

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 47 (1956)  
**Heft:** 9

**Artikel:** L'encyclopédie des Isolants Electriques  
**Autor:** Senarclens, G. de  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058205>

#### 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:** 15.01.2026

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

Fehlerbereiches von  $\pm 20\%$  liegen. Betrachtet man einen Fehlerbereich von  $\pm 50\%$ , so liegen rund 64 % der nach der USA-Formel und rund 96 % der nach der ETH-Formel gerechneten Werte innerhalb des Bereiches.

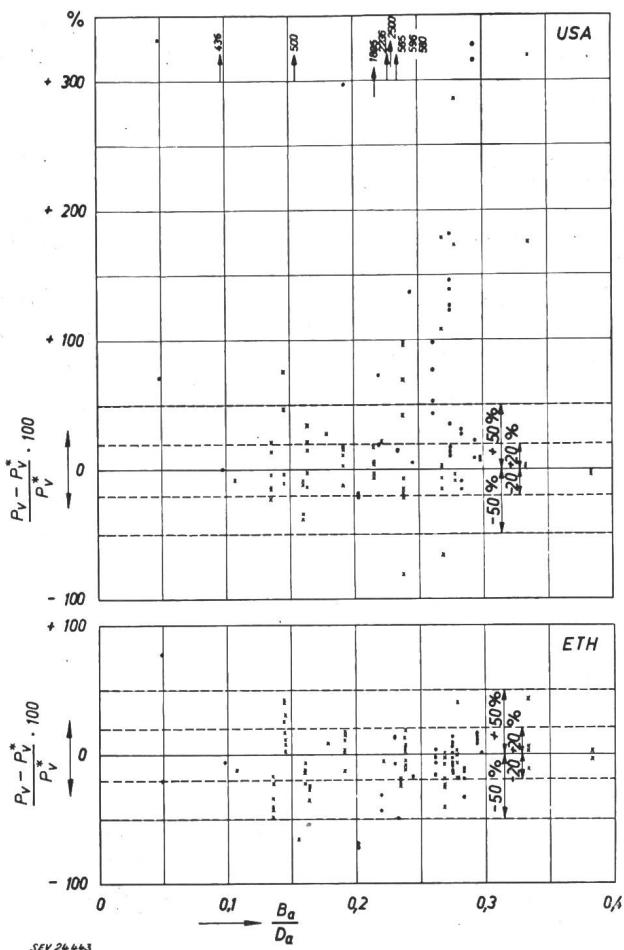


Fig. 68

#### Vergleich der Ergebnisse der Kontrollrechnungen mit der USA- und der ETH-Formel

$\frac{P_v - P_v^*}{P_v^*} \cdot 100$  = Abweichung des berechneten Wertes  $P_v$  vom gemessenen Wert  $P_v^*$ , in Prozenten von  $P_v^*$ , aufgetragen über der relativen Becherbreite  $B_a/D_a$

○ einteilige Räder    × mehrteilige Räder

Bei der Beurteilung des Wertes dieses Ergebnisses ist zu berücksichtigen, dass die Ventilationsverluste des Turbinenlaufrades im allgemeinen nur etwa 0,5 % der Generatorleistung betragen. Wenn dieser Wert also auf etwa  $\pm 20\%$  genau berechnet werden kann, so bedeutet dies eine Fehlerquelle von nur  $\pm 0,1\%$  im Generator-Wirkungsgrad und noch etwas weniger im Turbinen-Wirkungsgrad. Diese Genauigkeit sollte in den meisten Fällen genügen.

#### 18. Zusammenfassung

In der vorstehenden Arbeit wurde versucht, alle erreichbaren Messresultate so auszuwerten, dass sich eine brauchbare Berechnungsmethode für die Ventilationsverluste von Freistrahlturbinen-Laufrädern aufstellen lässt. Eine wesentliche Verbesserung gegenüber der einzigen bisher publizierten Formel der ASME-Versuchsregeln [2] wurde erreicht.

Die Zuverlässigkeit der ETH-Formeln könnte wahrscheinlich noch verbessert werden, wenn mehr Unterlagen, insbesondere von grossen Rädern, zur Verfügung gestellt würden. Der Verfasser ist für alle Ergebnisse dankbar, die ihm zugestellt werden; die zur Auswertung benötigten Daten gehen aus der Arbeit hervor.

#### Literatur

- [1] Dubs, R.: Der Luftwiderstand von Schwungrädern, Riemscheiben, Kupplungen und Scheiben. Bull. SEV Bd. 45(1954), Nr. 20, S. 829...838.
- [2] Power Test Code for Hydraulic Prime Movers. Publ. PTC 18-1949 der «American Society of Mechanical Engineers (ASME)», S. 12..13, Ziff. 54. New York: 1949.
- [3] Schweizerische Regeln für Wasserturbinen. 2. Aufl.: Publ. Nr. 178 des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV), S. 69, Ziff. 167. Zürich: 1951.
- [4] Iurzolla, E.: Contributo allo studio delle perdite per frizione e ventilazione nelle giranti delle turbine Pelton. Ingegnere (Milano) Bd. 22(1948), Nr. 10, S. 866...872.
- [5] Reichel, E. und W. Wagenbach: Versuche an Becherturbinen Z. VDI Bd. 62(1918), Nr. 47, S. 822...829; Nr. 49, S. 870...876.
- [6] «Hütte» des Ingenieurs Taschenbuch. 27. Aufl.; Bd. I, S. 494. Berlin: Ernst & Sohn 1941.
- [7] Tobler, H.: Die Aufteilung gemessener Leerlaufverluste elektrischer Maschinen in deren Einzelverluste. Techn. Rdsch. Bd. 26(1934), Nr. 43, S. 2.
- [8] Tobler, H.: Experimentelle Bestimmung der Luftreibungsverluste von Freistrahlturbinenläufern. Schweiz. Bauztg. Bd. 72(1954), Nr. 8, S. 98...99.
- [9] Tobler, H.: Experimentelle Bestimmung der Wirkungsgrade eines durch Kaplan-turbine angetriebenen elektrischen Stromerzeugers. Schweiz. Bauztg. Bd. 73(1955), Nr. 32, S. 494...495.

#### Adresse des Autors:

Prof. H. Gerber, Vorstand des Institutes für Hydraulische Maschinen und Anlagen der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich.

## L'Encyclopédie des Isolants Electriques

Par G. de Senarclens, Breitenbach

03 : 621.315.61

Die Einteilung der Isoliermaterialien nach ihrer thermischen Beständigkeit, wie sie von der CEI vorgeschlagen wurde, hat die Unvollkommenheiten dieses Verfahrens erwiesen. Das Fachkollegium (FK) 15 des CES war der Ansicht, dass der Ersatz durch eine Art Handbuch vorzuziehen wäre, das dem Konstrukteur die gesamten physikalischen und chemischen Eigenschaften der Isoliermaterialien liefern würde. Dieses Handbuch ist anspruchsvoll «Enzyklopädie der Isoliermaterialien» getauft worden. Der Artikel gibt einen kurzen Überblick über die durch das FK 15 des CES in Verbindung mit dem Comité d'Etudes 15 der CEI unternommenen Arbeiten.

Dans le compte rendu des séances de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) à Philadelphie <sup>1)</sup>, il a été relevé que le Comité

<sup>1)</sup> voir Bull. ASE t. 45(1954), n° 26, p. 1136 et 1137.

La classification des isolants sur la base de leurs propriétés thermiques, telle qu'elle vient d'être proposée par la CEI, a mis en évidence les imperfections du système. Le Comité Technique (CT) 15 du CES a pensé qu'il serait préférable de la remplacer par une sorte de manuel donnant l'ensemble de propriétés physiques et chimiques des isolants utiles à un constructeur. Ce manuel a été baptisé prétentueusement «Encyclopédie des Isolants». L'article donne un aperçu des travaux entrepris par le CT 15 du CES, en liaison avec le Comité d'Etudes 15 de la CEI.

d'Etudes n° 15 (Matériaux isolants) avait décidé de créer un groupe de travail, appelé «Encyclopédie des Isolants», dont le but serait de poursuivre sur le plan international des travaux entrepris par le

*Classification des isolants électriques et numérotation<sup>1)</sup> des groupes*

**I. Isolants gazeux 1**  
**II. Isolants liquides dans leur état final 2**  
**III. Isolants solides dans leur état final**

**A. Isolants ne devant subir aucune transformation physique ou chimique pendant leur mise en œuvre**

*1. Isolants sans forme définie*

- Masses molles pétrissables 3
- Poudres, flocons, fibres 4

*2. Isolants filiformes*

- Mono- et multifilaments 5—6
- Mono- et multifilaments imprégnés 7

*3. Isolants planiformes*

- Films et pellicules 8
- Papiers 9 a
- Tissus 9 b
- Papiers imprégnés ou enduits 10 a
- Tissus imprégnés ou enduits 10 b
- Stratifiés planiformes 11

*4. Isolants «spaciformes»*

- *Isolants non stratifiés:*
  - Céramiques 12
  - Isolants moulés thermodurcis 13
  - Isolants moulés thermoplastiques 14
  - Elastomères 15 a
  - Autres isolants «spaciformes» 15 b
  - Isolants «spaciformes» stratifiés 16

**B. Isolants devant subir une transformation physique ou chimique pendant leur mise en œuvre**

*Isolants planiformes pour enroulage ou empilage, suivi d'un collage des couches entre elles (les isolants des groupes 17—25 ont pour cela un adhésif en surface)*

*1. Le collage se fait à température ordinaire*

- Films et pellicules adhésives 17
- Papiers et tissus adhésifs 18
- Stratifiés adhésifs 19

*2. Le collage se fait à chaud*

- Films et pellicules 20
- Papiers et tissus 21
- Stratifiés 22

*3. Le collage se fait à chaud, l'adhésif contient un solvant*

- Films et pellicules «humides» 23
- Papiers et tissus imprégnés «humides» 24
- Stratifiés «humides» 25

*4. Le collage se fait par fusion de l'isolant*

- Films et pellicules 26

*Isolants pour remplissage, vernissage, enduction ou collage*

(Ces isolants sont liquides, ou rendus liquides pour l'emploi, et se solidifient après avoir été mis en place )

*1. Isolants rendus solides par transformation physique*

(Congélation ou évaporation d'un solvant)

- Masses isolantes fusibles, liquides à chaud sans charges 27, avec charges 28
- Vernis séchant par évaporation du solvant non pigmentés 29, pigmentés 30

*2. Isolants rendus solides par transformation chimique*

(Polymérisation ou polycondensation)

- Masses durcissables pour coulage à froid et Vernis sans solvant sans charges 34, avec charges 35
- Masses durcissables pour coulage à chaud sans charges 36, avec charges 37
- Mastics durcissables 38

*3. Isolants rendus solides par transformation chimique et physique*

(Evaporation d'un solvant, puis oxydation, polymérisation, polycondensation, etc.)

- Vernis séchant par évaporation d'un solvant et processus chimique non pigmentés 31, pigmentés 32
- Mastics durcissables contenant un solvant 33

<sup>1)</sup> sera modifiée lorsque les tableaux de groupe seront tous rédigés.

Tableau groupe 14

Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. Bd. 47(1956), Nr. 9

ISOLANTS ELECTRIQUES							CES Projet No. 6 Février 1956	Les isolants de ce groupe sont thermoplastiques, c'est-à-dire qu'ils se ramollissent fortement lorsque la température augmente et reprennent leur durété au refroidissement. La plupart sont <u>isotropes</u> , c'est-à-dire que les propriétés sont pratiquement les mêmes dans toutes les directions. Leur thermoplasticité permet la fabrication d'objets de toutes formes, qui s'obtiennent le plus souvent en injectant la matière chauffée dans un moule froid ou tiède, dont elle prend la forme au refroidissement. On obtient également par boudinage ou pressage des tubes, des bâtons, des profils et des plaques.									
<u>Désignation</u>	<u>Apparence</u>	Caractéristiques générales														<u>Précautions dans l'emploi</u>	
		<u>Poids spécifique</u> 1)	Propriétés diélectriques						Propriétés mécaniques		Comportement à chaud		Résistance aux agents chimiques				
			Rigidité diélectrique	Résistance d'isolation vol.		Tg de l'angle de pertes (tg à 50 Hz et 100 Hz)	Résistance au cheminement par étincelles (sec.)	Constance des propriétés diélectriques en fonction de la température	Constance des propriétés diélectriques en fonction de l'humidité	Résistance à la traction et à la flexion (kg/cm <sup>2</sup> )	Résistance au choc avec entaille Izod <sup>a)</sup>	Propriétés mécaniques à chaud "Heat Distortion"	Température maximum admissible 2)	Résistance à la combustion	Stabilité des formes sous influence de l'humidité, de tensions internes ou de cristallisation	Absorption d'eau	Solvants des vernis d'imprégnation 3)
CELLULOSE	ACETATE (diacétate)	transparent ou opaque et en toutes couleurs	1,2..1,3														
	TRIACETATE	idem	1,2..1,3														
	ACETO=BUTYRATE	idem	1,1..1,2														
	NITRATE (avec plastifiant)	idem	1,3..1,4														
ETHYLCELLULOSE		idem	1,1..1,2														
BENZYLCELLULOSE		idem	1,2														
POLYAMIDE	HEXAMETHYLENE DI-AMINE ADIPATE	idem	1,1														
	CAPROLACTAME	idem	1,1														
CHLORURE DE POLYVINYLE NON PLASTIFIÉ	translucide couleurs ternes	1,3..1,4															
CHLORURE DE POLYVINYLE PLASTIFIÉ (contenant 15..50% de plastifiant)	transparent et opaque et en toutes couleurs	1,2..1,7															
CHLORURE DE POLYVINYLDENE NON PLASTIFIÉ		idem	1,6..1,7				5)										
POLYVINYLBUTYRAL	transparent jaunâtre	1,0..1,2															
POLYVINYLCALCOOL	translucide	1,2..1,3															
POLYVINYLCARBAZOL		idem	1,2														

Tableau groupe 14

POLYMETHYLACRYLATE	transparent et en toutes couleurs	1,1..1,2		
POLYSTYRENE	transparent ou opaque et en toutes couleurs	1,0..1,3		
POLYETHYLENE	translucides et en toutes couleurs	0,9		
POLYMONOCHLORTRIFLUORETHYLENE	translucide et en toutes couleurs	2,1..2,3		
POLYTETRAFLUORETHYLENE	idem	2,1..2,3		
POLYURETHANE	transparent ou opaque et en toutes couleurs	1,2..1,3		
<b>Signes conventionnels</b>				
	mauvais			
	excellent			
	Le segment plein représente les caractéristiques minimum atteintes par tout bon produit et le segment hachuré celles maximum obtenues avec des qualités spéciales, généralement au détriment d'autres propriétés. Le segment hachuré donne ainsi pour une fabrication de qualité normale la variation des caractéristiques imputables au choix des matières premières, au mélange choisi, au processus de fabrication et de plus en partie à des facteurs ultérieurs d'utilisation (genre de construction, sollicitations à la mise en œuvre et en service etc.).			
Les tableaux n'ont pour but que de permettre une comparaison entre les isolants d'un même groupe et de groupes analogues. Les signes ont été choisis pour faciliter la vue d'ensemble et faciliter le choix d'un isolant. Ils ne correspondent pas à des valeurs numériques exactes et ne doivent pas servir de base de calcul pour une construction. Les signes ne font que remplacer des adjectifs. - Cependant, pour permettre une comparaison entre les groupes, nous donnons ci-dessous les valeurs limites, représentées par les signes  et  , qui ont servi de base à la rédaction du tableau. Les signes intermédiaires ont été choisis de telle sorte qu'ils permettent au constructeur d'estimer le comportement de l'isolant en service.				
Unité  	Rigidité diélectrique	Résistance d'isolement	Angle de pertes	Résistance à la traction et à la flexion
	kV/mm	Ohm . cm	$\text{tg } \delta$	$\text{kg/cm}^2$
	< 4	$< 10^9$	$> 10^{-1}$	$< 3$
> 35	$> 10^{18}$	$< 10^{-4}$	$> 27$	
	Résistance au choc avec entaille	Résistance à l'eau (absorption)		
	$< 4$	$> 14$		
	$> 70$	$< 0,2$		

SEV 2438/

- 1) Les mousse plastiques ne sont pas considérées dans ce tableau.
- 2) Des indications ne pourront être données qu'au moment où des méthodes d'essais exactes auront pu être établies.
- 3) Seuls les hydrocarbures ont été considérés. Un cercle plein signifie que l'isolant résiste à tous les hydrocarbures (aliphatiques et aromatiques), une demi-lune qu'il ne résiste qu'aux hydrocarbures aliphatiques (dérivés du pétrole) et un cercle vide qu'il ne résiste pas aux hydrocarbures aliphatiques.
- 4) Traction.
- 5) Les pertes à haute fréquence sont un peu plus basses.

Tableau groupe 15 a

ISOLANTS ELECTRIQUES				CES		Ce groupe comprend tous les isolants dont la caractéristique principale est l'état à prédominance élastique. - Il est obtenu, pour la plupart d'entre eux, par traitement thermique, en présence d'ingrédients spéciaux, le plus souvent le soufre. On a appelé ce traitement, qui transforme une masse plastique en une masse élastique, la "vulcanisation". - Les isolants contiennent, en plus de l'élastomère et du soufre nécessaire à sa vulcanisation, des charges, des plastifiants, des accélérateurs de vulcanisation, des antioxygènes, éventuellement d'autres agents vulcanisants, qui influencent grandement leurs propriétés. - Les propriétés des élastomères vulcanisés indiquées dans ce tableau correspondent à des compositions décrites dans les monographies, où l'on donne également certaines propriétés particulières, qui peuvent être obtenues en changeant les ingrédients. La dureté varie de 50 à 80 IRH. <sup>1)</sup> La résistance à l'alcool, dont il n'est pas question dans ce tableau, est toujours bonne. - Avant la vulcanisation, les mélanges peuvent être boudinés, calandrés, pressés etc., ce qui permet de leur conférer n'importe quelle forme.										
Elastomère <sup>2)</sup>	Poids spécifique	Caractéristiques générales										Précautions dans l'emploi	N° de la monographie			
		Rigidité diélectrique	Résistance électrique	Propriétés diélectriques		Propriétés mécaniques		Résistance à la combustion		Résistance aux agents chimiques						
CAOUTCHOUC NATUREL (Crêpe, Smoked)	1,4...1,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
BUTADIENE-STYROLÈNE (GR-S, Buna S)	1,4...1,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
BUTADIENE-NITRILE ACRYLIQUE <sup>3)</sup> (GR-A, Perbunan)	1,3...1,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
POLYCHLOROPRENE (GR-M, Néoprène)	1,5...1,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
POLYISOBUTYLENE-ISOPRENE (GR-I, Butylecaoutchouc)	1,4...1,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
ELASTOMÈRE SILICONE (Silastic, Rhodorsil)	1,3...1,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
POLYETHYLENE CHLORSULFONE (Hypalon)	1,7...1,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
POLYSUFLURE ORGANIQUE (Thiokol)	1,5...1,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

## Signes conventionnels

mauvais

excellent

Le segment plein représente les caractéristiques minimum atteintes par tout bon produit et le segment hachuré celles maximum obtenues avec des qualités spéciales, généralement au détriment d'autres propriétés. Le segment hachuré donne ainsi pour une fabrication de qualité normale la variation des caractéristiques imputables au choix des matières premières, au mélange choisi, au processus de fabrication et de plus en partie à des facteurs ultérieurs d'utilisation (genre de construction, sollicitations à la mise en oeuvre et en service etc.).

Les tableaux n'ont pour but que de permettre une comparaison entre les isolants d'un même groupe et de groupes analogues. Les signes ont été choisis pour faciliter la vue d'ensemble et faciliter le choix d'un isolant. Ils ne correspondent pas à des valeurs numériques exactes et ne doivent pas servir de base de calcul pour une construction. Les signes ne font que remplacer des adjectifs. - Cependant, pour permettre une comparaison entre les groupes, nous donnons ci-dessous les valeurs limites, représentées par les signes et , qui ont servi de base à la rédaction du tableau. Les signes intermédiaires ont été choisis de telle sorte qu'ils permettent au constructeur d'estimer le comportement de l'isolant en service.

1) Degrés internationaux de dureté du caoutchouc. L'échelle de dureté est choisie de telle sorte que le degré 0 représente la dureté d'une matière ayant un module d'élasticité nul, le degré 100 la dureté d'une matière ayant un module d'élasticité infini.

Les lectures en degrés internationaux de dureté sont approximativement les mêmes que celles que donne le duromètre Shore type "A".

2) Les caoutchoucs mous ne sont pas considérés dans ce tableau.

3) Généralement utilisé comme enveloppe et non comme isolation primaire, à cause de sa polarité et de sa teneur en électrolytes.

Tableau groupe 15 a

Rigidité diélectrique kV/mm	$< 4$	$> 35$
Unité	○	●
Résistance électrique Ωm · cm	$< 10^4$	$> 10^{18}$
Parties diélectriques	tg δ $> 0,12$	$< 0,002$
Résistance à la traction	$< 50$	$> 200$
Allongement à la rupture	$< 100$	$> 500$
Résistance à l'eau (absorption)	% $> 14$	$< 0,2$

SEV 24-385

CT 15 du CES. Il nous paraît intéressant de donner aujourd'hui quelques renseignements sur la tâche que s'est assignée le groupe de travail «Encyclopédie des isolants».

On connaît le rôle prépondérant joué par les matériaux isolants dans la construction électrique. C'est d'eux surtout, de leur choix judicieux et de leur mise en œuvre correcte, que dépend la durée de vie d'une machine.

Le choix d'un isolant n'est généralement pas très facile, en raison de leur multitude, de l'évolution rapide qu'ils subissent et de la diversité des machines et appareils électriques. La documentation technique qui les accompagne ne s'applique pas toujours au but auquel on les destine et, il faut bien le dire, leurs points faibles n'y sont décrits qu'avec circonspection. Enfin, des isolants appartenant à la même classe, mais différents dans leurs propriétés, ont souvent la même désignation, tels par exemple les chlorures de polyvinyle plastifiés. Tout ceci ne facilite pas le choix.

Ces inconvénients sont apparus clairement lorsque le Comité d'Etudes n° 2C de la CEI a entrepris la nouvelle classification thermique des isolants. Il s'agissait d'établir la liste des matériaux qui pouvaient être utilisés dans les différentes classes thermiques, Y ( $90^\circ\text{C}$ ), A ( $105^\circ\text{C}$ ), E ( $120^\circ\text{C}$ ), B ( $130^\circ\text{C}$ ), F ( $155^\circ\text{C}$ ), H ( $180^\circ\text{C}$ ) et C (plus de  $180^\circ\text{C}$ ). Celles qui ont été établies ne représentent qu'une solution provisoire très peu satisfaisante. Elles doivent être abolies le plus rapidement possible, à savoir dès que le constructeur de machines et appareils électriques disposera d'un manuel, dans lequel il trouvera les propriétés physiques et chimiques de chaque isolant, les conditions dans lesquelles ils peuvent être utilisés, leur comportement à la chaleur et, naturellement, toutes les précautions qui doivent être prises dans l'emploi. C'est ce manuel que le CT 15 du CES s'est proposé de réaliser et qui a été baptisé un peu prétentieusement «Encyclopédie des Isolants».

La base de toute encyclopédie réside dans une classification. C'est donc par là qu'il fallait commencer. Différentes possibilités étaient offertes:

1. Une classification sur la base de la constitution chimique. Elle a été écartée en raison du fait, d'une part que les isolants sont rarement formés d'un seul constituant défini chimiquement, d'autre part parce que le jargon employé par les chimistes n'est pas très apprécié des constructeurs de matériel électrique. Or l'encyclopédie n'est pas destinée aux chimistes, mais bien aux constructeurs.

2. Une classification basée sur le produit principal, par exemple le mica, la résine synthétique, le vernis, etc. Ce mode de classement, aujourd'hui le plus fréquent, doit être écarté, car il oblige le constructeur à chercher dans différentes classes le produit qui convient à son but particulier.

3. Une classification sur la base du but auquel l'isolant est destiné, par exemple isolant d'encoches, entre-lames de collecteurs, vernis d'imprégnation, etc. Ce système a été écarté en raison de la diversité des applications, ce qui imposerait une grande quantité de groupes, et parce qu'un même isolant peut être utilisé pour des buts très différents; il se retrouverait donc dans plusieurs groupes.

4. Une classification, basée sur une propriété déterminée, par exemple la résistance thermique. Tous les isolants de la classe thermique A, c'est-à-dire qui doivent résister à une température maximum de  $105^\circ\text{C}$ , se trouveraient groupés. Ce procédé n'a pas été retenu, parce que la résistance thermique est une notion vague, difficile à déterminer avec précision, et que, dans chaque classe thermique il faudrait tout de même établir une classification générale.

Il a été finalement décidé de classer les matériaux isolants d'après:

Tableau groupe 22

<b>I S O L A N T S   E L E C T R I Q U E S</b>  Tableau comparatif  Groupe 22 : STRATIFIÉS COLLANT À CHAUD POUR ENROULAGE OU EMPILAGE		CES  Projet No. 5  Février 1956	<p>Ce groupe comprend tous les isolants stratifiés planiformes, qui sont recouverts d'un agglomérant spécial dans le but de permettre un collage à chaud des isolants sur eux-mêmes, afin de réaliser une isolation compacte. - La grande majorité d'entre eux est à base de clivures ou de papier de mica, fixés fréquemment sur un support. Ils se présentent sous forme de feuilles (micafolium etc.) ou sous forme de rubans de toutes largeurs (rubans micacés). Ils sont utilisés habituellement pour isoler des conducteurs simples ou multiples, autour desquels ils sont enroulés, puis comprimés à chaud. 1) - Le mode d'emploi, c'est-à-dire le collage, est déterminé par la nature de l'agglomérant, bien plus que par le support utilisé. Celui-ci n'a pas d'autre but que de donner à l'isolant une résistance à la traction suffisante pour permettre son enroulement. Les textiles sont plus résistants que les papiers et doivent être choisis partout où une forte résistance à la traction est nécessaire. Les supports inorganiques s'imposent si la température de régime des machines électriques est élevée. - Le caractère général des isolations (gaines) est fonction de l'agglomérant utilisé pour le collage, qui, pour les isolants de ce groupe, ne s'effectue qu'à chaud. Certains d'entre eux subissent une transformation durable de leurs propriétés pendant le traitement thermique et confèrent aux isolations une bonne stabilité de forme. D'autres, au contraire, qui sont à prédominance thermoplastique, notamment l'asphalte, perdent leur durété à chaud et la reprennent au refroidissement. - D'autre part, les propriétés finales de l'isolation dépendent beaucoup du soin apporté au collage des isolants. Une inclusion d'air, même minime, provoque une brusque augmentation des pertes diélectriques en fonction de la tension. 2) - La grande variété des résines à disposition et la possibilité de les combiner entre elles ou de les modifier par d'autres agents, permettent de fabriquer une multitude d'agglomérants. Ce tableau est donc incomplet, puisqu'il s'est limité aux groupes principaux. De nouveaux agglomérants sont apparus récemment, qui exigeront probablement une révision prochaine de ce tableau.</p>									
		Nature du support  Pas de support  Support organique	Agglomérant  Température de collage °C 3)	Caractéristiques de l'isolation (gaine ou enrubannage) après collage des couches entre elles et pressage						Précautions dans l'emploi  No de la Monographie		
				facteur dip pertes à 5 kV/mm  $\epsilon_0 = 5 \text{ kV/mm}$	Constance du fac- teur de pertes en fonction de la température	Stabilité de forme en service	résistance à l'électricité	tempéra- ture de service	résistance à la chaleur			
<b>I S O L A N T S</b>  <b>M I C A C E S</b>		Pas de support  Support organique	Gomme-laque  Résines polyesters  Résines éthoxyléniques  Résines silicones	120....140					130			
				120....160					130			
				130....160					130			
				250....300					180			
			Gomme-laque  Asphalte ou produits semblables  Résines polyesters  Résines éthoxyléniques	120....140					130			
				150....180					130			
				120....160					130			
				130....160					130			
			Résines polyesters  Résines éthoxyléniques	120....160					130...155			
				130....160					130...155			

— leur état final (solide, liquide, gazeux);

- leur destination (enrobage, empilage, vernissage, etc.);
  - leur mise en œuvre;
  - certaines particularités qui influencent la mise en œuvre, p. ex. la présence de solvant, etc.;
  - leur état au moment de la mise en œuvre.

Le tableau «Classification des isolants électriques» représente la classification qui en est résultée. Chacun des 40 groupes d'isolants réunit des matériaux dont les propriétés physiques et chimiques peuvent être très différentes, mais qui ont ceci de commun qu'ils s'utilisent de la même manière, qu'ils subissent une transformation analogue et que leur état final est égal.

Deux produits chimiquement identiques, mais dont l'état est différent, p. ex. l'un est solide et l'autre liquide, se trouvent dans deux groupes différents, parce qu'ils ne s'utilisent pas de la même manière. De même deux produits chimiquement différents, par exemple un polyester et une résine éthoxylénique, sont dans le même groupe si leur état de livraison est identique et s'ils subissent la même transformation, pour atteindre un état final identique.

Deux produits identiques, mais livrés l'un solide et l'autre en solution sont naturellement dans deux groupes différents. Enfin deux rubans micaçés, l'un sec et l'autre contenant des matières volatiles, ne sont pas dans le même groupe, l'utilisateur devant, dans un des cas, opérer de telle sorte que les matières volatiles s'évaporent pendant la mise en œuvre du ruban.

Il se peut fort bien que des isolants encore inconnus apparaissent au cours des prochaines années. Nous croyons qu'ils trouveront aisément place dans la classification, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter des changements de principe. Le nombre des groupes augmentera tout simplement.

On peut admettre que les groupes contiendront chacun une vingtaine d'isolants, parfois davantage. Il importe que leurs propriétés générales



Tableau groupe 31

<b>SECHANT A L'AIR</b>	Vernis à base de résines synthétiques (vernis polyuréthanes, 5) vernis éthoxyléniques, vernis polyesters <sup>6)</sup>												
	Vernis oléo-résineux												
<b>VERNIS POUR L'ÉMAILLAGE DES FILS</b>	Vernis acétal-vinyliques + résine phénolique												
	Vernis éthoxyléniques												
	Vernis polyuréthanes												
	Vernis polyamides + résine phénolique												
	Vernis polyesters												
	Vernis silicones modifiés												

**S i g n e s   c o n v e n t i o n n e l s**

	mauvais
	excellent
	Le segment plein représente les caractéristiques minimum atteintes par tout bon produit et le segment hachuré celles maximum obtenue avec des qualités spéciales, généralement au détriment d'autres propriétés. Le segment hachuré donne ainsi pour une fabrication de qualité normale la variation des caractéristiques imputables au choix des matières premières, au mélange choisi, au processus de fabrication et de plus en partie à des facteurs ultérieurs d'utilisation (genre de construction, sollicitation à la mise en œuvre et en service etc.).

Les tableaux n'ont pour but que de permettre une comparaison entre les isolants d'un même groupe et de groupes analogues. Les signes ont été choisis pour faciliter la vue d'ensemble et le choix d'un isolant. Ils ne correspondent pas à des valeurs numériques exactes et ne doivent pas servir de base de calcul pour une construction. Les signes ne font que remplacer des adjectifs.

1) On obvie à cet inconvénient en stabilisant le vernis, en employant des diluants spéciaux et en maintenant le vernis froid au stockage et à l'emploi.  
 2) Pouvoir de fixer entre eux les fils d'un bobinage.  
 3) Dans le cas de vernis pour fils émaillés, l'adhérence du vernis sur le conducteur joue un rôle prépondérant, car c'est elle, plus que le souplesse du fil, qui permet le pliage du fil sans que l'émail se fende.  
 4) Le plus souvent avec des résines urée-formaldéhyde ou mélamine-formaldéhyde.  
 5) Ces vernis manquent généralement de stabilité.  
 6) La plupart des vernis polyesters sont employés sans solvant et figurent de ce fait dans le groupe 34  
 ⑨ Les propriétés dépendent considérablement de la température de séchage, qui doit être très élevée.

SEV24387

et les caractéristiques qui les différencient soient présentées de telle sorte que le choix de l'isolant le mieux approprié soit possible dans un délai assez court. Le CT 15 a choisi pour cela un système graphique.

Les tableaux 14, 15a, 22 et 31, que nous présentons ici, sont des exemples des 40 tableaux que le CT 15 rédige actuellement. Ils ne sont pas complets, mais montrent tout de même bien vers quel but nous tendons. A l'heure actuelle une dizaine de tableaux de groupe sont près de leur forme définitive, ou, plus exactement, de celle qui devait leur être donnée pour une discussion dans le cadre de la CEI.

Un tableau de groupe ne peut pas contenir tout ce qu'il est utile de savoir sur un isolant. C'est la raison pour laquelle il sera nécessaire de rédiger pour chacun d'eux une monographie. Nous pensons qu'elle devra comprendre trois parties:

La première décrirait la constitution chimique, la fabrication, les formes commerciales, les possibilités d'usinage, les noms commerciaux et des exemples d'application.

La deuxième donnerait les propriétés physiques et chimiques de l'isolant, en particulier les propriétés mécaniques, les propriétés électriques, la résistance aux agents chimiques et le comportement à la chaleur.

La troisième partie serait appelée «Précautions dans l'emploi» et contiendrait tous renseignements sur les expériences, bonnes ou mauvaises, faites avec l'isolant. C'est d'elle que dépendra la valeur de la monographie.

Il s'agit d'un gros travail qui ne pourra se faire que sur le plan international. Un groupe de travail «Encyclopédie des isolants» a été créé pour cela dans le cadre de la CEI.

Nous estimons que les services que l'«Encyclopédie des isolants» sera appelée à rendre aux constructeurs justifient pleinement les efforts qu'elle exigera pour son achèvement.

#### Adresse de l'auteur:

G. de Senarclens, Dr ès sc. techn., ingénieur-chimiste, président du Comité Technique 15 (Matériaux isolants) du CES, vice-directeur de Schweizerische Isola-Werke, Breitenbach (SO).

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Ein neuartiges magnetisches Schaltelement

621.318.042 : 621.316.54 : 621.316.728

[Nach J. A. Rajchman und A. W. Lo: The Transfluxor - a Magnetic Gate with Stored Variable Setting. RCA Rev. Bd. 16 (1955), Nr. 2, S. 303...311]

Die vor einiger Zeit bekannt gewordenen Ferromagnetika mit rechteckiger Hystereseschleife haben auf dem Gebiet des elektrischen Schaltens und Speicherns enorme neue Möglichkeiten eröffnet. Mit ringförmigen Kernen (vorzugsweise aus Ferrit) sind für Rechenmaschinen grosse Speicherwerke mit einer Suchzeit von wenigen Mikrosekunden gebaut worden. Nachfolgend wird ein neues Element mit dem Namen «Transfluxor» beschrieben, welches aus einem Ferritkern mit zwei oder mehr Öffnungen besteht. Die wichtigste Eigenschaft dieses Elementes ist seine Fähigkeit, die Übertragung elektrischer Wechselstrom während beliebig langer Zeit ein- oder auszuschalten, wobei die Betätigung durch einen einzelnen elektrischen Steuerimpuls erfolgt. Amplitude und Polarität des letzten eingegebenen Impulses bestimmen, ob der als Transformator wirkende Transfluxor die Wechselstromleitung blockiert oder ganz oder teilweise durchlässt. Steuerkreis und Ausgangskreis sind miteinander nicht gekoppelt. Die geschilderten Eigenschaften geben die Möglichkeit zum Aufbau völlig neuartiger Anordnungen und Systeme.

Fig. 1 erläutert die Arbeitsweise. Dargestellt ist ein Kern aus Ferrit mit nahezu rechteckiger Hystereseschleife; der Kern hat zwei Öffnungen und dementsprechend drei Schenkel 1, 2 und 3. Es sind drei Wicklungen  $W_1$ ,  $W_3$  und  $W_0$  angebracht. Zuerst soll ein starker Steuerimpuls durch  $W_1$  geleitet werden, der einen magnetischen Fluss im Uhrzeigersinn verursacht und die Schenkel 2 und 3 sättigt. Wegen der rechteckigen Hysteresekurve wird diese Sättigung nach Beendigung des Impulses erhalten bleiben. Ein nunmehr durch  $W_3$  geleiteter Wechselstrom wird in der schraffierten angezeigten Umgebung des kleineren Loches ein wechselndes magnetisches Feld erzeugen. Dieses Feld tritt abwechselnd in Schenkel 2 und Schenkel 3 den Fluss zu erhöhen. Infolge der Sättigung ist aber eine Flusserhöhung nicht möglich; und weil die magnetischen Kraftlinien immer in sich geschlossen sein müssen, kann um das kleinere Loch herum überhaupt kein Fluss zustande kommen. In  $W_0$  wird also nichts induziert, und der Transfluxor ist ausgeschaltet.

Nun soll durch  $W_1$  ein Steuerimpuls in umgekehrter Richtung geleitet werden. Er sei stark genug, um im Schenkel 2 ein Feld größer als die Koerzitivkraft  $H_c$  zu erzeugen, nicht aber im weiter entfernt liegenden Schenkel 3. Der Fluss in 2 wird dann aufwärts, der Fluss in 3 abwärts ge-

richtet sein (siehe Fig. 1). Ein Wechselstrom durch  $W_3$  kann nun in der schraffierten Gegend einen normalen Wechselstrom erzeugen, indem der Fluss um das kleine Loch herum wie in einem gewöhnlichen Transformator seinen Sinn im

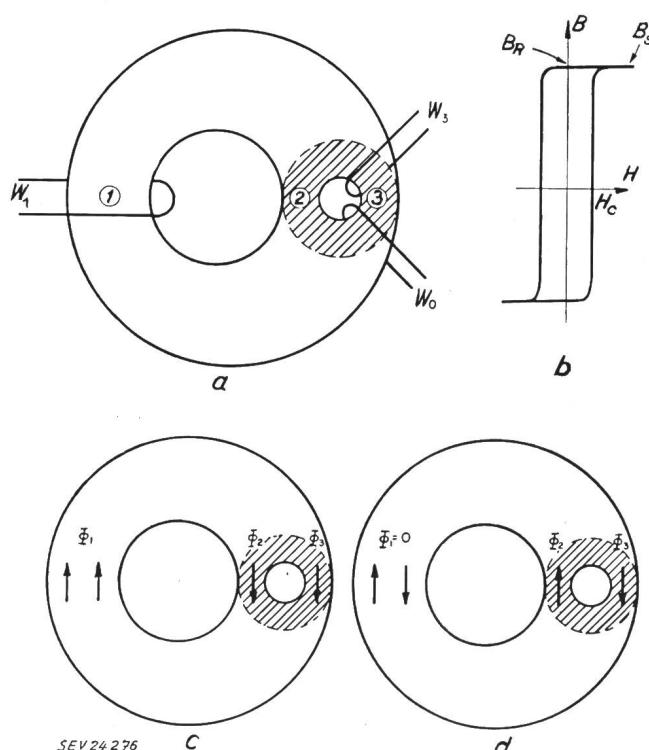


Fig. 1  
Arbeitsweise des Transfluxors

a Wicklungsanordnung; b Hystereseschleife des Materials;  
c Flussrichtung im gesperrten (zugeschalteten) Zustand;  
d Flussrichtung im freien (eingeschalteten) Zustand  
 $W_0$ ,  $W_1$ ,  $W_3$  Wicklungen;  $B$  magnetische Induktion;  $B_R$  remanente Induktion;  $B_S$  Sättigungswert der Induktion;  $H$  Feldstärke;  $H_c$  Koerzitivkraft;  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  Induktionsfluss im Schenkel 1, 2 bzw. 3