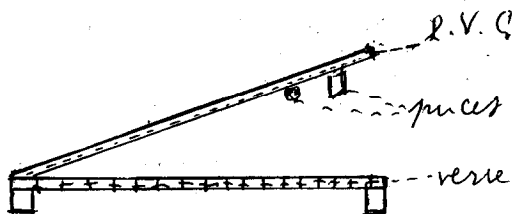


Figure 4

Au cas où les deux plaques sont approximativement parallèles lorsque l'une des puces est détachée elle exécute une série de bonds entre la plaque de verre qui la repousse et la feuille de P.V.C. qui l'attire. La diminution de la hauteur des bonds tient à la fois de l'affaiblissement progressif de l'électrisation des feuilles et de celle de la petite puce, affaiblissement dû à l'action des ions atmosphériques. Enfin le poids de la petite puce peut ne plus être négligeable devant la diminution des forces électriques.

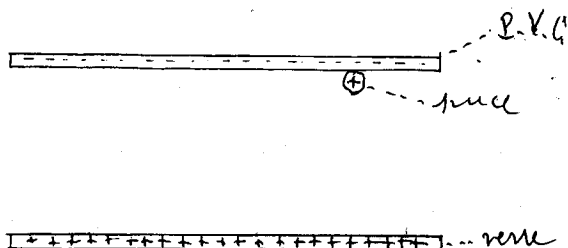


Figure 5

Cette expérience est particulièrement remarquable si les puces sont constituées de petits morceaux de papier d'aluminium rendus grossièrement sphériques entre les doigts. On a alors en effet l'impression d'assister à l'équivalent du carillon électrique mais le mécanisme en est totalement différent car il n'y a pas d'échanges de charges entre la puce et les feuilles chargées mais au départ une polarisation de la puce par contact avec le P.V.C. et ensuite une série de répulsions et d'attractions.

4. INFLUENCE DE L'EXPÉRIMENTATEUR

La puce «collée» à la feuille de P.V.C. électrisée et retournée il suffit d'approcher le doigt, par exemple, pour qu'elle se détache spontanément et aille se fixer en un autre point de la feuille de P.V.C. (Figure 6).

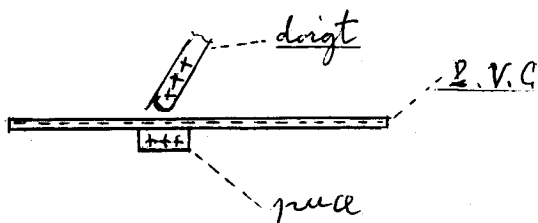


Figure 6

Ce déplacement, ce saut (de puce naturellement), tient à la modification de l'état d'électrisation de l'endroit où était fixée la puce. Cette modification peut être due au fait que le manipulateur est lui même chargé positivement, ce qui arrive s'il est resté longuement en contact avec le P.V.C. et s'il est bien isolé. On peut le vérifier facilement en éloignant rapidement les mains de l'antenne du champmètre : si sa lampe s'allume c'est qu'on est bien chargé positivement. Mais même dans le cas où l'expérimentateur n'est pas initialement chargé l'approche de son doigt au niveau de la puce modifie par influence l'état de polarisation du P.V.C. et la puce, moins attirée, se détache sous l'action de son poids et va se fixer sur une autre région normalement électrisée.

En terminant je voudrais dire que j'ai trouvé ces expériences intéressantes. Je ne suis pas étonné qu'elles aient d'abord amusé les élèves, qu'elles aient ensuite fait réfléchir élèves et professeur... et moi-même aussi !

Je pense qu'elles sont une bonne illustration de l'intérêt et des

difficultés de l'électrostatique et je crois qu'elles peuvent aussi servir à montrer l'intérêt du champmètre pour le contrôle expérimental de l'analyse des phénomènes de l'électrostatique.

BIBLIOGRAPHIE

B.U.P. n° 565

Réalisation d'un appareil destiné à la mise en évidence d'un champ électrique (J.P. Péliissier).

B.U.P. n° 592

Electrostatique, Electrocinétique, Electronique (M. Bringuier).

B.U.P. n° 592

Electronique pratique. Construction et perfectionnement du champmètre (M. C. Collignon).

B.U.P. n° 630

Expériences destinées à la classe de quatrième (Mme Debuigres).

B.U.P. n° 636

Le champmètre et l'électrostatique (M. Bringuier).

B.U.P. n° 650

Le champmètre électronique (M. Guinet).

B.U.P. n° 657

Electrisation, propriétés et comportement de certaines matières plastiques (M. Bringuier).

B.U.P. n° 696

La puce électrique (P. Roumainville),

Ouvrages

Cours de Physique de Feynman Tome II Electromagnétisme 1 (Inter-éditions)