

Électrisation, propriétés et comportement de certaines matières plastiques

par M. BRINGUIER,
Grenoble.

L'électrisation d'un corps par frottement, contact ou influence, paraît simple lorsqu'on réduit mentalement cette opération aux deux corps qui sont supposés, seuls, échanger des électrons en oubliant l'atmosphère qui les entoure, l'opérateur qui les manipule et le sol sur lequel il repose et dont il est plus ou moins bien isolé.

La détermination de la nature et de l'importance de la charge du corps électrisé n'est pas toujours facile non plus, si l'on ne fait intervenir que le seul électroscope. La présente étude a été faite au moyen du champmètre.

Différents articles (voir la bibliographie) ont été consacrés dans le B.U.P. à ces questions et je me limiterai ici à considérer seulement un petit nombre de matières plastiques dont l'électrisation, spontanée ou provoquée, peut intervenir dans certaines expériences ou dont le comportement comme diélectriques dans un condensateur apparaît assez curieux pour qu'on s'interroge sur leur mode d'action.

Je n'aurai pas, du reste, la prétention d'apporter toujours une réponse aux questions posées et j'espère seulement qu'un lecteur particulièrement informé dans le domaine de l'électrostatique voudra bien nous apporter une explication et son interprétation de certaines expériences signalées.

Je me bornerai à passer en revue quelques isolants seulement, comme la matière plastique vendue en rouleau dans les papeteries et utilisée pour recouvrir les livres (plastiques « cristal »), le polyéthylène, les polyesters, le polystyrène et la cellophane. Le plastique cristal, le polyéthylène, le polystyrène s'électrisent négativement par frottement avec la laine ; par contre, les polyesters traités aux antistatiques s'électrisent positivement avec la laine ainsi que le polystyrène frotté avec le plastique cristal ou la cellophane. Par contre, la cellophane (*) elle-même s'électrise difficilement par frottement, bien mieux par influence au moyen d'une feuille de matière plastique placée à son contact et frottée énergiquement avec de la laine par exemple mais cette électrisation disparaît rapidement.

On a donc une gamme de diélectriques qui s'électrisent spontanément (ou simplement en les manipulant) ou par action directe sur eux, soit négativement soit positivement et d'autres, comme la cellophane, le papier, etc., qui s'électrisent difficilement et ne conservent pas leur charge.

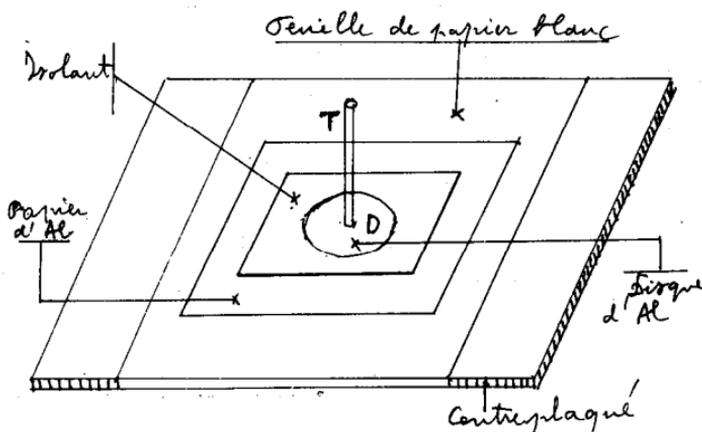


Fig. 1

COMPORTEMENT DE CES ISOLANTS COMME DIELECTRIQUES DANS UN CONDENSATEUR.

Ces isolants ont été testés dans un condensateur inspiré des expériences d'électrisation au moyen de piles, décrites par M^{me} DEBUIGNE (B.U.P. n° 630 - janvier 1981).

Ce condensateur (fig. 1) est constitué d'un support isolant (une simple plaque de contre-plaqué peut suffire) recouvert d'une feuille de papier à lettre sur laquelle est appliquée une feuille de papier d'aluminium (fixée avec un peu de scotch) recouverte à son tour de l'isolant choisi (soit l'une des matières plastiques citées, soit la cellophane) et sur lequel repose un disque mobile D d'aluminium (fond de boîte de toni-malt ou disque de carton recouvert de papier d'aluminium) sur lequel on a collé, avec une colle pour matière plastique, une tige isolante T constituée par le support extérieur d'un crayon à bille ordinaire dont on a enlevé la partie centrale.

Ce disque constitue l'armature mobile de ce condensateur qui permettra de vérifier, dans de bonnes conditions d'isolement, si sa charge est normale lorsque ce condensateur sera mis en relation avec une simple pile plate de 4,5 volts (deux, montées en série, si les conditions atmosphériques sont défavorables).

L'un des fils de connexion est fixé en permanence sur l'armature inférieure du condensateur au moyen d'un petit morceau

de scotch, par exemple, l'autre fil est relié à une fiche banane mâle dont le contact avec le disque D en assurera la charge (fig. 2). Il est commode, pour la jonction de ces fils avec les pôles de la pile, d'utiliser des pinces à linge (en bois de préférence, à cause de la bonne qualité du ressort), ce qui assurera, d'une part, de bons contacts sans avoir besoin de souder et permettra, d'autre part, de permuter facilement ces liaisons et de charger ainsi, en principe, le disque soit positivement, soit négativement.

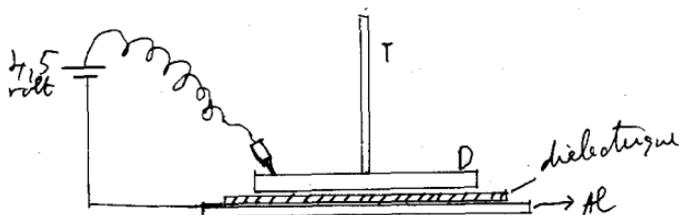


Fig. 2

L'étude de cette charge sera faite au moyen du champmètre (fig. 3 et 4).

Si le disque est chargé négativement, son approche, avec le type de champmètre utilisé, déclenchera l'allumage de la lampe pendant un temps qui dépendra à la fois de la grandeur de la charge et de la rapidité du mouvement du disque. Si le disque est chargé positivement, c'est en le mettant près de l'antenne du champmètre, puis en l'éloignant, que la lampe s'allumera.

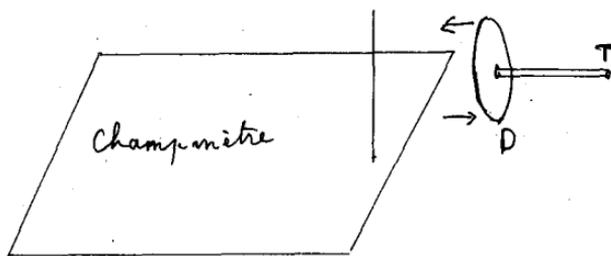


Fig. 3

Avec un diélectrique, disons normal (une simple feuille de papier à lettre, de papier Canson ou simplement une feuille de cahier), les choses se passent bien ainsi :

Si, dans la charge du condensateur, le disque a été mis en relation avec le pôle négatif de la pile, son approche déclenchera l'allumage de la lampe ; si l'on permute ensuite les pôles de la pile et si le disque est mis en relation avec le pôle positif, c'est en le mettant près de l'antenne puis en l'éloignant rapidement

que la lampe s'allumera. Mais si le diélectrique a des propriétés particulières et si, par exemple, il est déjà chargé préalablement à sa polarisation par la pile (ce qu'il est facile de vérifier au champmètre avant son utilisation), il n'en est plus du tout ainsi. Il faut dans ce cas, avant toute tentative de charge par la pile, poser le disque D sur l'isolant, le laisser quelques minutes à son contact, puis vérifier au champmètre qu'il ne s'est pas spontanément chargé par contact ou par influence. Il sera même, parfois, nécessaire de vérifier que le simple contact sur le disque d'une fiche banane, par exemple, non reliée à un pôle quelconque, n'accélère pas spontanément la charge du disque. Même dans le cas où cette épreuve est négative, il n'est pas du tout sûr que le diélectrique assure une charge correcte du condensateur. C'est ainsi qu'avec le plastique « cristal » très rarement neutre et, le plus souvent, chargé négativement, on constatera la plupart du temps que le disque apparaît chargé positivement et si on l'a touché dans une tentative de charge avec la fiche banane reliée au pôle positif de la pile, on pourra avoir l'illusion que la charge du condensateur s'est faite normalement. Cette illusion sera dissipée en permutant les connexions et en reliant le disque au pôle négatif de la pile et en constatant que ce disque ne se charge pas négativement. Par contre, si l'on traite le plastique « cristal » sur les deux faces par un antistatique (produit nettoyeur utilisé, par exemple, pour le dépoussiérage des disques haute fidélité), il assurera une charge correcte du condensateur pour lequel il jouera le rôle d'un diélectrique normal.

« Je dois dire que j'ignore la nature et le mode d'action de ces produits antistatiques. Peut-être l'un des lecteurs compétents dont je parlais au début de cet article pourra nous apporter des éclaircissements à ce sujet car si je me réfère à l'énorme et excellent travail de notre collègue J.-P. CHARPENTIER (table des matières du B.U.P. n° 641), je constate que la question relative aux antistatiques a déjà été posée mais n'a reçu jusqu'à présent aucune réponse. »

Ce que l'on peut constater au champmètre, c'est qu'après avoir traité le plastique « cristal » à l'antistatique, les charges ont disparu. De la même façon, les polyesters traités à l'antistatique se comportent comme des diélectriques normaux et assurent une charge correcte du condensateur.

En résumé, tout diélectrique portant des charges positives ou négatives, spontanées ou provoquées, peut entraîner pour les armatures une charge par contact ou par influence avec, éventuellement, l'intervention des ions atmosphériques au niveau du disque.

En établissant le contact des armatures du condensateur avec les pôles de la pile, on relie donc des corps déjà chargés avec

des bornes qui, elles, ne le sont pas mais ont simplement, sous la pression de la demande extérieure, la possibilité d'échanger des électrons dans un sens ou dans l'autre. On comprend que, dans ces conditions, la soi-disant charge du condensateur ne puisse se faire normalement.

Il est pourtant un cas où ce genre d'explication ne semble pas du tout valable. C'est celui d'un film mince de cellophane (cellophane emballage, produit multisac). La cellophane, en effet, sous ses différentes formes, est pratiquement toujours neutre. Dans le cas d'une feuille normale de cellophane, la charge du condensateur se fait correctement. Par contre, avec le *film* de cellophane, on constate que les deux faces de ce film n'ont pas les mêmes propriétés dans le cas de la charge du condensateur.

UNE CURIEUSE ET FRAGILE DISSYMETRIE.

On remarque en effet, qu'au contact de l'une des faces du film de cellophane, la charge du disque se fait normalement : positivement, s'il a été mis en communication avec le pôle positif de la pile, négativement s'il a été relié au pôle négatif (*). J'appellerai cette face la face fonctionnelle du film de cellophane. Mais, si dans le condensateur, on inverse la position du film de cellophane de façon à ce que le disque soit en contact avec l'autre face du film, on constate en général que cette deuxième face ne se comporte pas du tout comme la première et il arrivera, par exemple dans certaines conditions atmosphériques, que la charge du disque soit nulle quelle qu'ait été la nature du pôle qui lui a été associé dans la tentative de charge du condensateur : c'est la face en général non fonctionnelle du film de cellophane. Cette dissymétrie du type pièce de monnaie (face, pile) s'ajoute donc à la dissymétrie optique bien connue de la cellophane et facile à vérifier en lumière polarisée. On sait que cette dissymétrie est due au procédé de fabrication de la cellophane par étirement de la viscosse qui a pour effet d'orienter les molécules de cellulose dans une direction privilégiée. Dans le cas de ce film de faible épaisseur, le procédé de fabrication a-t-il entraîné, en même temps qu'une orientation des molécules dans une direction privilégiée, une déformation de ces enchaînements qui pourrait peut-être expliquer les différences de propriétés électriques sur les deux faces ? Ou bien cette différence est-elle due à des traitements chimiques ultérieurs ?

Je l'ignore, et en posant ces questions, je souhaite que le lecteur compétent dont je parlais au début de cet article, et qui aura bien voulu accorder quelque attention à ces lignes nous apporte aussi une réponse. Avant de conclure ce paragraphe, je tiens à préciser que ce film de cellophane est parfaitement isolant : au contrôleur et au galvanomètre, sa conductivité est

nulle. Il semble donc qu'aucun courant de fuite ne puisse être invoqué ; sa dissymétrie, du reste, poserait la même interrogation sous une autre forme.

En terminant cette partie, je voudrais dire que cette dissymétrie est fragile et sous la dépendance des conditions extérieures. Aussi, je demande aux lecteurs qui auraient bien voulu s'intéresser à cet article, au point d'en refaire les expériences, de ne pas s'arrêter à un premier essai et d'en tirer immédiatement des conclusions hâtives mais de répéter ces expériences à plusieurs reprises, dans des conditions atmosphériques différentes, à différentes saisons. Ils constateront probablement alors que la face non fonctionnelle peut parfois se comporter normalement.

Enfin, la simple curiosité du lecteur pourra le pousser à essayer d'autres échantillons de cellophane. Il existe ainsi une pellicule de cellophane (film cellophane en rouleau, réf. 4, produit multisac) dont les deux faces sont souvent non fonctionnelles.

L'électrisation de ces différentes variétés de cellophane est en général difficile si l'on ne prend pas de précautions particulières d'isolement. L'échantillon sur lequel on opère doit être tenu au moyen de la partie isolante d'un crayon à bille ordinaire collée avec un peu de scotch, à la cellophane. Cet échantillon doit être posé sur un support isolant convenablement choisi : avec la feuille de cellophane ou le film, la nature de ce support importe peu et la charge développée par frottement avec la laine sera négative. Par contre, avec la pellicule de cellophane, seul, le contact avec une plaque de verre permettra de la charger négativement. Il convient de remarquer également qu'avec le film de cellophane, il est pratiquement impossible d'électriser la face non fonctionnelle. Enfin, dans tous les cas, cette électrisation est fugitive et, spontanément ou par contact avec l'opérateur, elle disparaît rapidement.

Il semble bien exister une relation directe entre la facilité ou la difficulté d'électrisation d'une matière plastique et la possibilité qu'elle a de jouer ou non un rôle normal comme diélectrique dans notre condensateur et d'assurer ou non la charge correcte de son armature mobile.

Si l'électrisation est trop facile au point que le diélectrique conserve une charge permanente, le condensateur ne se chargera pas normalement. Si, au contraire, lorsque l'on ne prend pas de précautions spéciales d'isolement, l'électrisation du diélectrique est très difficile, autrement dit, si la matière plastique ne conserve pas les charges qu'on développe, l'armature mobile ne se chargera pas non plus correctement.

Ces échanges d'électrons sont liés à la nature de la matière plastique et à la structure de la face en contact avec l'armature mobile dont on étudie la charge.

INFLUENCE DU SUPPORT SUR CERTAINS MONTAGES ELECTRONIQUES.

Les matières plastiques utilisées comme support en électronique sont assez souvent faciles à électriser et peuvent même l'être spontanément ou par manipulation suivant les conditions atmosphériques. Beaucoup d'entre elles se chargent négativement, rarement positivement, comme c'est le cas de la résine époxy, par contact avec une autre matière plastique.

Cette électrisation, plus ou moins facile, plus ou moins importante et durable, traduit les propriétés particulières de ces matières plastiques.

On peut donc penser que la nature du support peut jouer un rôle en électronique particulièrement dans les montages où intervient un transistor à effet de champ. Je prendrai comme exemple le champmètre dont je rappelle le schéma (fig. 4) et

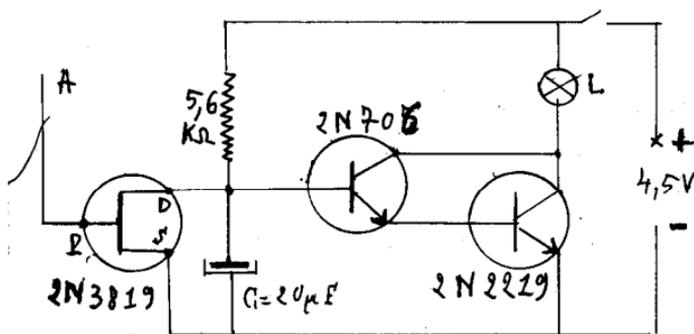


Fig. 4

dont on trouvera la description détaillée et le principe de fonctionnement dans les articles du B.U.P. cités en référence. Dans ce cas, la porte P du transistor à effet de champ (F.E.T.) est, comme on dit, en l'air. En réalité, si on a réalisé, comme c'est généralement le cas, une relation entre la porte du F.E.T. et le support, par l'intermédiaire d'une connexion métallique ou d'une soudure, la porte est au potentiel du support ou plus précisément du point du support auquel elle est reliée. Si le support est quelconque, cette liaison fait perdre au champmètre une grande partie de sa sensibilité. On peut le constater en créant véritablement une porte « en l'air ». Il suffit de fixer au fil du transistor qui correspond à la porte une antenne de faible poids au moyen d'une connexion très légère, le tout placé verti-

calement et sans aucune liaison avec le support du montage. On constate alors que la moindre excitation extérieure provoque l'allumage de la lampe pendant un temps qui peut être de plusieurs dizaines de secondes, alors qu'il est de une ou deux secondes pour un support quelconque lorsque la porte lui est associée.

Cette sensibilité peut être même gênante dans certaines expériences ; elle est au contraire précieuse lorsque l'on veut mettre en évidence de faibles charges comme c'est le cas dans l'électrisation de l'armature mobile de notre petit condensateur. Si l'on veut associer, par raison de commodité et de solidité, la porte au support sans trop diminuer la sensibilité du champmètre, il conviendra de bien choisir la nature de ce support. L'excitation extérieure (le frottement de la gaine isolante de l'antenne entre le pouce et l'index) qui, par exemple, va refouler les électrons du fil métallique de l'antenne vers la porte du transistor à effet de champ et donc aussi vers le support va faire intervenir les propriétés particulières de ce support. Suivant sa nature, il sera plus ou moins facile d'atteindre, de dépasser et de maintenir la différence de potentiel entre source et porte de F.E.T. qui déclenche l'allumage de la lampe du champmètre et le maintient tant que cette différence de potentiel n'est pas descendue au-dessous d'un certain seuil critique.

Ayant ainsi monté plusieurs champmètres avec des éléments identiques mais des supports différents (il est du reste possible, ce qui est le cas avec mes champmètres, de faire ces montages sans soudures avec du matériel vendu dans des maisons spécialisées en électronique), j'ai constaté que pour une même excitation extérieure de l'antenne, par exemple, et dans les mêmes conditions atmosphériques (c'est-à-dire au même moment), les durées d'allumage des lampes des différents champmètres variaient de la seconde à la minute. Ce sont là, du reste, de simples ordres de grandeur susceptibles de varier très largement en fonction des conditions atmosphériques (saisons, état d'ionisation, taux d'humidité, température, etc.).

Dans le cas où on ne disposerait pas d'un support convenable, on peut tout simplement fixer sur ce support ordinaire une bande de plastique cristal de quelques centimètres, placée au niveau de la porte du F.E.T. et associer la connexion de cette porte à cette bande de plastique. On se rendra compte du reste dans ce dernier cas que le frottement de cette bande provoque l'allumage de la lampe mettant ainsi directement en évidence le rôle du support.

Je souhaite que cet article rencontre la curiosité, l'intérêt et même, pourquoi pas, le scepticisme d'un certain nombre de collègues et les incite à refaire eux-mêmes avec patience les expériences dont je viens de parler et, éventuellement, à en imaginer d'autres. Peut-être auront-ils apprécié en même temps les possibilités du champmètre et les avantages de son utilisation pour un enseignement moderne de l'électrostatique.

(*) Note relative à l'électrisation :

L'électrisation et la charge de l'armature mobile du condensateur sont facilitées si, préalablement, on chauffe un peu le diélectrique avec un simple sèche-cheveux pendant quelques minutes.

BIBLIOGRAPHIE

- J.-P. PÉLISSIER. — *Réalisation d'un appareil destiné à la mise en évidence d'un champ électrique*. B.U.P. n° 565.
- M^{lle} GARNIER, M. COLLIGNON. — *Réussir les expériences élémentaires d'électrostatique*. B.U.P. n° 576.
- M. BRINGUIER. — *Electrostatique - Electronique - Electrocinétiq.ue*. B.U.P. n° 592.
- M. COLLIGNON. — *Electronique pratique : Construction et perfectionnement de champmètre*. B.U.P. n° 592.
- M^{me} DEBUIGNE. — *Expériences destinées à la classe de 4^e*. B.U.P. n° 630.
- M. BRINGUIER. — *Le champmètre et l'électrostatique*. B.U.P. n° 636.
- J.-P. CHARPENTIER. — *Tables des matières (octobre 1965 - septembre 1980)*. B.U.P. n° 641.
-