

Voltmètre électrostatique à lecture directe pour très haute tension

H. Abraham, P. Villard

► **To cite this version:**

H. Abraham, P. Villard. Voltmètre électrostatique à lecture directe pour très haute tension. J. Phys. Theor. Appl., 1911, 1 (1), pp.525-529. <10.1051/jphystap:0191100107052500>. <jpa-00241700>

HAL Id: jpa-00241700

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00241700>

Submitted on 1 Jan 1911

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.

**VOLTMÈTRE ÉLECTROSTATIQUE
A LECTURE DIRECTE POUR TRÈS HAUTE TENSION ;**

Par MM. H. ABRAHAM et P. VILLARD.

Il semble, à première vue, que la réalisation d'un voltmètre électrostatique auquel il soit possible d'appliquer des tensions de 200 à 300 kilovolts doive présenter les plus grandes difficultés et conduire à des dimensions excessives.

L'étude que nous poursuivons sur les décharges à haute tension nous a montré qu'un tel appareil peut, au contraire, être aisément réalisé avec des dimensions très acceptables. En raison même des tensions élevées mises en jeu, on dispose de forces relativement considérables qui permettent d'adopter, pour l'amplification des mouvements, des dispositifs mécaniques, grâce auxquels on obtient la lecture directe par déplacement d'une aiguille sur un cadran.

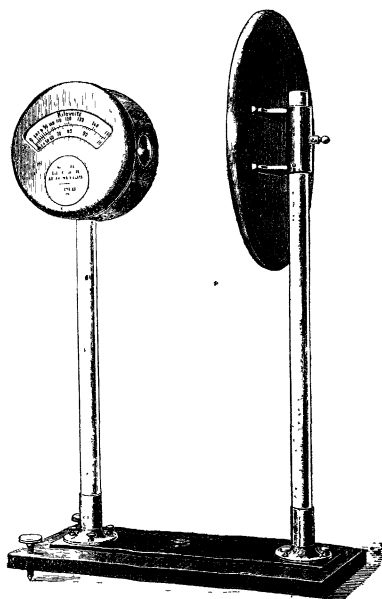


FIG. 1.

L'instrument, très habilement construit sur nos indications par les ateliers Carpentier (*fig. 1*), se présente sous la forme d'une boîte

J. de Phys., 5^e série, t. I. (Juillet 1914.)

cylindrique d'une vingtaine de centimètres de diamètre, à angles fortement arrondis, portée par une haute colonne de verre. A l'intérieur de la boîte (*fig. 2*), une tige horizontale AA', suspendue par deux minces rubans d'acier RR', de manière à former parallélogramme articulé, constitue un pendule à translation dont le mouvement se transmet par bielle et manivelle à une aiguille I se déplaçant sur un cadran visible au travers d'une fenêtre. Ce mécanisme, entièrement métallique, étant placé dans une enceinte conductrice fermée à laquelle il est relié, se trouve protégé électriquement d'une manière parfaite.

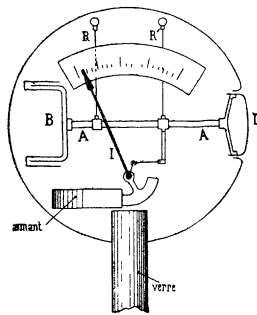


FIG. 2.

L'une des extrémités de la tige horizontale du pendule est pourvue d'un puissant amortisseur à air B; à l'autre extrémité se trouve l'organe soumis aux forces électriques. Cette pièce essentielle D est une capsule à bords droits, en aluminium embouti, dont le fond légèrement bombé, formant piston, affleure au niveau d'une ouverture pratiquée au milieu de la paroi cylindrique de la boîte.

L'ensemble de la boîte et de la capsule d'aluminium constitue ainsi un conducteur unique dont une partie de la surface est mobile et transmet comme il est dit plus haut son mouvement à l'aiguille indicatrice.

En face de la paroi mobile se trouve un large plateau attirant tenu verticalement par un support isolant. Suivant la distance à laquelle on fixe ce plateau, on peut donner au même appareil plusieurs sensibilités : un écartement de 10 à 20 centimètres convient pour des tensions ne dépassant pas 200 kilovolts.

Le fonctionnement de l'appareil repose sur le même principe que

celui de l'électromètre sphérique absolu de M. Lippmann. Sous l'effort de la pression électrostatique, la capsule d'aluminium se déplace vers le plateau, jusqu'à ce que la force antagoniste développée par la translation du pendule AA'RR' fasse équilibre à la force électrique.

L'amortissement tant du pendule AA', que de l'aiguille indicatrice, a été à dessein réglé à une valeur très supérieure à celle des instruments ordinaires, ampèremètre, voltmètre, etc., dits apériodiques, dans lesquels on laisse subsister une ou deux oscillations pour avoir un contrôle permanent de la mobilité du pivotage. L'appareil qui fait l'objet de cette description est en effet destiné surtout à des expériences au cours desquelles il arrivera très souvent que la tension sera ramenée brusquement à zéro, d'où un choc, dont la répétition fréquente pourrait fausser peu à peu les indications de l'appareil en en déplaçant le zéro. Pour cette raison, l'appareil est réglé à l'amortissement critique, ou un peu au delà.

La distance qui sépare le plateau de la boîte électrométrique (20 centimètres pour 200 kilovolts) est largement suffisante pour des essais où l'on mesure une tension continue, et au cours desquels on n'a pas à craindre de surtensions accidentelles.

Il est d'ailleurs facile d'augmenter beaucoup le coefficient de sécurité de l'instrument, comme il convient de le faire s'il s'agit de mesurer une tension alternative : il suffit d'augmenter la distance qui sépare le plateau attirant de la boîte à paroi mobile.

Exactitude des indications de l'instrument. — En raison même des dangers que présente le maniement des hautes tensions, on est toujours conduit à ne rien laisser au voisinage de l'instrument et à effectuer les lectures à distance. Le plateau attirant est, par suite, le seul corps qui ait sur la pièce mobile une action appréciable, et l'appareil peut se passer de cage protectrice.

Au point de vue de l'électrostatique élémentaire, la force motrice paraîtrait devoir être entièrement définie par la valeur de la différence de potentiel appliquée à l'instrument. Il en serait ainsi du moins dans le vide. Mais il ne faut pas oublier que l'expérience a lieu dans l'air. Aux très hautes tensions, sans même qu'il se produise aucune aigrette ou lueur appréciable, la densité électrique cubique de l'air n'est pas exactement nulle ; la forme et la distribution des lignes de force ne sont pas définies uniquement par la forme et la distance des

conducteurs en présence, et les théorèmes élémentaires de l'électrostatique cessent d'être rigoureusement applicables.

L'expérience montre en effet que, pour les tensions élevées, on observe de légères variations dans les lectures quand on change le signe de la différence de potentiel ou bien quand on relie au sol l'une ou l'autre des électrodes. Ces perturbations paraissent dues aux charges en mouvement dans l'air; la différence des mobilités des ions des deux signes explique sans doute l'influence des changements de polarité sur les indications de l'appareil.

Pour des mesures de précision, on peut rendre ces écarts insensibles en adaptant à la boîte du voltmètre un large anneau de garde entourant l'ouverture dans laquelle se déplace la capsule d'aluminium. L'instrument est alors symétrique et devient en même temps physiquement correct. Il est probable que le grand développement donné au système de garde a pour effet de *filtrer* l'air en le dépouillant des ions des deux signes, ions qui sont absorbés par les bords des plateaux, avant d'arriver au voisinage de la paroi mobile de l'électromètre.

Éclatement des étincelles sur les bords des plateaux. — Entre plateaux parallèles, l'étincelle a toujours une tendance à se produire au bord des plateaux, non seulement en raison de la courbure des surfaces, mais sans doute aussi à cause de l'action des charges existant dans l'air.

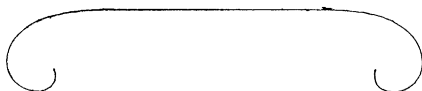


FIG. 3.

On augmente beaucoup le coefficient de sécurité des appareils en donnant aux bords des plateaux de garde une forme spéciale. Il est avantageux de leur donner un profil en spirale, qui augmente peu à peu leur écartement à mesure que s'accroît leur courbure (*fig. 3*). On doit éviter toute variation rapide de courbure qui faciliterait l'éclatement de l'étincelle disruptive.

Sensibilité en fonction de la distance. — Entre plateaux parallèles indéfinis, le champ produit par une différence de potentiel don-

née varie exactement en raison inverse de la distance. La sensibilité d'un appareil où la paroi mobile appartiendrait à la surface de l'un de ces plateaux serait donc inversement proportionnelle à leur distance.

Il en est tout autrement pour un système de conducteurs tel que celui de la figure I, qui est très analogue au système classique : sphère et plan indéfini.

Dans ce dernier cas, la distribution électrique est la même que si le plan était remplacé par la sphère symétrique, image électrique de la première par rapport au plan en question. Or la densité électrique sur un système de deux sphères portées à des potentiels différents varie beaucoup moins vite que l'inverse de leur distance, et si l'on augmente celle-ci, depuis par exemple quatre fois le rayon des sphères, jusqu'à l'infini, la valeur du champ à la surface ne diminue que dans le rapport de 7 à 5 environ.

La sensibilité de l'appareil ne diminue donc pas proportionnellement à la distance; pour un appareil où l'étendue de l'échelle correspond à 100 kilovolts pour une distance de 10 centimètres entre le plateau et la boîte métallique, il suffira de 150 kilovolts environ pour faire parcourir à l'aiguille toute la graduation quand on portera la distance à 20 centimètres.

Voltmètre unipolaire. — D'après ce qui vient d'être dit, on peut, sans réduire beaucoup la sensibilité, éloigner indéfiniment le plateau, et même le supprimer, c'est-à-dire remplacer son action par celle du sol, en ayant soin que celui-ci soit suffisamment éloigné pour que sa distance à l'appareil n'intervienne pas dans la distribution de l'électricité à la surface du voltmètre. Dans ces conditions, les déplacements de l'aiguille mesurent bien entendu le potentiel par rapport au sol. L'instrument est réduit alors à la boîte à paroi mobile qu'on a soin de tenir à au moins 1 mètre de distance des objets environnants. La sensibilité reste largement suffisante pour des potentiels de l'ordre de 100 kilovolts, et ce voltmètre unipolaire, qui offre toute sécurité, convient particulièrement pour la mesure des tensions extrêmes de 200 à 300 kilovolts.
