

⑲ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 563 041

⑫ N° d'enregistrement national :

85 05487

⑬ Int Cl⁴ : H 01 B 7/08, 7/18.

⑭

DEMANDE DE CERTIFICAT D'ADDITION À UN BREVET D'INVENTION

A2

⑮ Date de dépôt : 11 avril 1985.

⑯ Priorité : US, 12 avril 1984, n° 599 650.

⑰ Demandeur(s) : *Société dite : HARVEY HUBBELL INCORPORATED. — US.*

⑱ Inventeur(s) : David Henry Neuroth.

⑲ Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 42 du 18 octobre 1985.

⑳ Références à d'autres documents nationaux apparentés : 1^{re} addition au brevet 83 18146 pris le 15 novembre 1983.

㉑ Titulaire(s) :

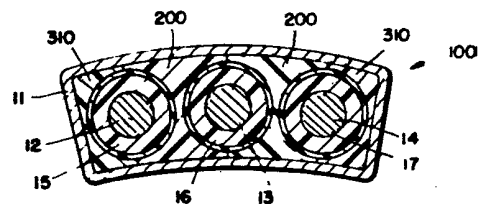
㉒ Mandataire(s) : Cabinet Simonnot.

㉓ Câble électrique destiné à subir des conditions très sévères.

㉔ L'invention se rapporte aux câbles électriques.

L'invention concerne un câble blindé ayant plusieurs conducteurs électriques 12, 13, 14 munis chacun d'un isolement 15, 16, 17. Selon l'invention, des organes résistant aux forces 200, 310 entourent complètement les isolements et protègent ainsi les câbles. Une enveloppe externe 11 maintient le tout.

Application aux câbles blindés d'alimentation des pompes immergées des puits de pétrole.



FR 2 563 041 - A2

La présente invention concerne un câble plat destiné à être utilisé dans des conditions très sévères et plus précisément un câble ayant une section de forme courbe, destiné à alimenter en énergie électrique des pompes immergées de puits de pétrole.

Les câbles électriques qui sont utilisés pour la transmission d'énergie électrique aux pompes immergées des puits de pétrole sont habituellement de section aplatie et doivent pouvoir résister de façon satisfaisante aux conditions très sévères de contraintes mécaniques et doivent fonctionner de manière satisfaisante dans ces conditions.

Ces câbles sont soumis à des contraintes mécaniques de plusieurs manières. Habituellement, on fixe les câbles au boîtier d'une pompe électrique immergée ou à la colonne de production d'un puits de pétrole à l'aide de bandes ou sangles qui peuvent écraser les câbles et peuvent ainsi sérieusement réduire la qualité de l'isolement et l'intégrité électrique du câble. Les câbles subissent aussi des détériorations par choc pendant l'installation et des forces importantes de compression pendant et après l'installation. Habituellement, on applique un blindage métallique externe au câble et on entoure les conducteurs individuels de couches de matériaux choisis afin que les caractéristiques de résistance mécanique soient accrues, et que ces forces puissent être encaissées. De telles précautions ne conviennent pas parfois à la protection nécessaire de l'isolement, surtout contre les chocs latéraux et l'usure des bords.

Un problème supplémentaire est posé par les pressions régnant au fond des puits, pouvant atteindre des dizaines ou des centaines de bars, appliquées aux câbles. Par exemple, l'isolement entourant les conducteurs dans un câble a des micropores dans lesquels le gaz est chassé à ces pressions élevées, au bout d'un certain temps. Lorsque le câble est retiré relativement vite du puits ou lorsque les pressions appliquées au câble par la colonne de fluide qui se trouve dans le sondage changent brusquement du fait du fonctionnement intermittent de

la pompe alimentée par le câble, la pression interne des pores n'a pas suffisamment de temps pour diminuer. A la suite de décompressions répétées, l'isolement a tendance à se dilater et à se contracter et il peut se rompre si bien que le câble peut être affaibli ou même inutilisable.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 409 431 décrit une structure de câble convenant particulièrement bien à de telles conditions très sévères. Cette structure protège le câble contre les forces de compression dirigées vers l'intérieur et assure la dissipation de la chaleur de l'intérieur du câble vers le milieu environnant, cette caractéristique étant importante dans le cas d'un travail à haute température, pour les raisons décrites dans la suite du présent mémoire, la structure possédant aussi une bonne résistance à la dilatation par décompression de l'isolement.

Comme décrit dans le brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 4 409 431, la structure de protection du câble comporte un ou plusieurs organes allongés destinés à encaisser les forces et qui sont placés parallèlement à un conducteur isolé du câble et près d'un tel conducteur. Ces organes ont une section pleine permettant l'encaissement des forces de compression qui seraient autrement encaissées par les conducteurs du câble. Dans des applications nécessitant la formation de courbes de grand rayon lors de l'utilisation du câble, le support allongé peut comporter une rangée de fentes espacées, partant perpendiculairement d'un bord de l'organe et pénétrant dans sa masse afin que la rigidité de la section de l'organe soit réduite dans les régions fendues et donne une certaine souplesse au support, permettant la formation de coudes de grand rayon, autour de son axe longitudinal.

Comme décrit dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 454 377, dans certaines applications, il peut être préférable d'utiliser une gaine d'isolement électrique, formée sur le conducteur du câble, qui n'est pas au contact

direct des ouvertures formées par les fentes. En effet, les ouvertures des fentes formées dans l'organe de support peuvent permettre l'accès de matières très corrosives à la composition formant la gaine, par écoulement vers l'intérieur par les fentes. En outre, les bords à coins effilés formés par la réalisation des fentes peuvent couper l'enveloppe du câble placée au-dessous ou l'user, après des flexions répétées du câble.

La structure protectrice du câble décrit dans ce brevet précité des Etats-Unis d'Amérique n° 4 454 377 est formée d'une structure composite ayant un organe allongé résistant aux forces, ayant une bonne conductibilité thermique, placé près de la gaine isolante du conducteur. Cet organe a une forme de section en U. Un revêtement lisse et qui peut être courbé peut être placé dans l'organe en U, du côté de l'isolement du conducteur adjacent, afin qu'il recouvre les fentes de l'organe et protège ainsi l'isolement placé au-dessous contre l'abrasion par les bords des fentes lors de la flexion de l'organe en U.

L'armature ou enveloppe externe, les revêtements et les organes en U ont tous pour rôle de protéger l'isolement des conducteurs et en conséquence du câble, contre les détériorations dues aux forces de compression, aux chocs et à la dilatation lors d'une décompression.

Une résistance supplémentaire aux forces de compression peut être obtenue dans un câble réalisé selon les enseignements des brevets des Etats-Unis d'Amérique n° 4 453 035 et 3 453 036.

Dans certaines applications, surtout dans les puits de pétrole, le câble doit pouvoir être introduit axialement et retiré axialement par un espace libre formé entre la paroi circulaire interne du tubage et la surface externe de la colonne de production, le boîtier d'une pompe électrique immergée ou une autre structure à laquelle est fixé le câble. Par exemple, le câble est monté à la surface externe d'une pompe centrifuge et dépasse donc du boîtier de la pompe, posant ainsi un problème

d'obstruction lors d'un montage convenable dans le tubage du puits de pétrole. En outre, plus la section du câble est épaisse et plus la section que doit avoir la pompe, pour pouvoir passer dans un tube de section donnée, est faible. Les pompes électriques centrifuges sont cependant bien plus efficaces lorsqu'elles ont un grand diamètre si bien qu'il est préférable que l'épaisseur de la section du câble associé soit aussi faible que possible afin que l'utilisateur puisse utiliser la pompe la plus efficace. Comme ces structures ont en général une forme cylindrique, l'espace libre laissé entre elles a une section essentiellement annulaire, puisqu'elle est délimitée par deux surfaces pratiquement circulaires de rayons différents.

Comme indiqué précédemment, dans ces applications, le câble est soumis à des températures et à des pressions très élevées, à des forces de compression très importantes dans le puits et à des chocs pendant l'installation, par exemple dus à des marteaux ou d'autres outils. En conséquence, il est souhaitable d'utiliser les câbles décrits dans les brevets précités et il est aussi souhaitable de réduire au minimum l'épaisseur efficace du câble et ainsi les possibilités de coincement ou de blocage du câble contre le tubage du puits pendant l'introduction ou le retrait de l'appareillage sur lequel est monté le câble.

Le brevet principal indique qu'un câble blindé destiné à des puits de pétrole peut avoir une section de forme courbe, correspondant à la courbure de la surface sur laquelle il est monté. Ceci réduit l'épaisseur efficace du câble puisque celui-ci se conforme à la configuration annulaire disponible entre la paroi du tubage et la surface cylindrique externe du tubage ou du boîtier de pompe placé au-dessous, si bien que cet espace annulaire est utilisé avantageusement. Bien que cette construction réduise la sensibilité des bords du câble à l'abrasion et aux chocs latéraux dans des conditions très sévères, les bords externes du câble et en conséquence l'isolement des conducteurs externes peuvent néanmoins recevoir des

chocs pouvant détruire les bords, et peuvent subir une dégradation due au frottement contre la paroi du tubage.

La demande de brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 484 977, déposée le 14 avril 1983 au nom de David H. Neuroth, décrit un câble électrique blindé ayant une structure dont la section a une forme courbe et qui est construit spécialement pour résister à la destruction et à la dégradation de l'isolement des conducteurs externes, sous l'action des chocs ou de l'usure des bords par abrasion. La structure présente aussi les avantages supplémentaires de résister à la dilatation par décompression de l'isolement des conducteurs, à l'attaque par des agents corrosifs et d'assurer en outre la conduction de la chaleur de l'intérieur de la structure du câble vers l'extérieur, avec dissipation de la chaleur.

Le brevet principal indique que la section courbe est obtenue pendant la fabrication du câble par passage de la structure du câble qui est initialement totalement plate entre des galets coopérants de mise en forme qui plient le blindage et les éléments internes du câble, y compris les conducteurs et les organes résistant aux forces, afin que la section devienne courbe. Comme représenté dans ce document, la partie du côté externe du câble a un rayon de courbure plus grand et donc une plus grande circonférence en coupe transversale, que la partie du côté interne. La largeur de la surface supérieure de l'organe résistant aux forces, en face de la partie formant le côté externe de l'enveloppe 11 et sous ce côté, est supérieure à celle de la face inférieure de l'organe qui se trouve en face de la partie du côté interne de l'enveloppe 11 qui a une largeur circonférentielle plus faible, afin que la différence de largeur circonférentielle transversale entre les parties courbes opposées du câble soit compensée.

Selon cette invention, un câble courbe comporte des conducteurs isolés et des organes résistant aux forces qui leur sont adjacents. Ces organes ont des largeurs

différentes, en coupe transversale, la plus grande largeur étant adjacente à la partie la plus longue du câble afin que la couche externe d'isolement de chaque conducteur isolé soit entourée de la manière voulue.

5 L'invention concerne un câble électrique sensiblement plat ayant une forme courbe en coupe transversale, formant une enceinte protectrice complète de l'isolement des conducteurs du câble.

10 Elle concerne aussi une structure de câble électrique blindé ayant une section courbe, destinée aux applications des puits de pétrole et comprenant un organe destiné à résister aux diverses forces de rupture rencontrées dans ces applications, l'organe résistant aux forces ayant, en coupe transversale, des largeurs différentes afin qu'il forme l'enceinte voulue pour l'isolement, sur les différents conducteurs du câble.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

20 la figure 1 est une perspective partielle d'un tronçon de câble réalisé selon le brevet principal et d'une partie d'un boîtier ou d'une autre structure de forme générale cylindrique, à laquelle le câble est fixé, l'extrémité du câble étant représentée avec son enveloppe protectrice externe retirée;

25 la figure 2 est une coupe transversale du câble, suivant la ligne 2-2 de la figure 1, la structure placée au-dessous et représentée sur la figure 1 étant supprimée ;

30 la figure 3 est une vue de bout d'un organe résistant aux forces, entourant partiellement l'isolement des conducteurs individuels du câble ;

la figure 4 est une coupe transversale d'un autre mode de réalisation d'organe résistant aux forces réalisé selon l'invention, destiné à constituer une enceinte sur 180° autour d'un isolement de conducteur ;

35 la figure 5 est une coupe transversale d'un autre mode de réalisation d'organe résistant aux forces réalisé selon l'invention, destiné à entourer l'isolement

d'un conducteur sur 180° ;

la figure 6 est une élévation latérale d'un court tronçon d'organe du type représenté sur les figures 4 et 5 ; et

5 la figure 7 est une coupe transversale d'un câble courbe comprenant des paires d'organes coopérants résistant aux forces, destinés à entourer complètement l'isolement de tous les conducteurs du câble.

La figure 1 représente un premier mode de réalisation d'un câble 10 réalisé selon le brevet principal et convenant particulièrement bien aux applications dans les puits de pétrole. Dans ces applications, le câble doit pouvoir être introduit et retiré axialement dans un espace libre formé entre la paroi circulaire interne du tubage du puits et la surface externe de la colonne de production du puits, un boîtier de pompe électrique immergée ou une autre structure à laquelle le câble est fixé. Comme ces structures ont le plus souvent des surfaces courbes ou plus précisément des surfaces cylindriques, l'espace laissé libre est essentiellement de section annulaire car il est délimité par deux surfaces cylindriques pratiquement concentriques et de diamètres différents.

Comme indiqué précédemment, dans ces applications, le câble est soumis à des pressions et des températures très élevées, ainsi qu'à des forces de compression très sévères dans le puits et à des chocs pendant le montage, par exemple dus à des marteaux ou d'autres outils.

Le câble 10 comporte une enveloppe protectrice métallique 11 qui entoure et enferme plusieurs fils métalliques ou conducteurs distants 12, 13 et 14 qui sont isolés individuellement. Les conducteurs sont disposés de manière que leurs axes centraux se trouvent sur une surface courbe parallèle à la surface cylindrique de la structure 30 placée sous le câble afin que le câble ait une section de configuration légèrement courbe, nécessaire à la mise en place dans l'espace annulaire délimité entre le tubage du puits et la structure 30 sur laquelle le câble est lié.

Sur la figure 1, une partie seulement de la structure 30 est représentée, mais il faut noter que, dans son ensemble, la structure peut être le boîtier extérieur d'une pompe de puits de pétrole ou le moteur électrique d'entraînement
5 de la pompe, une colonne cylindrique de production d'un puits de pétrole allant de la pompe à la surface, ou toute autre structure ayant une surface sensiblement cylindrique sur laquelle le câble doit être monté.

La gaine ou enveloppe 11 est par exemple formée
10 d'un feuillard d'acier 11 ayant, en coupe, une forme en Z qui est enroulé autour des conducteurs 12, 13 et 14, sous forme hélicoïdale avec recouvrement des spires afin que l'ensemble forme une gaine blindée et imbriquée. Les conducteurs juxtaposés ont une longueur considérable, de la
15 dimension nécessaire, et il faut noter que seul un très court tronçon du câble est représenté sur la figure 1. Les conducteurs 12, 13 et 14 sont recouverts chacun d'une ou plusieurs couches d'isolement électrique, deux couches étant représentées, comme indiqué par les références numériques
20 15, 16 et 17 pour les différents conducteurs.

Il faut noter que l'isolement utilisé dans ces conducteurs a une fonction plus élaborée que celle d'une ou plusieurs couches d'une matière formant une barrière chimique et/ou un isolant électrique. Normalement, dans les
25 conditions régnant dans un puits de pétrole, un câble de pompe comprend un isolement qui est un ensemble de couches de matériaux isolés de différents types, donnant les propriétés diélectriques voulues ainsi que la résistance voulue aux diverses réactions chimiques subies, avec une
30 activité accélérée dans ces conditions de température et pression élevées, ces matériaux isolants pouvant être retenus par des tresses et/ou des rubans d'un métal ou d'une autre matière convenable ou pouvant être protégés mécaniquement d'une autre manière par de telles tresses et/ou
35 rubans. Cependant, le système de recouvrement mécanique et isolant ne fait pas lui-même partie de la présente invention, il est classique et on ne le décrit donc pas plus en détail dans le présent mémoire.

Les conducteurs isolés sont séparés les uns des autres latéralement d'une manière suffisante pour qu'il reste entre eux un espace qui loge latéralement un organe 20 destiné à résister aux forces. Chacun des organes 20 est aussi allongé et est placé parallèlement aux conducteurs. Les organes 20 sont formés d'un matériau dont la section est pratiquement rigide et qui est choisi afin qu'il possède de bonnes propriétés de conductibilité thermique, c'est-à-dire une conductibilité thermique au moins supérieure à celle de l'isolement des conducteurs. Des compositions à base de carbone, chargées de fibres, conviennent à cet effet et possèdent aussi une bonne résistance à la compression. Les métaux tels que l'acier ou l'aluminium conviennent aussi à cet effet, de même que les matières polymères durcissables ayant une charge métallique. Bien qu'elles soient moins rigides que les métaux, les matières thermoplastiques extrudées telles que le "Nylon" et le polypropylène, conviennent très bien aux applications dont les conditions sont moins sévères.

Bien que le câble représenté sur le dessin possède trois conducteurs, il est évident qu'il peut en comprendre un nombre différent, et que le nombre d'organes 20 capables d'encaisser les forces est habituellement inférieur d'une unité au nombre de conducteurs.

Etant donné que l'organe 20 est très rigide et résiste bien à la compression dans la direction des forces de compression appliquées en directions sensiblement perpendiculaires au plan principal du câble 10, une plus grande souplesse peut être nécessaire afin que le câble puisse suivre des coudes de grand rayon, comme cela peut être nécessaire lors du montage à un emplacement d'utilisation.

Cette plus grande souplesse est obtenue par exemple, lorsque cela est nécessaire, par plusieurs fentes distantes longitudinalement 22 dirigées vers l'intérieur ou vers le bas comme représenté sur la figure à partir de la face supérieure 26 de chaque organe 20 et se terminant à peu près à mi-chemin ou plus dans cet organe 20. Les

fentes 22 ont un espacement pratiquement uniforme en direction longitudinale par rapport à l'organe 20. Des fentes 23, dirigées vers l'intérieur et vers le haut dans le corps de l'organe 20 à partir de sa face inférieure 27 sont espacées longitudinalement entre les fentes 22. Les fentes 23 sont aussi espacées de manière sensiblement uniforme en direction longitudinale et se trouvent à peu près à mi-chemin entre les fentes 22. Ainsi, les fentes 22, 23 sont dirigées vers l'intérieur en alternance à partir des faces supérieure et inférieure 26 et 27 respectivement et elles donnent une grande souplesse à l'organe 20. Lors du montage dans le câble, la structure obtenue a un aspect analogue à celui qui est indiqué sur la figure 1.

Comme peuvent le noter les hommes du métier, les organes 20 peuvent être formés par extrusion, moulage ou par d'autres procédés, puis par découpe lorsqu'une grande souplesse est nécessaire afin que les fentes soient formées notamment lorsque les organes sont extrudés. Chaque organe 20 a des surfaces supérieure et inférieure qui sont sensiblement plates si bien qu'elles prennent une forme correspondant aux parties latérales interne et externe et sensiblement parallèles 24A et 24B, c'est-à-dire des parties supérieure et inférieure de la gaine 11, et les bords longitudinaux des organes 20 peuvent avoir une forme semi-circulaire afin qu'elle corresponde plus étroitement aux configurations des surfaces périphériques en regard de l'isolement des conducteurs isolés adjacents. Les quatre coins 28 des organes 20 sont légèrement arrondis, par exemple par formation d'un chanfrein, afin que les coins 28 ne se cassent pas lorsque le câble est plié avec une configuration légèrement courbe en coupe. Les forces d'écrasement exercées sur l'extérieur du câble rencontrent les organes 20 et la détérioration du câble par ces forces est ainsi évitée ou au moins réduite au minimum.

Dans une variante, la partie intérieure des éléments de l'enveloppe du câble peut avoir l'une quelconque des formes décrites dans les brevets précités des Etats-Unis

d'Amérique n° 4 453 035, 4 453 036 et 4 454 377.

5 Le câble 10, lorsqu'il doit être mis à la forme voulue légèrement courbe, est formé initialement à plat puis étiré dans des filières de mise en forme de courbure convenable qui provoquent un pliage de la gaine de blindage en direction transversale, avec une courbure qui est pratiquement égale à celle de la structure contre laquelle le câble doit être monté. Comme le blindage est formé d'un métal, la gaine garde la forme courbe voulue lorsqu'elle a
10 quitté les filières.

Le rayon R de l'arc de cercle interne délimitant la surface interne de la partie latérale 24A du blindage 11 est par exemple égal sensiblement à la distance radiale comprise entre l'axe central et la partie de surface
15 cylindrique externe de la surface sous-jacente 30 de support. Le rayon R' de la partie latérale externe 24B est par exemple égal au rayon R de la partie latérale interne 24A augmenté de l'épaisseur radiale T du câble. Cette dimension T est déterminée par le diamètre externe des
20 conducteurs isolés augmenté de l'épaisseur radiale totale des deux parties latérales 24A et 24B. Le rayon R' doit être inférieur au rayon de la paroi interne du tubage du puits de pétrole afin que le câble puisse être placé sans obstacle dans le trou formé alors qu'il est fixé à la
25 structure de support 30. Dans ce cas, la dimension T du câble doit être inférieure à la dimension radiale de l'espace annulaire compris entre la structure de support et la paroi interne du tubage.

Comme la section du câble 10 a une forme courbe,
30 la distance comprise entre la partie latérale externe 24B du câble 10 et la surface cylindrique sous-jacente de support reste pratiquement constante. Si le câble avait une section parfaitement plate, il serait tangent à une surface cylindrique de support si bien que ses bords
35 s'écarteraient plus dans l'espace annulaire disponible. En conséquence, les bords risqueraient d'être en butée contre la surface interne en regard du tubage ou de s'accrocher à cette surface.

L'aptitude du câble selon l'invention a correspondre étroitement à la forme de la surface de support est une caractéristique particulièrement importante lorsque le câble est utilisé pour l'alimentation en courant électrique des pompes centrifuges directement entraînées par des moteurs électriques ayant des bornes électriques auxquelles les conducteurs du câble sont raccordés. Dans cette application, les tolérances permises latéralement entre le boîtier de la pompe et le tubage du puits, en direction radiale, sont souvent minimales car, pour des raisons de rentabilité, il est avantageux que le diamètre de la pompe soit aussi grand que possible. Le câble donne donc à l'utilisateur l'avantage de lui permettre l'emploi d'une pompe immergée plus grande et de meilleur rendement.

En outre, comme la tuyauterie à laquelle le câble doit être fixé est en général cylindrique et comme le câble courbe a la même courbure que la tuyauterie, il a tendance à s'aligner automatiquement contre la surface de la tuyauterie, son axe longitudinal étant parallèle à celui de la tuyauterie. Cette caractéristique d'alignement axial automatique facilite le sanglage du câble sur la tuyauterie placée au-dessous lorsque celle-ci est introduite dans le sondage car le câble a tendance à prendre une orientation axiale constante et donc à prendre le même emplacement par rapport à la tuyauterie lorsqu'il est déroulé.

Pour les raisons décrites en détail dans la suite en référence aux modes de réalisation des figures 4 et 5, la face supérieure 26 de l'organe 20, dans le câble courbé représenté sur la figure 2, est de préférence légèrement plus large que la face inférieure 27.

La figure 4 représente un autre mode de réalisation d'organe 200 résistant aux forces qui est destiné à entourer totalement la moitié de la circonférence de l'isolement ou 180° sur un conducteur adjacent lorsque le câble a une section courbe. L'organe 200 qui résiste

aux forces a initialement des surfaces supérieure et inférieure 233 et 234 qui sont sensiblement plates et parallèles, avec un axe vertical de symétrie X-X perpendiculaire à ces surfaces et passant par l'axe longitudinal de l'organe 200, cet axe étant aussi sensiblement perpendiculaire aux parties latérales du câble. La distance latérale entre l'axe X-X et chaque bord supérieur 280 est supérieure à la distance correspondante comprise entre le bord inférieur correspondant 281 et l'axe X-X, d'une distance D.

Une paire de surfaces concaves 290 de section semi-circulaire, ayant un rayon légèrement supérieur au rayon maximal de la couche externe de l'isolement du conducteur entouré par la surface 290, sont formées entre les bords 280 et 281. En conséquence, lorsque l'organe 200 est placé contre le conducteur adjacent, la surface 290 recouvre la moitié de la surface circonférentielle de cette couche d'isolement. L'organe 200 est fendu en 220 et 230 afin que sa flexibilité soit accrue dans un pliage de grand rayon, en direction parallèle à l'axe X-X.

L'organe 200 qui a pratiquement la forme d'une poutre en I, a donc, sur le côté gauche, une première et une seconde branche dépassant latéralement délimitées respectivement entre la surface 233, le bord 280 et la surface 290 et entre la surface 234, le bord 281 et la surface 290, la partie centrale de l'organe entre les surfaces 290, 290 formant un troisième bras le long de l'axe de symétrie. Du côté droit, cet organe a un quatrième et un cinquième bras qui dépassent latéralement et qui sont ainsi délimités par ces bords et surfaces.

Comme l'indiquent les figures 5 et 7, chacune des moitiés externes de l'isolement des deux conducteurs externes 12 et 14 est aussi protégée par un organe 310 ayant une section sensiblement en U. Les bords libres 380 et 381 de l'organe 310 sont initialement plats et ils peuvent être en butée contre les bords 280 et 281 respectivement de l'organe 200 si bien que les moitiés

externes de l'isolement sont entièrement entourées par les deux organes juxtaposés 200 et 310. Cet organe a de manière analogue un premier, un second et un troisième bras.

5 L'organe 310 est essentiellement la moitié d'une coupe de l'organe 200 par un plan vertical, les coins 382 étant arrondis afin qu'ils assurent une robuste protection des bords du câble. Les surfaces supérieure et inférieure 383 et 384 respectivement sont initialement plates et la face supérieure 383 a aussi une largeur supérieure à celle de la face inférieure 384, de la distance D. La surface interne 390, entre les bords 380 et 381, a aussi une section semi-circulaire et a le même rayon que la surface 290 de l'organe 200 qui est placée en regard. Les organes 310 ont aussi des fentes transversales telles que 320 et 330 afin que leur flexibilité soit accrue en cas de courbure de grand rayon dans le plan vertical.

20 Une structure protectrice composite enveloppée d'un feuillard d'acier 11 assurant la protection à l'abrasion est représentée sur la figure 7. La surface circonferentielle entière de la couche externe d'isolement de chaque conducteur 12, 13 et 14 est entièrement entourée par les organes 200 et 310 qui sont en butée.

25 Comme les organes en U 310 sont placés le long de chaque conducteur externe 12 et 14 entre ce conducteur et le bord adjacent du câble, le troisième bras sensiblement plat 360 de ces organes délimite le bord externe plat de la structure protectrice du câble, entouré par une enveloppe 11. Celle-ci suit étroitement la section sensiblement rectangulaire de la structure protectrice afin que la section du câble soit minimale. Pendant l'opération de mise en forme du câble, le feuillard qui constitue l'enveloppe 11 est étroitement entouré autour des organes 310 et les parties du feuillard qui se trouve en face des côtés du câble sont rapprochées des faces supérieure et inférieure des organes 200 et 310 lorsque le câble est

mis sous forme courbe. La section courbe voulue peut être obtenue par passage d'une structure parfaitement plate en direction longitudinale entre des galets coopérants de mise en forme ayant la courbure convenable.

5 Comme l'indiquent les figures 2 et 7, la dimension circonférentielle transversale relativement longue de la partie externe de l'enveloppe 11, à la suite de l'opération de courbure, donne une partie externe d'enveloppe 11 légèrement plus large que la partie interne. Comme
10 indiqué en référence à la figure 4, chaque moitié symétrique de l'organe 200 résistant aux forces a une section transversale dans laquelle la moitié de la face supérieure 233 est plus large que la moitié de la face inférieure 234 de la distance D, afin que les couches externes d'isolement
15 soient totalement couvertes. Comme l'indique la figure 7, la dimension D est pratiquement égale à la plus grande longueur circonférentielle de la partie latérale externe de l'enveloppe, juste en face de la moitié de surface 233, par rapport à la longueur circonférentielle plus courte
20 de la partie latérale interne de l'enveloppe qui se trouve juste en face de la moitié correspondante de la face inférieure 234.

 Comme les organes 310 sont analogues à chaque moitié symétrique d'un organe 200, la face supérieure 383
25 de chaque organe 310 est aussi plus large que la face inférieure 384, de la distance D. Comme l'indique la figure 7, lorsque la courbure est donnée, les bords 280 et 281 d'un organe 200 sont en butée contre les bords 380 et 381 d'un organe 310 placé en regard et forment une
30 enceinte circonférentielle complète des surfaces circonférentielles externes des deux couches externes d'isolement des conducteurs 12 et 14. En outre, les bords 280 et 281 des organes adjacents 200 sont en butée et forment une
 enceinte circonférentielle complète du conducteur 13.

35 L'enveloppe 11 et les organes 310 protègent les couches d'isolement placées au-dessous contre les chocs qui peuvent provoquer une rupture des bords. Grâce

aux paires en regard de surfaces semi-circulaires 290 et 390 qui entourent complètement la couche externe d'isolement de chacun des conducteurs 12, 13 et 14, l'isolement de chaque conducteur est totalement entouré et protégé.

5 Ainsi, comme l'indique la figure 7, les deux organes 200 forment un premier et un second organe résistant aux forces ayant leurs premiers et seconds bras qui sont alors courbés et en butée, les premiers bras étant adjacents à la partie latérale supérieure de l'enveloppe 11 et
10 les seconds bras étant adjacents à la partie latérale inférieure. En outre, les deux organes 310 forment un troisième et un quatrième organe résistant aux forces, avec leurs premiers et seconds bras qui sont alors courbes, en butée contre le quatrième et le cinquième bras courbe
15 du premier et du second organe adjacent 200. Chacun des organes 200 et 310 est rigide en coupe transversale et résiste aux forces transversales de compression appliquées à l'enveloppe externe 11.

REVENDEICATIONS

1. Câble électrique, du type qui comprend :
plusieurs conducteurs allongés et isolés (12, 13,
14) ayant une couche sensiblement concentrique d'isolement
5 électrique recouvrant chacun des conducteurs, les conduc-
teurs ayant des axes longitudinaux sensiblement parallèles,
espacés latéralement les uns des autres,

une enveloppe (11) recouvrant les conducteurs,
allongée en coupe transversale et comprenant une première
10 et une seconde partie formant des bords opposés et des
première et seconde parties latérales opposées, les parties
latérales de l'enveloppe ayant une forme courbe en coupe
transversale, l'enveloppe ayant une rigidité suffisante
en coupe pour qu'elle garde une forme courbe en coupe
15 transversale selon la revendication 1 du brevet principal,
caractérisé en outre en ce qu'il comprend :

au moins un organe allongé (200, 310) résistant
aux forces, placé dans l'enveloppe (11) entre les conduc-
teurs isolés et espacés et parallèlement à ceux-ci,

20 ledit organe (200, 310) ayant un premier, un
second et un troisième bras, le troisième bras étant
placé transversalement à la partie interne de l'enveloppe,
pratiquement d'une partie latérale à l'autre, le premier
et le second bras dépassant latéralement du troisième
25 bras et étant adjacent chacun à l'une des première et
seconde parties latérales de l'enveloppe et entourant
entre eux au moins une partie de la surface circonféren-
tielle de l'isolement,

le troisième bras ayant une compressibilité en
30 coupe transversale inférieure à celle de l'isolement
du conducteur adjacent,

le premier bras étant adjacent à la partie laté-
rale de l'enveloppe de plus grande longueur circonféren-
tielle en coupe et étant plus large que le second bras
35 en coupe afin que l'isolement du conducteur soit enfermé
de la manière voulue.

2. Câble selon la revendication 1, caractérisé

en ce que les conducteurs (12, 13, 14) sont placés côte à côte, leurs axes centraux se trouvant dans la surface courbe si bien que le câble a deux côtés opposés sensiblement parallèles et courbes.

5 3. Câble selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'un au moins des organes résistant aux forces (200, 310) est un corps allongé sensiblement continu, ayant des faces supérieure et inférieure sensiblement plates (233, 234 ; 383, 384) qui sont disposées en face
10 des côtés opposés de l'enveloppe.

 4. Câble selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit organe a plusieurs fentes espacées longitudinalement (220, 230 ; 320 330) qui sont dirigées vers
15 l'intérieur en alternance à partir des surfaces supérieure et inférieure et se terminant près du plan courbe contenant les axes centraux du conducteur.

 5. Câble selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe résistant aux forces (200, 310) est rigide en coupe transversale afin qu'il résiste aux forces
20 transversales de compression exercées sur l'enveloppe, mais flexible longitudinalement afin que le câble puisse être courbé avec un grand rayon suivant son axe longitudinal.

 6. Câble selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe résistant aux forces (200, 310) est rigide en coupe transversale et résiste aux forces trans-
25 versales de compression appliquées à l'enveloppe.

 7. Câble électrique, du type qui comprend :
30 plusieurs conducteurs allongés et isolés (12, 13, 14) ayant une couche sensiblement concentrique d'isolement électrique recouvrant chacun des conducteurs, les conducteurs ayant des axes longitudinaux sensiblement parallèles, espacés latéralement les uns par rapport aux autres, et

35 une enveloppe (11) recouvrant les conducteurs, l'enveloppe étant allongée en coupe transversale et comprenant des première et seconde parties de bords opposés et des première et seconde parties latérales opposées,

les parties latérales de l'enveloppe ayant une forme courbe en coupe transversale, selon la revendication 1 du brevet principal, le câble étant en outre caractérisé en ce qu'il comprend :

5 des premier et second organes résistant aux forces (200, 310) placés dans l'enveloppe, de part et d'autre de l'un des conducteurs, lesdits organes (200, 310) ayant un premier, un second et un troisième bras, le troisième bras étant disposé transversalement à l'intérieur
10 de l'enveloppe, pratiquement de la première partie latérale à la seconde de l'enveloppe, les premier et second bras dépassant latéralement des troisièmes bras, vers le centre du câble, chacun des premier et second bras étant adjacent respectivement à la première partie latérale et à
15 la seconde partie latérale de l'enveloppe et entourant entre eux la surface de l'isolement d'un conducteur, les troisièmes bras ayant une compressibilité, en coupe transversale, inférieure à celle de l'isolement du conducteur correspondant,

20 chacun des premiers bras ayant, en coupe, une largeur supérieure à celle de chacun des seconds bras, et les premiers bras étant en contact mutuel et les seconds bras étant en contact mutuel afin que le conducteur soit totalement entouré.

25 8. Câble selon la revendication 7, caractérisé en ce que les premier et second bras ont une forme courbe en coupe correspondant sensiblement à la forme courbe de la première et de la seconde partie latérale de l'enveloppe (11).

30 9. Câble selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacun des premier et second organes (200) comporte en outre un quatrième et un cinquième bras qui dépassent latéralement du troisième bras vers les parties des bords de l'enveloppe, chacun des quatrième et cinquième
35 bras étant adjacent respectivement à la première partie latérale et à la seconde partie latérale de l'enveloppe et entourant entre eux une partie de la surface de l'iso-

lement d'un autre conducteur, chacun des quatrièmes bras ayant, en coupe, une largeur supérieure à celle du cinquième bras.

5 10. Câble selon la revendication 9, caractérisé en ce que le quatrième et le cinquième bras ont une forme courbe en coupe correspondant à la forme courbe de la première et de la seconde partie latérale de l'enveloppe (11) respectivement.

10 11. Câble selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un troisième et un quatrième organe résistant aux forces (310), chacun des troisième et quatrième organe ayant un premier, un second et un troisième bras, les troisièmes bras étant disposés transversalement à l'intérieur de l'enveloppe, pratiquement
15 de la première partie latérale à la seconde de celle-ci et étant adjacents aux première et seconde parties de bords de l'enveloppe, le premier et le second bras dépassant latéralement du troisième bras vers le centre du câble, chacun des premier et second bras étant adjacent
20 respectivement à la première partie latérale et à la seconde partie latérale de l'enveloppe et entourant entre eux une partie de la surface de l'isolement de l'autre conducteur.

25 12. Câble selon la revendication 11, caractérisé en ce que chacun des premiers bras du troisième et du quatrième organe (310) a, en coupe, une largeur supérieure à celle de chacun des seconds bras.

30 13. Câble selon la revendication 11, caractérisé en ce que chacun des premiers bras du troisième et du quatrième organe (310) est au contact du quatrième bras du premier et du second organe, et chacun des seconds bras du troisième et du quatrième organe est au contact du cinquième bras du premier et du second organe, si bien que les conducteurs sont totalement enfermés.

35 14. Câble selon la revendication 11, caractérisé en ce que chacun des premier, second, quatrième et cinquième bras a une forme courbe en coupe.

FIG. 1.

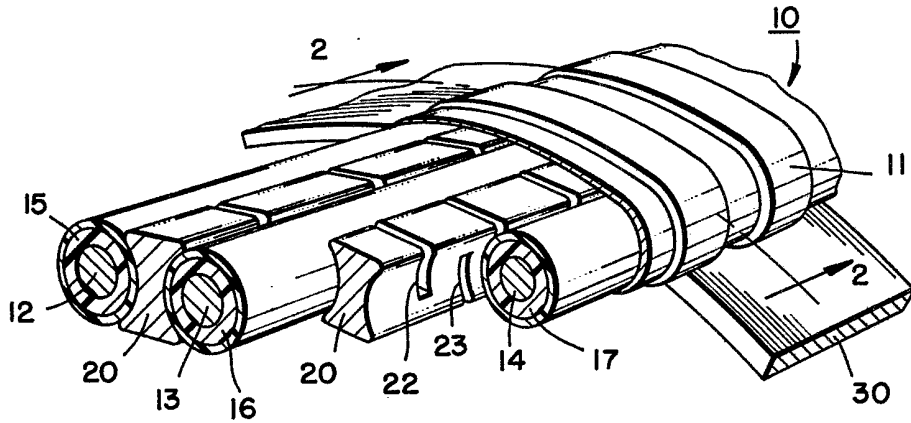


FIG. 2.

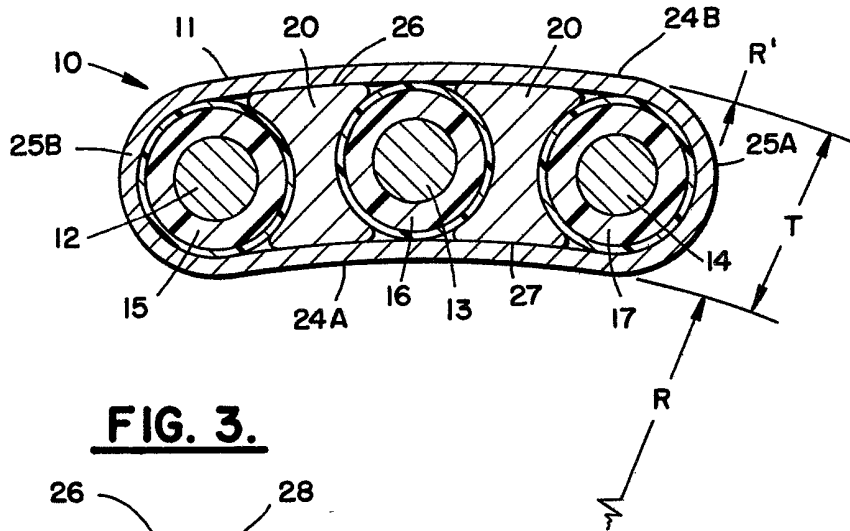


FIG. 3.

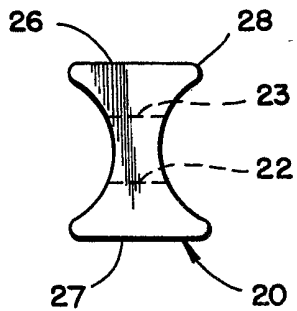


FIG. 4.

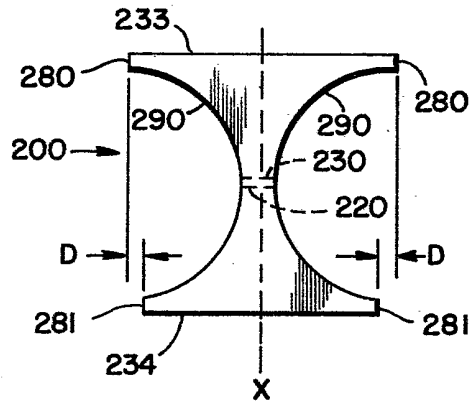


FIG. 5.

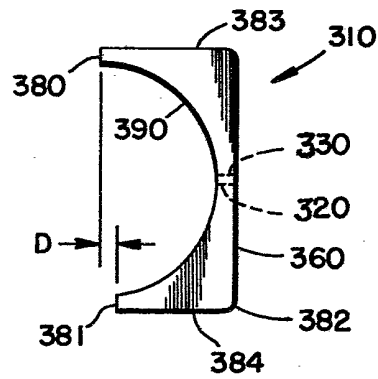


FIG. 6.

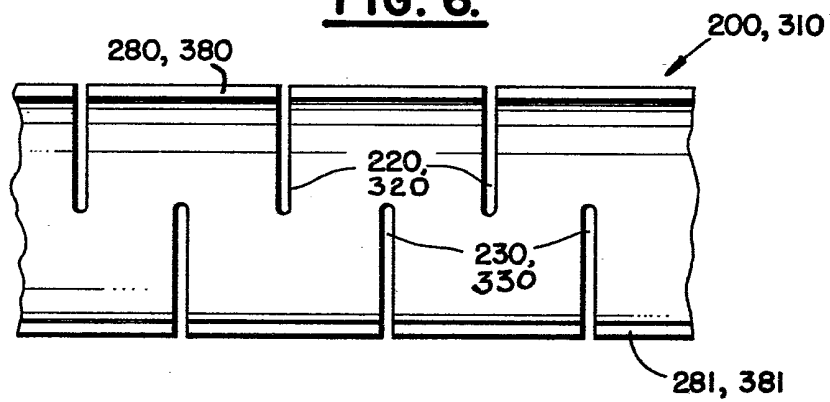


FIG. 7.

