

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 23024**

---

(54) Procédé et installation de réticulation en continu d'isolants de câbles électriques par hydrolyse de polyéthylène rendu réticulable par des silanes.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). H 01 B 13/22.

(22) Date de dépôt..... 28 octobre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 17 du 30-4-1982.

---

(71) Déposant : SOCIETE FRANÇAISE CEAT, résidant en France.

(72) Invention de : Pierre Bourjot et Robert Dupont.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin et Schrimpf,  
26, av. Kléber, 75116 Paris.

La présente invention concerne à la fois un procédé et une installation pour la réticulation en continu d'isolants de câbles électriques par hydrolyse de polyéthylène rendu réticulable par des silanes.

5        On rappellera très brièvement que la réticulation des isolants des câbles électriques s'effectue notamment selon un procédé tout à fait classique par hydrolyse du polyéthylène rendu réticulable par des silanes, ci-après désignés par l'abréviation "PRS". Cette réticulation est  
10        réalisée classiquement après l'extrusion de ces mêmes isolants, éventuellement après l'assemblage des conducteurs isolés du câble, mais avant le gainage de ce câble.

Il s'agit d'une opération dite "en reprise" qui constitue une étape supplémentaire dans la fabrication  
15        des câbles électriques, comparativement à celle des isolants PVC ou PRC dont les propriétés définitives sont obtenues dès la sortie de la ligne d'extrusion des isolants en gaine. La durée du traitement d'hydrolyse du PRS est fonction de plusieurs paramètres, et en particulier de :

20        - la température de traitement par l'eau chaude ou la vapeur d'eau, en général comprise entre 70 et 110°C ;  
         - l'épaisseur de l'isolant à réticuler par hydrolyse,  
         et

         - l'inertie thermique de la bobine ou touret de  
25        câble à traiter. Il faut en effet que la température atteinte au coeur des spires du câble sur le touret soit suffisante pour que la vitesse de réticulation soit acceptable, voire optimale.

Les procédés de la technique antérieure employés  
30        pour l'opération d'hydrolyse peuvent être brièvement récapitulés comme suit.

Après l'extrusion et le refroidissement classiques dans une goulotte de l'extrudeuse des isolants PRS,

les tourets d'éléments isolés sont repris et plongés dans de l'eau chaude pendant le temps nécessaire au déroulement complet de la réaction d'hydrolyse du PRS. Cette opération s'effectue en général dans une sorte de  
5 piscine d'eau très chaude ; la durée de traitement est de plusieurs heures (de 3 à 12 heures en général).

Ce temps englobe celui nécessaire à l'élévation de la température de tout le câble du touret jusque vers 85°C environ, ainsi que le temps nécessaire à la réaction  
10 chimique d'hydrolyse dans toute l'épaisseur de l'isolant.

Il faut ensuite sortir les tourets de la piscine et les mettre dans un parc en attente des opérations ultérieures de fabrication du câble complet (assemblage, gainage, armure, etc.).

15 Une autre technique consiste à réaliser l'hydrolyse dans une étuve fermée, sous une très faible pression de vapeur saturante correspondant à une température de 100 à 110°C, pendant un temps voisin de celui de l'opération ci-dessus.

20 Là aussi, on peut grossièrement considérer un temps de montée en température du contenu des tourets, auquel s'ajoute le temps de réaction avec l'eau des condensats de vapeur.

Les opérations de chargement et de déchargement des étuves représentent encore une opération supplémentaire  
25 dont le coût énergétique est loin d'être négligeable.

Une troisième technique consiste à placer les tourets dans un sas calorifugé humide, à température

plus basse que précédemment (30 à 70°C), mais pendant un temps beaucoup plus long, ceci en raison de la faible vitesse de la réaction d'hydrolyse pour ces températures plus basses. Ce cas se ramène aux deux précédents.

5           Enfin, une autre technique consiste à laisser les isolants réticuler à la température ambiante par un stockage prolongé sur parc. La réaction d'hydrolyse à partir de l'eau atmosphérique est longue (de l'ordre de 1 à 2 mois) et le taux de réticulation obtenu est  
10           inférieur à celui obtenu par l'hydrolyse à chaud.

Cette dernière méthode évite les opérations de reprise des tourets entre l'isolation des éléments de câble et les opérations suivantes (assemblage, gainage, armure, etc.). Elle est génératrice d'en-cours de fabrication  
15           très importants et de ce fait est en général très peu usitée.

Il convient de noter que dans toutes les techniques précédemment évoquées, sauf peut être pour la dernière méthode, l'hydrolyse du PRS s'analyse en une opération  
20           de reprise qui implique :

- des manutentions d'un coût relativement important, source possible de dégradations des spires externes des câbles par suite de chocs éventuels en cours de manutention ;
- des temps d'immobilisation supplémentaires des  
25           produits à hydrolyser, d'où une augmentation des en-cours de production ;
- des aires supplémentaires pour le stockage et le traitement par hydrolyse ;
- des investissements assez onéreux (piscines d'eau  
30           chaude, autoclaves, sas humides, etc.) ainsi que des frais de maintenance des équipements correspondants, et

- une consommation d'énergie assez sensible qui s'ajoute à celle déjà dépensée lors de l'opération classique d'extrusion.

5 On constate donc que l'opération d'hydrolyse s'ajoute aux opérations de fabrication classique des câbles et qu'elle impose des temps de traitement et des coûts supplémentaires qui n'existent pas dans les procédés traditionnels d'isolation (PVC, PRC, etc.).

10 La présente invention se rapporte à un procédé et à une installation qui sont destinés à permettre la réticulation par hydrolyse à chaud des isolants PRS. Elle vise précisément à réduire notablement les inconvénients des procédés conventionnels de la technique antérieure précédemment évoquée.

15 En particulier, la présente invention présente les avantages suivants :

- réduire presque en totalité la dépense d'énergie nécessaire à l'hydrolyse conventionnelle du PRS, par la récupération d'une bonne partie de l'énergie dépensée pour l'extrusion des isolants, alors que cette énergie calorifique d'extrusion est habituellement perdue ;

20

- rendre continue la fabrication des câbles, par opposition aux procédés classiques précédemment énoncés et retomber dans les conditions traditionnelles de fabrication (isolation PVC, PRC, etc.);

25

- supprimer toute opération de manutention en reprise nécessaire actuellement au traitement du PRS par hydrolyse à chaud, et

- réduire très sensiblement les investissements et les coûts d'exploitation nécessaires jusqu'alors pour l'hydrolyse du PRS.

30

De façon plus précise, la présente invention concerne un procédé de réticulation en continu d'isolants de

câbles électriques caractérisé en ce qu'il comprend les diverses opérations suivantes :

- après l'opération d'extrusion au cours de laquelle l'isolant est déposé sur le conducteur métallique du câble, on refroidit ledit conducteur ainsi revêtu de l'isolant à une température moyenne de l'ordre de 80 à 90°C ;

- on enroule ensuite le câble sur un touret de réception en maintenant la température au-dessus d'environ 80°C et en contrôlant l'humidité au niveau des spires isolées du touret en rotation, et

- en fin d'opération de bobinage, on enlève le touret de réception rempli pour le remplacer, sans interruption de la ligne d'extrusion, par un autre touret vide sur lequel le câble est enroulé dans les mêmes conditions que précédemment.

Selon une autre caractéristique de la présente invention, après l'opération d'extrusion, le refroidissement du conducteur revêtu de l'isolant peut être effectué par passage au travers d'au moins une goulotte contenant un bain d'eau réglé à une température de l'ordre de 70 à 80°C.

Selon une autre caractéristique de la présente invention, durant l'opération de bobinage sur le touret, on effectue soit un arrosage des spires isolées du touret à l'aide d'eau réglée à une température de l'ordre de 80 à 100°C, soit une pulvérisation des spires isolées du touret à l'aide d'un jet de vapeur d'eau.

La présente invention se rapporte également à une installation destinée à la mise en oeuvre du procédé ci-dessus. Cette installation comprend, en aval d'un dispositif d'extrusion destiné à enrober un conducteur métallique à l'aide d'une couche d'isolant, au moins

une goulotte contenant un bain d'eau réglé à une température de l'ordre de 70 à 80°C et au travers duquel circule le câble ; l'installation comprend en outre, à la sortie de ladite goulotte, un bâti de réception d'un touret sur lequel le câble est bobiné et qui est  
5 équipé d'un capotage fermé, de préférence calorifugé.

Selon une autre caractéristique de la présente invention, le bâti de réception du touret comprend soit des moyens d'arrosage des spires à l'aide d'eau chaude,  
10 soit des moyens de pulvérisation des spires isolées du touret à l'aide d'un jet de vapeur d'eau.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée du procédé et de l'installation faits simulta-  
15 nément en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente le schéma de fonctionnement d'une ligne d'extrusion par réticulation continu du PRS,
- les figures 2a et 2b représentent une vue en coupe respectivement de face et de profil d'un touret  
20 de câble, et

- les figures 3a et 3b représentent une vue en coupe respectivement de face et de profil d'un touret de câble, qui est couplé à un générateur de vapeur d'eau.

De façon classique, le conducteur métallique nu 10 se dévide à partir d'un bâti de départ 12 pour traverser un dispositif d'extrusion 14. Lors de cette opération d'extrusion, l'isolant déposé sur le conducteur métallique 10, à une température de l'ordre de 200 à 220°C, n'est pas refroidi par de l'eau froide ou tiède aux  
25 conditions habituelles de température, souvent de l'ordre de 30 à 40°C.

Bien au contraire, conformément à la présente invention, le refroidissement est réalisé à une température moyenne de l'ordre de 80 à 90°C. Ce refroidis-

5        sement du conducteur revêtu de l'isolant est de préférence  
effectué par passage au travers d'au moins une goulotte  
16 contenant un bain d'eau réglé à une température de  
l'ordre de 70 à 80°C. Le nombre de passage du câble dans  
la goulotte réalisée en un ou plusieurs tronçons de  
faible longueur, est réduit ; il est déterminé de manière  
à obtenir un ensemble conducteur + isolant dont la  
température moyenne atteint de l'ordre de 80 à 90°C à  
la sortie de cette goulotte d'eau chaude 16. Dans certains  
10        cas, il peut être avantageux de faire appel à une ou  
plusieurs goulottes calorifugées.

15        L'alimentation en eau chaude de cette goulotte 16  
est à faible débit et peut par exemple être avantageu-  
sement réalisée à partir du circuit d'eau de refroidis-  
sement de la vis de l'extrudeuse 14.

20        Dans certains cas particuliers, on pourra même  
supprimer le refroidissement par circulation au travers  
du bain d'eau chaude et se contenter d'un refroidissement  
dans l'air, pour autant que les conditions de sortie du  
câble soient telles qu'indiquées précédemment.

25        Selon une autre caractéristique de la présente  
invention, en particulier pour le cas où le bilan calo-  
rifique serait insuffisant, il est possible d'avoir  
recours à un pré-chauffage du conducteur métallique 10  
à une température de l'ordre de 80 à 100°C ou plus par tout moyen  
conventionnel tel que flamme, four, induction électromagnétique, etc.

30        A la sortie de la goulotte 16, le câble est ensuite  
enroulé, par l'intermédiaire d'un dispositif à cabestan  
18, sur un touret de réception 20 monté sur un bâti de  
réception 22. Conformément à la présente invention, on  
enroule le câble sur le touret de réception 20 en  
maintenant la température au-dessus d'environ 80°C et  
en contrôlant l'humidité au niveau des spires isolées  
du touret en rotation.



Lors de la traversée de la goulotte 16, le câble aura été en contact avec l'eau chaude et la réticulation aura donc déjà commencé au niveau de la traversée de cette goulotte. A la sortie de la goulotte 16, afin que  
5 la réticulation puisse se poursuivre au cours du bobinage du câble sur le touret de réception 20, on pourra donc prévoir soit un arrosage des spires isolées du touret à l'aide d'eau chaude réglée à une température de l'ordre de 80 à 100°C, soit effectuer une pulvérisation  
10 de vapeur d'eau au niveau des spires isolées du touret. Cette vapeur d'eau ou l'eau chaude recyclée, peut être produite par un petit générateur autonome à partir d'un soutirage de l'eau chaude de la goulotte, de l'extrudeuse ou de la vis d'extrudeuse elle-même. Dans l'installation  
15 schématisée à la figure 1, le bâti de réception 22 est couplé à un générateur de vapeur d'eau 26.

Tel que cela apparaît sur le schéma de la figure 1, le bâti de réception 22 du touret 20 sur lequel le câble est bobiné, est équipé d'un capotage fermé 24. Les bâtis  
20 modernes sont en général bien adaptés à cette modification simple. Selon un mode de réalisation préférentiel le capotage 24 peut être calorifugé.

Des dispositions particulières précédentes, il résulte donc que :

- 25 - le câble qui s'enroule entre 80 et 90 °C est maintenu à une température suffisamment élevée par les condensats de vapeur ou par l'eau chaude pulvérisée ;
- la présence d'eau au niveau des spires est suffisante pour assurer la réticulation par hydrolyse,
- 30 - le bâti de réception et le câble sur son touret sont maintenus à une température convenable pour réduire le refroidissement naturel du câble sur son touret,

- la réticulation se poursuit donc à une vitesse optimale pendant le temps de séjour du câble sur le bâti de réception de la ligne d'extrusion, et

5       - l'énergie calorifique du touret provient en grande partie de l'extrudeuse, l'énergie complémentaire apportée par le jet de vapeur ou par l'eau chaude, et dans certains cas le pré-chauffage de l'eau reste faible, comparativement à celle récupérée par l'extrudeuse.

10       En fin d'opération de bobinage on enlève le touret de réception 20 rempli pour le remplacer, sans qu'il soit nécessaire d'interrompre la ligne d'extrusion, par un autre touret vide sur lequel le câble va s'enrouler dans les mêmes conditions que précédemment énoncées.

15       Selon une caractéristique additionnelle de la présente invention, une fois le touret de réception 20 rempli et dégagé du bâti de réception 22, il convient de maintenir une température suffisante et pendant une durée suffisante de manière à parfaire la réticulation  
20       encore incomplète de l'isolant, notamment au niveau des spires extérieures qui n'ont pas été exposées suffisamment longtemps au traitement précédent. Ceci peut être obtenu en habillant le touret 20, immédiatement après sa sortie du bobinoir, à l'aide d'une couverture, d'une  
25       coquille ou d'une enveloppe d'isolation thermique 28, en vue de son stockage sur parc, de manière à retarder suffisamment le refroidissement naturel du câble et à terminer ainsi la réaction d'hydrolyse. On notera que, dans le cas de câbles dont l'épaisseur d'isolant PRS  
30       n'est pas très importante, la présence d'eau entre les spires résultant du traitement précédent est largement suffisante pour mener à bien l'opération d'hydrolyse. Le touret 20 ainsi habillé peut donc être stocké sur

parc, alors que la réticulation se termine, en attente des opérations ultérieures de fabrication. Il est clair que les couvertures, coquilles ou enveloppes d'isolation thermique 28 peuvent être recyclées une fois que le  
5 câble est refroidi et que la réaction d'hydrolyse est terminée.

Dans le cas des câbles dont l'épaisseur d'isolant est plus importante, en vue de parfaire la réticulation de l'isolant, il convient de compenser les pertes du  
10 touret habillé par un apport d'énergie supplémentaire, de manière à maintenir cette masse à une température de l'ordre de 80°C environ pendant le temps nécessaire à la réticulation complète. Dans la pratique il a été observé que cette énergie d'appoint n'avait pas besoin  
15 d'être très importante. Elle peut par exemple être obtenue par l'injection d'un jet de vapeur à basse pression dans le fût ajouré du touret. La vapeur ainsi injectée diffuse alors entre les spires et assure les conditions thermiques et hygrométriques nécessaires au  
20 déroulement d'une bonne réaction d'hydrolyse du PRS.

Une telle opération implique un temps de séjour supplémentaire des tourets de gros câbles auprès du bâti de réception de la ligne d'extrusion. Toutefois, ce temps reste assez court pour ne pas gêner la circu-  
25 lation habituelle des tourets dans l'atelier.

Comme cela se trouve schématisé à la figure 3a, la vapeur d'appoint peut être injectée dans le fût 30 du touret 20 au niveau de l'un des trous d'axe 32 du touret 20, l'autre trou 34 étant obturé.

30 Cette vapeur peut par exemple provenir du même générateur 26 que celui couplé au bâti de réception 22 ; elle sera introduite par exemple à l'aide d'une canalisation souple 36 couplée à l'un des trous d'axe 32 du

5      touret 20. Il convient à ce propos de noter que les  
tourets 20 utilisés pour l'hydrolyse des isolants PRS  
sont conçus spécialement pour résister longtemps aux  
conditions de traitement, que ce soit par des procédés  
habituels (piscines, autoclaves, etc.) ou par le procédé  
exposé dans le cadre de la présente invention.

10      Avantageusement, les fûts 30 intérieurs des tourets  
20 sont percés d'une pluralité d'orifices 38 de manière  
à favoriser la circulation de l'eau chaude ou de la  
vapeur dans la masse des spires 40 du câble.

On notera enfin que, dans la pratique, les temps de  
traitement observés se sont avérés être inférieurs de  
2 à 4 fois à ceux nécessaires au déroulement des procédés  
de la technique antérieure précédemment évoqués.

15      Bien entendu, la présente invention ne se trouve pas  
limitée aux modes de mise en oeuvre et de réalisation  
particuliers précédemment décrits, mais il est parfaite-  
ment possible, sans pour autant sortir du cadre de la  
présente invention, d'en imaginer un certain nombre de  
20      variantes de détail. En particulier, le procédé de l'in-  
vention peut être utilisé partiellement dans les méthodes  
habituelles en se limitant à réceptionner un câble chaud  
entre 80 et 90°C. Dans ce cas, on ne dégage qu'une  
économie d'énergie pour autant que le touret soit placé  
25      rapidement dans la piscine, l'autoclave ou le sas de  
traitement par hydrolyse à chaud.

REVENDEICATIONS

1/ Procédé de réticulation en continu d'isolants de câbles électriques par hydrolyse de polyéthylène rendu réticulable par des silanes, caractérisé en ce qu'il comprend les diverses opérations suivantes :

- 5       - après l'opération d'extrusion au cours de laquelle l'isolant est déposé sur le conducteur métallique du câble, on refroidit ledit conducteur ainsi revêtu de l'isolant à une température moyenne de l'ordre de 80 à 90 °C ;
- 10       - on enroule ensuite le câble sur un touret de réception en maintenant la température au-dessus d'environ 80°C et en contrôlant l'humidité au niveau des spires isolées du touret en rotation, et
- 15       - en fin d'opération de bobinage, on enlève le touret de réception rempli pour le remplacer, sans interruption de la ligne d'extrusion, par un autre touret vide sur lequel le câble est enroulé dans les mêmes conditions que précédemment.

2/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'après l'opération d'extrusion, le refroidissement  
20 du conducteur revêtu de l'isolant est effectué par passage au travers d'au moins une goulotte contenant un bain d'eau réglé à une température de l'ordre de 70 à 80 °C.

3/ Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, avant l'opération d'extrusion, on  
25 effectue un pré-chauffage du conducteur métallique.

4/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, durant l'opération de bobinage sur le touret, on effectue un arrosage des spires isolées du touret à l'aide d'eau réglée à une température de  
30 l'ordre de 80 à 100°C.

5/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, durant l'opération de bobinage sur le touret, on effectue une pulvérisation des spires isolées du touret à l'aide d'un jet de vapeur d'eau.

5 6/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que, immédiatement après l'enlèvement d'un touret rempli au cours de l'opération de bobinage, ledit touret est habillé à l'aide d'une coquille ou d'une enveloppe d'isolation thermique en vue de son stockage  
10 sur parc.

7/ Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que, en vue de parfaire la réticulation de l'isolant, on injecte de la vapeur d'eau dans le fût ajouré dudit touret ainsi habillé.

15 8/ Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend, en aval d'un dispositif d'extrusion destiné à enrober un conducteur métallique à l'aide d'une couche d'isolant, au moins une goulotte contenant un bain  
20 d'eau réglé à une température de l'ordre de 70 à 80°C et au travers duquel circule le câble, et en ce qu'elle comprend, à la sortie de ladite goulotte, un bâti de réception d'un touret sur lequel le câble est bobiné et qui est équipé d'un capotage fermé, de préférence  
25 calorifugé.

9/ Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que la ou lesdites goulottes sont elles-mêmes calorifugées.

10/ Installation selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisée en ce que l'alimentation en eau chaude de la ou desdites goulottes est au moins partiellement réalisée à l'aide de l'eau du circuit de refroidissement du dispositif d'extrusion.

11/ Installation selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisée en ce que le bâti de réception du touret comprend des moyens d'arrosage des spires isolées du touret à l'aide d'eau réglée à une température de l'ordre de 80 à 100°C.

12/ Installation selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisée en ce que le bâti de réception du touret comprend des moyens de pulvérisation des spires isolées du touret à l'aide d'un jet de vapeur d'eau.

