

## Application de Revêtements en Silicone sur les Isolateurs en Porcelaine en Pologne

K. L. Chrzan<sup>1</sup> et M. Tegar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wroclaw University of Technology, Poland

<sup>2</sup>Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algeria

**Abstract:** Silicone coatings have been used to improve insulating properties of outdoor insulators, under polluted conditions, for over 30 years. In Poland this method was used for the first time in 1995. This paper presents Polish experiences and analyzes the usefulness of such coatings. Changes in pollution emission and their influence on operation and investments of outdoor insulation were taken under consideration.

**Résumé:** Les revêtements en silicone ont été utilisés pour améliorer les propriétés isolantes des isolateurs de types extérieurs sous pollution, depuis plus de 30 années. En Pologne, cette méthode a été utilisée pour la première fois en 1995. Ce papier présente des expériences polonaises et analyse l'utilité de tels revêtements. Les changements dans les émissions de la pollution et leur influence sur l'opération et les investissements d'isolement extérieur ont été pris en considération.

### Introduction

La vulcanisation des revêtements en caoutchouc silicone à température ambiante a été utilisée pour la première fois aux USA, il y a plus de 30 années. Cette méthode est plus commode que le nettoyage manuel d'isolateurs ou l'application de vaseline ou pâtes en silicone. Les isolateurs en porcelaine avec des couches fines en silicone de 0.3 - 0.6 mm d'épaisseur, possèdent des propriétés semblables aux isolateurs composites avec un revêtement silicone plus épais. Une épaisseur de 0.3 mm d'un revêtement en silicone est capable de transférer les propriétés hydrophobes à la couche de pollution. Comme résultat obtenu, le courant de fuite diminue et la tension de contournement augmente. Le développement du matériel, la diminution du prix, la possibilité d'application sous tension de service, l'expérience de longue durée et la préparation de IEEE standard [1] ont mené à une large utilisation de cette technologie [2].

L'expérience avec les revêtements en silicone en Pologne est assez limitée. Ils ont été appliqués à une station de 110 kV près d'une fonderie en 1995 et à une station de 400 kV d'une centrale électrique en 1998. En outre, les revêtements en silicone ont été utilisés dans quelques endroits sur une très petite échelle. Les revêtements en silicone devraient être utilisés dans le cas où, l'isolement, sous pollution sévère, est trop faible, et lorsqu'ils offrent une

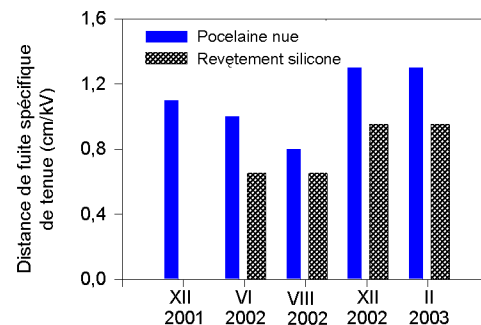
solution intéressante relative à l'utilisation des isolateurs rigides en porcelaine ou des isolateurs composites. Il s'agit d'une opinion évidente. Cependant, des exemples seront montrés dans ce papier, où l'application de revêtements en silicone était inutile.

### Station d'essais sous pollution de Glogow

Dans les sections suivantes, l'application des revêtements en silicone à des endroits donnés sera montrée et les raisons pour prendre de telles décisions particulières seront expliquées.

La méthode la plus simple des isolateurs couverts a été essayée à la station d'essais sous pollution de Glogow en 1995. Les isolateurs de 110 kV étaient peints manuellement en utilisant des pinceaux simples. Deux isolateurs SWZP de poste, un isolateur à long fût LP75/27W de ligne, un isolateur à long fût LP75/37W, un isolateur de traversée et une enveloppe de paratonnerre ont été couverts. La tension de contournement a été mesurée sur les isolateurs de poste avec et sans revêtement, sept années plus tard [3]. La tension de contournement avec revêtement silicone était 25% plus élevée par rapport à celle des isolateurs sans vernis. Ces résultats, consistant en la distance de fuite spécifique de tenue mesurée durant différents mois, sont montrés dans la figure 1. Les revêtements en silicone conservent leur propriété hydrophobe après sept années de service ou même plus [4].

Les isolateurs de la station d'essais de Glogow, ont été peints par des revêtements en silicone pour des considérations de recherche seulement. La tension de tenue contrôlée dans les années 1986 et 1987 était suffisamment élevée. Il n'y avait aucune nécessité de l'augmenter. Trois contournements ont été enregistrés sur les isolateurs SWZP de poste avec des distances de fuite court-circuitées, en 1987 (Table 1).



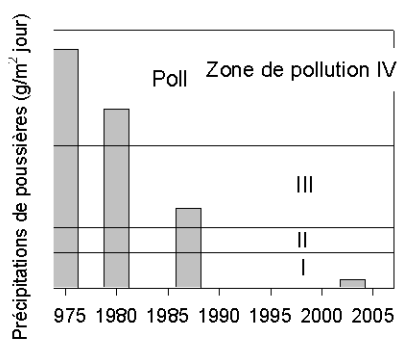
**Figure 1:** Distance de fuite spécifique de tenue mesurée sur les isolateurs SWZP de poste durant différents mois de 2001-2003

Le contournement critique a eu lieu sur un isolateur avec 6 ailettes court-circuitées, en décembre 1987. Notons, que les isolateurs SWZP de poste ont 20 ailettes. Le courant, plus grand que 50 mAcrête mais plus petit que 140 mAcrête, a été enregistré sur un isolateur avec 4 ailettes contournées. Le courant correspondant au cas des isolateurs où aucune ailette n'est contournée, était inférieur à 50 mAcrête (Table 1). La distance spécifique de tenue en 1987 a été augmentée à 1,8 cm/kV et en 2003 à 1,3 cm/kV. Il paraît qu'en 1995, quand les revêtements ont été appliqués, cette distance spécifique a été augmentée à 1,5 cm/kV. Cela veut dire que la distance de fuite spécifique de tous les isolateurs était de 0.9 cm/kV plus longue que leur distance de fuite de tenue.

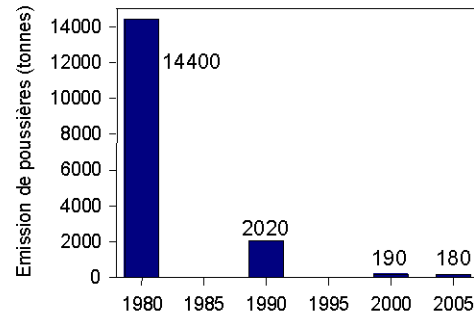
**Table 1:** Courant et contournement enregistrés à la station de Glogow en 1987 sur les isolateurs SWZP de poste. Tension d'essais 70 kV. Le nombre "1" veut dire que le courant a dépassé le niveau de déclenchement de 20, 50 ou 140 mAcrête, la flèche ↓=contournement

Lecture de données	Nombre d'ailettes non contournées				
	12	14	16	18	20
	Distance de fuite spécifique en cm/kV phase-terre				
	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0
	cm/kV phase-phase				
	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4
6.01.1987	1 ↓	1	1	1	1
	1	1	0	0	0
	1	0	0	0	0
15.04.1987	1 ↓	0	0	1	0
	1	0	0	0	0
	1	0	0	0	0
23.12.1987	1	1 ↓	1	1	1
	0	1	0	0	0

L'amélioration de l'environnement aux alentours de la station d'essais était la raison derrière l'augmentation de la tension de contournement. La densité du dépôt de poussières a diminué de 9 g/m<sup>2</sup> par jour en 1980 à 0,4 g/m<sup>2</sup> par jour en 2003 (Figure 2).



**Figure 2:** Densité de poussières à la station d'essais de Glogow



**Figure 3:** Emission annuelle de poussières de la fonderie de 1980 à 2005

La classe de pollution "très forte" a été trouvée jusqu'à 1983, "forte" jusqu'à 1990, "moyenne" jusqu'à 2000 et "légère" après 2000 (Figure 2). L'émission de poussières à partir de la fonderie avoisinante a été réduite 80 fois entre 1980-2005 (Figure 3). Les précipitations de poussières à la station d'essais ont diminué "seulement" de 20 fois dans la même période. La déposition de poussières à la station d'essais provient également d'autres sources.

### Station de 110 kV à la fonderie

Les revêtements ont été appliqués sur les isolateurs en porcelaine de 110 kV et 6 kV (130 pièces environ) en 1995. Quelques contournements sur les isolateurs de traversée de 6 kV ont été enregistrés au niveau de ce poste en 1993 et 1994. Les très hautes surtensions de manœuvre ou les surtensions causées par des défauts de mise à la terre des câbles sous terrain de 6 kV étaient responsables des contournements des isolateurs de traversée [5]. La cause supplémentaire pour les très hautes surtensions qui pourraient atteindre une valeur de 5.0 pu, était due à une erreur technique. La résistance de mise à la terre du transformateur à point neutre a été déconnectée. Les surtensions avec le point neutre mis à la terre sont plus faibles et peuvent atteindre une valeur de 2.5 pu [5]. Pour éviter le contournement des isolateurs de traversée de 6 kV, le point neutre devrait être, d'abord, mis à la terre à travers une résistance. En outre, les isolateurs de traversée devraient être nettoyés et éventuellement, couverts avec les revêtements en silicone.

Étonnamment, tous les isolateurs de 6 kV de poste et même les isolateurs de 110 kV ont été couverts avec les revêtements en silicone. En outre, l'application de revêtements en silicone a été justifiée par le fait qu'il y avait une très forte pollution au niveau du poste. Dans un rapport, il a été écrit qu'une valeur irréaliste de la densité du dépôt de poussières de 67 g/m<sup>2</sup> par jour a été mesurée. En fait, l'analyse de densité du dépôt de poussières dans les années précédentes et récentes, suggère que ce paramètre était 30 fois plus petit. Probablement, la densité

mensuelle du dépôt de poussières a été prise trompeusement comme densité journalière. La vraie valeur était dans la gamme de 2 g/m<sup>2</sup> par jour. Il s'agit donc d'une classe de pollution moyenne et non pas très forte.

### Station de 110 kV d'une centrale électrique

Trois enveloppes en porcelaine de paratonnerre en oxyde de métal GXA106 de 110 kV installées sur les transformateurs du bloc, ont été couvertes avec des revêtements en silicone (Figure 4).



Figure 4: Paratonnerre GXA106 avec une couche hydrophobique

La classe de pollution "légère" a été trouvée au niveau du poste de 100 kV depuis 1980 (Figure 5). Il ne peut y avoir de contournement possible dans de telles conditions. L'auteur a mesuré les courants de fuite sur les isolateurs à long fût LP 75/12 en porcelaine en utilisant des compteurs spéciaux en 1985 et 1986. Sous tension de service de 63 kV, les courants sur l'isolateur LP 75/12 avec 3 ailettes contournées, étaient supérieurs à 10 mA et inférieurs à 35 mA. Les courants sur le même isolateur couvert avec une pâte de silicone, étaient supérieurs à 5 mA et inférieurs à 10 mA (Table 2).

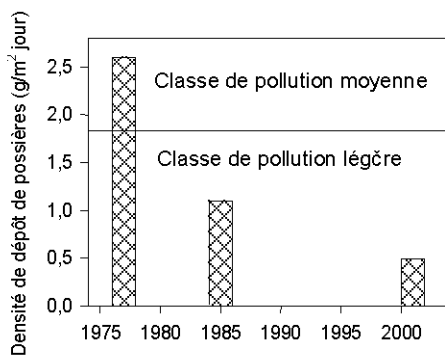


Figure 5: Densité de dépôt de poussières à la station de 110 kV entre 1977 et 2002

La justification de l'application des revêtements en silicone sous une telle pollution légère, pourrait être théoriquement, un danger de formation d'une bande sèche et donc d'une décharge partielle à

l'intérieur du paratonnerre [6]. L'auteur a mesuré la température de la varistance à l'intérieur du même paratonnerre à la station d'essais de Glogow, durant quelques années. Ces mesures ont montré que, sous une pollution légère, la probabilité de l'occurrence d'un tel phénomène est très faible. Par conséquent, les revêtements hydrophobes sur l'enveloppe en porcelaine du paratonnerre sont inutiles.

Table 2: Courants mesurés sur les isolateurs à long fût en 1985 et 1986

Isolateur	Niveaux de courant dépassés (mA)			
	> 1	> 5	> 10	> 35
LP75/12 avec 3 ailettes contournées	oui	oui	oui	non
LP75/12 couvert par une pâte silicone	oui	oui	oui	non

### Station de 110 kV d'une mine de cuivre

Le sel de table extrait en supplément a été empilé à environ 200 m plus loin de la station de 100 kV. Par temps de vent, les poussières du sel contaminent les isolateurs. Par conséquent, des décharges ont été observées sous haute humidité ou en présence de bruines. Afin de limiter les décharges et vérifier l'efficacité des revêtements en silicone, quelques isolateurs à long fût ont été couverts, en 1995. Les mesures des courants de fuite sur les isolateurs SWZP en porcelaine sans revêtement, ont été effectuées deux années plus tard. En outre, la conductivité surfacique a été mesurée en utilisant une sonde en bande de papier [7]. L'intégrateur CPI-1 des impulsions du courant fabriqué par TransiNor a été adopté pour la mesure du courant. Les niveaux de déclenchement sur les quatre canaux sont fixés à 0.24, 0.5, 2 et 5 mA. L'enregistreur CPI-1 intègre le courant quand sa valeur dépasse le niveau de déclenchement et calcule la charge maximale qui s'écoulait pendant 0.5, 1, 2 et 3 heures. La figure 6 montre les enregistrements les plus importants à partir de Décembre 1997.

Entre le 29.11.1997 et le 01.12.1997, le courant était supérieur à 2 mA et même supérieur à 5 mA. Cependant, les charges de 0.01 As ont été enregistrées sur les canaux de 2 mA et 5 mA. Les canaux avec des niveaux de déclenchement de 0.24 et 0.5 mA ont enregistré la charge de 1 As, pendant une demi-heure (Figure 6). Cela signifie que le courant avec une amplitude plus grande que 5 mA, a circulé pendant un temps très court. En supposant une forme sinusoïdale du courant avec une amplitude de 5 mA, la période de l'occurrence du courant serait de 2.9 secondes seulement.

La valeur moyenne de la conductivité surfacique mesurée sur quelques isolateurs différents en

porcelaine en Octobre 1997, était dans la gamme de 2 – 5  $\mu\text{S}$ . La valeur maximale trouvée sur un isolateur de traversée est de 40  $\mu\text{S}$ . Cependant, cette valeur a été mesurée sur une très petite surface. La surface restante de l'isolateur était presque propre (ayant une conductivité surfacique de 2 – 5  $\mu\text{S}$ ).

Les mesures ont confirmé la classe de pollution "légère" à la station. Par conséquent, l'application des revêtements en silicone ici est inutile. L'exploitation du sel de table a été arrêtée après l'année 2000 et le danger d'une éventuelle contamination de sel a disparu.

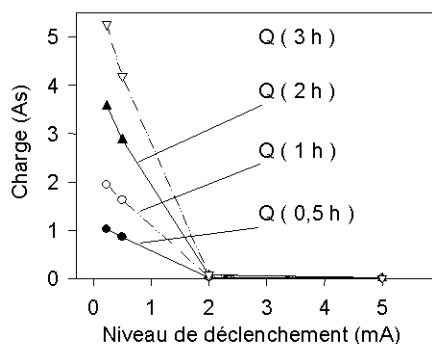


Figure 6: Charges enregistrées sur un isolateur SWZP en Décembre 1997

### Station de 400 kV d'une centrale [8]

Les lignes TB 9 et TB 10 du bloc, entre la centrale et la station de 400 kV, ont été établies à la fin des années 70. Les chaînes composées de trois isolateurs à long fût en porcelaine type LG 75/24 et LG 85/24, ont été installées. Les lignes parallèles ont été suspendues au-dessus du bâtiment de la chaudière à vapeur (Figure 7) et près de l'empilement du charbon. Les premiers contournements sous pollution ont été enregistrés en Décembre 1997, sur la ligne TB 9. Les traces d'arcs ont été trouvées sur les isolateurs et les éclateurs installés sur le poteau construit sur le toit du bâtiment de la chaudière. Les isolateurs installés sur les poteaux près de la chaudière à vapeur étaient sensiblement pollués, malgré le fait qu'ils ont été nettoyés en été. Une couche épaisse de poussière a été trouvée sur le toit du bâtiment de la chaudière.



Figure 7: Isolateurs à long fût de 400 kV au-dessus du toit du bâtiment de la chaudière à vapeur

La poussière est dégagée du bâtiment de la chaudière à travers plusieurs orifices. En plus, l'humidité d'air au-dessus de la chaudière a été augmentée par le brouillard provenant des tours de refroidissement. Par temps de vent, une quantité considérable de poussières est déposée sur les isolateurs. Afin d'augmenter la rigidité diélectrique, plus de 600 isolateurs sur les deux lignes ont été couverts par des revêtements en silicone en 1998. Les isolateurs n'ont pas été nettoyés davantage et les contournements n'ont pas été observés durant les quelques années suivantes. Peut-être que la meilleure solution a été établie plus tard. Dans le cadre des réparations cycliques, le bâtiment de la chaudière a été rénové et fermé. De cette façon, la source de contamination a été éliminée et le problème a été enfin résolu.

### Evaluation des applications des revêtements en silicone

Les exemples d'application des revêtements en silicone montrent, que ces couches préservent les propriétés hydrophobes sur 10 ans. Cependant, cette observation est limitée principalement pour la classe de pollution légère. L'application des revêtements en silicone n'est pas justifiée dans tous les cas présentés. L'évaluation de la sévérité de pollution devrait être faite soigneusement, pour éviter des erreurs et pour ne pas appliquer de tels revêtements inutilement. En Pologne, la pollution d'origine industrielle a diminué depuis 1985 [9]. Il est fort probable que ces changements significatifs ne soient pas bien identifiés. Le meilleur exemple est la station d'essai de pollution de Glogow. Dans une durée de presque 20 ans, la sévérité de pollution à cet endroit a changé de très forte à légère (Figure 2). Après l'application des revêtements en silicone, la classe de pollution est passée de moyenne à légère. La décision au sujet de l'application des revêtements en silicone devrait tenir compte des tendances possibles dans le développement de l'émission locale de contamination. Le tableau 3 récapitule les exemples décrits ci-dessus.

Table 3: Résumé et évaluation d'application des revêtements en silicone

Endroit	Année	Tension, nombre d'isolateurs	Evaluation de l'utilité
Station d'essai, fonderie de cuivre de Glogow	1995	110 kV, 5 pièces	Très bon, seulement pour des considérations de recherche
Fonderies	1995	110 kV, 130 pièces	Mauvais
Chaleur et centrale	1996	110 kV, 3 paratonnerres	Mauvais
Mine de cuivre	1996	110 kV, quelques pièces	Difficile à évaluer
Centrale	1998	400 kV, 600 pièces	Bon

## Références

- [1] IEEE standards 1523, "Guide for the application, maintenance and evaluation of room temperature vulcanizing (RTV) silicone rubber coatings for outdoor ceramic insulators", March 2003.
- [2] D. Devendranath, K.A. Aravind, A. Ramulu, A.K. Tripathy, "Accelerated aging test for RTV-coated insulators: analysis of electrical and material properties", IEE Proc. Gener. Transm. Distrib. Vol. 152, Sept. 2005, pp. 635-644.
- [3] K.L. Chrzan, "Pollution test station Glogow. Twenty years of research", Int. Symposium on HV Engineering. Delft 2001, paper abstract on page 202.
- [4] A. Tyman., J. Wankowicz, K. Wieczorek, "Własności hydrofobowych pokryw izolatorowych poddanych długotrwałej eksploatacji", Sympozjum Problemy Eksploatacji Układów Izolacyjnych Wysokiego Napięcia, Krynica 2005, s. 283-286.
- [5] H. Belka, Wrocław University of Technology, Information privée.
- [6] K. Chrzan, W. Koehler, K. Feser, "Behaviour of zinc oxide surge arresters under pollution", Int. Symposium on High Voltage Eng., New Orleans, 1989, paper No. 26.01.
- [7] K. Chrzan, M. Farzaneh, "Probes for measurement of spot surface conductivity on polluted insulators", Int. Symposium on High Voltage Eng., Beijing 2005, paper D76.
- [8] R. Przybyłowski, PSE Wschod, Information privée.
- [9] K. L. Chrzan, A. Kałużny, L. Subocz, S. Banaszak, "Aktualny stan środowiska w Polsce w aspekcie narażenia i doboru izolacji napowietrznej", Sympozjum Inżynieria Wysokich napięć IW, Poznań-Będlewo 2004, s. 50-53

## Remerciement

L'auteur remercie M. Ryszard Przybyłowski, PSE Wschod et Henryk Belka, de l'Université de Wrocław de Technologie pour le nombre important d'informations.

**L'adresse de l'auteur principal:** Krystian Leonard Chrzan, Wrocław University of Technology, Department of Electrical Engineering, Institute of Electrical Engineering Fundamentals, Wybrzeże Wyspińskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland, krystian.chrzan@pwr.wroc.pl