

Matériaux des câbles et fils exposés à des radiations électromagnétiques

Types de radiations et leurs effets

La radiation électromagnétique est un terme qu'on retrouve dans de nombreux domaines. Elle peut être de source naturelle (comme par exemple la radioactivité solaire ou naturelle) ou peut être produite artificiellement (rayons X, lumières ou technologie sans fil). Elle peut être divisée en différents composants, son paramètre principal est la longueur d'ondes, ou la fréquence. Le spectre électromagnétique est composé des catégories suivantes, classées de manière décroissante selon leur longueur d'ondes, ou de manière croissante selon leur fréquence :

- courants alternatifs (ex : transmission à très basse fréquence)
- ondes radio (ex : transmission radio)
- micro-ondes (ex : fours micro-ondes, communication mobile, radar)
- rayonnement infrarouge (rayonnement thermique, thermographie, télécommande)
- lumière visible (composants de radiation venant des sources de lumière artificielle et du soleil.)
- rayonnement ultraviolet (UV – composants de la lumière du soleil, applications techniques)
- rayons X (ex : imagerie médicale ou technique)
- rayons gamma (ex : énergie nucléaire, applications techniques)

À cause de leur impact, les rayons gamma, les rayons x et les ultraviolets ayant une très courte longueur d'ondes sont également classés sous le terme générique de « rayonnement ionisants ». Ce terme désigne toutes les radiations portant assez d'énergie pour libérer des électrons d'un atome ou d'une molécule (ionisation).

Pour les composés organiques, comme les plastiques utilisés pour les câbles et les fils, le facteur à prendre en compte est l'impact du rayonnement UV et du rayonnement ionisant.

Ceci est utilisé lors de la construction de la matière plastique pour lui donner certaines propriétés. On peut ainsi par exemple appliquer certaines conditions de radiations à certains adhésifs, revêtements, matériaux isolants et de gainage pour les câbles et les fils, ce qui leur confère la force et la durabilité requise. Ce procédé est appelé « réticulation », plus précisément « réticulation par faisceau d'électrons », il existe en effet d'autres procédés de réticulation (par exemple de manière chimique).

Lors de l'application pratique des câbles et des fils, les rayonnements ultraviolets et ionisants ont plutôt tendance à avoir un effet néfaste et indésirable. Les couleurs peuvent se ternir et les plastiques peuvent s'émousser ou devenir friables. Si tel est le cas, et si des fissures apparaissent sur le plastique, le câble n'est plus utilisable.

Utilisation des câbles et fils exposés à un rayonnement UV

Le rayonnement ultraviolet est un des composants du rayonnement solaire. Ses effets touchent surtout les câbles utilisés pour une application en extérieur. Les composants pouvant pénétrer la couche d'ozone peuvent avoir un impact : les rayons UV-A et une partie des rayons UV-B. Les rayons UV-C sont filtrés par la couche d'ozone, et ne parviennent pas à la surface de la Terre.

Les rayonnements ultraviolets ont également un effet en intérieur, mais il est moindre que celui en extérieur : les vitres et panneaux de verre peuvent en effet, en fonction de leur design, filtrer et bloquer une bonne partie de ce rayonnement. De plus, il y a souvent des systèmes installés pour faire de l'ombre, et les sources de lumière artificielle n'émettent qu'un faible taux d'ultraviolets.

Chaque produit étant soumis à des conditions extrêmement différentes selon le site d'application, il est impossible de faire des affirmations universelles quant à la durée de service du produit. La durée et l'angle d'arrivée des radiations, l'ombre et d'autres facteurs comme la

température ambiante, l'humidité et la qualité de l'air entrent en compte. (Reportez-vous à l'annexe T0, 7. Durée de service pour plus de renseignements)

Des méthodes de test conformes aux standards de résistance aux ultraviolets (ex : norme ISO 4892-2) permettent de réaliser une évaluation générale des produits devant être exposés au rayonnement ultraviolet, ce qui permet alors une comparaison des différents matériaux et des produits.

Les plastiques utilisés pour les câbles et les fils réagissent différemment aux rayons ultraviolets. L'utilisation de stabilisateurs, de pigments ou de suies appropriés peut réduire la sensibilité aux rayonnements ultraviolets : ces substances absorbent une partie du rayonnement et le transforment en rayonnement thermique, moins dangereux. Cela empêche le rayonnement ultraviolet d'entrer dans la chaîne moléculaire du matériau de gainage, ce qui causerait une scission des molécules de plastique en radicaux libres hautement réactifs, accélérant le processus de vieillissement.

Les câbles et fils avec une gaine noire sont généralement mieux protégés que ceux revêtus d'une autre couleur, les surfaces noires absorbant de manière plus efficace les rayons UV.

Cette connaissance est appliquée aux standards, ainsi les câbles avec une gaine noire sont bons pour l'usage en extérieur, d'après les normes EN 50525-1 et VDE 0285-525-1.

Certains plastiques possèdent néanmoins un bon niveau de résistance sans être de couleur noire :

- Le polyéthylène réticulé (PER)
- Les élastomères (ex : CR ou SI)
- Les élastomères thermoplastiques (TPE-E, TPE-O, TPE-U, ex : PUR)
- Les fluoropolymères (ex : PTFE ou FEP)

Cependant, les matières plastiques n'ont pas la même résistance suivant leur couleur. Les effets mentionnés plus haut pour une gaine de couleur noire augmentent toujours la résistance.

Il est important de noter que pour les câbles en polyuréthane qui ne sont pas noirs (câbles jaunes ou orange, par exemple), même si la couleur pâlit avec le temps, ils continueront à être performants au niveau de la flexibilité et de la force, le matériau de base étant toujours capable de résister aux rayonnements ultraviolets, contrairement aux pigments de couleur.

Cela veut dire que les câbles sont toujours totalement fonctionnels, malgré les dommages visibles causés par le rayonnement UV ou les conditions climatiques.

Utilisation de câbles et de fils exposés à un rayonnement ionisant

Les rayonnements ionisants sont généralement observés lors d'une application bien définie, et ce, de manière prévue. Cela signifie que les matériaux peuvent être spécialement adaptés par avance aux conditions de l'application.

La résistance à ce type de radiation est uniquement testée si les câbles sont censés être utilisés dans un environnement exposé à un rayonnement ionisant. Pour tous les autres câbles, la résistance aux radiations est indiquée uniquement pour les matériaux généralement utilisés. Ces indications ne sont pas représentatives de la résistance du câble en entier; les valeurs peuvent cependant servir de guide et rendre possible la comparaison d'un câble avec un autre.

La résistance aux radiations d'un matériau est définie par l'indice de rayonnement (IR) tel que décrit dans IEC 60544-4, et définit par le point où l'allongement à la rupture est $\geq 50\%$ de la valeur de départ.

Matériaux des câbles et fils exposés à des radiations électromagnétiques

Le tableau ci-dessous liste la dose de radiation gamma maximale que les matériaux peuvent absorber (en Grays et en rad), pour laquelle l'allongement à la rupture du spécimen-test est encore supérieure à 50 % de sa valeur à neuf.

Conversions :

1 Gy = 100 rad; 1Gy = 1J/kg

La résistance des câbles, fils et autres produits utilisés dans les technologies de connection contre les radiations ionisantes joue un rôle très important dans les centrales nucléaires. En plus de la

pertinence technique des produits eux-mêmes, tous les processus doivent respecter les exigences spécifiques à cette zone d'utilisation et d'opération.

U.I. Lapp GmbH a su montrer qu'il était un fournisseur reconnu de câbles, fils, presse-étoupes et autres accessoires relatifs aux câbles pour les centrales nucléaires, en passant une série de tests prouvant la qualité de son système et de ses produits. (voir "Zertifikat KTA 1401" - Assurance de qualité en accord avec la norme KTA 1401). Ce certificat est disponible en langue allemande à l'adresse suivante :

<https://www.lappkabel.com/certificates>

Résistance des plastiques aux radiations ionisantes

Type matériau	Dose de radiation en Gy (approx.)	Dose de radiation en Rad (approx.)
PVC	8 x 10 ⁵	8 x 10 ⁷
PE LD	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
PE HD	7 x 10 ⁴	7 x 10 ⁶
VPE (XLPE)	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
PA	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
PP	1 x 10 ³	1 x 10 ⁵
PETP	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
PUR	5 x 10 ⁵	5 x 10 ⁷
TPE-E	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
TPE-O	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
NR	8 x 10 ⁵	8 x 10 ⁷
SIR	2 x 10 ⁵	2 x 10 ⁷
EPR	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁸
EVA	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
CR	2 x 10 ⁵	2 x 10 ⁷
ETFE	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁷
FEP	3 x 10 ³	3 x 10 ⁵
PFA	1 x 10 ³	1 x 10 ⁵
PTFE	1 x 10 ³	1 x 10 ⁵