

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 48 (1957)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Dangers de nature électrique provoqués par des installations d'arrosage agricoles  
**Autor:** Irresberger, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058669>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

«Helvetia-Dominator» verkörpert die jahrzehntelangen Erfahrungen dieser Industrie. Dieses Modell ist eine Sonderleistung schweizerischer Präzisionsarbeit. Durch ihre bis aufs letzte durchdachte technische Vervollkommnung bietet die Helvetia-Nähmaschine jede Möglichkeit vielseitigen und angenehmen Arbeitens. Sie flickt, stopft, stickt, und durch die Zickzack-Vorrichtung sind unbegrenzte Variationsmöglichkeiten für Ziernähte vorhanden. Die elegante Form, die einfache Bedienung und die robuste Konstruktion sind erwähnenswerte Merkmale dieses Qualitäts-Produktes. Fig. 1 zeigt, wie die «Helvetia-Dominator» mit einer eingebauten Ziernaht-Automatik ausgerüstet werden kann.

**Hunziker & Cie. A.-G., Zürich**

(Halle 8b, Vorplatz.) Am bevorzugten Platz, beim Eingang zur Baumesse, zeigt die Hunziker & Cie. A.-G. als

erste Schweizer Firma ihre vorgespannten «Rocbeton»-Druckrohre, mit welchen sie sich ein neues und vielversprechendes Absatzgebiet eröffnet. Der Stand ist schon von weitem sichtbar durch drei markante 10 m hohe Türme aus diesen Druckrohren von 125 cm  $\phi$ . Im Vordergrund des Standes liegt ein «Rocbeton»-Druckrohr von 5 m Baulänge und 70 cm  $\phi$ , in welchem drei Fenster einen interessanten Blick auf die Radialvorspannung, die Längsvorspannung und die Rohrrinnenfläche frei geben. Neben den neuartigen «Rocbeton»-Druckrohren zeigt die Firma aber auch ihre bewährten Spezialrohre: das «Superbeton»-Schleuderrohr und das «Durobeton»-Rohr. Der ganze Stand ist aus Hunziker-Baustoffen errichtet, nämlich aus Kalksandsteinen, Backsteinen, Betonelementen, farbigen Bodenplatten, «Silisolit»- und «Leca»-Dachplatten. Im Interesse einer gediegenen Standgestaltung musste selbstverständlich auf eine umfassende Darstellung des gesamten reichhaltigen Fabrikationsprogrammes verzichtet werden.

## Dangers de nature électrique provoqués par des installations d'arrosage agricoles

Par G. Irresberger, Gmunden (Autriche)

621.315.1.004.6 : 614.825 : 631.347

*Une grave perturbation dans un réseau a été provoquée par un arroseur automatique rotatif qui servait à épandre du purin et en avait projeté contre les entrées de la ligne à haute tension dans un poste de transformation secondaire. L'auteur, qui mentionne de nombreuses publications au sujet d'incidents analogues ayant causé des accidents ou des dégâts, du fait des jets de liquide ou d'un dépôt électrolytique sur des surfaces isolantes, donne des renseignements sur des mesures concernant la conductivité d'échantillons d'eau et de purin, ainsi que sur les connaissances acquises par des essais sur une ligne triphasée à haute tension.*

*Ein Flächenberechnungsapparat mit selbsttätig rotierender Strahlbüse, mit dem Jauche verregnet worden war, verursachte zufolge gegen die Hochspannungseinführungen einer Ortsnetz-Transformatorstation abgetriebenen Sprühnebels eine schwere Netzstörung. Unter Nennung zahlreicher Publikationen über ähnliche Vorgänge, bei denen durch Flüssigkeitsstrahlen oder durch elektrolytische Fremdschichten auf Isolationsoberflächen sowohl Unfälle als auch Sachschäden hervorgerufen werden können, wird über Leitfähigkeitsmessungen an Wasser- und Jaucheproben sowie über die bei den Versuchen an einer Drehstrom-Hochspannungs-Versuchsleitung gewonnenen Erkenntnisse berichtet.*

Dans les réseaux de lignes aériennes, les perturbations sont le plus souvent dues à des phénomènes naturels, mais il arrive parfois qu'elles soient provoquées par des personnes étrangères à l'exploitation, qui mettent ainsi en danger d'autres personnes ou troublent la distribution de l'énergie électrique.

Parmi les activités qui peuvent dans certains cas provoquer des perturbations dans le domaine des lignes aériennes et risquent de causer des accidents, il s'agit notamment du traitement des arbres fruitiers, du fonctionnement d'installations d'arrosage, ainsi que de l'extinction d'incendies [1; 2]<sup>1)</sup>.

Dans le réseau de distribution de la S. A. des Forces Motrices de la Haute-Autriche (Oberösterreichische Kraftwerke Aktiengesellschaft, OKA), Linz-sur-le-Danube, une grave perturbation s'est récemment produite dans un poste de transformation à 25 kV, du fait du fonctionnement d'une installation d'arrosage agricole à proximité immédiate de ce poste, dans des conditions assez particulières.

Cette installation d'arrosage appartenant à une grande exploitation agricole comporte un arroseur rotatif pour grande surface, sur trépied, alimenté par une pompe à haute pression à trois pistons, avec tuyaux d'acier tout d'abord enterrés à demeure,

puis reposant sur le terrain dans la partie qu'il s'agit d'arroser. La rotation de l'arroseur est réglable entre de larges limites au moyen d'une vis à pointeau. La portée maximum des jets est de 21,5 m, à la pression normale de service. La pulvérisation d'eau pure ou d'eau usée s'opère à l'aide d'un doigt répartiteur ajustable, qui agit sur le jet, directement à la sortie du gicleur. Sans ce doigt, il se produit un long jet, tandis qu'avec ce doigt l'arrosage porte moins loin.

Par temps parfaitement calme, la surface arrosée est bien circulaire dans le cas d'un arroseur rotatif, tournant à une vitesse uniforme. Par contre, lorsque le vent souffle, l'arrosage s'étend à une surface très irrégulière, comme nous avons pu le constater par nos propres essais.

Pour l'arrosage des cultures agricoles et potagères de cette exploitation et l'épandage d'engrais, on utilise normalement de l'eau de conduite ou des eaux usées. Or, le jour où la perturbation s'est produite, on s'était servi exceptionnellement de purin, liquide qui constitue un électrolyte bon conducteur au point de vue électrique, comme des mesures ultérieures l'ont prouvé.

La distance entre l'emplacement de l'arroseur et la ligne à haute tension était d'environ 14 m et,

<sup>1)</sup> Voir la bibliographie à la fin de l'article.

jusqu'au poste de transformation, d'environ 20 m. Bien que le vent fort qui soufflait, le jour de la perturbation, en direction du poste de transformation ait prolongé considérablement la surface arrosée, le jet n'atteignit pas directement ce poste. Par contre, des traces du brouillard de purin furent nettement constatées contre les fenêtres du bâtiment d'habitation situé 24 m plus loin que le poste de transformation, ainsi que sur les armatures de fixation des parafoudres de ce poste et, naturellement, aux endroits avariés.

Ce brouillard du purin mouillant [3] avait été chassé jusqu'aux introductions dans le poste de transformation (isolateurs d'arrêt, traversées en porcelaine et plaques de verre), où il se déposa sous forme d'un film assez épais et continu, surtout aux isolateurs de traversée et aux plaques de verre. Bien que l'arrosage n'ait duré que 80 s environ, ce film, électriquement bon conducteur, provoqua une mise à la terre accidentelle sur une et deux phases, respectivement, par rapport aux cadres des fenêtres mises à la terre, puis un court-circuit affectant les trois conducteurs. Il en résulta non seulement de grands dégâts, mais aussi diverses perturbations dans les parties du réseau voisines.

Dans un cas analogue survenu en Suisse, le jet de purin d'une installation d'épandage toucha durant un certain temps, à chaque tour du tuyau rotatif, les conducteurs et les isolateurs d'une ligne à 50 kV à six fils, provoquant ainsi un court-circuit qui donna lieu à une perturbation très gênante de l'exploitation [1].

Non seulement lors de l'épandage de purin (qui constitue un électrolyte particulièrement actif), mais aussi lors de l'arrosage avec de l'eau pure ou usée, présentant une conductibilité élevée, il faut donc toujours veiller à ce que l'arroseur ne soit pas placé à proximité des supports de lignes à haute tension ou d'un poste de transformation. Outre le fait que les liquides particulièrement agressifs peuvent provoquer une corrosion des ferrures d'isolateurs, un mouillage de la surface de ceux-ci avec de l'eau de conduite ou usée fortement conductrice réduit considérablement le degré de sécurité des isolateurs de lignes aériennes à haute tension. Il va toutefois de soi que le contournement dû à la pluie représente l'une des formes les moins dangereuses de l'affaiblissement de l'isolement. Nous ne pouvons toutefois pas nous étendre ici sur les questions de détail concernant la qualité des isolateurs à haute tension selon la conductivité de l'eau et la tension de contournement sous pluie (courbes de réduction pour ramener les valeurs de contournement à la conductivité normale) [4...11].

Ces problèmes de sécurité, en vue de la protection du personnel et pour éviter des avaries dues à des claquages d'isolateurs, se présentent également dans le cas tout à fait exceptionnel de l'extinction d'un incendie au moyen d'eau à proximité immé-

diante de lignes à haute tension demeurées en service [12...31; 46], lors du nettoyage au jet d'eau d'isolateurs encrassés dans des installations à haute tension en plein air sous tension, au moyen de dispositifs d'arrosage fixes ou transportables [32...42], lors du traitement des arbres fruitiers [1; 15; 18; 43; 44], ainsi que lors de l'application au jet de produits destinés à préserver la surface de poteaux en bois [47] pendant que la ligne à haute tension est enclenchée. Des contournements d'isolateurs peuvent toutefois résulter non seulement de films

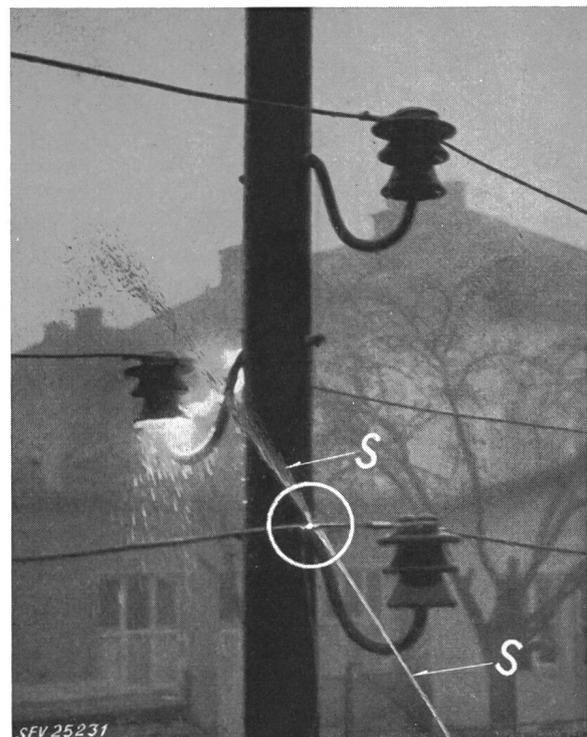


Fig. 1

#### Contournement avec formation d'un arc

à la surface d'un isolateur de ligne aérienne du type delta, vers la ferrure mise à la terre, sous une tension de service de 25 kV d'une ligne d'essai, lors de l'aspersion avec du purin présentant une conductivité de  $13\,500\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (à  $18\ ^\circ\text{C}$ ), durant 15 s. Noter les particules de chanvre incandescentes de la fixation de l'isolateur, qui retombent.

Dans le cercle blanc: Décharge entre le conducteur câblé inférieur et le jet du purin S passant dans la distance disruptive.

très conducteurs (eau pulvérisée) lors d'un arrosage direct des surfaces, mais aussi d'excréments d'oiseaux, coulant le long de ces surfaces et qui sont également bons conducteurs [48].

Dans le cas d'un isolateur pour haute tension, une couche étrangère conductrice sur sa surface (dépôt de sel, sous l'effet de l'humidité, par exemple) augmente la perdite et l'échauffement de l'isolateur, de telle sorte qu'après dépassement d'une certaine intensité de courant il se produit une série de fortes décharges risquant de provoquer un contournement suivi d'un arc, qui échauffe l'isolateur et le fissure.

Au point de vue de la sécurité, il y a lieu de remarquer que les couches étrangères adhérant aux surfaces d'isolateurs peuvent également causer des accidents. C'est ainsi, par exemple, qu'une femme fut électrocutée en touchant une lampe à incandescence, dont l'ampoule était recouverte de traînées de chaux [49].

Nous avons eu l'occasion, il y a plus de trente ans, de nous occuper en détail de la question de la conductivité d'eaux naturelles de tous genres, à la suite de deux accidents survenus dans le réseau de l'OKA [50], l'un par le jet d'eau sous tension d'un dispositif de mise à la terre [51], l'autre du fait d'un entonnoir de tension dans un cours d'eau, dû à un défaut d'un câble à basse tension. D'importantes mesures exécutées ces dernières années avec des échantillons d'eau de différentes provenances (eaux potables et d'usage de sources, cours d'eau et lacs) ont indiqué des conductivités spécifiques comprises entre 1400 et 15  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , pour une température de référence de 18 °C, voire même seulement entre 7,4 et 11,8  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  pour de l'eau de fusion de neige provenant des Toten Gebirge<sup>2)</sup>. Des mesures analogues, exécutées à 50 et 1000 Hz, avec des échantillons de purins, ont prouvé très nettement la conductivité extrêmement élevée de ce genre de liquide, qui variait entre 36 300 et 75 900  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , pour une température de référence de 18 °C, alors que l'eau de conduite à Linz atteint en moyenne 330  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , de sorte que ces purins étaient 110 à 230 fois plus conducteurs. Par rapport à l'acide sulfurique dilué, utilisé comme électrolyte dans les accumulateurs et dont la conductivité spécifique est de l'ordre de 600 000  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  ou à la solution de potasse caustique, avec 400 000  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  [53], la conductibilité du purin est toutefois inférieure de la puissance de 10.

De grandes différences proviennent également de l'endroit d'où sont tirés les échantillons, et non pas seulement de la nature des engrais (de bovidés, porcs, moutons ou chevaux, par exemple) et de leur teneur très variable en azote, potasse, acide phosphorique, chaux, acide sulfurique, soude, acide silicique, chlore et fluor, sans compter les engrais artificiels, ainsi que les mélanges d'engrais naturels et artificiels. Dans des fosses à purin, dont l'agitateur n'était pas en fonctionnement, les échantillons pris à la surface présentaient par exemple des conductivités de 7400  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (valeur minimum), tandis que ceux pris au fond de la fosse atteignaient 16 500  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (valeur maximum). Du fait qu'il est déjà arrivé parfois, dans des cas extrêmes, que l'on doive utiliser le liquide de fosses d'aisance pour éteindre un incendie, ce problème de la conductivité du purin a une grande importance, comme c'est également le cas des mélanges d'eau et de neige carbonique [31], voire d'eau de mer [26].

<sup>2)</sup> Dans un autre cas extrême, l'eau de refroidissement de 430 °d provenant d'un ruisseau et accumulée dans un étang à côté d'une usine électrique à vapeur atteignait même une conductivité spécifique de 29 000  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , rapportée à une température de 40 °C [52].

Les valeurs indiquées pour le purin dépassent en partie nettement la conductivité de l'eau de mer salée [54; 55], qui est comprise entre 12 940 et 62 800  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , selon l'époque, l'endroit et la profondeur de prise des échantillons, pour une température de référence de 25 °C. En ce qui concerne

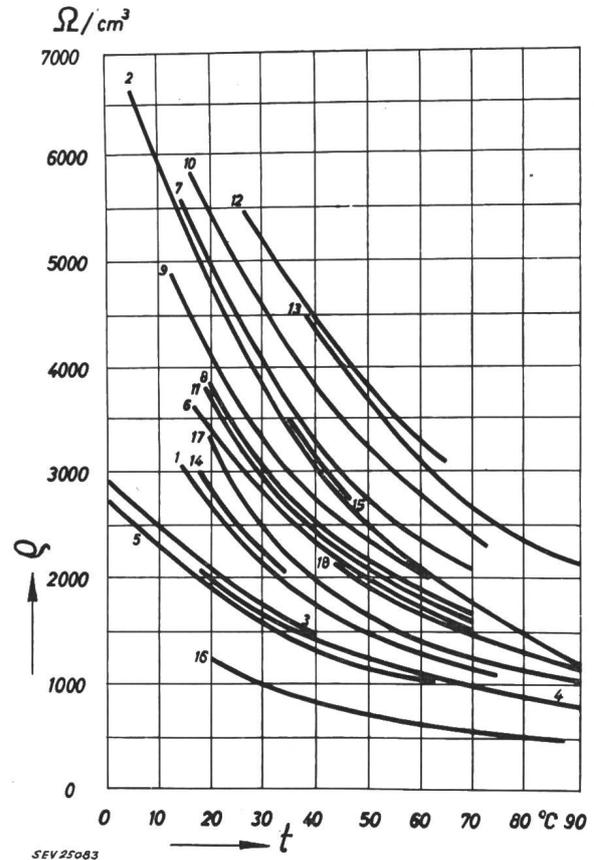


Fig. 2

Résistivité  $\rho$  de différentes sortes d'eaux en fonction de la température  $t$

1 Eau potable à Zurich (selon Tobler); 2 Eau potable à Milan (selon Reborà); 3...5 Eau de conduite à Berlin<sup>1)</sup> (selon les Usines Siemens-Schuckert [SSW]); 6...8 Eau de conduite à Gmunden; 9 Eau de la Limmat (selon Tobler); 10 Eau de la Traun; 11 Eau de l'Ager; 12 Eau du Traunsee; 12...15 Eau de chaudière (selon Höhn); 16 Eau très salée (selon SWW); 17 Eau dure à 10,4 °d de carbonate et 1,9 °d de sulfate (selon SWW); 18 Eau dure à 3,8 °d de carbonate et 3,1 °d de sulfate (selon SWW)

(Il y a lieu de noter qu'une résistivité de 2500  $\Omega \cdot \text{cm}$ , par exemple, correspond à une conductivité spécifique de 400  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )

<sup>1)</sup> Courbe 3: Loi température-résistance s'exprimant par la relation numérique  $\rho_t = 2930 e^{-0,0173 t}$  [ $\Omega \cdot \text{cm}$ ].

L'eau de mer, on sait en outre que le brouillard salin chassé par les vents provoque souvent de graves contournements aux isolateurs de lignes aériennes longeant les côtes et, par suite, des perturbations dans l'exploitation [59...87]. De même, d'épaisses couches de sel sur les isolateurs et les supports de lignes téléphoniques aériennes provoquent une forte diminution de la résistance d'isolement et de grandes pertuitances, ce qui entrave souvent le service [88; 89].

Des mesures du courant dans les couches étrangères sur les plaques de verre et les traversées en

porcelaine endommagées dans le cas mentionné au début de cet article, ainsi qu'à l'état humide sur des éléments neufs, ont d'une part indiqué des valeurs relativement élevées et confirmé, d'autre part, la dépendance entre le flux de courant et différents facteurs, tels que la composition, l'épaisseur, l'étendue et le pouvoir mouillant du film. A l'état complètement sec, cette couche étrangère était pratiquement isolante, mais on constatait un net écoulement de courant sous l'influence de l'humidité<sup>3)</sup>. Dans le cas des traversées en porcelaine fortement endommagées, on a toutefois observé de grands écarts entre les courants dans la couche étrangère, selon que les mesures avaient lieu à la partie supérieure ou à la partie inférieure du corps de porcelaine, ainsi que dans la zone du rainurage normal ou dans les rainures. Des mesures comparatives, exécutées avec du brouillard salin normalisé [90; 91]<sup>4)</sup>, ont donné des résultats analogues. Nous n'entrerons pas ici dans de plus amples détails au sujet des conditions dans lesquelles se produisent des contournements et qui diffèrent selon que le film d'eau s'écoule ou qu'il demeure immobile, sur du verre et de la porcelaine [92...97], car cela a été montré récemment par des recherches entreprises dans le but d'élucider systématiquement l'affaiblissement de l'isolement dans des installations à haute tension [98...101]. Au cours d'études entreprises dans la station d'essais à haute tension de l'OKA, en relation avec la mise au point d'une nouvelle méthode de travail (interposition de simples poteaux en bois dans le tracé de lignes à haute tension enclenchées [102]), on a d'ailleurs constaté des phénomènes analogues à ceux des recherches mentionnées ci-dessus [100; 101], lors du séchage de films d'eau sur des surfaces d'isolation propres ou encrassées par des sels d'imprégnation, après l'application de courant alternatif à haute tension.

Bien que l'incident mentionné au début de cet article et provoqué par une installation d'arrosage agricole soit le seul de ce genre qui se soit produit dans le réseau de l'OKA [50], il méritait d'être signalé, car des cas de ce genre paraissent également avoir été observés ailleurs [1]. On sait combien les installations d'arrosage sont intéressantes pour l'agriculture comme pour les entreprises électriques (commande électrique des pompes). Toutefois, lorsque ces installations ne sont pas correctement disposées, il peut en résulter des accidents [44...46], ainsi que de graves dégâts et des perturbations dans les installations des entreprises de distribution d'énergie électrique.

Les entreprises électriques doivent donc apporter une plus grande attention à ces installations, comme cela se fait dans certains pays qui ont déjà élaboré

<sup>3)</sup> Par exemple à la suite d'une très mince couche continue de gouttelettes d'eau distillée d'une conductivité de  $2,2 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , appliquée par pulvérisation extrêmement fine.

<sup>4)</sup> Conductivité de l'eau de mer artificielle, utilisée pour ces essais:  $41\,500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

des prescriptions à ce sujet [103; 104], car ces installations d'arrosage sont de plus en plus fréquemment utilisées par les maraîchers et les agriculteurs et, d'autre part, les fabricants mettent maintenant sur le marché des dispositifs permettant d'arroser de grandes surfaces.

### Bibliographie

- [1] Vogel, E.: Gemeinsames Vorgehen der Elektrizitätswerke zur Verhütung von durch Drittpersonen verursachten Störungen und Unfällen an elektrischen Freileitungen und Kabelleitungen. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 25, S. 977...984.
- [2] Irresberger, G.: Stromunfälle von Fremdpersonen an Starkstrom-Freileitungen. Berufsgenossensch. Bd. —(1956), Nr. 7, S. 277...281.
- [3] Herterich, O.: Ein Beitrag zur Terminologie der Wasserzerstäubung. Z. Forsch. u. Techn. im Brandschutz Bd. 5 (1956), Nr. 2, S. 43...48.
- [4] Weicker, W.: Regen-Überschlagsspannung von Freileitungs-Isolatoren. Elektro-J. Bd. 1(1921), Nr. 4, S. 11...12.
- [5] Weicker, W.: Neuere Gesichtspunkte zur Beurteilung von Hängeisolatoren. Elektrotechn. Z. Bd. 42(1921), Nr. 51, S. 1473...1478; Nr. 52, S. 1508...1511.
- [6] Weicker, W.: Beurteilung der Isolatoren des Weltmarktes nach Wasserleitfähigkeit und Regenüberschlagsspannung. Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen Bd. 20(1922), Nr. 13, S. 139...142; Nr. 17, S. 192.
- [7] Weicker, W.: Gesichtspunkte für die Bestimmung der Regenüberschlagsspannung von Freileitungs-Isolatoren. Mitt. Hermsd. Schom. Isolat. Bd. —(1923), Nr. 7, S. 111...156.
- [8] Weicker, W.: Gesichtspunkte für die Bestimmung der Regenüberschlagsspannung von Freileitungs-Isolatoren. Elektrotechn. u. Maschinenbau Bd. 41(1923), Nr. 30, S. 429...438.
- [9] Lienhard, E.: Über den Einfluss der Anzahl von Überschlägen bei Beregnung, sowie der Beregnungszeit auf die Überschlagsspannung von verschiedenen Freileitungsisolatoren. Bull. SEV Bd. 18(1927), Nr. 7, S. 420...426.
- [10] Weicker, W.: Prüfvorschriften für Hochspannungs-Isolatoren. Vergleichende Gegenüberstellung der in den einzelnen Ländern zur Zeit gültigen Bestimmungen. Elektrotechn. Z. Bd. 48(1927), Nr. 44, S. 1631...1635.
- [11] Koshuchow, W. K.: Les essais d'amorçage sous pluie sur les isolateurs. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1935, Bd. 2, rapp. 232, 9 S.
- [12] Heinicke, F.: Was ist über die Gefährdung der Feuerwehr beim Anspritzen stromdurchflossener Drähte zu sagen. Elektrotechn. Z. Bd. 24(1903), Nr. 25, S. 478...481.
- [13] Storer, S. B., H. O. Rockwell und R. E. Danforth: Report on High Voltage Transmission Lines. Street Railw. J. Bd. 29(1904), Nr. 13, S. 449...450.
- [14] Anonym: Gefährdung der Feuerwehr beim Anspritzen elektrischer Leitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 26(1905), Nr. 5, S. 124...125.
- [15] Anonym: Anspritzen von Hochspannungsleitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 36(1915), Nr. 2, S. 20.
- [16] Koepsel, A.: Das Anspritzen von Hochspannungsleitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 36(1915), Nr. 16, S. 194...195.
- [17] Haas, B.: Anspritzen von Hochspannungsleitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 36(1915), Nr. 17, S. 210.
- [18] Maeder: Die 100 000 V Hochspannungsleitung in den Strassen Berlins. Anspritzversuche und Sicherheitsmassnahmen. Feuerschutz Bd. 3(1923), Nr. 5, Seite 100...105.
- [19] Anklam, K.: Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe. Elektrotechn. Z. Bd. 46(1925), Nr. 40, S. 1508...1509; Bd. 47(1926), Nr. 24, S. 713.
- [20] Wahlig, J.: Dürfen Brände in unter Spannung stehenden Anlagen mit Wasser gelöscht werden? Elektr.-Wirtsch. Bd. 27(1928), Nr. 451, S. 60...65; Nr. 457, S. 222...223; Nr. 464, S. 420...422; Bd. 28(1929), Nr. 491, S. 457...460.
- [21] Müller: Feuerwehr und Starkstrom. Feuerschutz Bd. 8 (1928), Nr. 4, S. 74...77.
- [22] Anonym: Wasserlöschung von Bränden in elektrischen Anlagen. Elektrotechn. Z. Bd. 49(1928), Nr. 33, S. 1238...1239.
- [23] Anonym: Mit dem Strahlrohr gegen eine Hochspannungsleitung von 132 000 V. Fireman Bd. 56(1933), Nr. 682, S. 186.
- [24] Criswell, R. B. und D. K. Auck: Die elektrische Leitfähigkeit von Wasserstrahlen. Fireman Bd. 57(1933), Nr. 686, S. 59.
- [25] Bufjet, Maruelle, Y. Le Moigne und Ch. Roussel: Peut-on, dans un incendie, arroser les conducteurs sous tension? Rev. gén. Electr. Bd. 36(1934), Nr. 9, S. 305...316.
- [26] Anonym: Wasserstrahlen gegen Hochspannungsleitungen. Fire-Engng. Feuerpolizei Bd. 39(1937), Nr. 9, S. 156...157.
- [27] Burnet, G.: Feuerwehreute und elektrische Gefahren. The Fireman Bd. 62(1938), Nr. 747, S. 77...79; Nr. 748, S. 89.
- [28] Holmström, G.: Elektrische Leitfähigkeit von Meerwasser. Feuerpolizei Bd. 40(1938), Nr. 1, S. 20.
- [29] Moltke, C. von: Feuerwehr und Elektrizität. Elektrotechn. Z. Bd. 27(1906), Nr. 26, S. 601...607; Nr. 27, S. 639...640; Nr. 34, S. 803.

- [28] *Wasterlain*: La conductivité électrique des jets d'eau sortant d'une lance. *Pact* Bd. 6(1952), Nr. 5, S. 215.
- [29] *Rossmagel, W. E.*: Modern Techniques for Fighting Electrical Fires. *Nat. Saf. News*. Bd. 65(1952), Nr. 6, S. 22.
- [30] *Wesseling, J. J.*: Spritzen mit Wasserstrahlen auf unter elektrischer Spannung stehende blanke Leitungen. *De Brandweer* Bd. 8(1954), Nr. 1, S. 10...12.
- [31] *Wagner, F.*: Die Strahlrohrerdung. *Z. Forsch. u. Technik im Brandschutz* Bd. 3(1954), Nr. 2, S. 61...65.
- [32] *Montandon, A. und Y. Le Moigne*: Amélioration apportée à l'isolement des lignes à haute tension situées au voisinage de la mer. *Rev. gén. Electr.* Bd. 22(1927), Nr. 6, S. 217...219. *Bull. SEV* Bd. 19(1928), Nr. 4, S. 125...128.
- [33] *Fleming, G. A.*: Provision Made for Three Fuels at Long Beach. *Electr. Wld.* Bd. 92(1928), Nr. 14, S. 673...679. *Anonym*: The Answer to Spray and Fog Exposure. *Insulator Surface Resistance*. *Electr. Wld.* Bd. 94(1929), Nr. 23, S. 114.
- [34] *Wood, R. J. C.*: Spray and Fog Tests on 220-kV Insulators. *J. AIEE* Bd. 48(1929), Nr. 12, S. 900...904.
- [35] *Josse, H.*: De l'influence des conditions atmosphériques sur le fonctionnement des lignes de transmission d'énergie à haute tension. *Rev. gén. Electr.* Bd. 45(1939), Nr. 20, S. 655...665.
- [36] *Estorff, W. und W. Weber*: Abspritzen von Hochspannungsisolatoren im Betrieb. *Elektrotechn. Z.* Bd. 61(1940), Nr. 36, S. 817...822.
- [37] *Roggendorf, A.*: Reinigung von Höchstspannungsanlagen unter Spannung. *Elektrotechn. Z.* Bd. 61(1940), Nr. 36, S. 823...827.
- [38] *Estorff, W.*: Abspritzen von Hochspannungsisolatoren im Betrieb. *Z. VDI* Bd. 85(1941), Nr. 17, S. 401...402.
- [39] *Malloy, C. T.*: Transmission Operation and Maintenance. *Electr. Wld.* Bd. 131(1949), 21. Mai, S. 214...218.
- [40] *Roggendorf, A.*: Reinigung von Hochspannungsanlagen unter Spannung mit fest eingebauten Berieselungsanlagen. *Betriebsverfahren aus über einem Jahrzehnt*. *Elektr.-Wirtsch.* Bd. 50(1951), Nr. 2, S. 31...36; Nr. 5, S. 123...127.
- [41] *Werner, E.*: Die Dampfkraftwerke Voitsberg und St. Andrä der Österreichischen Draukraftwerke A.-G. Betriebsverfahren und Erweiterungspläne. *E. u. M. Bd.* 73(1956), Nr. 11/12, S. 260...268.
- [42] *VDE 0143/56* Vorschriften und Richtlinien für das Abspritzen verschmutzter Hochspannungsisolatoren unter Spannung
- [43] *Centralschweizerische Kraftwerke*: Ist das Baumspritzen in der Nähe von elektrischen Leitungen gefährlich? *Bull. SEV* Bd. 30(1939), Nr. 3, S. 73...75.
- [44] *Jorgensen, M. O., N. Andersen, A. Mose-Christensen, S. Tanggaard und P. Poulsen-Hansen*: Betaenkning fra det af Danske Elvaerkeres Forening nedsatte regnkranudvalg. *Elektrotekniker* Bd. 48(1952), Nr. 6, S. 101...109.
- [45] *Billib, H.*: Anspritzen elektrischer Leitungen im Beregnungsgebiet. *Wasser u. Boden* Bd. 4(1952), Nr. 3, S. 60...62.
- [46] *Koch, W.*: Widerstand von Wasserstrahlen. *ETZ-A* Bd. 74(1953), Nr. 18, S. 543...544.
- [47] *Jurenkow, W. D.*: Mechanisierte antiseptische Behandlung des Holzstoffes von Freileitungsmasten. *Elektrischeskie stanzi* Bd. —(1953), Nr. 8, S. 39...43.
- [48] *Transmission at 220 Kv on the Southern California Edison System*. A Symposium. *J. AIEE* Bd. 43(1924), Nr. 10, S. 901...908; Nr. 11, S. 1025...1030.
- [49] *Jellinek, St.*: Gefährdungsmöglichkeiten bei Berührung unsauberer Glühlampen. *Elektrotechn. Z.* Bd. 43(1922), N. 24, S. 815...817.
- [50] *Irresberger, G.*: Die Analyse der Unfälle 1919 bis 1939 eines grossen Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmens. *Bull. SEV* Bd. 42(1951), Nr. 12, S. 443...450.
- [51] *Irresberger, G.*: Unkenntnis der Gefahr als Ursache schwerer Unfälle. *Sichere Arbeit* Bd. 4(1951), Nr. 3, S. 3...5.
- [52] *Smolanski, A.*: Einfluss der Schienenströme elektrischer Strassenbahnen auf die Korrosion in Turbinenkondensatoren. *Elektrotechn. Z.* Bd. 56(1935), Nr. 5, S. 100...104.
- [53] *Schmidt, E. und W. Piening*: Versuche über das Verhalten von alkalischen Akkumulatoren bei tiefen Temperaturen. *Elektrotechn. Z.* Bd. 55(1934), Nr. 36, S. 878...881.
- [54] *Ruppig, E.*: Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Meerwassers. *Z. anorg. Chemie* Bd. 49(1906), Nr. 2, S. 190...194.
- [55] *Traugott, G.*: Die elektrische Leitfähigkeit des Seewassers. *Carlswerk-Rdsch.* Bd. 2(1928), Nr. 4, S. 11...12.
- [56] *Süberkrüb, W.*: Nebelüberschlagsversuche an verschmutzten Isolatoren. *AEG-Mitteilung für Bahnbetriebe* Bd. —(1932), Nr. 13.
- [57] *Satoh, Y. und K. Murakoshi*: Wirkung tonhaltiger Staubbiederschläge auf die Stossüberschlagsspannung von Isolatoren [in japanischer Sprache]. *J. Inst. Electr. Engrs. Japan*. Bd. 54(1934), S. 967...970.
- [58] *John, W. J. und F. M. Sayers*: Transmission-Line Insulators under Deposit Conditions. *J. Inst. Electr. Engrs.* Bd. 77(1935), Nr. 467, S. 629...648. Discussion S. 648...662.
- [59] *Martinet I. I. W. L. und H. I. Lessén*: Die elektrische Lokbahn Rotterdam—Haag. *De Ingenieur* Bd. —(1918), Nr. 4.
- [60] *Anonym*: Pin or Arm Insulator not Sufficient. *Electr. Wld.* Bd. 72(1919), Nr. 9, S. 394...396.
- [61] *Sylvan, E.*: Nagot om salt som isolator-förstörare. *Elektrotekn. T.* Bd. 53(1923), S. 215, 227.
- [62] *Weicker, W.*: Einiges über Salz als Isolationsstörer. *Mitt. Vereinig. Elektrizitätsw.* Bd. 23(1924), Nr. 361, S. 174...180.
- [63] *Bokkelen, W. R.*: Protecting Lines Against Salt Fogs and Dust. *Electr. Wld.* Bd. 85(1925), Nr. 20, S. 1028...1029.
- [64] *Anonym*: Sand-Salzablagerung auf Isolatoren. *Mitt. Hermsd.-Schomb. Isolat.* Bd. —(1926), Nr. 29/30, S. 893...894.
- [65] *Schweppenhäuser, H. G.*: Verhalten von Freileitungen bei Salzablagerungen unter dem Einfluss der Meeresnähe. *VDE-Fachber.* Bd. 3(1928), S. 25...27.
- [66] *Larsen, S.*: Hochspannungsisolatoren in Küstengebieten. *Elektrotekn. T.* Bd. 41(1928), Nr. 1.
- [67] *Bechholdt, H.*: Untersuchung von Isolatoren bei starker Verschmutzung. *Elektrotechn. Z.* Bd. 49(1928), Nr. 9, S. 331...332.
- [68] *Bechholdt, H.*: Untersuchung von Isolatoren bei starker Verschmutzung. *Mitt. Hermsd.-Schomb. Isolat.* Bd. —(1928), Nr. 38, S. 1202...1208.
- [69] *Pfeiffer, R.*: Neuere Prüfeinrichtungen für Hochspannungsisolatoren im mechanisch-technischen Versuchsfeld. *Mitt. Hermsd.-Schomb. Isolat.* Bd. —(1928), Nr. 38, S. 1185...1201.
- [70] *Montandon, A. und G. Gravier*: Amélioration apportée à l'isolement des lignes à haute tension situées au voisinage de la mer. *Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)*, Paris 1929, Bd. 2, rapp. 32, S. 455...462.
- [71] *Schneider, W.*: Untersuchungen über die Beeinflussung der Überschlagespannung von Kettenisolatoren durch Salzablagerung auf den Porzellanschirmen. *Stemag-Nachr.* Bd. 4(1930), Nr. 5, S. 152...168.
- [72] *Anonym*: Verschmutzungssichere Hängisolatoren. *Elektrotechn. Z.* Bd. 52(1931), Nr. 9, S. 273...274.
- [73] *Nuttal, G. R. F.*: Effect of Atmospheric Conditions on Insulators. Estimates of the Amounts of Deposit in Industrial Arcas in Great Britain. *Wld. Power* 13(1930), Nr. 78, S. 561...564.
- [74] *Montandon, A. und G. Gravier*: Amélioration apportée à l'isolement des lignes à haute tension soumises à des dépôts. *Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)*, Paris 1931, Bd. 2, rapp. 19, S. 172...179.
- [75] *Swingler, G. H. und W. Smid*: Insulators Troubles. Experiences on the Cape Rural Supply System of the South African Electricity Supply Commission. *Electrician* Bd. 107(1932), Nr. 2778, S. 278...279.
- [76] *Ryle, P. J.*: Two Transmission-Line Problems. The Design of Suspension Insulators for Use in Industrial Areas in Great Britain, and the Vibration of Overhead Transmission-Line Conductors. *Electr. Rev.* Bd. 108(1931), Nr. 2777, S. 276...277. *Ryle, P. J.*: Two Transmission-Line Problems — Suspension Insulators for Industrial Areas in Great Britain; Conductor Vibration. *J. Inst. Electr. Engrs.* Bd. 69(1931), Nr. 415, S. 805...827, Discussion S. 827...849.
- [77] *Obenaus, F.*: Über die Bewährung von Hescho-Sonderisolatoren in Leitungen mit starker Verschmutzungsgefahr. *Hescho-Mitt.* Bd. —(1932), Nr. 64/65, S. 2023...2044.
- [78] *Obenaus, F.*: Der Einfluss von Oberflächenbelag (Tau, Nebel, Salz und Schmutz) auf die Überschlagespannung von Isolatoren. *Diss. TH Dresden* 1933.
- [79] *Obenaus, F.*: Der Einfluss von Oberflächenbelag (Tau, Nebel, Salz und Schmutz) auf die Überschlagespannung von Isolatoren. *Hescho-Mitt.* Bd. —(1933), Nr. 70, S. 2203...2239.
- [80] *Bernard, L. und W. Weicker*: Isolationsstörungen. *Elektrotechn. Z.* Bd. 55(1934), Nr. 6, S. 145...146.
- [81] *Obenaus, F.*: Die Überschlagespannung verschmutzter Isolatoren. *Elektrotechn. Z.* Bd. 56(1935), Nr. 13, S. 369...370.
- [82] *Hillebrand, W. A. und Ch. J. Miller*: Insulator Surface and Radio Effects. *Electr. Engng.* Bd. 53(1934), Nr. 8, S. 1213...1220.
- [83] *Anonym*: Salt Deposits on Insulators. *Standard Testing Methods Suggested of the I. E. E.* *Electr. Times* Bd. 95(1939), S. 292.
- [84] *Anonym*: Il fenomeno dei depositi salini meteorici sulle linee elettriche nelle regioni del basso Po. *Energia elettr.* Bd. 17(1940), Nr. 2, S. 104...105.
- [85] *Zanon, F. S.*: La polvere meteorica salina de gennaio 1940. *Geofis. pura appl.* Bd. 2(1940), S. 173...184.
- [86] *Estorff, W.*: Die Naturerscheinung atmosphärischer Salzablagerungen auf Freileitungsisolatoren in der unteren Po-Ebene. *Elektrotechn. Z.* Bd. 62(1941), Nr. 30, S. 661...662.
- [87] *Anonym*: Autocombustione di pali in legno di linee elettriche dovuta a depositi salini meteorici. *Energia elettr.* Bd. 18(1941), Nr. 2, S. 126...128.
- [88] *Anonym*: Untersee-Fernsprechkabel für die Fernsprecheinbindung «Wien—Dalmatien». *Elektrotechn. Z.* Bd. 34(1913), Nr. 11, S. 295...296.
- [89] *Nowotny, R.*: Isolationsverhältnisse österreichischer Küstenleitungen. *Elektrotechn. u. Maschinenbau* Bd. 31(1913), Nr. 39, S. 821...823.
- [90] *Commission Electrotechnique Internationale*: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique des pièces détachées. *Publ. Nr. 68*, 1954. Genève: Bureau Central de la C. E. I. 1954.
- [91] *Ganz, E. und K. Michel*: Die Berücksichtigung klimatischer Einflüsse bei der Planung und Konstruktion elektronischer Geräte. *Bull. SEV* Bd. 47(1956), Nr. 10, S. 441...458.

[92] Cohnstaedt: Beobachtungen über die Wasserhaut von Glas und Metallen. Die Wasserhauttheorie der elektroaktiven Oberflächen. Leipzig: Barth 1912.  
 [93] Kyser, H.: Die elektrische Kraftübertragung. Bd. 1. 2. Aufl. Berlin: Springer 1920. (Siehe Kapitel Mauerdurchführungen S. 313...319.)  
 [94] Schwaiger, A.: Elektrische Festigkeitslehre. Berlin: Springer 1925. (Siehe S. 164...173.)  
 [95] Semenov, N. und A. Walther: Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. Berlin: Springer 1928.  
 [96] Small, G. G., R. J. Brooksbank und W. M. Thornton: The Electrical Resistance of Moisture Films on Glazed Surfaces. J. Instn. Electr. Engrs. Bd. 69(1931), Nr. 411, S. 427...436.  
 [97] Thornton, W. M.: A New Method of Measuring adsorbed Moisture Films on Non-Conductors. J. Instn. Electr. Engrs. Bd. 74(1934), Nr. 449, S. 448...452.  
 [98] Cron, H. von, W. Estorff und H. Lüpplé: Le comportement des isolateurs à haute tension dont les surfaces sont soumises à diverses conditions. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1954, Bd. 2, rapp. 218 und 218 bis, 30 S.  
 [99] Reverey, G.: Der Fremdschicht-Überschlag an Isolatoren bei Betriebsspannung. ETZ-A Bd. 76(1955), Nr. 1, S. 36...42.

[100] Cron, H. von: Der Fremdschichtüberschlag. Eine Darstellung von Untersuchungen zur systematischen Klärung der Isolationsminderung in Hochspannungsanlagen. Siemens Z. Bd. 29(1955), Nr. 10, S. 427...434.  
 [101] Cron, H. von: Der Fremdschichtüberschlag. Ergebnisse der Untersuchungen an Freiluft-Isolatoren mit saugfähigen Fremdschichten unter Betauung. Siemens Z. Bd. 29(1955), Nr. 11, S. 475...483.  
 [102] Irresberger, G.: Schutzmassnahmen bei Aufstellung von Holzmasten unter Spannung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 53(1954), Nr. 24, S. 788...790.  
 [103] VDE: Vorschriften für den Betrieb von Starkstromanlagen. VDE 0105/...56, Entwurf 1. Wuppertal u. Berlin: VDE-Verlag 1956. (Siehe IV/A/n.)  
 [104] ÖVE: Merkblatt über das Verhalten der Bevölkerung gegenüber elektrischen Freileitungen. ÖVE-L8/1954. Wien: Elektrotechnischer Verein Österreichs 1954.

Adresse de l'auteur:

G. Irresberger, assistant de la direction de l'OKA, Gmunden, Ort 76, Autriche.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Canons pour cinéscopes à spot non-circulaire

621.397.621.2 : 621.3.0.32.263

[D'après R. C. Knechtli et W. R. Beam: Kinescope Electron Guns for Producing Noncircular Spots. RCA Rev. Vol. 17(1956), n° 2, p. 275...296]

Introduction

Cet article décrit des canons électroniques d'un nouveau type, pour cinéscopes et tubes à rayons cathodiques. Ces canons se distinguent par leur propriété de produire un spot rectangulaire ou allongé, avec une densité de courant élevée. D'une manière générale, des spots de forme quelconque peuvent être obtenus à l'aide du second type de canon décrit ci-dessous.

Limitations fondamentales

Afin de mieux faire comprendre le fonctionnement des canons en question, les principaux facteurs limitant leurs performances sont résumés.

1. Par suite d'aberrations sphériques dans le système d'optique électronique, la densité de courant maximum s'obtient dans le spot lorsque l'on réduit le produit  $V_0 \sin^2 \theta_0$  à la plus petite valeur possible.  $V_0$  est le potentiel de l'objet;  $\theta_0$  est l'angle de divergence du faisceau d'électrons à l'objet; les dimensions de l'objet sont supposées constantes, ainsi que le grossissement. Le spot s'obtient en projetant sur l'écran, à l'aide d'un système d'optique électronique, une section donnée du faisceau d'électrons. Cette section est l'objet du système optique; le spot est l'image. L'objet se situe en général sur un plan proche de la cathode, où la section du faisceau atteint un minimum.

2. Les fluctuations thermiques de la vitesse d'émission des électrons à la cathode déterminent la valeur minimum du produit  $V_0 \sin^2 \theta_0$  théoriquement possible pour une densité donnée de courant à la cathode.

3. La charge d'espace tend à diffuser le faisceau électronique. Cet effet diminue à mesure que le potentiel du faisceau croît. Pour cette raison, on a avantage à choisir le potentiel  $V_0$  de l'objet aussi élevé que possible.

Canon à lentille cylindrique

Dans un canon conventionnel, une lentille sphérique formée d'électrodes à ouvertures circulaires réduit la section du faisceau émis par la cathode à une dimension minimum; cette section minimum, proche de la cathode, demeure circulaire et constitue l'objet du système d'optique électronique. L'objet étant circulaire et le système optique étant sphérique, le spot (l'image) est également circulaire. Le canon à lentille cylindrique diffère du canon conventionnel par une lentille cylindrique (au lieu d'une lentille sphérique) qui forme la section minimum du faisceau. Au lieu de converger en un point après avoir quitté la cathode, le faisceau converge sur une ligne; cette ligne est l'objet du système optique produisant le spot. Un diaphragme proche de l'objet limite la longueur utilisable de la ligne, ce qui limite aussi la longueur du spot. La largeur du spot dépend de la largeur

de la ligne-objet. La fig. 1 montre un canon de ce type. Avec une distance cathode-écran de 53 cm, ce canon a produit un spot d'environ  $0,25 \times 1,0$  mm, avec un courant maximum de 1 mA dans le spot, et l'écran à un potentiel de 25 kV.

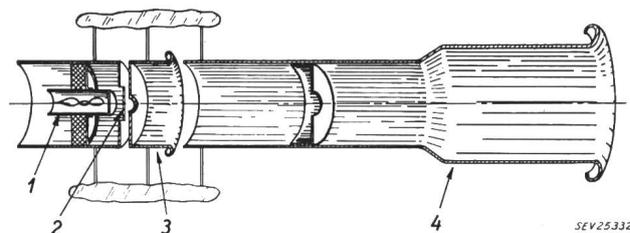


Fig. 1

Canon à concentration linéaire

1 Cathode; 2 Electrode de commande, fente de 0,5 mm de largeur; 3 Anode d'accélération, ouverture de 0,5 mm de diamètre; 4 Anode de concentration

Canon à objet défini par diaphragme

Dans ce canon, l'objet est défini par un diaphragme limitant la section du faisceau électronique. Cela permet de choisir à volonté la forme de l'objet et, par conséquent la forme du spot. De plus, contrairement à ce qui se passe dans un canon conventionnel, les dimensions et la position de l'objet ne dépendent pas de l'intensité du faisceau. Enfin, les bords du spot sont plus nets.

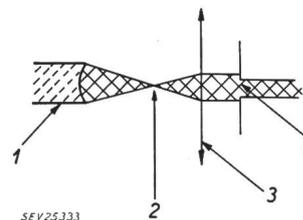


Fig. 2

Principe du système de formation de l'objet

1 Cathode; 2 Croisement; 3 Lentille électronique; 4 Diaphragme définissant l'objet

Afin de réduire au minimum l'effet des aberrations sphériques du système optique projetant l'objet sur l'écran, l'on cherchera à réduire le produit  $V_0 \sin^2 \theta_0$  au minimum, pour un objet et un courant électronique donnés. Afin de réduire au minimum l'effet de la charge d'espace, on choisira le potentiel  $V_0$  de l'objet aussi élevé que possible. Ces deux considérations résultent directement des limitations fondamentales mentionnées plus haut. Elles mènent logiquement au système représenté à la fig. 2. Dans ce système, le faisceau se trouve concentré en un point (crossover); ce point coïncide avec le foyer d'une lentille électronique. Tous les électrons passant par ce foyer émergent de la lentille sans di-