

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 49 (1958)
Heft: 18

Artikel: L'Encyclopédie des Isolants Electriques
Autor: Senarclens, G. de
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059741>

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: 29.04.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV) UND
DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTWERKE (VSE)

L'Encyclopédie des Isolants Electriques

Par G. de Senarcles, Breitenbach

03.621.315.61

L'article donne les raisons qui ont incité le Comité Technique 15 du Comité Electrotechnique Suisse à rédiger une Encyclopédie des Isolants, dont la première partie vient de sortir de presse. Il montre comment ont été conçus la Classification des Isolants, les Tableaux synoptiques et les Feuilles signalétiques, qui doivent permettre aux utilisateurs d'isolants, et notamment aux constructeurs, de choisir rapidement l'isolant dont ils ont besoin.

Der Artikel legt die Gründe dar, die das Fachkollegium 15 des Schweiz. Elektrotechnischen Komitees bewegen haben, eine Enzyklopädie der elektrischen Isolierstoffe abzufassen, deren erster Teil soeben im Druck erschienen ist. Er beschreibt die Klassifikation der Isolierstoffe, die Übersichts-Tabellen und -Blätter, die es den Verbrauchern und besonders den Konstrukteuren ermöglichen sollen, das zweckentsprechende Isoliermaterial ohne zeitraubendes Nachforschen auszuwählen.

Il a été indiqué ici même [1]¹⁾ les raisons pour lesquelles le Comité Technique pour les Matériaux isolants (CT 15) du Comité Electrotechnique Suisse (CES) avait jugé nécessaire d'entreprendre la rédaction d'un manuel, dans lequel les utilisateurs d'isolants électriques, notamment les constructeurs, trouveraient, d'une façon simple et rapide, les isolants qu'ils peuvent utiliser pour un but déterminé, en même temps que leurs propriétés physiques et chimiques et leur mise en œuvre.

Le choix judicieux d'un isolant, dont dépendent le fonctionnement et la durée de vie d'une machine ou d'un appareil électrique, devient de plus en plus difficile. Les isolants sont aussi nombreux que leurs applications sont diverses. Leur désignation commerciale couvre bien souvent des produits ayant des propriétés différentes. La documentation technique qui les accompagne passe volontiers sous silence leurs points faibles et présente leurs caractéristiques d'une façon qui ne permet pas toujours de les situer les uns par rapport aux autres. Les valeurs chiffrées qu'elle contient résultent de mesures sur éprouvettes et ne sont pas toujours en rapport avec celles qui peuvent être admises en service.

Le CT 15 du CES qui comprend une vingtaine de spécialistes de la fabrication et de l'utilisation des isolants²⁾, vient de présenter aux réunions de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) la première partie de l'Encyclopédie des Isolants Electriques. Ce travail considérable a trouvé l'approbation unanime, aussi bien en raison de la multitude de renseignements qu'il contient, que de l'originalité et de la simplicité de sa présentation.

La base de toute encyclopédie est une classification. Celle qui a été adoptée par le CT 15 est basée sur des considérations pratiques d'emploi, à savoir:

- l'état final de l'isolant dans la machine (gazeux, liquide, solide)
- la destination de l'isolant (enrobage, vernissage, etc.)
- les transformations que l'isolant subit pendant sa mise en œuvre
- certaines particularités qui influencent son emploi, par exemple les produits subsidiaires contenus dans l'isolant (solvants, pigments, etc.)
- l'état et la forme de l'isolant au moment de sa mise en œuvre.

²⁾ La sous-commission pour l'Encyclopédie des isolants électriques du CT 15 du CES est composée actuellement de MM.: de Senarcles, G., Dr., sous-directeur, Schweizerische Isolationswerke, Breitenbach (président).

Held, F., Prof. Dr. sc. techn., Abteilung für industrielle Forschung (Afif) des Instituts für Technische Physik der ETH, Zürich (secrétaire).

Aeschlimann H., Dr. sc. techn., Emil Haefely & Cie. A.-G., Basel. Bohnenblust, J. P., Dr., A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Brändli, U., Dr., Meierskappel (LU).

Burnier, P., ingénieur, Battelle Memorial Institute, Genève.

Caflisch, Ch., physicien, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich.

Châtelain J., ingénieur, S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève.

Flütsch, Chr., Dr., chimiste, Emil Haefely & Cie. A.-G., Basel.

Froideveaux, J., ingénieur, S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève.

Gerber, Th., Dr. phil., ingénieur, Forschungs- und Versuchsanstalt der Generaldirektion PTT, Bern.

Grimm, G. O., Dr., H. Weidmann A.-G., Rapperswil (SG).

Kappeler, H., Dr. sc. techn., sous-directeur, Vorstand der Technischen Abteilung, Micafil A.-G., Zürich.

Michel, K., Dr., A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Muriset, G., directeur, Standard Telephon & Radio A.-G., Zürich.

Schaer, J.-J., physico-chimiste, S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève.

Schaeren, P., Dr., Standard Telephon & Radio A.-G., Zürich.

Scheuble, M., Dr., chimiste, Dätwyler A.-G., Altdorf.

Schrade, J., Dr., Micafil A.-G., Zürich.

Stierli, R., Dr. sc. techn., ingénieur-chimiste, Ciba A.-G., Basel.

Zürcher, M., Dr. sc. techn., Station d'essai des matériaux de l'ASE, Zürich.

Marti, H., secrétaire du CES, Zürich.

Shah, R., ingénieur au Secrétariat de l'ASE, Zürich.

¹⁾ Voir la bibliographie à la fin de l'article.

Les isolants électriques ont été divisés en 40 groupes, comme le montre le Tableau 1 en annexe. Les isolants d'un même groupe ont ceci de commun, qu'ils ont le même état final et la même forme, qu'ils s'utilisent de la même manière et qu'ils subissent pendant l'emploi une transformation similaire.

Deux produits chimiquement identiques, l'un solide, l'autre liquide, sont dans deux groupes différents, puisqu'ils ne s'utilisent pas de la même manière. Par contre deux isolants chimiquement très différents sont dans le même groupe, s'ils peuvent être utilisés de la même manière, pour un même but.

Les groupes contiennent une vingtaine d'isolants, parfois davantage. Il a été jugé avantageux de présenter leurs propriétés générales et les caractéristiques qui les différencient d'une manière telle qu'un premier choix puisse se faire dans un délai assez court. Pour cela des *Tableaux synoptiques* ont été rédigés. Ils contiennent une orientation sur les propriétés générales des isolants du groupe, sur leur mode d'emploi, sur les précautions à prendre et sur leur fabrication, pour autant qu'elle influence leurs propriétés. Ils présentent en outre, le plus souvent à l'aide de symboles graphiques, les caractéristiques particulières de chaque isolant du groupe.

Les symboles suivants ont été adoptés:

-  Signifie mauvais ou défavorable (quelques exceptions sont indiquées dans les tableaux).
-  Signifie excellent ou très favorable.
-  Le segment noir représente les caractéristiques minimum atteintes, par tous les isolants vendus sous une même dénomination et le segment gris celles obtenues avec des qualités spéciales, généralement au détriment d'autres propriétés. Le segment gris donne ainsi, pour une fabrication normale, la variation des caractéristiques imputables au choix des matières premières, au mélange choisi et au processus de fabrication. Il donne aussi la variation due à la mise en œuvre et au genre d'utilisation.

Les symboles ont pour but de permettre une *comparaison* entre les comportements en service des isolants d'un même groupe ou de deux groupes différents. Ils ne visent pas à donner sous forme graphique des valeurs numériques exactes et ne doivent pas servir de base de calcul pour une construction. Ils ne font que remplacer des adjectifs de qualité. Cependant, pour donner un ordre de grandeur et permettre la comparaison entre les tableaux, les valeurs limites, correspondant aux symboles  et , ont été indiquées au bas de chaque tableau. Les valeurs intermédiaires correspondant aux sec-

teurs noirs ou gris sont données, à titre d'orientation, en annexe 1 de l'Encyclopédie. L'échelle logarithmique et les nombres normaux ont été adoptés.

Tous les Tableaux synoptiques de groupe ne se présentent pas d'une façon identique. On a surtout cherché à donner à chacun d'eux une valeur pratique. Seules les propriétés qui caractérisent réellement les isolants du groupe y ont été décrites. Les Tableaux 111, 332, 342 et 521, présentés en annexe, en sont une illustration.

Dans quelques cas, il n'a pas été possible de présenter les caractéristiques des isolants d'un groupe sous forme synoptique. On a alors rédigé une *Feuille signalétique*, qui, sous forme d'un texte, décrit les isolants du groupe. La Feuille signalétique 522, également en annexe, en est un exemple.

Les Tableaux synoptiques de groupe et les Feuilles signalétiques sont là pour donner une première orientation. Ils ne contiennent pas tout ce qu'il est utile de savoir sur un isolant pour pouvoir l'utiliser dans les meilleures conditions possibles. Ces renseignements complémentaires se trouvent dans les *Monographies*, qui vont être rédigées incessamment. Elles comprendront vraisemblablement quatre parties distinctes:

1. Renseignements généraux sur la constitution, la fabrication, les formes commerciales, les propriétés et les applications de l'isolant.
2. Caractéristiques physiques et chimiques.
3. Expériences faites avec l'isolant en service.
4. Sources bibliographiques.

Il est prématuré de dire quelle forme exacte leur sera donnée. Leur rédaction, que va entreprendre le CT 15 du CES, en étroite collaboration avec le Comité d'Etudes (CE) 15 de la CEI, prendra plusieurs années.

La première partie de l'Encyclopédie des Isolants Electriques, comprenant la classification, les tableaux synoptiques et les feuilles signalétiques vient de sortir de presse [2]³⁾. Nous sommes convaincus qu'elle rendra de grands services à tous les utilisateurs d'isolants électriques et qu'elle justifiera pleinement les efforts qu'elle a demandés pour son achèvement.

Bibliographie

- [1] de Senarclens, G.: L'Encyclopédie des Isolants Electriques. Bull. ASE t. 47(1956), n° 9, p. 420...430.
- [2] Comité Technique 15 du Comité Electrotechnique Suisse: Encyclopédie des Isolants Electriques. Association Suisse des Electriciens, Zurich: 1958³⁾.

Adresse de l'auteur:

G. de Senarclens, D^r ès sc. techn., ingénieur-chimiste, président du Comité Technique 15 (Matériaux isolants) du Comité Electrotechnique Suisse, sous-directeur de la Fabrique suisse d'Isolants, Breitenbach (SO).

³⁾ Voir aussi la communication à la page 896 de ce numéro.

Tableau n° 1
Classification des isolants électriques et numérotation des groupes
Numéro des groupes

1 Isolants gazeux		111 Gaz et vapeurs
2 Isolants liquides		211 Isolants liquides
3 Isolants solides de toutes formes, ne subissant pas de transformation pendant leur mise en œuvre	31 Isolants solides sans forme définie	311 Masses molles pétrissables 312 Poudres, flocons, fibres
	32 Isolants solides filiformes	321 Fils et cordes 322 Fils et cordes imprégnés
	33 Isolants solides planiformes	331 Isolants planiformes inorganiques (mica, etc.) 332 Films et feuilles 333 Papiers, cartons et produits similaires 334 Tissus et produits similaires 335 Papiers et tissus imprégnés ou enduits (également sous forme de gaines) 336 Stratifiés planiformes (isolants d'encoches, etc.)
	34 Isolants solides «spaciformes» non stratifiés	341 Isolants spaciformes inorganiques (céramiques, verres, etc.) 342 Isolants moulés thermodurcis 343 Isolants moulés thermoplastiques 344 Elastomères (caoutchoucs vulcanisés, etc.) 345 Autres isolants «spaciformes» non stratifiés
	35 Isolants solides «spaciformes» stratifiés	351 Stratifiés «spaciformes»
4 Isolants solides planiformes, pour enroulage ou empilage, suivi d'une fixation des couches superposées (les isolants des groupes 411...431 sont, pour cela, recouverts d'une colle)	41 Isolants solides planiformes collant à froid	411 Films adhésifs 412 Papiers et tissus adhésifs 413 Stratifiés planiformes adhésifs
	42 Isolants solides planiformes collant à chaud	421 Films collant à chaud 422 Papiers et tissus collant à chaud 423 Stratifiés planiformes collant à chaud (principalement produits micacés)
	43 Isolants solides planiformes collant à chaud; l'adhésif contient un solvant	431 Isolants planiformes «humides» (principalement produits micacés)
	44 Isolants solides planiformes collant par simple fusion	441 Films et feuilles collant par simple fusion
	45 Isolants solides planiformes collant par fusion et transformation chimique	451 Films et feuilles collant par fusion et transformation chimique
5 Isolants solides à l'état final, mais liquides ou pâteux à l'emploi, pour remplissage, vernissage, enduction ou collage	51 Isolants rendus solides par transformation physique (congélation, évaporation d'un solvant ou gélification)	511 Masses isolantes fusibles, sans charge, liquides à chaud 512 Masses isolantes fusibles, avec charge, liquides à chaud 513 Vernis isolants non pigmentés, séchant par évaporation d'un solvant 514 Vernis isolants pigmentés, séchant par évaporation d'un solvant 515 Plastisols et organosols 516 Colles et mastics, séchant par évaporation d'un solvant
	52 Isolants rendus solides par transformation chimique (polymérisation, polycondensation ou polyaddition)	521 Résines durcissables sans solvant, non pigmentées, pour coulage ou imprégnation 522 Résines durcissables sans solvant, pigmentées, pour coulage ou imprégnation 523 Masses pâteuses durcissables sans solvants
	53 Isolants rendus solides par transformation physique et chimique (évaporation d'un solvant, puis oxydation, polymérisation, polycondensation ou polyaddition)	531 Vernis isolants d'imprégnation des bobines et de protection du matériel électrique, séchant par évaporation d'un solvant et processus chimique 532 Vernis isolants de finition pigmentés, séchant par évaporation d'un solvant et processus chimique 533 Vernis isolants pour l'émaillage des conducteurs électriques 534 Colles et mastics séchant par évaporation d'un solvant et processus thermique

Isolants électriques			CES/CE 15 sous l'égide de la CEI		Les propriétés générales des isolants de ce groupe sont contenues dans la Feuille signalétique 111.														
Tableau synoptique de groupe		Edition provisoire Juillet 1958			Symboles: ϱ masse volumique p pression V volume ϑ température c chaleur spécifique					Indices: sans indice conditions arbitraires o conditions normales, 0°C, 1 at κ valeur au point critique									
Désignation	Formule	Caractéristiques générales															9) Valeurs comparatives de prix par unité de poids	Précautions dans l'emploi	Numéro de la monographie
		Poids moléculaire	1) Masse volumique norm. 0°C, 1 at	Densité rel. air = 1	Chaleur spécifique à pression constante 0°C, 1 at	Chaleur spécifique à volume constant 0°C, 1 at	Quotient des chaleurs spécifiques	1) Conductivité calorifique 0°C, 1 at	Température au point critique	Pression au point critique	Masse volumique au point critique	Energie d'ionisation	Rigidité électrique 0°C, 1 at, 1 cm	8) Toxicité	8) Danger de corrosion après décharge	Résistance à la combustion			
		M	ϱ_0		c_p 2)	c_v 2)	$\frac{c_p}{c_v}$	λ_0 3)	ϑ_K	p_K	ϱ_K	A_j	E_{da}						
		Unité	$\frac{g}{mole}$	$\frac{g}{l}$	—	$10^3 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$	$10^3 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$	—	$\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$	°C	at 1)	$\frac{g}{l}$	eV	$\frac{kV}{cm}$					
Air		(28,96)	1,251	1	1,005	0,717	1,401	0,0236	(-140,7)	38,4	(310)		32						
Hydrogène	H ₂	2,016	0,0869	0,06952	14,22	10,10	1,408	0,165	-239,9	13,2	31,02	15,43	19						
Azote	N ₂	28,02	1,210	0,9672	1,042	0,740	1,405	0,02425	-147,2	34,6	311,0	14,48	33						
Oxygène	O ₂	32,00	1,381	1,103	0,907	0,648	1,402	0,023	-118,8	51,35	430		29						
Anhydride carbonique	CO ₂	44,01	1,912	1,529	0,832	0,639	1,301	0,01435	31,0	75,3	460	13,73	29						
Hélium	He	4,003	0,1727	0,1380	5,265	3,215	1,66	0,1415	-267,9	2,337	69,3	34,48	10						
Néon	Ne	20,18	0,871	0,6964	1,028	0,627	1,64	0,0455	-228,7	27,77	483,5	21,47	2,9						

Argon	Ar	39,94	1,726	1,380	0,524	0,314	1,668	0,0163	-122,4	49,6	530,8	15,68	6,5						
Krypton	Kr	83,80	3,59	2,868	0,251 ⁶⁾	0,150 ⁶⁾	1,689	0,00873	-62,6	56,1	909	13,94	8						
Vapeur d'eau	H ₂ O	18,016	0,779 ⁶⁾	0,622 ⁶⁾	2,005 ⁷⁾	1,503 ⁷⁾	1,324 ⁷⁾		374,0	226	400		~ 30						
Hexafluorure de soufre	SF ₆	146,1	6,39	5,106	0,618	0,560	1,104		45,55	38,35	751,7	19,3	~ 80						
Tétrafluoro-méthane	CF ₄	88,01	3,812	3,047	0,652	0,531	1,228		-45,50	38,15		17,8	~ 40						
Trifluoro-chloro-méthane	CF ₃ Cl	104,5	4,15 ⁴⁾ 4,515 ⁶⁾	3,318 ⁴⁾	0,617	0,533	1,158		28,78	39,5	581								
Difluoro-dichloro-méthane	CF ₂ Cl ₂	120,9	5,33 ⁴⁾ 5,225 ⁶⁾	4,262 ⁴⁾	0,588	0,512	1,149	0,00835	111,5	40,85	557,6	11,7	68						
Trifluoro-méthane	CHF ₃	70,02	3,465 ⁴⁾ 3,032 ⁶⁾	2,769 ⁴⁾	0,726				32,3	52,2	492,6								
Difluoro-chloro-méthane	CHF ₂ Cl	86,48	3,745 ⁶⁾	2,993	0,595	0,4925 ⁵⁾	1,178		96,0	50,3	525								
Hexafluoro-éthane	C ₂ F ₆	138,00	5,982	4,781					19,7			14,3							
Trichloro-méthane	CHCl ₃	119,39	5,17	4,12 ⁶⁾	0,605	0,525 ⁶⁾	1,15		263		516		~120 (?)						
Tétrachloro-méthane	CCl ₄	153,84	6,65 ⁶⁾	5,31 ⁶⁾	0,58	0,514 ⁶⁾	1,13		283,1	46,5	558		~180 (?)						
(Trifluoro-méthyl) pentafluorure de soufre	CF ₃ SF ₅	196,1	8,48 ⁶⁾	6,76 ⁶⁾									~ 120 (?)						



mauvais



excellent



dispersion entre les propriétés des produits purs et celles des produits techniques de pureté médiocre (p.ex. humides).

1) 1 at = 1 kg/cm² = 735,5 Torr2) $10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 0,2395 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ 3) $1 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} = 0,863 \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$

4) Conditions incertaines

5) 47,3°C

6) théorique

7) 110°C, 1 at

8) Les expressions «mauvais» et «excellent» ne conviennent pas bien à toutes les caractéristiques des isolants de ce groupe, notamment pour la toxicité et le danger de corrosion après décharge.



9) > 1000



< 0,30

Isolants électriques		CES/CE 15 sous l'égide de la CEI		Ce groupe comprend des produits en matière plastique, homogènes, planiformes, ne dépassant pas env. 0,5 mm d'épaisseur pour des feuilles rigides et env. 1 mm pour des feuilles souples. Ces feuilles peuvent être fabriquées par: coulée (coagulation ou évaporation d'une couche mince de la solution), laminage ou calandrage, extrusion, au moyen d'une filière plate ou annulaire, quelquefois suivie d'un étirage (p.ex. soufflage), moulage par compression ou tranchage de blocs. On obtient par coulée des feuilles d'environ 0,01... 0,2 mm d'épaisseur et par tranchage des feuilles d'environ 0,1...0,3 mm. Les feuilles plus épaisses s'obtiennent par calandrage, extrusion et moulage par compression. L'étirage subséquent des feuilles conduit à une orientation moléculaire dont résulte une modification de leurs propriétés mécaniques (p.ex. une augmentation de la résistance à la traction). Les feuilles étirées sont anisotropes, c'est-à-dire que certaines propriétés (p.ex. résistance à la traction, allongement de rupture) ne sont pas identiques dans toutes les directions. — En incorporant des plastifiants, on peut rendre la plupart des produits thermoplastiques plus souples, ce qui toutefois en général influence de façon défavorable certaines propriétés mécaniques, diélectriques et thermiques. — Les feuilles sont utilisées comme isolation intermédiaire dans les appareils et machines électriques et pour le revêtement de conducteurs et de bobines. Soumises à des efforts électriques de courte durée, la plupart des feuilles révèlent des rigidités électriques élevées. Toutefois, comme la résistance aux effluves de toutes les feuilles est moyenne ou mauvaise, l'effort électrique, s'il est prolongé, doit être maintenu sous la limite à laquelle les effluves se produisent dans les couches d'air adjacentes. Ce n'est que dans les isolations sans inclusion d'air, c'est-à-dire en remplissant intégralement d'un isolant solide ou liquide tous les interstices, qu'on peut tirer le maximum de profit de la rigidité électrique exceptionnelle des feuilles isolantes ¹⁾ . — Certains films et feuilles thermoplastiques, le plus souvent appliqués sous forme de rubans, peuvent être soudés en une masse compacte (groupe 441).																					
Tableau synoptique de groupe		Edition provisoire Juillet 1958		Caractéristiques générales																		Précautions dans l'emploi		Numéro de la monographie	
Désignation	Méthode de fabrication	Poids spécifique g/cm ³	Propriétés diélectriques					Propriétés mécaniques				Température maximum admise en service °C	Résistance aux agents chimiques				Perméabilité à la vapeur d'eau	Soudabilité 3)	Valeurs comparatives de prix						
			Résistivité transversale	Facteur de pertes tg δ de 50 à 10 ⁶ Hz	Pouvoir inducteur spécifique ε _r	Résistance aux effluves (effet corona)	Constance des propriétés diélectriques en fonction de la température	Constance des propriétés diélectriques en fonction de l'humidité	Résistance à la traction	Allongement à la rupture	Résistance à la déchirure		Constance des propriétés mécaniques en fonction de la température	Eau	Solvants des vernis d'imprégnation	Huiles minérales				Diélectriques chlorés					
Cellulose régénérée	coulée	1,4...1,5			6,5...8							60...105									en présence d'humidité danger de corrosion électrolytique				
Acétate de cellulose (principalement diacétate)	coulée, extrusion	1,2...1,3			3...7							60...105													
Triacétate de cellulose	coulée	1,2...1,3			3,5...6							60...120													
Acétobutyrate de cellulose	coulée, extrusion	1,2...1,3			3,5...6							60...120													
Ethylcellulose	coulée	1,1...1,2			3...4							55...90													
Polyéthylène	calandrage, extrusion (soufflage)	0,9			2,3							60...90									sensible à la lumière solaire				

Polystyrène	coulée, extrusion	1,0...1,1			2,2...3									60...90									
Chlorure de polyvinyle, non plastifié	calandrage, coulée, extrusion	1,3...1,4			3...4									75...90									
Chlorure de polyvinyle, plastifié	calandrage, coulée, extrusion	1,2...1,7			4...7									75...90									
Chlorure de polyvinylidène	calandrage, coulée, extrusion	1,6...1,7			3...5									75...90									
Polytétrafluoréthylène	tranchage, coulée	2,2			2									180...250									
Polytrifluorochloréthylène	coulée, extrusion	2,1			2,1...2,8									130...155									
Polyamide	extrusion	1,1			4...6									90...105									
Téréphtalate de polyéthylène	coulée	1,4			3 ³⁾									90...130									
Chlorhydrate de caoutchouc	coulée	1,1			3									75...90									

Valeurs numériques ayant servi à la rédaction du tableau (échelles logarithmiques)
(ne doivent pas servir de base de construction)

mauvais excellent dispersion entre les moins bonnes et les meilleures qualités	Méthode d'essai et unité	Ω cm			kg / cm ²	%	ASTM. kg/cm		Absorption %		$\frac{g \cdot mm}{m^2 \cdot d \cdot Torr}$		
		< 10 ⁹	> 0,3		< 250	< 4	< 6,3		> 25		> 30		> 100
		> 10 ¹⁶	< 0,0001		> 6300	> 500	> 160		< 0,2		< 0,01		< 4

1) C'est la raison pour laquelle il n'est pas possible de donner des valeurs comparatives utilisables sur la rigidité électrique des feuilles.

2) Les produits représentés dans cette colonne (films et feuilles collant par simple fusion) appartiennent également au groupe 441 de la classification.

3) Les pertes à hautes fréquences sont considérablement plus élevées qu'à 50 Hz.

Mélamine-formaldéhyde	poudres végétales	1,5										105 ... 120								
	fibres végétales	1,5										105 ... 120								
	flocons d'amiante	1,9										120 ... 130								
	fibres de verre	1,9										120 ... 130								
Polyesters non saturés	sans charges	1,3										90 ... 105								
	flocons d'amiante	1,8										120 ... 130								
	poudres minérales	1,8										120 ... 130								
	fibres de verre	1,8										120 ... 130								
Alkydes	poudres minérales	2,0										120 ... 130								
	fibres de verre	2,0										120 ... 130								
Epoxy	sans charges	1,1 - 1,3										120								
	poudres minérales	1,2 - 3,2										130 ... 155								
	fibres de verre	1,8 - 2,0										130 ... 155								
Silicones	poudres minérales	1,8										180								

Valeurs numériques ayant servi à la rédaction du tableau (échelles logarithmiques)
(ne doivent pas servir de base de construction)

mauvais excellent dispersion entre les moins bonnes et les meilleures qualités	Méthode d'essai et unité	kV/cm	Ω cm		kg/cm ²	Absorption %		
		< 25	< 10 ⁸	> 0,3	< 250	> 25		> 100
		> 630	> 10 ¹⁶	< 0,0001	> 6300	< 0,2		< 4

1) Les isolants moulés à base de résine phénol-furfurol ont des propriétés très semblables à celles des phénoplastes phénol-formaldéhyde. On en fait abstraction dans ce tableau pour éviter une répétition

2) Les valeurs comparatives indiquées dans cette colonne n'ont pas beaucoup d'intérêt, le prix des objets moulés étant surtout fonction du prix du moule et du nombre de pièces à mouler.

Isolants électriques			CES/CE 15 sous l'égide de la CEI		Les isolants de ce groupe sont des résines synthétiques, liquides au moment de l'emploi, qui se solidifient par l'adjonction de produits chimiques appelés durcisseurs, catalyseurs etc., qu'on ajoute à la résine peu avant la mise en œuvre. La solidification, qui s'effectue à froid ou à chaud sans libération sensible de matières volatiles, mais souvent avec fort dégagement de chaleur, est le résultat d'une réticulation des molécules en macromolécules. — Lorsque les agents de durcissement et les résines sont liquides à température ordinaire, leur mélange en une masse homogène se fait sans peine. Si l'un ou l'autre sont solides ou s'ils se dissolvent mal l'un dans l'autre, il peut être nécessaire de les fondre avant de les mélanger. — La viscosité, la stabilité et la vitesse de durcissement du mélange, qui peut varier de quelques jours à quelques minutes, sont fonction de la résine utilisée, des agents de durcissement et de la température. La chaleur dégagée pendant le durcissement varie suivant la résine et, pour une même résine, suivant l'agent de durcissement. La température atteinte par la résine en voie de solidification dépend de sa capacité calorifique, des possibilités d'évacuation de la chaleur, de la masse en réaction et, souvent, de la quantité de durcisseur. Un retrait volumique apparaît pendant la solidification. Il peut atteindre 15 % suivant la résine et la température de durcissement. — Le fait qu'il n'y a pas de dégagement de matières volatiles pendant la solidification, permet de couler les résines dans des moules et de les durcir sans application de pression. On peut également imprégner des bobinages, qui, après le durcissement, sont exempts de porosité. Cependant seules les masses additionnées d'une charge conviennent au coulage de pièces de grandes dimensions (voir tableau synoptique de groupe 522). Les résines durcies sont infusibles et insolubles dans la plupart des solvants.																						
Tableau synoptique de groupe			Edition provisoire Juillet 1958																								
Groupe 521 Résines durcissables sans solvant, non pigmentées, pour coulage ou imprégnation																											
Etat de la résine avant le durcissement	Désignation	Conditions de durcissement	Propriétés de la résine exempte d'agents de durcissement	Champ d'application	Caractéristiques générales des résines durcies																		Précautions dans l'emploi	Numéro de la monographie			
					Coulage	Propriétés physiques	Propriétés diélectriques						Propriétés mécaniques			Comportement à chaud	Résistance aux agents chimiques										
							Imprégnation de bobinages	Pièces de petites dimensions	Pièces de grandes dimensions après addition de charges (groupe 522)	Poids spécifique g/cm³	Retrait volumique au durcissement	Rigidité électrique	Résistivité transversale	Facteur de pertes tg δ de 50 à 10⁵ Hz	Pouvoir inducteur spécifique ε _r		Résistance au cheminement	Constance des propriétés diélectriques en fonction de la température	Constance des propriétés diélectriques en fonction de l'humidité	Résistance à la flexion	Résilience	Module d'élasticité			Adhérence sur les métaux et les matières plastiques	Stabilité de forme	Température maximum admise en service t _g
			Stabilité à 20 °C	Sensibilité à l'humidité avant et pendant l'emploi																							
Liquide à froid	Résines époxy	durcissement à froid	●	●	●	●	●	1,2... 1,25	●	●	●	●	4...5	●	●	●	●	●	●	70...90	●	●	●	●	●		
		durcissement à chaud	●	●	●	●	●	1,2... 1,25	●	●	●	●	3,5...5	●	●	●	●	●	●	100...150	●	●	●	●	●		
	Polyesters non saturés	durcissement à froid	●	●	●	●	1,25... 1,35	●	●	●	●	3,5...5	●	●	●	●	●	●	70...90	●	●	●	●	●			
		durcissement à chaud	●	●	●	●	1,25... 1,35	●	●	●	●	3...5	●	●	●	●	●	●	100...130	●	●	●	●	●			
	Résines phénoliques	durcissement à chaud	●	●	●	●	1,2... 1,3	●	●	●	●	20...30	●	●	●	●	●	●	90	●	●	●	●	●			
	Résines cardanols (CNSL)	durcissement à froid ou à chaud	●	●	●	●	1,0... 1,1	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	90	●	●	●	●	●			
Liquide à chaud	Résines époxy	durcissement à chaud	●	●	●	●	1,2... 1,25	●	●	●	●	3,5...5	●	●	●	●	●	●	100...130	●	●	●	●	●			

Valeurs numériques ayant servi à la rédaction du tableau (échelles logarithmiques)
(ne doivent pas servir de base de construction)

○ mauvais ● excellent ◐ dispersion entre les moins bonnes et les meilleures qualités	Méthode d'essai et unité % kV/cm Ω cm kg / cm² kg / cm² · 10³ Absorption %	> 16 < 0,6 < 25 > 630 < 10³ > 10⁴ > 0,3 < 0,0001 < 63 > 1600 < 4 > 100 > 25 < 0,2 > 100 < 4
---	--	--

Isolants électriques

Feuille signalétique

Groupe 522: Résines durcissables sans solvant, pigmentées, pour coulage ou imprégnation

CES/CE 15
sous l'égide
de la CEI

Edition
provisoire
Juillet 1958

Les isolants de ce groupe sont constitués par les isolants du groupe 521 dans lesquels ont été dispersés des solides très finement divisés, qu'on appelle des charges.

Il a été jugé préférable de ne pas placer les masses chargées dans le même groupe que les masses non chargées, parce que ce sont des corps hétérogènes à particularités bien définies, qui imposent à l'utilisateur certaines servitudes. Les masses doivent donc être remuées soigneusement avant l'emploi.

Les charges sont généralement les matières inorganiques décrites dans le Tableau 312, notamment la farine de quartz, la poudre de craie, d'ardoise, d'amiant, de mica, le kaolin, le talc, etc. L'humidité, qui a été absorbée pendant le stockage, revêt une importance particulière. Elle n'est généralement pas expulsée par la résine dans laquelle la charge est dispersée et diminue de ce fait d'une façon appréciable les propriétés mécaniques et diélectriques de l'ensemble. Les charges doivent donc être séchées soigneusement avant l'emploi, quelquefois en les portant au rouge.

La quantité de charge à ajouter dépend beaucoup de la nature, de la grosseur et de la forme des grains. Elle peut atteindre 300 %.

L'adjonction de la charge sèche se fait soit à froid, soit à chaud, de préférence sous vide. Les agents de réticulation sont ajoutés ensuite. Il est indispensable, pour obtenir des pièces sans pores, d'expulser par le vide les bulles d'air de la résine chargée, avant, pendant, ou après la coulée.

L'effet des poudres, des flocons et des fibres ajoutées aux résines du groupe 521 se manifeste, d'une part au moment de l'emploi de l'isolant, qui est à l'état liquide, d'autre part sur les propriétés finales de l'isolant solide.

Influence des charges sur les isolants du groupe 521

a) A l'emploi

Les charges augmentent la *viscosité*. Les grains grossiers, denses, sphériques, à surface lisse ont l'influence la plus faible, les corps fins, poreux, à surface irrégulière et les fibres qui peuvent s'interpénétrer ont l'influence la plus forte.

Les charges diminuent le *retrait* au moment de la solidification, surtout si la forme des grains est irrégulière et si la teneur en charge est élevée. Cette propriété revêt une importance particulière pour

l'enrobage de pièces métalliques ou en céramique.

Le durcissement de la résine est toujours accompagné d'un dégagement de chaleur, qui provoque une augmentation de température d'autant plus grande que les pièces sont plus volumineuses, que la capacité calorifique de la résine chargée et les possibilités d'évacuation de la chaleur sont plus faibles. Les charges *abaissent la température et facilitent sa répartition uniforme*.

Les charges diminuent le *prix de revient*, les isolants du groupe 312 étant d'un prix sensiblement plus bas que celui des isolants du groupe 521.

b) A l'état final

Les charges augmentent la *densité*. Elles modifient les *propriétés mécaniques*. La dureté, la résistance à la compression et le module d'élasticité sont plus hauts, tandis que la résilience, la résistance à la flexion et à la traction sont plus bas.

Elles changent les *propriétés diélectriques*, mais il n'y a pas de règle valable à ce sujet. Les charges qui résistent à la flamme et qui se décomposent à haute température sans libérer de résidus conducteurs, améliorent la résistance à l'arc et aux courants de surface.

Les charges améliorent généralement la *résistance aux agents chimiques*, si l'action est de courte durée. Si elle se prolonge et que la surface de l'isolant est attaquée, la détérioration de l'isolant se produit plutôt plus rapidement.

Elles modifient les *propriétés thermiques*. Les charges améliorent généralement la conductivité calorifique et élèvent quelque peu la résistance thermique. Le coefficient de dilatation thermique diminue sensiblement, mais pas proportionnellement au volume de la charge. En utilisant, par exemple, de la poudre de quartz, on peut le réduire d'environ 4 fois. Il reste cependant plus élevé que celui du fer ou de la porcelaine.

Les charges changent l'*apparence*, en rendant l'isolant opaque. Certaines d'entre elles le colorent.

Les charges peuvent rendre l'*usinage* difficile, lorsqu'elles sont constituées d'un matériau abrasif et lorsqu'elles sont en quantité importante.

Il résulte de ceci que, comme indiqué au Tableau synoptique de groupe 521, seules les masses additionnées d'une charge conviennent au coulage de pièces de grandes dimensions, mais que cette addition a une influence sur les propriétés de la masse, dont il faut tenir compte en service.