

avoisinentes dans un système de défense homogène et bien compris.

3° Le gouvernement, en vertu de la loi de 1807, doit subvenir, dans une proportion indéterminée, aux travaux d'entretien. Il n'a, sur ce point, d'autre limite que sa générosité. Aucun texte ne le gêne. Pour faire valoir votre bon droit, vous pouvez alléguer parfaitement le droit de propriété de l'Etat, l'absence de tout curage, etc.; tous ces moyens, qui ne seraient que de la poussière d'arguments dans un procès engagé devant la juridiction administrative, n'en sont pas moins très sérieux, et peuvent exciter le gouvernement à se montrer généreux jusqu'à la *totalité* de la somme nécessaire.

4° La révision du périmètre de chaque association est encore la seule voie qui permette de forcer l'Etat, le département, les communes à payer, pour leurs immeubles, au même titre que les particuliers, une quote-part annuelle.

Telles sont les réflexions que la demande qui m'a été faite, m'a suggérées.

Paul BOUGAULT,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

ÉLECTRICITÉ

ISOLATEURS A HAUTE TENSION (*)

Les isolateurs ne doivent céder à la tension qu'ils supportent que superficiellement, par la couche d'air extérieure, et non par la masse isolante; la longueur de passage à la superficie est ainsi la longueur de sûreté des isolateurs. La rupture de l'isolant comporte, en effet, des conséquences beaucoup plus graves pour l'exploitation que le court-circuit par l'air, qui disparaît en même temps que la sur-tension.

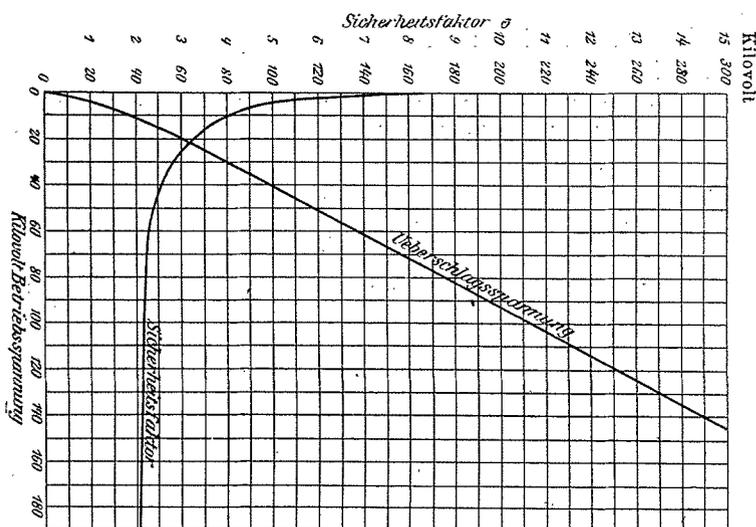


FIG. 1. — Courbe du facteur de sûreté σ

Le diagramme de la figure 1 donne, en fonction de la tension en kilovolts du réseau, les facteurs de sûreté σ (Sicherheitsfaktor) généralement employés; on appelle ainsi le rapport de la tension que peut supporter l'isolateur (Ueberschlagsspannung) à la tension d'utilisation (Betriebsspannung).

(*) D'après KULMANN, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1910. Voir aussi *La Lumière Electrique*.

Pour déterminer ces courbes, on a supposé que les deux conducteurs sont isolés par rapport au sol; il peut alors exister entre l'un d'eux et la terre 50 à 60 pour 100 de la tension.

On voit d'après la courbe que le facteur de sûreté varie de 6,5 à 2. Ces valeurs sont évidemment plus ou moins variables suivant l'importance et la nature de la station; mais, en tout cas, même avec un conducteur à la terre on ne pourrait pas les abaisser de plus de 70 à 80 pour 100.

Isolateurs de Support pour l'extérieur

La tension de rupture pour ces isolateurs, qu'on fait généralement en porcelaine travaillant à la compression, dépend beaucoup de leur état hygrométrique. On est donc obligé de prendre un facteur de sûreté beaucoup plus grand pour les très hautes tensions: 3 et même 3,5. La résistance à la rupture doit être plus grande, de 35 à 50 pour 100 plus élevée que celle indiquée par la figure 1.

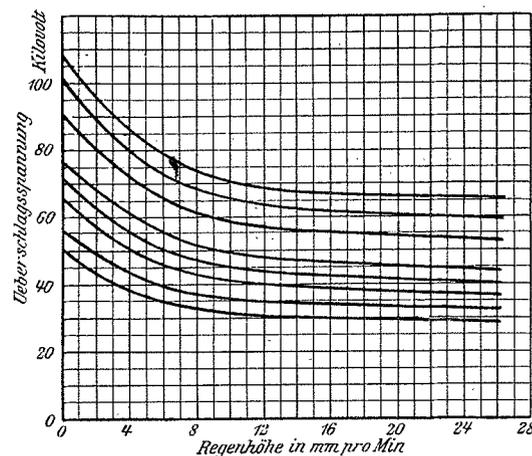


FIG. 2. — Tensions de rupture en fonction de la hauteur de pluie (en millimètres par minute) pour des isolateurs Delta.

D'après les courbes de la figure 2, la tension de rupture (Ueberschlagsspannung) varie peu à partir de 10 mm. de hauteur de pluie par minute; en pratique, une pluie de 7 mm. se présente déjà assez rarement. Aussi, est-il tout à fait suffisant de faire les essais à 10 mm. par exemple.

Les types de ces isolateurs les plus connus sont les isolateurs à manteaux (fig. 3) et les isolateurs Delta (fig. 4); les premiers, plus anciens, sont de beaucoup inférieurs aux autres.

Il suffit, pour comprendre leur défaut, de considérer la figure 3 où on a représenté les capacités linéiques (le long de l'axe de l'isolateur) se chargeant à travers des résistances de plus en plus grandes à partir de l'attache du conducteur (le support de l'isolateur est supposé par exemple mis à la terre) par des courants (les petites flèches de la figure) décroissants en même temps. Dans un réseau à courant alternatif, ou sous de brusques variations du régime dans le cas du courant continu, les courants oscillatoires de charge des capacités provoquent le passage d'étincelles dans l'air entre les manteaux, la densité du champ électrique y étant 5,3 fois plus forte que dans la porcelaine, de constante diélectrique égale à 5,3 (*); il se produit ionisation de l'air qui facilite la rupture de l'isolateur. Sous les pluies, les potentiels des condensateurs en bas sont encore plus grands, la densité du champ électrique également, et il se forme des décharges par les bords entre les manteaux (courant de 0,005 à 0,01 ampère).

(*) D'après WIRTZ, Cf. FRIESE, *Das Porzellan*, p. 46 à 48

Cette influence nuisible de la grande valeur de la constante diélectrique sera diminuée en supprimant complètement les manteaux, ou encore mieux en les écartant l'un de l'autre. C'est le type Delta et ses modifications.

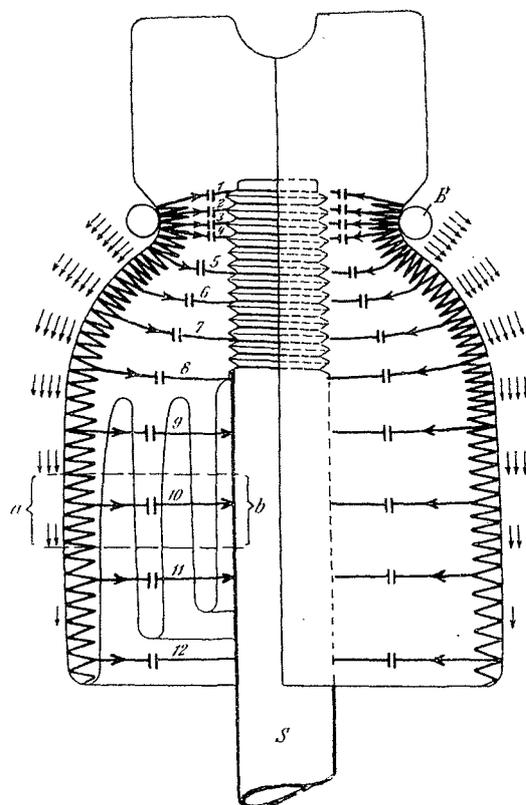


FIG. 3. — Isolateur à manteaux.

Ces considérations sont pleinement confirmées par l'expérience : on a pu photographier, par exemple, les effluves émises entre les bords des manteaux intérieurs, et aussi des gouttes brillantes de pluie, qui se vaporisent en partie et éclatent sous l'action de la pression électrostatique.

On a prétendu améliorer les isolateurs en augmentant ces phénomènes, en mettant sur les isolateurs des couvertures ou chapeaux en porcelaine comme l'a fait la maison Ginori (fig. 5). L'auteur n'a pas pu constater une amélioration notable.

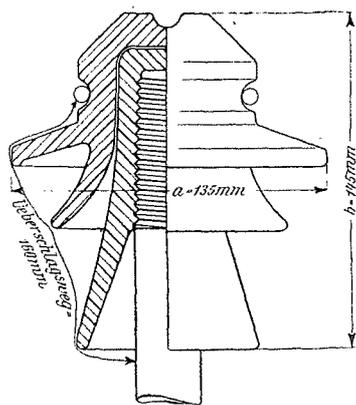


FIG. 4. — Isolateur Delta.

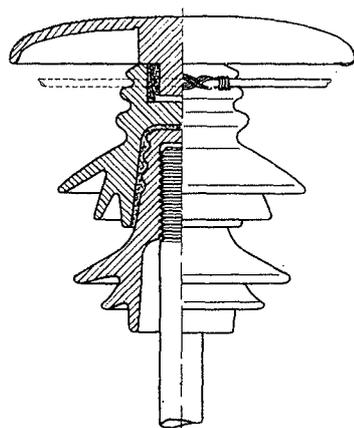


FIG. 5. — Isolateur à chapeau.

Le prix et le poids deviennent moins grands si l'on remplace les couvertures en porcelaine par des couvertures métalliques, mais on augmente le courant de charge. Cependant, on peut recourir à ce dispositif entre les tensions moyennes et les tensions très hautes, car, au-delà de 25 000 volts, les isolateurs en porcelaine, même du type Delta, deviennent trop lourds et encombrants. Les isola-

teurs à couvertures métalliques ont à sec une rigidité électrique plus faible, par une pluie à peu près égale, que les isolateurs à couverture en porcelaine ; cela ne nuit donc pas à la sécurité d'exploitation du réseau.

Les isolateurs Delta exposés à l'air libre ne sont nullement protégés contre l'effet de la foudre se déchargeant dans le poteau de l'isolateur ; ce sont surtout alors les isolateurs les plus élevés qui sont en danger. Ainsi la Niagara Lockport and Ontario Power Co a dû placer, à côté de ces isolateurs, un parafoudre (*) ; mais cela diminue la sécurité du réseau contre les surtensions atmosphériques.

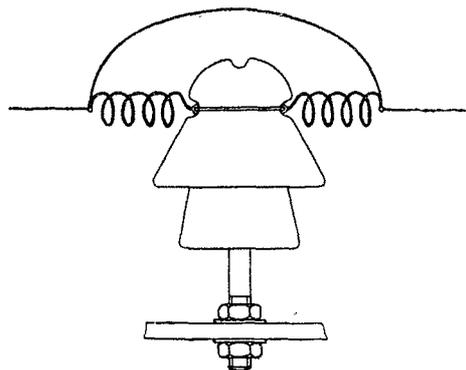


FIG. 6. — Isolateur Goddard.

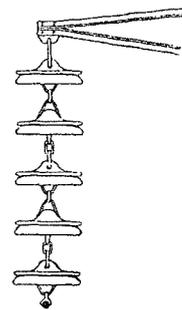


FIG. 7. — Isolateur Hewlett.

Pour protéger les isolateurs contre les oscillations atmosphériques se propageant le long des fils, Goddard préconise une forte bobine de réaction dont les extrémités opposées sont réunies par un conducteur peu inductif (fig. 6).

Un autre inconvénient des isolateurs du type Delta, c'est leur encombrement à partir d'une certaine tension. Le dispositif de Hewlett (**), qui, suivant la tension, place en série un plus ou moins grand nombre de ses isolateurs élémentaires, a de grands avantages sur les isolateurs Delta : remplacement facile des isolateurs défectueux, réalisation de très hautes tensions sous faible encombrement, simplicité de fabrication, absence de la mise à la terre, si l'un des isolateurs en série est détérioré (fig. 7).

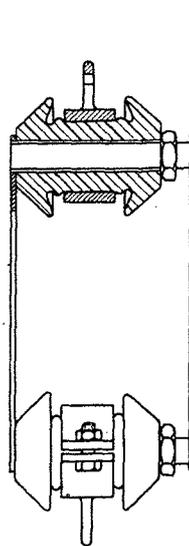


FIG. 8. — Isolateur Brown-Boveri.

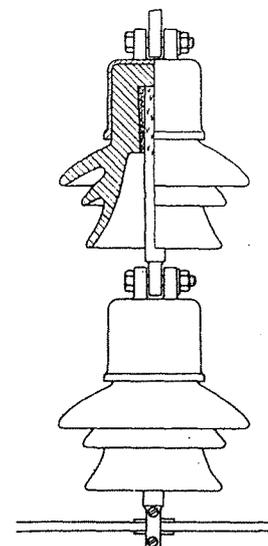


FIG. 9. — Isolateurs Porzellanfabrik.

Ces isolateurs sont de deux types : diamètre : 165 mm. et 260 mm. ; hauteur : 65 mm. et 100 mm. Ils sont employés

(*) Voir R. D. MERSHON, The Transmission Plant of the Niagara, Lockport and Ontario Power Co. Voir aussi *La Houille Blanche* d'août 1910, page 224.

(**) *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXVI, 1907, p. 975. Voir aussi *La Houille Blanche* de mars 1909, p. 53 et décembre 1909, p. 328.

dans la transmission de Grand Rapids Muskegon, qui fonctionne à 110 000 volts. Leur rigidité à sec est de 370 000 volts et de 200 000 volts sous une pluie de 10 millimètres.

Ces isolateurs Hewlett ont donné lieu à plusieurs créations analogues, en particulier aux isolateurs Brown-Boveri (fig. 8) et Porzellanfabrik Hermsdorf (fig. 9).

Isolateurs de Support pour l'intérieur

Ces isolateurs ont à supporter des efforts mécaniques très grands (supports des interrupteurs). Les isolateurs ordinaires, même en les disposant en série pour la haute tension, n'auraient aucune rigidité mécanique. L'auteur a proposé un système (A.E.G.) où l'on renonce complètement aux sillons qui ne servent, somme toute, qu'à agglomérer les poussières. Son isolateur est vide à l'intérieur (il est hermétiquement clos en bas par un couvercle métallique) ; la rupture ne peut ainsi se produire que superficiellement, même si l'isolateur se brise en haut ; pour augmenter la rigidité mécanique, la section des porcelaines a une forme

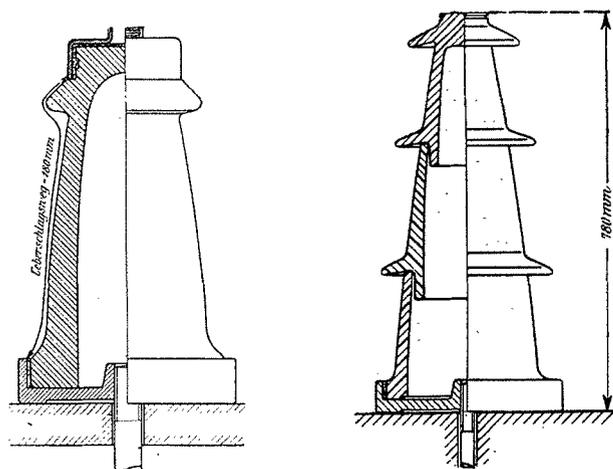


FIG. 10 et 11. — Isolateurs Kuhlmann pour support. Simple pour 33 000 volts, et en série pour 75 000 volts.

parabolique. La figure 10 en donne les dimensions, et la figure 11 indique comment on les monte en série pour de très hautes tensions.

Isolateurs d'entrée

On a constaté que la longueur du trajet selon lequel la foudre se fait passage le long de l'isolateur est plus grande que la longueur correspondante dans l'air pour la même tension ; ce qui s'explique encore par la plus grande capacité linéique qui provoque des étincelles superficielles de charge avant la rupture. Pour diminuer cet effet, il faut proportionner le diamètre à la longueur, et surtout, rendre à l'endroit de la douille d'attache la capacité très faible (fig. 12). Sur cette figure, *Durchfuhrungsbolzen* est la tige de traversée ; *Porzellanrohr*, le tube de porcelaine ; et *Metallfassung*, la monture métallique de support.

La figure 13 représente un dispositif d'essai sur des tubes Pertinax, de 80 mm. de diamètre extérieur, et 50 mm. de diamètre intérieur. La garniture extérieure *c* (*aufserre Belegung*), avait 50 mm. de longueur. La garniture intérieure (*innere Belegung*) dépassait *c* des quantités *a* et *b*.

Rupture sous	90	88	80	70	63	52	kilovolts
pour $a = b =$	55	40	30	20	15	10	centimètres

L'*Allgemeine Electricitats Gesellschaft* emploie l'isolateur de l'auteur, rempli à l'intérieur par de l'huile ou des isolants composés ; la porcelaine a la forme parabolique ; cet isolateur chasse d'une manière très efficace l'eau de pluie par

la vaporisation. La figure 14 représente un de ces isolateurs. Celui de la *General Electric Co*, basé sur le même principe, remplace la porcelaine par des isolants comprimés d'une certaine composition.

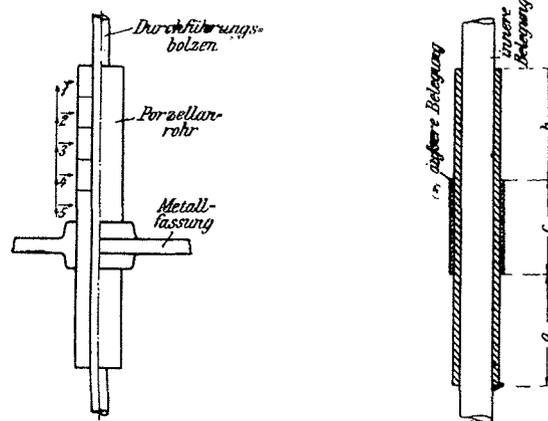


FIG. 12 et 13. — Isolateurs d'entrée.

La densité du champ électrique radiale diminuant de l'axe vers la périphérie, il faut prendre les matériaux isolants de constante diélectrique et de rigidité électrostatique décroissant dans le même sens.

Le principe en a déjà été indiqué pour les câbles en 1901, par O. Gormann (1) et rappelé par le Dr Apt (2) ; pour les isolateurs, c'est surtout G. Benischke (3) qui l'a étudié.

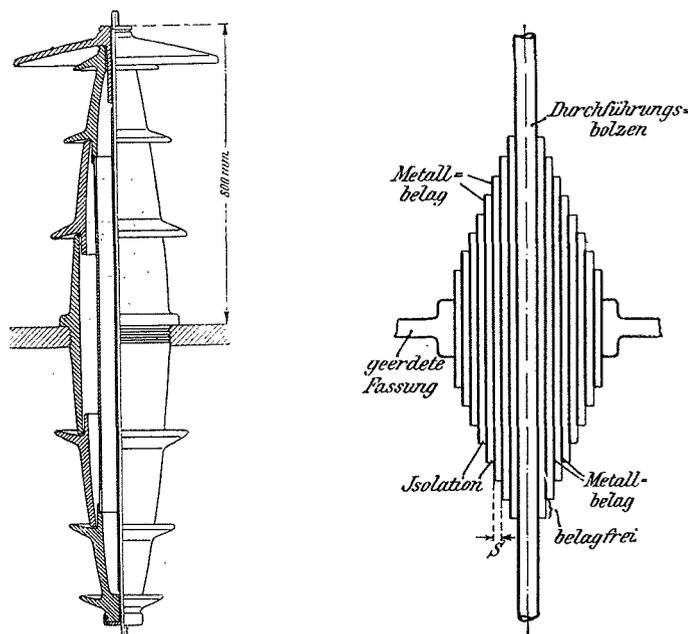


FIG. 14. — Isolateur d'entrée A.E.G. pour 125 000 volts.

FIG. 15. — Principe du condensateur cylindrique Nagel pour entrée.

C'est un autre principe (fig. 15) qui sert de guide à R. Nagel (4) qui emploie des condensateurs de même capacité (disques en papier (*isolation*) recouverts des deux côtés par des feuilles d'étain (*metallbelag*). La monture est mise à la terre (*geerdete Fassung*).

Conformément aux prévisions de l'auteur, il y a eu au commencement des difficultés à cause des étincelles aux bords. Mais, d'après une communication récente (5), on est parvenu à vaincre les difficultés en mettant les bords d'étain dans des anneaux métalliques à section circulaire.

S. P.

(1) *Electrotechnische Zeitschrift*, 1901, p. 485.

(2) *Electrotechnische Zeitschrift*, 1908, p. 160.

(3) *Electrotechnische Zeitschrift*, 1907, p. 95.

(4) *Electrotechnische Zeitschrift*, 1908, p. 153.

(5) *Proceedings of the American Institute Electrical Engineers*, mars 1909.