

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 15 (1924)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Essais comparatifs sur des isolateurs de suspension  
**Autor:** Perrochet, P. / Jobin, B  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057091>

### **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:** 18.01.2025

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

# SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

## ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich,  
im Januar dazu die Beilage „Jahresheft“.

Alle den Inhalt des „Bulletin“ betreffenden Zuschriften  
sind zu richten an das

**Generalsekretariat  
des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins**  
Seefeldstrasse 301, Zürich 8 — Telephon: Hottingen 7320,  
welches die Redaktion besorgt.

Alle Zuschriften betreffend **Abonnement, Expedition  
und Inserate** sind zu richten an den Verlag:

**Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.**  
Stauffacherquai 36/38 Zürich 4 Telephon Selnau 7016

Abonnementspreis (für Mitglieder des S. E. V. gratis)  
für Nichtmitglieder inklusive Jahresheft:  
Schweiz Fr. 20.—, Ausland Fr. 25.—  
Einzelne Nummern vom Verlage Fr. 2.— plus Porto.

Ce bulletin paraît mensuellement. — „L'Annuaire“ est  
distribué comme supplément dans le courant de janvier.

Prière d'adresser toutes les communications concernant  
la matière du „Bulletin“ à:

**Secrétariat général  
de l'Association Suisse des Electriciens**  
Seefeldstrasse 301, Zürich 8 — Telephon: Hottingen 7320  
qui s'occupe de la rédaction.

Toutes les correspondances concernant les **abonnements,  
l'expédition et les annonces**, doivent être adressées à l'éditeur

**Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A.**  
Stauffacherquai 36/38 Zürich 4 Telephon Selnau 7016

Prix de l'abonnement annuel (gratuit pour les membres de  
l'A. S. E.), y compris l'Annuaire Fr. 20.—  
pour la Suisse, Fr. 25.— pour l'étranger.  
L'éditeur fournit des numéros isolés à Fr. 2.—, port en plus.

XV. Jahrgang  
XV<sup>e</sup> Année

Bulletin No. 11

November 1924  
Novembre

### Essais comparatifs sur des isolateurs de suspension.

Par P. Perrochet, Directeur et B. Jobin, Ingénieur de la Banque suisse des chemins de fer, à Bâle.

Die Autoren geben die Ergebnisse von systematischen Versuchen an Hängeisolatoren verschiedener Provenienz an, die in der Materialprüfanstalt des Schweiz. Elektrotechnischen Verein und in derjenigen der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich durchgeführt wurden und besprechen die Ergebnisse derselben.

Die Prüfungen erstreckten sich auf:

1. die Bestimmung der Ueberschlagsspannung in trockenem Zustand und unter künstlichem Regen;
2. die Bestimmung der Durchschlagsspannung unter Oel;
3. die Bestimmung der mechanischen Festigkeit;
4. die Bestimmung des Einflusses von raschen Temperaturänderungen.

Um den Einfluss der Temperaturänderungen und der mechanischen Prüfungen auf die elektrischen Eigenschaften festzustellen, wurden je vor und nach diesen Prüfungen elektrische Prüfungen vorgenommen.

Les auteurs donnent et commentent les résultats d'une série d'essais comparatifs exécutés sur des isolateurs de suspension de provenances diverses. Ces essais ont été effectués à la Station d'essai des matériaux de l'Association Suisse des Electriciens et à celle de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich.

Les épreuves auxquelles les isolateurs ont été soumis comprennent:

- 1<sup>o</sup> des essais d'amorçage ou de contournement à sec et sous pluie;
- 2<sup>o</sup> des essais de perforation dans l'huile;
- 3<sup>o</sup> des essais de rupture mécanique;
- 4<sup>o</sup> des essais de température.

Pour déterminer l'influence des changements de température et de la sollicitation mécanique sur les propriétés diélectriques des isolateurs, ceux-ci ont été soumis à des épreuves électriques avant et après les essais mécaniques et de température.

La Banque suisse des chemins de fer a fait exécuter sous sa surveillance directe, au Laboratoire de l'Association suisse des électriciens, une série d'essais sur plusieurs types d'isolateurs de suspension de construction moderne, dont les résultats peuvent offrir un certain intérêt général.

Ces essais, effectués pendant les mois d'octobre et décembre 1923, janvier et février 1924, ont porté sur quatorze modèles d'isolateurs différents, appartenant à sept firmes. Ils avaient pour but de chercher à reproduire, par une série d'épreuves, les sollicitations diverses auxquelles les isolateurs sont soumis en exploitation, ceci

en vue d'apprécier la valeur relative des différents modèles présentés et de faire un choix judicieux des types d'isolateurs à adopter pour diverses lignes à haute tension.

Parmi les quatorze modèles essayés, neuf étaient du type „Cape et Tige“, un du type „Motor“ et quatre du type „Hewlett“, à savoir:

*Types Cape et Tige :*

1	No. 2133	Canadian Porcelain Co., Hamilton, Canada,
2	„ 25620	Ohio Brass Co., Mansfield, U. S. A.,
3	„ 25622	„ „ „ „ „ „ „
4	„ 9165	Compagnie Générale d'Electro-Céramique, Ivry-Port, France,
5	„ 9711	„ „ „ „ „ „ „
6	„ 9985	„ „ „ „ „ „ „
7	„ E 4	Manufacture de Porcelaine de Ste-Foy l'Argentière, France,
8	„ J 1710 C (suspension)	Hermsdorf-Freiberg, Allemagne,
9	„ J 2237 (amarrage)	„ „ „ „ „ „ „

*Type Motor :*

10 No. 20561 Norden S.-A., Copenhague.

*Types Hewlett :*

11	No. 9900	Compagnie Générale d'Electro-Céramique, Ivry-Port, France,
12	„ 47047	General Electric Co., Schenectady, U. S. A.,
13	1 <sup>er</sup> modèle	Manufacture de Ste-Foy l'Argentière, France,
14	No. 14112 s3	Modèle renforcé, Manufacture de Ste-Foy l'Argentière, France.

Les dimensions caractéristiques de ces différents modèles sont données dans le tableau No. I.

Le programme établi par la Banque suisse des chemins de fer était le suivant:

- 1<sup>o</sup> Essais d'amorçage à sec et sous pluie de chaînes complètes et d'éléments isolés,
- 2<sup>o</sup> Perforation dans l'huile d'éléments à l'état de neuf,
- 3<sup>o</sup> Rupture mécanique d'éléments à l'état de neuf,
- 4<sup>o</sup> Essais de température,
- 5<sup>o</sup> Essais de perforation et de rupture mécanique sur les éléments soumis aux essais de température.

Ce programme a pu être entièrement réalisé dans les laboratoires de l'A. S. E. à l'exception des essais de rupture mécanique, qui se sont effectués au laboratoire d'essai des matériaux de l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich également.

Ces deux laboratoires sont suffisamment connus, pour qu'il soit inutile d'insister sur leurs installations. Pour ceux que la question intéresserait, une description détaillée du laboratoire de l'A. S. E. est donnée dans les No. 5 et 6 du Bulletin 1922. Rappelons simplement qu'on dispose entre autres d'un transformateur type Haefely, permettant de réaliser une tension de 500 kV entre bornes et terre.

Tous les isolateurs ont été soumis rigoureusement aux mêmes épreuves, dans des conditions identiques, ce qui rend comparables les résultats consignés dans le tableau II ci-après, chaque essai pris en lui-même n'ayant nullement la prétention d'introduire une nouveauté dans ce domaine, si ce n'est dans la succession même des essais de température combinés aux épreuves mécaniques et électriques.

Nous allons reprendre les principaux résultats de ces recherches dans l'ordre où elles ont été exécutées, en essayant d'en tirer quelques conclusions propres à éclaircir certains côtés de la question des isolateurs de suspension.

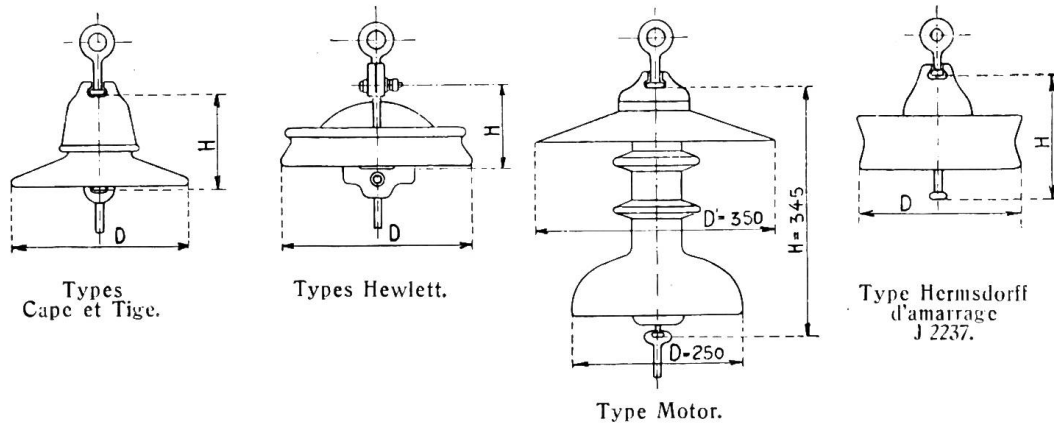


Fig. 1.

Dimensions et poids des différents types d'isolateurs soumis aux essais.

Tableau I.

Type	No	Modèle	No du catalogue	Hauteur <sup>1)</sup> H mm	Diamètre D mm	Poids kg
Cape et Tige	1	Canadien	2133	123	254	4,40
	2	Ohio Brass	25620	127	254	4,25
	3	Ohio Brass	25622	121	254	4,00
	4	C. G. E. C.	9165	125	290	5,90
	5	C. G. E. C.	9711	131	255	5,00
	6	C. G. E. C.	9985	131	255	4,70
	7	S <sup>te</sup> Foy l'Argentière	E 4	170	285	7,60
	8	Hermsdorf Freiberg	J 1710 C	165	285	5,70
	9	Hermsdorf Freiberg	J 2237	185	240	6,20
Motor	10	Norden S. A.	20561	345	250	11,00
Hewlett	11	C. G. E. C.	9900	150	260	5,75
	12	G. E. Co.	47047	150	254	5,20
	13	S <sup>te</sup> Foy l'Argentière	1 <sup>er</sup> modèle	133	285	4,82
	14	S <sup>te</sup> Foy l'Argentière	14112 <sup>S 3</sup>	130	285	6,25

<sup>1)</sup> La hauteur H est aussi la distance entre éléments dans une chaîne.

### 1<sup>o</sup> Essais d'amorçage ou de contournement.

La tension d'amorçage a été contrôlée à sec et sous pluie de 5 mm par minute, tombant à 45° sur un ou plusieurs éléments placés verticalement. Dans le cas d'amorçage d'un seul élément, les types Cape et Tige étaient pourvus d'un „ball socket“ qui était connecté au pôle haute tension du transformateur, les types Hewlett, d'une fixation complète à palonnier du type américain.

Les chaînes complètes de 6, 7 et 8 éléments étaient pourvues d'une pince de suspension de construction française, supportant un tronçon de câble de 2 m de longueur, en cuivre de 18 mm de diamètre. Ce câble était connecté directement à la borne du transformateur. Tous les types d'isolateurs, que ce soient des Cape et Tige ou des Hewlett, ont subi les essais d'amorçage dans les mêmes conditions, à l'exception des isolateurs Hermsdorf-Freiberg d'amarrage. Etant donné leur forme spéciale, ceux-ci ont tout d'abord été pourvus d'une pince d'amarrage et non de sus-



pension, et placés en position horizontale, afin de pouvoir comparer les résultats d'amorçage à sec et sous pluie, l'amorçage sous pluie en position verticale n'ayant aucun sens pour ce type d'isolateurs.

Les tensions d'amorçage obtenues sur des éléments isolés, n'offrent rien de très remarquable; à sec, elles augmentent en général en raison du diamètre de l'élément (voir les éléments de grand diamètre, tableau II, No. 4, 7 et 8), cette augmentation reste sensible sous pluie. Le rapport de la tension d'amorçage à sec et sous pluie varie de

1,66 à 2,02 pour les types Cape et Tige, moyenne 1,86,  
2,02 à 2,42 pour les types Hewlett, moyenne 2,24.

Dans le cas d'amorçage sur un seul élément, on peut déduire de ces résultats que:

- 1<sup>o</sup> à sec, les dimensions extérieures de l'élément entrent seules en considération; le détail de la forme joue un rôle relativement peu important;
- 2<sup>o</sup> sous pluie, la forme de l'élément joue, par contre, un rôle important; les types Cape et Tige donnent proportionnellement une tension d'amorçage plus élevée que les types Hewlett.

L'isolateur se conduit d'autant mieux sous pluie que le coefficient calculé ci-dessus est plus petit, c'est-à-dire, que les deux tensions d'amorçage à sec et sous pluie sont plus voisines.

Le minimum atteint pour ce rapport est de 1,66 pour l'isolateur Norden, type Motor, le maximum 2,42 pour l'isolateur Hewlett américain (No. 12). L'infériorité des types Hewlett ressort nettement des coefficients ci-dessus.

Pour les essais sous pluie, on a réalisé une densité d'aspersion correspondant à une chute de 5 mm d'eau par minute, avec l'eau des conduites de la ville de Zurich, donnant une résistivité de 4500–4800 ohm × cm, résistivité relativement constante au cours des essais.

Chacune des valeurs reproduites dans le tableau annexé, est la moyenne des mesures effectuées sur un minimum de huit éléments, quelquefois davantage. Les renseignements donnés plus loin permettront de se faire une idée de l'exactitude des mesures. Pour les essais sur éléments isolés, étant donné l'arc relativement court et son chemin mal déterminé entre la tige et la cape, il a paru préférable de ne pas calculer le nombre de kV/cm caractérisant l'amorçage, comme cela a été fait pour les chaînes constituées de plusieurs éléments.

Cette grandeur caractéristique de la tension d'amorçage divisée par la longueur de l'arc,  $a$ , par contre, été déterminée pour tous les essais sur chaînes complètes de 6, 7 et 8 éléments. A sec, l'arc éclate toujours nettement en dehors de la chaîne, entre l'une des cornes de la pince dont est munie la chaîne et la cape de l'isolateur supérieur. Si donc, l'on a une chaîne composée de  $n$  éléments, (fig. 2) distants les uns des autres d'une hauteur  $H$ , soit  $a$ , le développement du contour d'un élément entre le bord inférieur de la porcelaine et la cape, et  $b$ , la distance entre la pointe de la corne de la pince de suspension et le plan de l'élément inférieur de la chaîne, la longueur d'amorçage ou de l'étincelle de contournement est alors sensiblement donnée par la formule

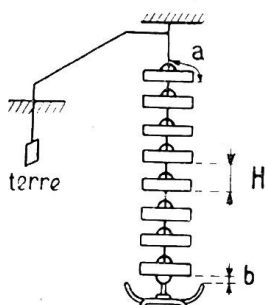


Fig. 2.

$$L = (n - 1) H + a + b .$$

Sous pluie, l'arc n'éclate pas toujours aussi nettement qu'à sec. Souvent, l'eau ruisselant sur la face supérieure de l'isolateur a une conductibilité suffisante pour éviter la formation de l'arc. Chaque élément est ainsi contourné pour lui-même, l'arc se formant seulement entre la tige et le bord inférieur de la porcelaine, la décharge continuant son chemin jusqu'à la cape par simple conductibilité. Ceci est particulièrement le cas des types Hewlett et du type Motor, pour lequel la cloche

inférieure de porcelaine n'est plus protégée par le chapeau métallique de la cape supérieure.

*La tension spécifique d'amorçage est égale à :*

$$c = \frac{\text{tension d'amorçage en kV}}{\text{longueur d'amorçage en cm}}$$

exprimée en kV/cm. A sec, elle est sensiblement constante pour tous les types d'isolateurs, tant Cape et Tige, que Motor ou Hewlett. Il semble en résulter que le détail de la forme des éléments n'influence pas d'une façon importante la tension d'amorçage. Il n'en est certainement pas de même en ce qui concerne l'apparition d'effluves ou d'aigrettes, la répartition du potentiel sur une chaîne, ou la contrainte électrique de la porcelaine; mais ces phénomènes dépassant le cadre des recherches poursuivies, seront laissés de côté.

Cette valeur de la tension spécifique d'amorçage est donnée pour tous les essais dans le tableau II. Elle varie pour les essais à sec de :

3,50 à 4,10 kV/cm, valeur moyenne 3,80 kV/cm.

L'écart en plus ou en moins de la valeur moyenne est de 0,3 kV/cm correspondant à une variation relative de  $\pm 8\%$ . Etant donné tous les facteurs d'erreur intervenant dans les mesures à haute tension de 200 kV et plus, l'influence des dimensions du local, des appareils et de l'état de l'atmosphère sur l'amorçage de l'arc, ce résultat peut être considéré comme satisfaisant, et la valeur de 3,8 kV/cm regardée comme une constante applicable aux différents types d'isolateurs. On peut remarquer qu'en général cette valeur a plutôt tendance à augmenter pour les plus grandes tensions d'amorçage.

Sous pluie de 5 mm par minute, tombant à 45° sur chaîne verticale, la valeur de la tension spécifique d'amorçage est très variable entre les types Cape et Tige et les Hewlett. Pour les types

Cape et Tige	elle varie de 2,36 à 3,08 kV/cm, valeur moyenne 2,70 kV/cm
pour les Hewlett	„ „ „ 1,70 à 2,30 „ „ „ 2,00 „

ce qui fait ressortir encore nettement l'infériorité du type Hewlett pour l'essai sous pluie. Ici, l'amplitude de variation de la tension spécifique est proportionnellement plus grande que pour l'essai à sec. L'amorçage ne s'établit pas d'une façon aussi caractéristique qu'à sec, ce qui réduit encore l'exactitude des mesures, en dehors des causes d'erreurs citées plus haut.

Pour des épreuves sous pluie artificielle, on ne peut pas admettre que la tension spécifique soit constante; son ordre de grandeur est cependant intéressant, ainsi que les limites dans lesquelles elle se meut suivant les différents types.

*Le rapport de la tension d'amorçage à sec à la tension d'amorçage sous pluie, ne varie pas non plus dans de très grandes limites. Il est compris pour les types*

Cape et Tige	entre 1,25 et 1,53, valeur moyenne 1,43
Hewlett	entre 1,75 et 2,01, valeur moyenne 1,87.

Les conclusions à en tirer sont les mêmes que ci-dessus au sujet de l'infériorité des types Hewlett. Ces valeurs font en outre ressortir l'amélioration de ce rapport pour les chaînes de plusieurs éléments, en les comparant aux valeurs indiquées plus haut pour un seul élément. Il passe de

1,86 à 1,43	pour les types Cape et Tige et de
2,42 à 1,85	pour les types Hewlett.

La différence entre les tensions d'amorçage à sec et sous pluie diminue lorsque le nombre d'éléments par chaîne augmente. Cette variation reste dans les mêmes limites pour tous les types en essai.

Il est difficile d'exprimer en chiffres l'influence de la pression barométrique, de l'état hygrométrique et de la température de l'air sur le résultat des mesures. Cette influence apparaît à la répétition d'essais semblables, dans des conditions atmosphériques différentes, mais ne peut être jugée d'une manière très générale. Les causes d'erreurs de mesure et de variation de tension d'amorçage étrangère à ces phénomènes, sont encore si nombreuses, qu'il serait tout à fait illusoire de chercher à les ramener à une même pression barométrique, même température et même état hygrométrique de l'air, pour en faire la comparaison. A cet égard, les mesures faites sur éléments isolés sont beaucoup plus exactes que sur chaînes complètes.

### 2<sup>o</sup> Essais de perforation dans l'huile.

Ces essais ont été effectués sur des éléments neufs, au nombre de 2 au minimum, perforés dans l'huile en partant d'une tension voisine de celle d'amorçage sous pluie et en augmentant la tension progressivement, à raison de 1 kV par seconde environ, jusqu'à la perforation.

Pour les types Cape et Tige, cette tension de perforation se maintient voisine de 135 à 145 kV, sans accuser de grands écarts. *Le rapport de la tension de perforation dans l'huile à la tension d'amorçage à sec* pour 1 élément, est ainsi d'environ

1,76 pour les éléments de petit diamètre (250 à 255 mm)

1,54 pour les éléments de grand diamètre (280 à 290 mm).

Les isolateurs de gros diamètre (C. G. E. C. No. 9165, Ste Foy l'Argentière E 4, Hermsdorf-Freiberg de suspension) ont une tension de perforation du même ordre de grandeur que les éléments de petit diamètre; il en résulte pour les premiers une moins grande sécurité contre la perforation. Celle-ci a toujours lieu à l'intérieur de la cape sans laisser de traces extérieures.

Deux types sont à envisager spécialement:

1<sup>o</sup> L'isolateur Hermsdorf-Freiberg d'amarrage, No. 9 du tableau II, présente, grâce à sa hauteur considérable de porcelaine à la couronne, une tension d'amorçage relativement élevée pour un petit diamètre (240 mm), sa tension de perforation restant par contre dans les limites ordinaires; il s'ensuit que la valeur du rapport de la tension de perforation à celle d'amorçage est réduite, soit de 1,32.

2<sup>o</sup> Le type Motor de la Société Norden n'a pas, à proprement parler, subi de perforation semblable à celle des autres isolateurs. Il s'agirait plutôt d'un arc d'amorçage dans l'huile, éclatant entre les deux capes métalliques en traversant la cloche inférieure de l'isolateur (voir fig. 1) et les deux nervures renforçant le corps proprement dit de l'isolateur. Ce phénomène correspond cependant à une détérioration réelle de l'isolateur. Le rapport ci-dessus atteint dans le cas particulier la valeur de 2,22, le maximum mesuré.

Les types Hewlett présentent par contre des caractéristiques de perforation toutes différentes. Ce rapport atteint en moyenne 1,11, mais il a été constaté des tensions de perforation dans l'huile égales et même inférieures à celles d'amorçage à sec. Les conditions de contrainte électrique sont, il est vrai, toutes différentes dans l'huile et dans l'air, et c'est probablement ce qui explique pourquoi les Hewlett se comportent en exploitation mieux que ne pourraient le laisser supposer les essais de perforation dans l'huile.

La perforation a lieu à l'endroit de plus faible épaisseur de la porcelaine.

Le nombre restreint d'éléments perforés ne permet pas de généraliser par trop la discussion des résultats obtenus.

### 3<sup>o</sup> Essais de rupture mécanique.

Les mesures faites au cours de ces essais ont permis de constater que la perforation dans l'huile n'a, pour ainsi dire, pas d'influence sur la résistance mé-

canique des isolateurs de suspension. Les ruptures mécaniques effectuées sur les isolateurs perforés dans les essais décrits précédemment, ont donc été considérées comme faites sur des éléments à l'état de neuf. Outre cela, deux éléments absolument neufs y ont été soumis, de sorte que les valeurs reproduites dans le tableau II sont les moyennes de 4 épreuves réalisées sur chaque type, dans des conditions identiques.

On observe, pour la plupart des isolateurs, un „*craquement*“ bien connu qui se produit avant la rupture. Ce craquement marque la destruction certaine de l'isolateur au point de vue électrique; plusieurs éléments soumis à l'essai électrique après ce premier craquement, n'ont pu être amorcés, s'étant perforés à des tensions très basses en général. Il est cependant à présumer que beaucoup d'éléments ne supporteraient déjà plus l'essai électrique avant que le premier craquement n'eût été observé. Des recherches systématiques dans ce sens pourraient conduire à des résultats très intéressants. Pour les isolateurs Cape et Tige américains (Canadiens et Ohio Brass), ce premier craquement ne s'observe qu'irrégulièrement ou n'existe pas du tout.

Les éléments Cape et Tige de l'Electro-Céramique sont en général très résistants au point de vue mécanique. Plusieurs éléments n'ont pu être amenés à la rupture, faute de moyens de fixation suffisants. Pour ces cas-là, l'essai a été interrompu entre 6500 et 7000 kg. Un ou deux cas de rupture de la cape en fonte malléable ont été observés dans le voisinage de ces charges maximums.

La valeur mécanique des isolateurs Hermsdorf-Freiberg est relativement faible; plusieurs efforts de rupture observés au cours des essais étant nettement inférieurs à ceux garantis par le constructeur.

Les types Hewlett ont en général des charges de rupture inférieures à celles des types Cape et Tige. Les résultats obtenus ne sont pas tout à fait comparables entre les quatre types présentés dans le tableau II. Deux d'entre eux, le C. G. E. C. No. 9900 (No. 11 du tableau II) et le Ste. Foy l'Argentière (No. 13 du tableau II) ont été essayés avec les attaches en cuivre prévues normalement pour l'équipement des chaînes. Pour les deux autres types, c'est-à-dire, le C. G. E. C. et le Ste. Foy l'Argentière (tableau II, No. 12 et 14), les attaches avaient une charge de rupture voisine de celle de la porcelaine; elles ont donc été remplacées par un câble en acier. Dans ces conditions, la surface de contact de la partie métallique, transmettant l'effort à la porcelaine, est de beaucoup supérieure à celle réalisée par les attaches rigides en cuivre. De ce fait, la charge de rupture s'en trouve améliorée, et c'est pourquoi les valeurs plus élevées mesurées pour ces deux derniers types (tableau II, No. 12 et 14) par rapport aux deux premiers (tableau II, No. 11 et 13) ne correspondent pas à une amélioration aussi importante des propriétés mécaniques. On peut admettre que cette substitution d'un câble-acier à des attaches rigides, améliore la charge de rupture de 15 à 20 %.

La cassure de la porcelaine est de nature assez variable d'une fabrication à l'autre. Les isolateurs américains, les Ohio Brass spécialement, ont une cassure très feuilletée. Les éléments de fabrication française n'ont pas cette particularité; pour quelques-uns même, à l'endroit de la rupture, la porcelaine se pulvérise, se répandant en poudre blanche. Les Hermsdorf-Freiberg semblent plus fragiles et donnent une cassure se rapprochant de celle du verre. La partie porcelaine des isolateurs Norden (type Motor) n'a subi aucun dommage au cours des essais mécaniques; ils ont encore été soumis à une épreuve électrique qu'ils ont parfaitement supportée, puis perforés dans l'huile en donnant une valeur normale de tension de perforation. Les efforts indiqués pour ces derniers isolateurs correspondent à la rupture des capes qui étaient en bronze. Les isolateurs de dernière fabrication sont pourvus de capes en fonte malléable de beaucoup plus résistantes.

#### 4<sup>o</sup> Essais de température.

Les épreuves décrites précédemment sont celles communément réalisées, dont les résultats sont connus et garantis par tous les constructeurs. Il en est d'autres



cependant, ayant pour but une investigation plus complète dans les qualités de fabrication et de matière, et qui sont d'un usage moins fréquent. Les essais de température sont au nombre de celles-ci. Ils font apparaître des différences entre les divers modèles d'isolateurs, alors que les essais précédents donnaient en général des résultats du même ordre de grandeur pour tous les types.

Ces essais de température sont conduits comme suit :

Un certain nombre d'éléments, 8 à 10 environ pour chaque modèle, sont plongés dans un bain d'eau maintenu à une température de 68 à 70° puis introduits brusquement dans un bain d'eau maintenu à 0° C environ (glace fondante). La durée de chaque immersion est d'environ 15 minutes. Après chaque série de cinq cycles, les isolateurs sont soumis à l'essai électrique d'amorçage, puis à un effort mécanique, variable suivant le type d'isolateur, pendant 5 minutes, puis de nouveau à un essai d'amorçage et ainsi de suite jusqu'à 20 cycles complets de température. Pour quelques modèles, les essais ont été poussés jusqu'à 25 cycles mais le chiffre de 20 a été retenu comme suffisant pour obtenir la sélection désirée, ces essais exigeant du reste beaucoup de temps.

Après ces 20 ou 25 cycles, et les essais électriques et mécaniques intercalés, les isolateurs ayant passé avec succès ces épreuves, subissent une nouvelle charge mécanique pendant 5 minutes, choisie à 200 kg environ, en-dessous de la limite admissible, ne modifiant pas les qualités électriques des éléments, puis sont de nouveau soumis à un essai électrique d'amorçage.

Cette intercalation d'essais électriques parmi les épreuves mécaniques et de température, a pour but de déceler le rôle de chacun de ces essais dans la détérioration des isolateurs.

Pour l'épreuve mécanique, au cours des cycles de température (tous les 5 cycles), la charge a été admise à 2200 kg pour les types Cape et Tige. Pour les Hewlett, afin d'éviter une destruction électrique trop rapide, cet effort a dû être réduit à 1800 kg. Les deux types Hermsdorf-Freiberg n'ont, par contre, été soumis qu'à une charge de 1500 kg, car des ruptures mécaniques successives de plusieurs éléments se sont produites à l'application d'efforts plus grands (1800 et 2200 kg).

La dernière épreuve mécanique réalisée à la fin des cycles de température a pour but de chercher à atteindre la limite de résistance mécanique, ne modifiant pas les propriétés électriques des isolateurs. Pour les Cape et Tige, la charge mécanique a été fixée à 2500 kg, valeur garantie par plusieurs constructeurs.

Les Hermsdorf-Freiberg n'ayant pas supporté précédemment les charges mécaniques appliquées aux autres types, n'ont été chargés, en fin d'essai, qu'à 1800 kg seulement pour le type de suspension No. J 1710 C (tableau II, No. 8) et à 2000 kg seulement pour le type d'amarrage No. J 2237 (tableau II, No. 9). Quant aux types Hewlett, le déchet, au cours des cycles de température, a été si considérable qu'ils n'ont pas été soumis à cette dernière épreuve mécanique.

Ces essais de température, avec toutes les épreuves accessoires, cherchent à réaliser, en laboratoire, des conditions se rapprochant de celles rencontrées en exploitation. On voit immédiatement les critiques à y apporter, dont la première est la présence de l'eau, qui peut être considérée comme un élément destructeur des scellements et des joints élastiques, adoptés maintenant par les différents constructeurs. Une seconde critique, et des plus importantes, est certainement le manque de simultanéité dans l'application des agents mécaniques, électriques et de température. La réalisation de cette simultanéité permettrait sans doute d'accomplir un pas de plus dans la détermination de la valeur réelle des différents isolateurs. Dans ces conditions, la variation de température devrait être réalisée par l'air et non par l'eau, ce qui apporterait encore une amélioration considérable aux méthodes d'essais. Le temps et les appareils nécessaires à la réalisation d'un semblable programme en ont seuls empêché la mise en œuvre. Il serait du plus haut intérêt que les fabricants et les laboratoires d'essais s'installassent pour ce

genre d'essais dont les résultats permettraient de juger beaucoup plus sûrement de la qualité des isolateurs, et provoqueraient des améliorations dans la fabrication.

Malgré leur imperfection, les essais de température, tels qu'ils ont été réalisés, permettent déjà de tirer quelques conclusions intéressantes sur les éléments qui y ont été soumis. Les résultats obtenus, consignés dans le tableau II, donnent tout d'abord le nombre d'éléments soumis aux essais, puis les charges, exprimées en kg, appliquées pour les épreuves mécaniques soit tous les 5 cycles, soit après 20 ou 25 cycles de température à la fin d'essai. Les éléments pour lesquels cette dernière indication fait défaut sont ceux qui n'ont pu subir cet essai complémentaire, soit parce que tous les éléments étaient déjà détruits électriquement, avant d'arriver au dernier cycle de température, soit que le nombre d'éléments qui les avaient subis avec succès était trop restreint. Ensuite vient le nombre d'éléments détériorés au cours des cycles de température, soit à l'essai d'amorçage *avant* l'essai mécanique (désigné „AV“ sur le tableau), soit *après* l'essai mécanique (désigné „AP“ sur le tableau). Lorsqu'il n'y a pas d'indication spéciale, les isolateurs ont subi 25 cycles de température. Le total des détériorations est établi pour 20 et 25 cycles. En consultant ces chiffres, il faut prendre garde que le nombre d'éléments soumis aux essais de température n'est pas le même pour tous les modèles, mais varie de 8 à 12.

Les isolateurs du type Motor ont seuls supporté ces épreuves sans donner aucun déchet; il ne serait cependant pas exact de dire qu'ils n'en ont nullement subi l'influence. Les capes de bronze étaient scellées à la porcelaine par un procédé spécial, à l'aide de plomb; or, par suite des variations de température et des tractions successives entre zéro et 2200 à 2500 kg, les scellements ont pris un jeu important, sans qu'il en résulte d'ailleurs aucun inconvénient, tant au point de vue électrique que mécanique. Depuis, la fabrication a été améliorée, en substituant un alliage plomb-antimoine au plomb précédemment utilisé, et des capes de fonte malléable à celles de bronze; ces modifications auraient, paraît-il, l'avantage de supprimer ce jeu dans les scellements.

A tout prendre en considération, le type Motor mis à part, ce sont les Ohio Brass qui ont donné les meilleurs résultats (tableau II, No. 2 et 3); après 20 cycles pour les deux modèles, les déchets sont respectivement de 1 et 3 sur 8 éléments. Les Canadiens donnent un résultat analogue (2 sur 9) mais avec une perforation à basse tension et une rupture mécanique à l'essai de 2200 kg.

Les plus mauvais résultats sont ceux des types Hewlett. A part le modèle américain, aucun n'a résisté à plus de 15 cycles.

Les types Hermsdorf-Freiberg donnent des résultats relativement bons, mais pour les raisons exposées plus haut, les efforts mécaniques appliqués aux isolateurs ont dû être réduits, de sorte que ces résultats ne sont pas entièrement comparables à ceux des autres firmes.

On peut se poser les questions suivantes:

- 1<sup>o</sup> Quelle est l'influence de ces essais de température sur les différents isolateurs?
- 2<sup>o</sup> Leur affaiblissement au point de vue électrique est-il dû aux brusques variations de température ou à la variation successive des charges mécaniques entre 0 et 2200 à 2500 kg?
- 3<sup>o</sup> Quelle est l'influence de ces épreuves sur la nature de la porcelaine?

Il est difficile de répondre d'une façon précise, car le but des essais n'était pas cette recherche, mais bien plutôt d'observer la valeur relative de différents types d'isolateurs dans une même série d'essais. Cependant, il est possible de tirer quelques déductions des résultats obtenus.

Remarquons tout d'abord que la majorité des éléments détériorés pendant ces essais, 66 sur 69, l'ont été par perforation dans l'air, à une tension toujours voisine de la tension d'amorçage à sec, sauf dans 6 cas particuliers; l'influence des cycles de température sur la résistance mécanique des éléments est donc relativement faible, puisque 3 ruptures seulement, sont dues à cette dernière cause.

Tableau II.

No	Isolateur	Dia- mètre	Di- stance entre élé- ments dans une chaîne	Poids d'un élé- ment	Essais d'amorçage						Essais de perfo- ration dans l'huile
					Nombre d'éléments par chaîne	Lon- gueur d'amor- çage	Essais à sec		Essais sous pluie de 5 mm		
							Amor- çage	Tension de l'arc par cm	Amor- çage	Tension de l'arc par cm	
mm	mm	kg	cm	kV	kV/cm	kV	kV/cm	kV			
1	Canadiens, Type Cape et Tige Nr. 2133	254	123	4,4	1	—	85	—	43	—	145
					7	86,8	317	3,65	—	—	
					8	99,1	365	3,68	271	2,74	
2	Ohio-Brass, Type Cape et Tige Nr. 25620	254	127	4,25	1	—	77	—	40	—	140
					7	94,3	352	3,74	—	—	
					8	107,8	411	3,82	295	2,73	
3	Ohio-Brass, Type Cape et Tige Nr. 25622	254	121	4,0	1	—	78	—	42	—	145
					7	88,3	338	3,83	—	—	
					8	100,8	388	3,85	310	3,08	
4	C. G. E. C. 1) Type Cape et Tige Nr. 9165	290	125	5,9	1	—	91	—	53	—	140
					7	89,2	360	4,03	—	—	
					8	100,7	416	4,13	282	2,80	
5	C. G. E. C. 1) Type Cape et Tige Nr. 9711	255	132	5,0	1	—	82	—	46	—	140
					7	90,4	348	3,86	—	—	
					8	103,6	408	3,95	278	2,68	
6	C. G. E. C. 1) Type Cape et Tige Nr. 9985	255	131	4,7	1	—	80	—	44	—	131
					7	90,2	327	3,62	—	—	
					8	103,7	385	3,71	308	2,97	
7	S <sup>te</sup> Foy l'Argentière Type Cape et Tige Nr. E <sub>4</sub>	285	170	7,6	1	—	94,5	—	51	—	134
					6	99,9	370	3,72	246	2,47	
					7	116,9	445	3,81	290	2,48	
					8	133,9	>500	~4,00	341	2,52	
8	Hermsdorf-Freiberg Type Cape et Tige Nr. J 1710 C	285	165	5,7	1	—	93	—	47	—	155
					6	100,9	387	3,83	227	2,25	
					7	117,4	479	4,06	277	2,36	
					8	133,9	>500	~4,00	350	2,61	
9	Hermsdorf-Freiberg Type Cape et Tige Nr. J 2237	240	185	6,22	1	—	109	—	54	—	144
					6	107,5	390	3,62	300	2,79	
					7	126,0	485	3,85	355	2,82	
					8	144,5	>500	~3,90	425	2,94	
10	Norden Type Motor Nr. 20561	250,350	345	11,0	1	—	143	—	86	—	317
					3	99,7	350	3,52	235	2,36	
					4	134,7	>500	~4,00	277	2,06	
11	C. G. E. C. 1) Type Hewlett Nr. 9900	260	150	5,75	1	—	85	—	42	—	99
					7	110,5	443	4,01	256	2,31	
					8	125,5	>500	3,98	286	2,28	
12	Gen. Elec. Co. Type Hewlett Nr. 47047	254	150	5,20	1	—	87	—	36	—	88
					7	109,0	405	3,72	212	1,95	
					8	124,0	478	3,86	250	2,02	
13	S <sup>te</sup> Foy l'Argentière Type Hewlett Nr. 1 <sup>er</sup> modèle	285	133	4,82	1	—	86	—	37	—	101
					6	86,5	305	3,53	—	—	
					7	99,8	357	3,59	176	1,70	
					8	113,1	410	3,62	204	1,80	
14	S <sup>te</sup> Foy l'Argentière Type Hewlett Nr. 14112 <sup>s3</sup>	285	130	6,25	1	—	97	—	44	—	104
					7	98,0	357	3,64	190	1,94	
					8	111,0	414	3,73	232	2,09	

1) Cie. générale d'Electrocéramique.

2) Les premiers chiffres correspondent aux premiers craquements, les seconds indiquent les limites entre lesquelles la charge de rupture varie, les troisièmes la charge de rupture moyenne.

3) Les premiers chiffres indiquent les limites de variation, les seconds les valeurs moyennes.

4) AV = Eléments détériorés avant l'essai mécanique.

5) AP = Eléments détériorés après l'essai mécanique.



Tableau II.

N <sup>o</sup>	Essais de rupture mécanique <sup>2)</sup> kg	Essais de température										Essais sur les éléments ayant subi les cycles de température					
		Nombre d'éléments en essai	Efforts mécan. appliqués		AV <sup>4)</sup> AP <sup>5)</sup>	Nombre d'éléments détériorés après						le dernier essai méca.	Total après 20 cycles	Total après 25 cycles	Tension de perforation dans l'huile <sup>3)</sup> kV	Rupture mécanique <sup>2)</sup> kg	
			tous les 5 cycles	à la fin des essais		5	10	15	20	25	cycles						
1	~ 3200 3800 à 5080 4345	9	2200	2500	AV AP	1 <sup>6)</sup> —	—	—	—	—	—	—	2	—	120 à 145 133	3200 à 5300 4350	
2	— 4400 à 4900 4665	8	2200	2500	AV AP	—	—	—	—	—	—	—	1	1	88 à 140 114	3480 à 4750 4115	
3	— 4000 à 5100 4600	8	2200	2500	AV AP	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	93 à 125 109	2830 à 3930 3380
4	~ 3400 4880 à 6700 5702	8	2200	2500	AV AP	1 1	2	—	1	—	—	—	—	5	—	— 125	~ 4100 5180 à 7000 6090
5	~ 3600 6500 à 7000 6700	8	2200	2500	AV AP	— 1	2 2	1	—	—	—	—	1	7	— —	~ 3900 3800 à 6780 5730	
6	~ 4400 4680 à 5780 5616	10	2200	2500	AV AP	— —	— 1	1	—	1	—	—	4	3	8	— 126	~ 4300 4800 à 6060 5430
7	— 3900 à 4980 4500	10	2200	2500	AV AP	— 1	—	—	1	—	—	—	1	3	4	— 124	~ 3900 3980 à 6680 5250
8	— 2120 à 2790 2402	12	1500	1800	AV AP	— —	— 2	—	—	—	1	2 <sup>12)</sup>	—	2	5	116 à 140 128	— 920 à 3540 2580
9	~ 2700 1800 à 4360 3131	10	1500	2000	AV AP	— 1	—	—	—	—	—	—	—	2	2	142 à 150 146	— 2460 à 4960 3730
10	— 4200 à 4680 4520	4	2200	2500	AV AP	— —	—	—	—	—	—	—	—	0	—	— 285	— 4470 à 4700 4580
11	~ 3300 3780 à 4450 4190	8	1800	—	AV AP	— —	4 <sup>10)</sup> —	3 <sup>11)</sup> 1 <sup>8)</sup>	—	—	—	—	—	8 <sup>8)</sup>	—	— —	~ 2900 2830 à 4380 3730
12	~ 4700 5220 à 6400 5775	10	1800	—	AV AP	1 —	1	1	—	—	—	—	—	6	—	84 à 86 85	~ 4500 5100 à 7210 5590
13	~ 2800 3100 à 3650 3320	8	1800	—	AV AP	— 1	1	1	—	—	—	—	—	8 <sup>8)</sup>	—	— —	~ 2200 2100 à 3580 3080
14	~ 3850 4780 à 5480 5180	10	1800	—	AV AP	— 6	2	—	—	—	—	—	—	10 <sup>9)</sup>	—	— —	~ 4300 4780 à 5510 5150

6) Perforé à 25 kV, puis se rompt à l'essai mécanique à 2200 kg.

7) L'essai est interrompu au 20<sup>me</sup> cycle.

8) " " " " 15<sup>me</sup> " Tous les éléments en essai étant détériorés.

9) " " " " 10<sup>me</sup> " " " "

10) Dont un perforé à 25 kV se rompt à l'essai mécanique à 1800 kg.

11) Dont un fendu en 2 parties au 13<sup>me</sup> cycle à 0° sous l'effet de la variation de température.

12) Ruptures mécaniques à 1800 kg.

D'autre part, l'ensemble des résultats peut être groupé de la manière suivante :

	Type <sup>1)</sup> Cape et Tige	Type Hewlett	Total
Nombre d'éléments en essai . . . . .	87	36	123
Nombre d'éléments détériorés . . . . .	37	32	69
Nombre de ruptures mécaniques . . . . .	3	1	4
Nombre de perforations électriques . . . . .	35	31	66
Nombre avant l'essai mécanique (AV) . . . . .	12	13	25
Nombre après l'essai mécanique (A P) . . . . .	23	18	41

<sup>1)</sup> Pour ce tableau, le type Motor a été groupé avec les types Cape et Tige.

La supériorité des types Cape et Tige ressort nettement par 37 détériorations sur 87 éléments en essais, alors que pour les Hewlett, ce rapport est de 32 sur 36. La proportion des perforations avant et après l'essai mécanique, montre l'influence considérable de ce dernier dans l'affaiblissement de l'isolateur. A ce point de vue, l'isolateur No. 6 du tableau II (C. G. E. C. No. 9985) est très instructif. Après 20 cycles de température, le déchet est de 3 sur 10 éléments, pour atteindre 4 sur 10 après le 25<sup>me</sup> cycle; mais à l'essai final de 2500 kg, sans nouveaux cycles de température, 4 éléments sont détruits électriquement par le seul effet mécanique, ce qui porte le déchet à 8 éléments sur 10. Ici encore, la question de l'effort mécanique admissible comme ne modifiant pas les propriétés électriques de l'élément, se pose d'une façon très nette. Elle ne pourra être résolue que par la simultanéité des essais mécaniques et électriques. D'autre part, on peut admettre que l'application répétée d'une charge mécanique déterminée soit déjà une cause d'affaiblissement. En exploitation, la charge mécanique n'est certes pas constante, mais normalement elle ne varie que très lentement et ne tombe jamais jusqu'à zéro.

L'influence de l'ensemble des épreuves constituant les essais de température, peut se résumer comme suit:

- 1<sup>o</sup> Modification probable de la structure de la porcelaine par les brusques variations de température;
- 2<sup>o</sup> Détérioration de la porcelaine par les pressions accidentelles provenant des dilatations et contractions subies par l'ensemble des scellements (cape, ciment, porcelaine, tige, etc.);
- 3<sup>o</sup> Affaiblissement de l'isolateur par suite de l'application répétée d'une charge donnée.

Le point 2 ne s'applique qu'aux types Cape et Tige, et comme les Hewlett ont donné le plus gros déchet au cours de ces essais, il semble donc bien que les phénomènes de dilatation ne jouent peut-être pas un rôle aussi important que 'on veut bien le dire parfois. Il est vrai que la question de l'élasticité des scellements a fait des progrès considérables ces dernières années, ce qui réduit beaucoup les dangers des dilatations. Restent les points 1 et 3 qui ont probablement chacun une grande influence sur la détérioration des éléments. La question pourrait être tranchée par la réalisation d'essais de température sans l'intercalation d'épreuves mécaniques et réciproquement.

## 5<sup>o</sup> Essais sur les éléments ayant subi les cycles de température.

### a) Perforation dans l'huile.

Parmi les éléments ayant subi avec succès les cycles de température, quelques-uns ont été soumis à la perforation dans l'huile. La marche de cet essai est iden-

tique à celle décrite plus haut pour les éléments à l'état de neuf. Seuls les résultats sont différents, car une conclusion très nette à tirer des essais de température est l'abaissement de la tension de perforation. On peut même constater que les éléments donnant les plus mauvais résultats aux essais de température, sont ceux caractérisés par les tensions de perforation dans l'huile les plus basses, c'est-à-dire les types Hewlett. Cet abaissement du point de perforation se justifierait en outre par le nombre d'éléments qui se sont perforés dans l'air, quoique dans l'air et dans l'huile les conditions de contrainte électrique soient toutes différentes. Chaque élément a dans l'air, en régime normal, une tension de perforation déterminée mais qui ne peut s'observer, étant supérieure à la tension d'amorçage à sec. Cette tension de perforation se trouvant abaissée par les essais de température, n'apparaîtra qu'au moment où elle sera égale ou inférieure à la tension d'amorçage à sec. C'est ce qui explique pourquoi les 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des éléments perforés dans l'air au cours des essais de température le sont à des tensions voisines de celle d'amorçage.

#### *b) Rupture mécanique.*

Tous les isolateurs soumis aux cycles de température ont subi la rupture mécanique, et les résultats obtenus diffèrent si peu de ceux des premiers essais sur des éléments neufs, qu'une fois de plus, il faut conclure à l'influence très minime de la température, des épreuves mécaniques préliminaires et des perforations dans l'huile, sur les qualités mécaniques des éléments. C'est là un fait important pour l'exploitant et qui pousse à donner confiance aux scellements des isolateurs Cape et Tige réalisés actuellement.

Les résultats acquis ci-dessus, paraissent confirmer, dans une certaine mesure, que les propriétés mécaniques d'un isolateur ne s'accroissent qu'au détriment de ses propriétés électriques. Si l'on compare les charges de rupture mécanique et les qualités décelées par les résultats des essais de température, on constate en effet que ces deux facteurs varient en général en sens inverse.

Les isolateurs français ont des charges de rupture très élevées, mais donnent un assez gros déchet aux cycles de température. Pour les Hermsdorf-Freiberg, c'est l'inverse, les charges de rupture étant même très basses. Les américains — Ohio-Brass spécialement — se tiennent dans un juste milieu, charge de rupture moyenne, bon résultat aux cycles de température, et c'est peut-être ce type-là qui réalise le meilleur équilibre entre les qualités électriques et mécaniques.

Le type Motor échappe à toutes ces conclusions, puisqu'il est resté insensible aux cycles de température et que sa perforation dans l'huile est trop particulière pour pouvoir être comparée à celles des autres types.

Une constatation importante se dégage des résultats de ces différents essais, c'est le rôle prépondérant des propriétés mécaniques des isolateurs et leur influence sur la valeur électrique de ces derniers. Les conclusions que nous en tirons remontent à plusieurs mois déjà, mais, malgré les changements très rapides que l'on peut observer dans la construction des isolateurs, ces conclusions offrent tout de même un certain intérêt en permettant de choisir d'une façon judicieuse les conditions mécaniques limites à admettre en exploitation pour les différents types d'isolateurs essayés.

Pour les Ohio-Brass, l'effort mécanique admissible, comme ne modifiant pas les propriétés mécaniques, est d'environ 2800 kg; il est peut-être même plus élevé, les éléments ayant normalement tendance à conserver leurs propriétés électriques jusqu'au voisinage de la rupture. L'effort maximum garanti en exploitation est de 1400 kg, cette valeur pouvant éventuellement être dépassée exceptionnellement en cas de surcharge.

Les éléments de l'Electro-Céramique peuvent atteindre une charge de 2500 kg en conservant leurs propriétés électriques. Toutefois, pour avoir une sécurité suf-

fisante, l'effort maximum à admettre, en cas de surcharge momentanée, ne devrait pas dépasser en exploitation la valeur garantie de 1250 kg.

Les isolateurs allemands (Hermsdorf-Freiberg) conservent en général leurs propriétés électriques jusqu'au moment de la rupture, la sécurité à fixer serait donc plutôt d'ordre mécanique. Les efforts maximum à ne pas dépasser, en cas de surcharge momentanée, seraient de l'ordre de 800 kg pour les types de suspension et de 1000 kg pour ceux d'amarrage, malgré les valeurs de 800 et 1500 kg garanties par le fournisseur.

Les types Hewlett sont certainement ceux de moindre valeur mécanique. La charge maximum à adopter, comme ne réduisant pas leur valeur électrique, est au maximum de 1400 à 1500 kg pour les éléments de l'Electro-Céramique et de Ste-Foy l'Argentière (tableau II, No. 11, 13 et 14) et de 2000 kg environ pour le type américain (tableau II, No. 12). Nous ne connaissons pas les efforts garantis par les différents fournisseurs, mais les expériences générales, acquises avec les autres éléments, permettent de fixer de 600 à 800 kg les efforts maximums à ne pas dépasser dans le cas de surcharge momentanée pour les modèles européens, et à 1000 kg environ pour le modèle américain.

Reste le type Motor, qui semble remplir les conditions de l'un et l'autre des meilleurs types soumis aux essais. L'absence de résultats positifs sur les éléments de ce type ne permet pas de fixer des chiffres précis sur sa valeur mécanique, mais il est certain que cette dernière n'est pas inférieure à celle des meilleurs autres types.

Les considérations qui précèdent inciteront peut-être des constructeurs de lignes et des exploitants à pousser leurs recherches dans le domaine que nous avons abordé, et à perfectionner les procédés d'investigation. Souvent, les acheteurs d'isolateurs à haute tension s'en remettent aux publications et aux arguments des fabricants, en se laissant guider dans leur choix d'un modèle d'isolateur par des questions plus commerciales que techniques, au lieu de suivre eux-mêmes les progrès constants réalisés dans la fabrication, en utilisant les laboratoires spéciaux qui sont à leur disposition.

## Einige einfache Fälle von Bewegung unter der Wirkung der Newton-Coulombschen Anziehung.

Von Alb. Forster, Zürich.

*Der Autor wendet sich gegen die von J. J. Thomson vorgeschlagene Annahme eines vom Coulombschen abweichenden Kraftgesetzes und befasst sich unter der Voraussetzung rein Newton-Coulombscher Anziehung und Abstossung mit einer Klasse von periodischen Umlauf- und Pendelbewegungen auf einer Ellipse, in deren Brennpunkten eine anziehende und abstossende Masse sich befindet. Zum Schluss bezieht sich der Verfasser auf ein Molekularmodell, welches von Fajans vorgeschlagen wurde und für welches er eine von ihm aufgestellte Existenzbedingung numerisch nachprüft.*

*L'auteur s'élève contre la proposition de J. J. Thomson de substituer à la loi de Coulomb une relation différente. En partant de la simple loi d'attraction et de répulsion énoncée par Newton et Coulomb, il examine une série de mouvements circulaires et pendulaires le long d'une ellipse, dont les foyers sont occupés par deux masses, l'une attractive, l'autre répulsive. En terminant, l'auteur parle du modèle imaginé par Fajans pour représenter certains mouvements moléculaires, et examine si ce modèle est théoriquement réalisable, en y appliquant une condition numérique déduite par lui.*

In der „General Electric Review“ wurde unlängst eine Folge von Vorträgen über die elektrische Konstitution von Atomen und chemischen Verbindungen wiedergegeben, welche J. J. Thomson anfangs April 1923 im Franklin-Institut in Philadelphia gehalten hat<sup>1)</sup>. Durch diese Publikation wurden die Vorträge auch in den

<sup>1)</sup> Siehe auch: Journal of the Franklin Institute, Vol. 195; No. 4469 der Bibliothek der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.