

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 39 (1948)

**Heft:** 8

**Artikel:** Caractéristiques et fabrication des textiles de verre utilisés comme isolant en électrotechnique

**Autor:** Gaulis, J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059267>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

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

# BULLETIN

## DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEM VEREINS

### Caractéristiques et fabrication des textiles de verre utilisés comme isolant en électrotechnique

Conférence présentée à la journée de la technique des isolants, organisée par l'ASE le 24 avril 1947, à Zurich,  
par J. Gaulis, Lausanne

*Après avoir résumé les travaux connus, traitant les phénomènes physiques régissant l'étirage du verre en fibres fines, l'auteur décrit les procédés industriels utilisés actuellement pour fabriquer ces nouveaux produits. Il donne ensuite des indications sur les modes de fabrication particuliers des textiles de verre utilisés comme isolants en électrotechnique, ainsi que la description des principaux types de fils, rubans et tissus mis à la disposition du constructeur. Il termine par l'exposé des principales caractéristiques de ce nouveau matériau, comparé aux isolants textiles utilisés jusqu'ici.*

621.315.612.6

*Im ersten Abschnitt werden die bisher bekannten Arbeiten über die physikalischen Vorgänge bei der Glasspinnerei behandelt. Anschliessend beschreibt der Autor die heute üblichen Methoden zur industriellen Herstellung der neuen Glasfaserprodukte, besonders derjenigen, die in der Elektrotechnik für Isolationszwecke verwendet werden. Die technisch wichtigsten Typen der gesponnenen Schnüre, Bänder und Gewebe, die dem Konstrukteur zur Verfügung stehen, werden beschrieben und deren hauptsächlichste Eigenschaften mit denjenigen der bisher bekannten Textilisolierstoffe verglichen.*

#### 1

Il y a une dizaine d'années déjà, l'industrie verrière abordait les problèmes dont la solution lui permet actuellement de mettre à la disposition de l'électricien un nouveau matériau d'isolation: le textile de verre.

Néanmoins si l'on sait depuis longtemps tirer d'une masse vitrifiée en fusion des filaments de verre, les connaissances sur les phénomènes qui régissent la formation même des fibres de verre sont encore fragmentaires et confuses et il est difficile d'en tirer déjà aujourd'hui une théorie générale.

Une industrie neuve comme celle de la fibre de verre, qui n'a pu bâtir sa technique que tout récemment, ne peut encore avoir sa doctrine; le praticien peut néanmoins dès maintenant s'appuyer sur un certain nombre de recherches faites au cours des vingt dernières années et qui donnent déjà des éclaircissements sur la raison profonde de l'aptitude du verre au filage.

Nous nous référons, dans les indications sommaires, que nous vous donnons à ce sujet, aux travaux de divers physiciens, tels que: Griffith en Angleterre, Freytag en Allemagne, ainsi que d'autres auteurs, tels que Eitel, Oberlies, Smekal, Murgatroyd et tout récemment encore aux communications des français Peyches et Heymes, donnant les résultats de leurs dernières études.

Néanmoins, l'état actuel des recherches ne nous permet pas de donner une explication profonde de la filabilité du verre et nous devons nous contenter d'en donner une explication plus immédiate en mettant en évidence les deux propriétés fondamentales qu'il faut nous attendre à rencontrer dans ce cas, soit: la viscosité et la tension superficielle. En effet, les corps aptes au filage allient une visco-

sité élevée à une tension superficielle faible, — le quotient viscosité sur tension superficielle, déterminant ainsi l'indice de filage des corps considérés. Il est donc évident que cet indice sera élevé pour les corps qui se filent bien.

Dans le cas du verre, la viscosité augmente fortement dans la zone de température comprise entre 1400° et 1000°, tandis que la tension superficielle reste à peu près constante dans ces mêmes limites de température; l'expérience prouve qu'il est plus facile de filer du verre dans une zone de température basse à condition toutefois de ne pas amener la solidification du fil.

Pratiquement, le filage du verre se fait à des températures voisines de 1100°; au-dessous, la viscosité est trop élevée pour qu'il soit possible d'étirer convenablement, les tractions nécessaires devenant telles, que le fil déjà refroidi ne peut les transmettre sans rupture.

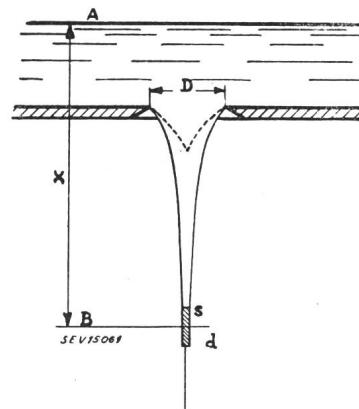


Fig. 1

Forme de la veine au moment de l'étirage

$$d^2 x = C \eta,$$

$\eta$  viscosité,

$$C = f(D)$$

Prenons par exemple (fig. 1) le cas d'une masse de verre portée à une température correspondant à la viscosité nécessaire au filage dans l'intérieur

d'une filière et s'écoulant à travers un orifice à mince parois.

Sans entrer dans le détail des calculs et en admettant que le verre s'écoule sous l'influence de son propre poids seulement, la forme de la veine au moment de l'étrage est donnée par la relation suivante:

$$d^2 x = C \eta, \quad \text{où}$$

$d$  diamètre de la fibre,

$x$  distance à la surface du verre,

$\eta$  coefficient de la viscosité variant en raison inverse de la température,

$C$  fonction de  $D$  (diamètre de l'orifice).

Si la viscosité augmente avec le temps, comme c'est le cas d'un verre qui se refroidit, le diamètre diminue de moins en moins vite quand la distance  $x$  croît.

Tout l'étrage du verre est localisé au voisinage de l'orifice de la filière, que nous appellerons «talon», et nous dénommerons «bulbe» la portion de la veine comprise entre l'ouverture d'écoulement et le point où le fil a pris pratiquement son diamètre définitif.

Ce qui précède est établi dans le cas d'une action d'étrage par simple pesanteur, sans adjonction d'une accélération supplémentaire agissant sur la partie solidifiée de la fibre.

Pour augmenter dans la pratique les vitesses d'étrage et par conséquent les débits, une accélération supplémentaire imposée à la partie solidifiée de la fibre est toujours utilisée.

Ces accélérations supplémentaires peuvent être réalisées par trois moyens, soit:

a) par traction mécanique s'exerçant sur la partie solidifiée de la fibre,

b) par l'action du frottement d'un fluide en mouvement agissant parallèlement aux génératrices de la fibre.

c) Par l'action d'une force centrifuge appliquée sur la partie solidifiée de la fibre et obtenue en mettant en rotation l'orifice d'écoulement autour d'un axe fixe.

Pratiquement (fig. 2) les talons des filières sont très loin d'être en parois minces; pour le filage des fibres très fines pour la fabrication du textile de verre, on utilise des talons constitués par un canal dont la longueur est égale à plusieurs fois son dia-

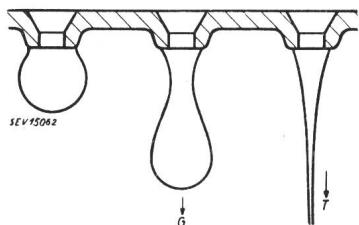


Fig. 2  
Amorçage  
de l'étrage

mètre; de plus ce canal d'alimentation est en quelque sorte indépendant de la base du bulbe, laquelle est définie par la surface totale du talon portant le canal.

Toute la science du fileur de verre consiste à équilibrer le diamètre interne des talons de filière, la température du verre et la vitesse d'étrage, de manière à éviter la rupture de la fibre pour une finesse et un débit désiré.

Une chose frappe habituellement le profane: c'est la dimension du diamètre intérieur des talons de filière par rapport à celle du diamètre de la fibre étirée; les textiles de verre, s'étirent à partir de talons de filières dont le diamètre intérieur est de l'ordre du millimètre, les fibres obtenues ayant elles-mêmes un diamètre de l'ordre de 5  $\mu\text{m}$  soit  $5/1000$  mm. L'on se représente mal des fibres de 5  $\mu\text{m}$ , qui sont beaucoup plus fines que la plupart des fils naturels ou artificiels auxquels nous sommes habitués; en effet, un cheveu fait couramment 70  $\mu\text{m}$ , les plus fins 50  $\mu\text{m}$ , un fil de cocon de ver à soie 15...20  $\mu\text{m}$ , une fibre de rayonne viscose 20...50  $\mu\text{m}$ ; le fil d'araignée, le fil naturel le plus fin connu, fait encore 7...11  $\mu\text{m}$ . Un poids de 1 kg de fibres de verre de 5  $\mu\text{m}$  représente une longueur de fil d'environ 20 000 km.

Il faut mentionner ici une caractéristique très spéciale de la fibre de verre de faible diamètre que l'on ne rencontre pas dans le verre ordinaire en masse; en effet ce qui caractérise le verre ordinaire

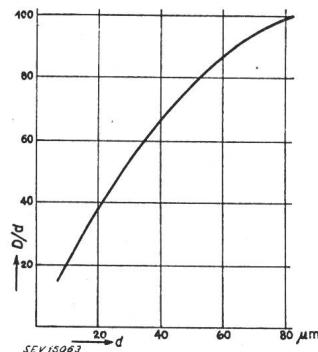


Fig. 3  
Rupture de la boucle  
D diamètre de la boucle  
minimum sans rupture.  
d diamètre du fil

au premier chef, c'est sa fragilité et sa très faible élasticité; il résiste fort bien à la compression, par contre sa résistance à la traction n'est que de l'ordre de 10 kg/mm<sup>2</sup>, soit le dixième seulement d'un bon acier. Il en résulte naturellement que le verre en masse résiste mal à la flexion; avec un fil de 1 mm de diamètre on ne peut faire — sans rupture — une boucle de moins de 40 cm de diamètre.

Pour obtenir des fibres susceptibles de supporter les opérations normales de filature et de tissage, il a fallu tout d'abord diminuer fortement le diamètre des fibres; pratiquement il n'a pas été possible d'obtenir un produit susceptible d'être traité comme un textile, tant que l'industrie se limitait à produire des fibres d'un diamètre minimum de 20  $\mu\text{m}$ ; il a fallu descendre à des diamètres de l'ordre de 5  $\mu\text{m}$  pour obtenir un produit supportant les opérations textiles sans se briser. Le graphique fig. 3 montre la diminution du rapport entre le diamètre de la boucle minimum sans rupture et le diamètre de la fibre, en fonction des variations du diamètre de celle-ci. Or, la diminution des diamètres révèle une variation assez inattendue de la résistance à la traction, et, par conséquent, à la flexion de la fibre. Le graphique fig. 4 montre, par exemple, que la résistance à la traction de la fibre de 20  $\mu\text{m}$  est encore de l'ordre de 30 kg/mm<sup>2</sup>, tandis que nous pouvons voir que en-dessous de 5  $\mu\text{m}$  la résistance croît considérablement, dans

l'ordre de 200...500 kg/mm<sup>2</sup>, soit une résistance très supérieure à celle de l'acier.

Pour tenter de donner une explication à ce phénomène, il ne faut pas se laisser influencer par les données d'amorphisme et d'isotropie qui sont attribuées classiquement au verre. Si l'on considère les

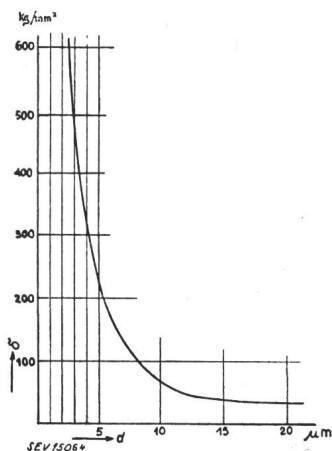


Fig. 4  
Résistance à la traction

accélérations énormes auxquelles est soumise la matière au moment de l'étirage, qui fait passer un élément de verre en fusion d'un diamètre de l'ordre de grandeur du millimètre, au diamètre d'une fibre de l'ordre de grandeur de quelques millièmes de millimètre de diamètre, l'on peut soupçonner que la structure physico-chimique de la matière se modifie au moment de l'étirage. Il y aurait, dans ce cas, apparition de véritables chaînes moléculaires, c'est-à-dire une orientation de pseudo-cristallites modifiant d'une manière anisotrope les propriétés même du verre. Cette question a été étudiée par de nombreux auteurs, mais une doctrine complète n'a pas pu encore être établie. Néanmoins, de ces travaux se dégagent plusieurs possibilités, en particulier :

a) Apparition au moment de la grande accélération d'une structure interne nouvelle du verre modifiant d'une manière anisotrope ses propriétés.

b) Intervention dominante des phénomènes de surface.

c) Apparition d'un état de tension dû au refroidissement extrêmement rapide du verre au cours du filage, entraînant un effet de trempe.

L'on peut enfin se demander si ces modifications de structure interne sont permanentes ou si l'opération classique du recuit du verre ne risque pas d'amener après un réchauffement durable un retour à une structure normale isotrope avec les conséquences qui en découlent. Si une étude complète de cette question spéciale ne paraît pas encore avoir été faite, l'on peut néanmoins remarquer que la résistance à la traction d'une fibre soumise à un échauffement durable reste stable dans une zone de température limitée à 200...250° au maximum; dans la zone des températures supérieures il a, par contre, été constaté que la résistance à la traction diminuait progressivement et bien avant que la température de ramollissement du verre, soit environ 600...700°, ait été atteinte (fig. 5). Le praticien utilisant le textile de verre, sera donc avisé en limitant, jusqu'à plus ample informé, la

température permanente maximum d'emploi du matériau à 200°, si il désire conserver intégralement les qualités exceptionnelles de tenacité de la fibre.

Enfin, une autre cause de la fragilité du verre est son manque d'élasticité; l'allongement du verre en fibres est inversément proportionnel au diamètre

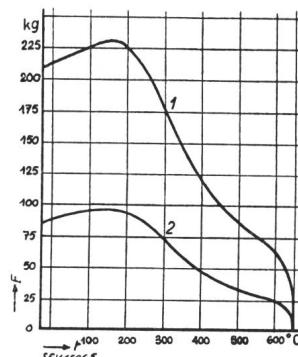


Fig. 5  
Résistance à la traction  
d'un ruban  
Largeur: 25 mm  
Epaisseur: 0,25 mm  
1 Fibres continues, 2 Fibres  
discontinues, F force, t tem-  
pérature

de celle-ci, mais ne dépasse pas pour les fibres fines de l'ordre de 5 μm le vingtième de l'allongement d'un bon acier; plus exactement, l'allongement d'une fibre de 20 μm est inférieur à 0,5% et pour des diamètres de fibres de 5 μm l'allongement ne dépasse pas 1,5% (fig. 6). Ce manque d'élasticité de la fibre a comme conséquence indirecte une résistance médiocre à l'abrasion; cette faiblesse est éliminée dès que les fibres peuvent être rendues solidaires les unes des autres, par exemple par imprégnation des fils ou tissus au moyen d'un vernis ou d'une résine. Or, dans les applications du textile de verre à la construction du matériel élec-

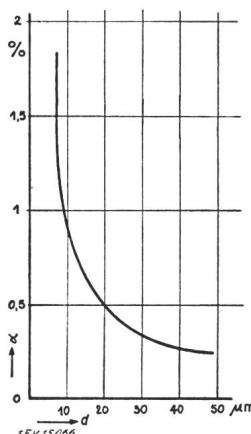


Fig. 6  
Allongement en %  
α coefficient d'allongement,  
d diamètre de la fibre

trique, l'imprégnation ou le vernissage est de règle pour obtenir les propriétés d'isolation électrique nécessaires; cette fragilité du textile de verre au frottement sera donc toujours éliminée dès que l'appareil sera terminé, mais il faudra en tenir compte, soit en utilisant des produits préalablement vernis, soit en prenant certaines précautions dans la manipulation des fils et tissus jusqu'au moment de leur imprégnation finale.

## 2

Il n'entre pas dans le cadre de cet article d'exposer en détail les différentes méthodes de fabrication des fibres de verre, lesquelles ont fait l'ob-

jet de dépôts de nombreux brevets, ainsi que leurs multiples applications autres que celles qui intéressent le constructeur d'appareils électriques. Il suffira de noter que tous les procédés de filage utilisés actuellement, dérivent des trois principes que nous venons de déterminer, soit: l'étirage mécanique, l'étirage par l'action d'un fluide, l'étirage par centrifugation. Dans le domaine des fibres utilisées sous forme de textile dans l'industrie électrique les deux premiers procédés de fabrication ci-dessus sont seuls utilisés, permettant d'obtenir:

Soit des fils fins composés de fibres continues, présentant une analogie de construction avec les fils de rayonne de cellulose,

Soit des fils plus gros composés de fibres discontinues, dont la construction s'apparente aux fils de fibranne artificielle.

### 3

Le procédé d'étirage mécanique le plus ancien est celui utilisé pour obtenir des fibres dites de soie de verre d'un diamètre d'environ  $20 \mu\text{m}$  à partir desquelles sont fabriqués les diaphragmes utilisés dans la construction des accumulateurs électriques. Un four (fig. 7) muni à sa face inférieure d'une filière en acier inoxydable, pourvue d'un certain nombre d'orifices ou tétons, est alimenté par du verre en morceaux; la chaleur de fusion est fournie par la filière elle-même laquelle est branchée sur le secondaire d'un transformateur électrique à rapport de tension variable. L'étirage se fait

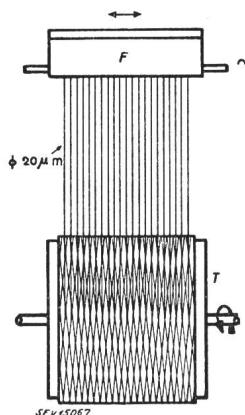


Fig. 7  
Fabrication de la  
soie de verre  
F four, T tambour

sur un tambour tournant à une vitesse périphérique d'environ  $20 \text{ m/s}$  sur lequel s'enroule la nappe des fibres issues des orifices de la filière; un dispositif spécial permet le réamorçage automatique de l'étirage de chaque fibre, lorsqu'une rupture occasionnelle d'une fibre se produit.

Le produit obtenu se présente sous forme d'écheveaux de fibres parallèles lesquels sont coupés et étendus à la main sur des tables sous forme de voiles, dont l'épaisseur peut varier de quelques dixièmes de millimètres à quelques millimètres. Les voiles ainsi formés sont imprégnés à l'aide d'une colle et découpés aux dimensions voulues pour constituer des diaphragmes isolants intercalés entre les éléments des accumulateurs. Ces diaphragmes en fibres de verre ne sont pas destinés à remplacer les séparateurs proprement dits, ils sont placés de part et d'autre de la plaque positive, serrés entre

celle-ci et le séparateur pour retenir les particules d'oxyde à la surface de cette plaque. L'utilisation de ces diaphragmes maintient la batterie à sa capacité maximum et en même temps permet l'emploi de plaques positives moins dures et plus légères.

### 4

La fabrication des fibres fines continues textiles (fig. 8) s'apparente à celle que nous venons de décrire; elle nécessite néanmoins l'utilisation d'une filière en alliage de métaux précieux, laquelle sert

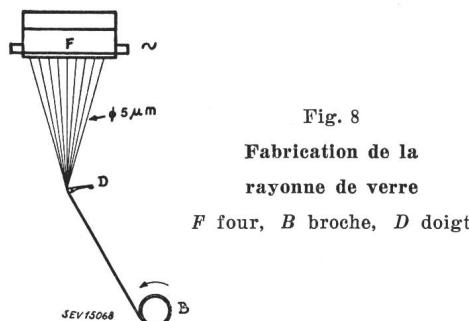


Fig. 8

Fabrication de la  
rayonne de verre

F four, B broche, D doigt

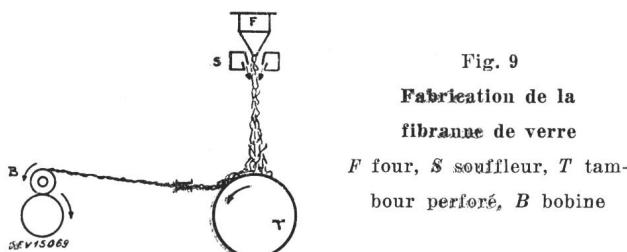
comme précédemment de corps de chauffe pour la fusion du verre; elle est donc branchée sur le secondaire d'un transformateur électrique à rapport de tension variable et est alimentée en verre spécial mis sous forme de billes pour assurer la régularité du débit. La filière est montée elle-même dans un four à parois réfractaires et elle est munie de tétons, au nombre de 100 à 200, donnant chacun naissance à une fibre continue d'un diamètre moyen de  $5 \mu\text{m}$ . Ce faisceau de fibres est réuni sur un doigt, les fibres étant à ce moment collées entre elles par adjonction d'une émulsion à base de résines synthétiques. Cet élément de fil est enroulé sur une broche tournant à une vitesse de 6000 t./min correspondant à une vitesse linéaire d'étirage d'environ  $50 \text{ m/s}$ . Le gâteau du fil unitaire ainsi obtenu est ensuite retiré de la broche et soumis à des opérations ultérieures de retordage et câblage d'une façon analogue à celles pratiquées dans la filature de la rayonne de cellulose. Les fils ainsi obtenus se composent donc suivant leur grosseur de 200...2000 fibres continues de  $5 \mu\text{m}$  chacune; le diamètre des fils terminés est exprimé en kilomètres de longueur par kilogramme, soit en titre métrique, qui varie de 90 km au kg pour les fils les plus fins, à 10 km au kg pour les fils les plus gros.

### 5

La fabrication des fibres fines discontinues textiles est obtenue en étirant le verre fondu au moyen d'un fluide en mouvement, plus particulièrement de l'air (fig. 9).

Une filière en alliage de métaux précieux analogue à celle utilisée dans le cas de la fabrication des fibres continues, est alimentée en verre spécial mis sous forme de billes lequel est fondu dans la filière par le même dispositif que celui que nous venons de décrire pour la fabrication précédente. Immédiatement en-dessous des tétons de la filière, lesquelles sont au nombre de 50 à 100, se trouve

placé un dispositif de souffleurs assurant l'étirage du verre fondu sortant des tétons et par conséquent la formation de fibres de longueur variant de 10...50 cm.



Le diamètre des fibres ainsi obtenues est aussi de l'ordre de grandeur de 5  $\mu\text{m}$ ; la vitesse d'étirage étant par contre beaucoup plus élevée que dans le cas précédent: environ 150...200 m/s.

Les fibres discontinues projetées en même temps que l'air issu des souffleurs, sont recueillies sur un tambour perforé animé d'un mouvement de rotation; l'air en excès est aspiré dans l'intérieur du tambour par un dispositif ad-hoc, tandis que les fibres se déposent sur la surface de celui-ci suivant une orientation analogue à celle du voile obtenu lors de l'opération classique du cardage de la laine ou du coton. Ce voile est rassemblé sous forme de mèche, laquelle est enroulée sur une bobine animée d'une vitesse tangentielle constante; cette mèche est ensuite traitée par étirage et retordage suivant un procédé dérivé de la filature classique de la laine, permettant ainsi d'obtenir un fil retordu composé de fibres discontinues dont la longueur varie de 5...15 cm. L'on obtient ainsi des fils présentant une analogie de construction avec les fils de laine ou de coton, et dont les grosseurs sont supérieures à celles des fils de fibres continues.

Comme dans le cas précédent, le diamètre de ces fils est exprimé en kilomètres de longueur par kilogramme, soit en titre métrique qui varie de 10 km au kg pour les grosseurs moyennes jusqu'à 1 km au kg pour les fils les plus gros.

## 6

Les différents fils ainsi obtenus, soit composés de fibres continues ou de fibres discontinues, permettent d'obtenir la gamme complète des grosseurs de fils nécessaires et sont prêts soit pour l'opération du guipage ou du tressage sur les conducteurs électriques, soit pour les opérations classiques de tissage en vue d'obtenir des rubans, des tissus ou des gaines.

L'épaisseur de guipage ou de tressage avant la pose du vernis dépend naturellement de la grosseur du fil employé et varie d'une part de  $5/100 \dots 25/100$  mm pour les fils de fibres continues, et, d'autre part, de  $30/100$  jusqu'à  $100/100$  mm pour les fils de fibres discontinues; nous entendons par épaisseur de guipage, l'augmentation du diamètre apparent du conducteur.

De même les rubans, tissus, et gaines se présentent avant leur imprégnation avec la même gamme d'épaisseurs que celles que nous venons d'indiquer pour les fils guipés ou tressés.

Cet exposé ne serait pas complet si l'on ne donnait pas enfin quelques précisions sur la composition des verres utilisés pour la fabrication des textiles à l'usage de l'industrie électrique.

Le verre est un composé de silice auquel vient s'ajouter différents corps tels que: l'alumine, la magnésie, la chaux, ainsi que des fondants, soit sous forme d'alcalins tels que la soude et la potasse, soit sous forme d'alcalino-terreux sous forme de bore.

Le choix de la qualité du verre est subordonné à l'emploi auquel on le destine et correspond à une variation quantitative et qualitative de ses composants; ceux-ci influent sur les caractéristiques de viscosité, température de fusion, dureté, coefficient de dilatation, résistance superficielle à l'attaque de l'humidité et des acides.

Dans le cas du verre en fibres, la ténuité de celles-ci entraîne une disproportion très grande entre la surface et la masse de la matière; il a fallu donc recourir à des compositions de verre spécialement étudiées en vue de résister aux importantes actions de surface s'exerçant sur la fibre elle-même.

En particulier, les alcalins tels que la potasse et la soude ont dû être totalement éliminés de la composition et remplacés par des alcalino-terreux, principalement du bore. L'on a pu améliorer ainsi la résistivité électrique superficielle de la fibre, en éliminant les possibilités d'ionisation de la surface due à la présence d'excès inévitables d'alcalins; de plus la composition du verre a été étudiée de façon à augmenter sa dureté et sa résistance au choc.

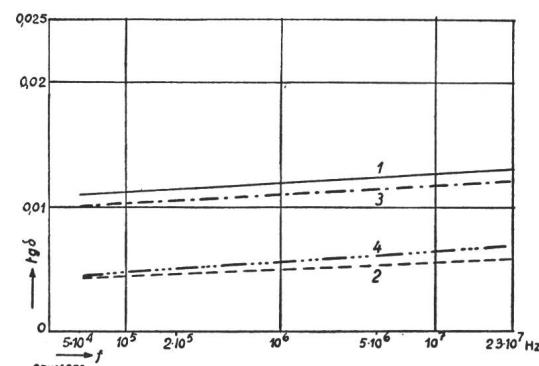


Fig. 10  
Pertes diélectriques  
f fréquence  
1 Soie de verre 13 % (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) } à 90 °C  
2 Soie de verre 0 % (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) }  
3 Soie de verre 13 % (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) } à 20 °C  
4 Soie de verre 0 % (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) }

A titre d'exemple, nous donnons (fig. 10) la courbe de la valeur de la tangente  $\delta$  à différentes fréquences relevée sur un composé de tissus de verre imprégnés d'une résine de très bonne qualité diélectrique; ce graphique montre que la valeur de la tangente  $\delta$  diminue environ de la moitié lorsque l'on remplace dans la fabrication du tissu, un verre ordinaire à 13 % de soude et potasse, par un verre spécial au bore rigoureusement exempt d'alcalins.

Pour conclure on peut dire que le matériau nouveau mis à la disposition de l'industrie se présente sous la forme d'un textile résistant aux hautes températures et aux acides, incombustible, non hygroscopique, stable, de faible encombrement et possédant de remarquables qualités de tenacité; en outre, sa résistance à l'abrasion est normale dès qu'il est imprégné. Ses qualités électriques sont bonnes, et utilisé conjointement avec un imprégnant adéquat, conserve à celui-ci la totalité de ces qualités électriques propres, tout en permettant de porter la température d'emploi de l'isolant ainsi créé, au maximum de celle que peut supporter l'imprégnant,

tout en conservant les qualités mécaniques du textile de verre.

Il en résulte que la température d'emploi du textile de verre est limitée par celle de l'imprégnant, et c'est la collaboration du verrier, du chimiste et de l'électricien qui mettra en définitive à la disposition de l'industrie un isolant nouveau permettant, avec un faible encombrement, d'admettre des températures de régime et des surcharges momentanées supérieures à celles pratiquées avec les isolants textiles classiques utilisés jusqu'ici.

#### Adresse de l'auteur:

J. Gaulis, administrateur-délégué de la S. A. Fibre de Verre, 2, chemin de Magnolias, Lausanne.

## Résultats obtenus en France par l'emploi des textiles de verre dans la construction électrotechnique

Conférence présentée à la journée de la technique des isolants, organisée par l'ASE le 24 avril 1947, à Zurich,  
par F. Nouvion, Paris

621.315.612.6

*Seit dem Auftauchen der Glasseide als Isoliermaterial in Frankreich im Jahre 1938 beschäftigten sich die Französischen Staatsbahnen (SNCF) mit diesem neuen Produkt. Der zweite Weltkrieg verunmöglichte einerseits systematische Versuche, anderseits aber zwang er dazu, die Möglichkeit der Verwendung jedes brauchbaren Isoliermittels zu versuchen. Die Ergebnisse dieser Versuche unter ungünstigsten Voraussetzungen werden dargelegt und die daraus für den Betrieb der SNCF gezogenen Folgerungen genannt. Es ergibt sich, dass imprägnierte Glasseide für bestimmte Fälle sehr vorteilhaft ist, während für andere Fälle nach wie vor die Glimmerprodukte (Glimmerseide, Micanite) vorgezogen werden.*

*La Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF) s'est intéressée au nouvel isolant que constitue la soie de verre, dès son apparition en France en 1938. La deuxième guerre mondiale a empêché d'effectuer des essais systématiques; elle a par contre forcée d'essayer chaque matière isolante utilisable. L'auteur expose les résultats de ces essais effectués dans des conditions très défavorables, ainsi que les conséquences qui en ont résulté pour l'exploitation de la SNCF. L'expérience a démontré que la soie de verre imprégnée est très avantageuse dans certains cas, tandis que dans d'autres cas les produits à base de mica sont préférables.*

### Généralités

L'apparition comme isolants de produits à base de soie de verre eut lieu en France fin 1938.

Dès cette époque, la Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF) s'intéressa à ce matériau qu'elle considéra non comme un «Ersatz» mais comme un produit nouveau susceptible d'atténuer certains défauts des isolants de bobinage des moteurs électriques: irrégularité d'épaisseur, tenue médiocre à la température, mauvaise conductibilité thermique.

Les produits à base de verre livrés à cette époque se caractérisaient par une résistance mécanique insuffisante due à un tissage trop lâche et par une épaisseur trop élevée. Le canevas de verre était prépondérant dans les rubans micacés, à l'épaisseur égale, où il y avait moins de couches de mica que dans les produits courants. C'est ainsi qu'un ruban de verre mica de  $\frac{13}{100}$  présentait une rigidité diélectrique environ trois fois plus petite qu'un ruban soie mica de même épaisseur.

La SNCF n'en avait pas moins décidé après quelques essais préliminaires, de rebobiner 10 moteurs de traction avec des produits à base de verre. Cette décision ne fut pas suivie d'effet; la guerre fit remettre à plus tard les essais qui ne présentaient pas un caractère d'impérieuse nécessité.

Fin 1940, à la suite de réquisitions massives des allemands, et de la suppression des importations de mica qui en tout état de cause n'auraient rien

apporté à l'économie française, nous ne possédions pratiquement plus de mica du moins officiellement.

En réalité, la situation était un peu moins mauvaise car chacun s'était ingénier à dissimuler aux yeux étrangers autant qu'il le pouvait; par ailleurs, la récupération du mica des moteurs débobinés permit par des ententes directes entre utilisateurs et fabricants, en marge des réglementations en vigueur, la confection de certains produits.

Pour remplacer le mica, nous nous sommes surtout attachés à trouver une solution d'avenir à appliquer au moment opportun. Aussi avons-nous été pendant l'occupation extrêmement audacieux dans les essais de produits les plus divers. Nous ne parlerons ici que de ceux exécutés sur le verre.

Avant la guerre, nous ne recherchions dans le verre que des qualités de support incombustible: bon conducteur de la chaleur et mécaniquement résistant; fin 1940, il fallait par surcroît remplacer le rôle isolant du mica.

Il faut reconnaître que le problème posé était particulièrement difficile à résoudre.

Il s'agissait en effet de rebobiner des moteurs de traction sans en altérer les caractéristiques de fonctionnement. Or, la puissance de ces moteurs est définie pour une élévation de température de  $120^{\circ}\text{C}$  au-dessus de l'ambiente mesurée par variation de résistance et extrapolation de la courbe de refroidissement. En service la charge moyenne des trains de marchandises sur l'ensemble du Réseau Français,