



Sur la décomposition d'un courant à haut potentiel en une série de décharges disruptives

H. Abraham

► To cite this version:

H. Abraham. Sur la décomposition d'un courant à haut potentiel en une série de décharges disruptives.
J. Phys. Theor. Appl., 1899, 8 (1), pp.366-373. 10.1051/jphystap:018990080036601 . jpa-00240374

HAL Id: jpa-00240374

<https://hal.science/jpa-00240374>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**SUR LA DÉCOMPOSITION D'UN COURANT A HAUT POTENTIEL
EN UNE SÉRIE DE DÉCHARGES DISRUPTIVES ;**

Par M. H. ABRAHAM.

1. Chacun sait que, si l'on envoie dans un circuit, en suite rythmée, les décharges successives d'un condensateur, on obtient dans ce circuit un courant, en quelque sorte permanent. Inversement, Gaugain, par exemple, a montré que la décharge d'une bouteille de Leyde peut être fractionnée en une série de décharges disruptives rythmées. Dans ce dernier cas on peut dire, aussi, que le *courant* de décharge de la bouteille de Leyde a été *décomposé* en une série de décharges disruptives. Un tel phénomène peut-il se présenter avec les courants à haut voltage fournis par les appareils d'induction ? On sait que Hagenbach et Zehnder ont tenté d'expliquer de cette manière les effets particuliers de l'*étincelle efficace* de Hertz. Je me propose de montrer ici que le courant alternatif fourni par un transformateur à haut voltage peut être, en effet, très régulièrement décomposé en une succession de décharges disruptives.

Donnons-nous, donc, un transformateur à haut voltage, actionné par un courant alternatif. Mettons les armatures d'un condensateur en connexion avec les pôles du transformateur. Plaçons, enfin, un *déflagrateur* en dérivation, c'est-à-dire de façon que ses deux électrodes communiquent respectivement avec les deux armatures du condensateur.

Nous devons, en outre, pouvoir injecter un courant d'air dans le déflagrateur.

Mais examinons, d'abord, ce qui se passe si l'on opère sans soufflage.

2. En fournissant au transformateur un courant suffisant, on établit une véritable *flamme* dans le déflagrateur. Le courant induit passe alors dans une sorte de conducteur souple, constitué par de l'air chaud, dont la haute température est maintenue par l'effet Joule ordinaire. L'éclat de cette *flamme* suit les variations d'intensité du courant. Au miroir tournant, on la voit s'éteindre presque complètement à chaque alternance, et se *rallumer* ensuite spontanément. Elle se comporte un peu comme l'arc, ayant, comme lui, un pôle plus lumineux que l'autre.

La résistance qui équivaldrait à cette flamme est, du reste, très grande; et le transformateur n'est nullement en *court circuit*. Avec une flamme de 2 centimètres, par exemple, et un courant de 48,5 milliampères, la force électromotrice aux pôles du déflagrateur est de 2.550 volts, ce qui correspondrait à une résistance de 53.000 ohms.

Si l'on diminue l'intensité, on voit la section de la flamme diminuer; sa résistance doit donc croître. Elle croît, en effet, et plus vite que l'intensité ne diminue; de sorte qu'en faisant décroître l'intensité on fait croître le voltage. Avec la même longueur de flamme que tout à l'heure, on trouve une force électromotrice de 3.400 volts, quand l'intensité est réduite à 20 milliampères, ce qui correspondrait à une résistance de 170.000 ohms.

Il convient de remarquer que le transformateur doit non seulement fournir le courant alternatif qui traverse le déflagrateur et y crée la flamme dont nous parlons; mais, en outre, à chaque demi-période, cet appareil doit encore débiter l'électricité nécessaire pour charger le condensateur et le porter à la différence de potentiel E que nous venons de constater entre les électrodes du déflagrateur.

Dès lors, si l'on diminue progressivement l'intensité du courant⁽¹⁾, il faut de plus en plus d'électricité pour charger le condensateur (E augmentant quand I diminue). Il est donc impossible que le régime de la flamme stable puisse se maintenir constamment, car il arriverait nécessairement un moment où, pour se charger au potentiel E, le condensateur absorberait plus d'électricité que n'en débite le transformateur. A ce moment, on sera nécessairement passé à un régime comportant des décharges disruptives.

Tout d'abord on aura vu disparaître le rallumage spontané de la

(¹) Ou bien si l'on augmente la capacité du condensateur.

flamme. Maintenant, au début de chaque demi-période du courant, le condensateur se charge, mais il ne passe rien dans le déflagrateur. Quand le voltage a atteint une valeur convenable, le déflagrateur fonctionne brusquement, et la décharge disruptive, l'étincelle, est capable d'allumer une flamme qui dure alors jusque vers la fin de la demi-période.

C'est ce que montre la *fig. 1*, image d'une flamme décomposée au miroir tournant et fixée par la photographie ⁽¹⁾. On y retrouve, en passant, l'inégalité d'action actinique des deux pôles.

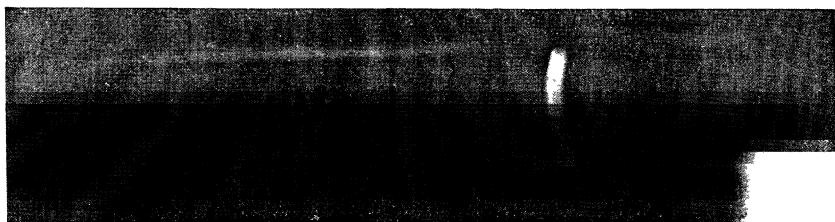


FIG. 1.

Si l'intensité du courant diminue encore (ou bien si l'on augmente encore la capacité du condensateur), il arrive bientôt que, le condensateur s'étant chargé, puis déchargé, le courant n'a pas atteint, à cet instant, une valeur qui suffise à l'entretien de la flamme. Alors, la flamme n'existant pas, le condensateur se chargera une seconde fois, et la seconde décharge disruptive amorcera la flamme, à moins que celle-ci ne se rallume qu'après trois décharges, ou quatre... ou, même, ne se rallume plus... Le courant à haut voltage est maintenant décomposé en une succession de décharges disruptives qui se répètent à chaque demi-période du courant alternatif.

3. Ce que nous venons de dire laisserait croire que, pour un même déflagrateur, la *flamme* et les *décharges disruptives* sont deux phénomènes essentiellement distincts; entre lesquels n'existerait pas une gradation continue de propriété. En réalité, cette gradation continue existe.

Quand une étincelle éclate, elle modifie d'une certaine façon le volume d'air qui l'enveloppe (elle l'échauffe, en particulier). Or il se

⁽¹⁾ Un appareil photographique visait la flamme. Mais entre l'objectif et la plaque on interposait un prisme à réflexion totale qui tournait (oscillation pendulaire) autour du faisceau incident.

trouve que, pour de l'air ainsi modifié, le potentiel explosif est moindre que pour de l'air neuf. Si donc l'air modifié n'est pas très rapidement entraîné, la seconde décharge se fera sous un potentiel plus faible; elle sera donc moins nourrie que la première. La troisième décharge, puis la quatrième, seront encore plus grêles, et finalement la flamme pourra se rallumer *progressivement*, dans cette succession d'étincelles de plus en plus grêles, se succédant de plus en plus rapidement, qui formeront la transition continue entre les deux régimes, celui de la flamme et celui des décharges disruptives distinctes.

Il est malaisé de maintenir l'intensité du courant à la valeur qui convient pour que ce régime de transition s'établisse de lui-même. Mais on peut le réaliser artificiellement en prenant un courant trop intense, qui donne une flamme stable, puis en soufflant plus ou moins fort sur cette flamme, assez fort pour que la flamme soit brisée et ne soit pas seulement orientée par le courant d'air, mais sans arriver aux soufflages énergiques qui donnent le régime stable des décharges distinctes et indépendantes.



FIG. 2.

Nous avons reproduit par la photographie l'aspect d'une étincelle ainsi médiocrement soufflée⁽¹⁾. C'est la *fig. 2*. On voit les étincelles successives passer l'une après l'autre dans la même masse

(¹) Même dispositif optique que pour la *fig. 1*.

J. de Phys., 3^e série, t. VIII. (Juillet 1899.)

d'air, qui s'éloigne relativement peu vite, jusqu'à ce qu'elles recommencent à éclater directement entre les électrodes, sans aller suivre un chemin détourné devenu trop long, et pour lequel le potentiel explosif, d'abord décroissant, puis progressivement croissant, a fini par atteindre et dépasser celui qui correspond à l'étincelle directe.

On obtient des résultats de même ordre avec ce que l'on a appelé le soufflage magnétique de l'arc, qui se comporte exactement comme un très médiocre soufflage à l'air ; c'est ici la force électrodynamique qui agit sur le conducteur souple qu'est l'air chaud pour l'éloigner des électrodes.

4. Nous allons, maintenant, montrer, au contraire, qu'en employant un soufflage très énergique le régime de la décomposition du courant en décharges disruptives est un régime stable et régulier.

En premier lieu, le flux d'étincelles doit suivre les variations du courant (secondaire), se ralentir au moment où ce courant s'annule, s'accélérer, au contraire, au moment du maximum d'intensité. Et comme, dans le transformateur, le courant primaire et le courant secondaire ont sensiblement même phase, ces observations doivent s'appliquer aussi au courant primaire.

Pour démontrer qu'il en est bien ainsi, on a projeté l'image de l'étincelle sur la plaque photographique, en employant comme système optique le miroir concave d'un galvanomètre d'Arsonval. Au moment de faire la photographie on envoyait, dans le galvanomètre, une dérivation du courant primaire, et l'on descendait lentement la plaque. L'oscillation du cadre mobile suit la variation du courant⁽¹⁾, et les flux d'étincelles doivent se photographier surtout au maximum de l'élongation. C'est bien ce que l'on voit sur la *fig. 3*, qui a été obtenue de cette manière.

Mais cette démonstration n'est pas suffisante. Il faut établir que le flux d'étincelles se répartit en suivant *quantitativement* les variations d'intensité du courant. Si, par exemple, l'intensité du courant a pour expression :

$$\sin \omega t$$

nous devons pouvoir nous assurer que l'intervalle de temps qui sépare deux étincelles doit être (très sensiblement) proportionnel à :

$$\frac{1}{\sin \omega t}.$$

(1) Il y a, en réalité, une différence de phase d'environ une demi-période.

Pour l'établir, il nous suffit d'introduire un condensateur (un microfarad par exemple) dans le circuit du galvanomètre. Nous créons

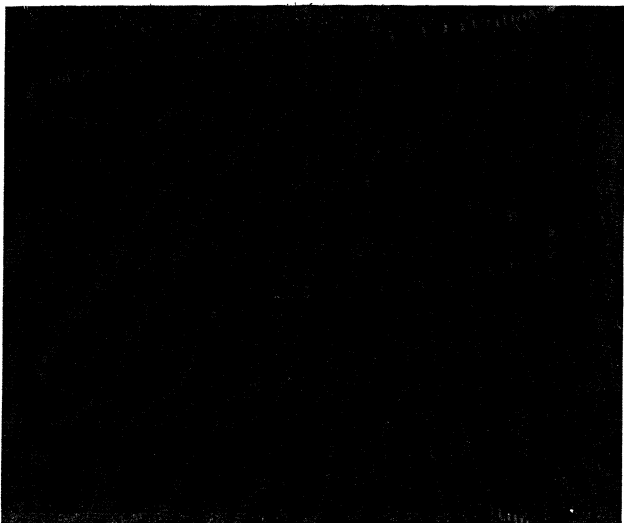


FIG. 3.

ainsi une différence de phase d'un quart de période entre le courant et l'oscillation du galvanomètre, en sorte que l'élongation varie maintenant comme :

$$\cos \omega t,$$

il en résulte que la *vitesse* est exprimée par :

$$\sin \omega t.$$

Il ne reste plus qu'à vérifier que l'intervalle de temps qui sépare deux étincelles consécutives est à chaque instant en *raison inverse de la vitesse* du miroir oscillant; ou, enfin, que les images successives des étincelles sont *très sensiblement équidistantes*. Or c'est un fait aisé à constater, notamment sur la photographie reproduite par la *fig. 4* (qui a servi pour deux expériences, comme nous le dirons dans un instant).

5. Les contrôles de la régularité du phénomène peuvent être multipliés.

Si l'on change l'intensité du courant primaire, le courant secon-

daire varie, comme on sait, dans la même proportion; et si, par exemple, le courant devient deux fois plus intense, les étincelles disruptives devront se succéder, toutes, deux fois plus vite. Or, si l'on conserve le dispositif photographique de tout à l'heure,

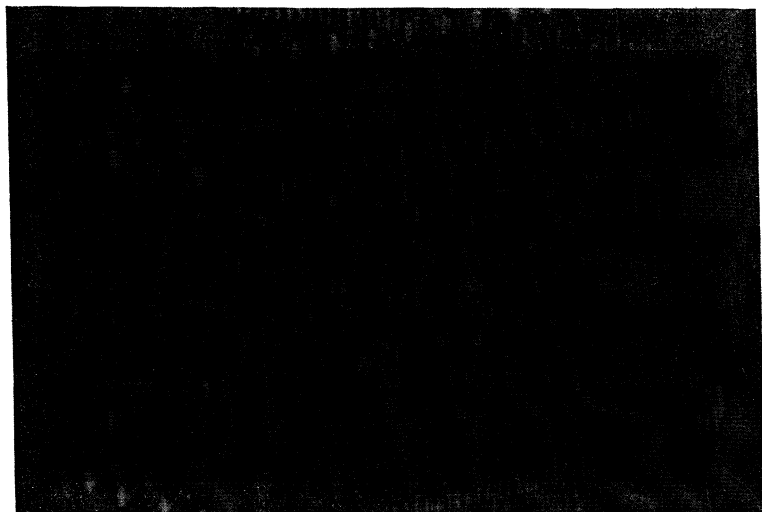


FIG. 4.

l'oscillation du galvanomètre sera devenue deux fois plus ample, et cette variation, compensant la variation de fréquence des étincelles, les images actuelles devront avoir la même équidistance que pour la première valeur de l'intensité.

L'expérience vérifie, naturellement, ces considérations presque évidentes. Il en est de même des variations que l'on prévoit devoir résulter d'un changement de distance explosive.

Voici encore une vérification.

Employons d'abord, comme capacité, deux bouteilles de Leyde semblables, groupées *en cascade*, et photographions le flux d'étincelles avec le miroir du galvanomètre, comme nous l'avons expliqué. Puis recommençons exactement la même expérience, mais en groupant les bouteilles de Leyde *en parallèle*. La capacité est maintenant quatre fois plus forte; donc les étincelles doivent se succéder, et se succèdent, en effet, quatre fois moins vite. C'est, précisément, cette double expérience que représente la *fig. 4*.

Nous nous sommes, enfin, posé une dernière question : Jusqu'à quelle limite peut-on pousser cette décomposition d'un courant en décharges successives ? La limite dépend essentiellement de la puissance du soufflage. En utilisant un jet d'anhydride carbonique, détendu à 3 kilogrammes, nous avons pu obtenir plus de *cent mille*



FIG. 5.

étincelles par seconde. Mais, avec un soufflage beaucoup plus modéré (air à la pression de 2 mètres d'eau), la décomposition se fait encore très bien. La *fig. 5* obtenue dans ces conditions⁽¹⁾ montre deux cents étincelles pour une demi-période du courant, soit *dix mille* étincelles par seconde.

6. *En résumé*, le phénomène que nous étudions, la *décomposition d'un courant à haut potentiel en une succession de décharges disruptives*, est un phénomène parfaitement régulier. Il se produit tel qu'on le calculerait *a priori*. On peut l'isoler et le maintenir dans de très larges limites de stabilité⁽²⁾.