



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
20.11.2013 Bulletin 2013/47

(51) Int Cl.:
H01B 5/10 (2006.01) *H01B 5/00 (2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **13167582.9**

(22) Date de dépôt: **14.05.2013**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME

(30) Priorité: **16.05.2012 FR 1254504**

(71) Demandeur: **Nexans**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Kebbabi, Lazhar**
69008 Lyon (FR)
• **Barbeau, Sophie**
69740 Genas (FR)

(74) Mandataire: **Peguet, Wilfried et al**
Feray Lenne Conseil
Le Centralis
63, avenue du Général Leclerc
92340 Bourg-la-Reine (FR)

(54) **Câble de transmission électrique à haute tension**

(57) La présente invention concerne un câble électrique (10) comprenant au moins un élément de renforcement central (1, 2) s'étendant le long du câble, ledit

élément de renforcement étant entouré par au moins un élément électriquement conducteur (3) s'étendant le long du câble, caractérisé en ce que ledit élément de renforcement central (1,2) est un corps tubulaire.

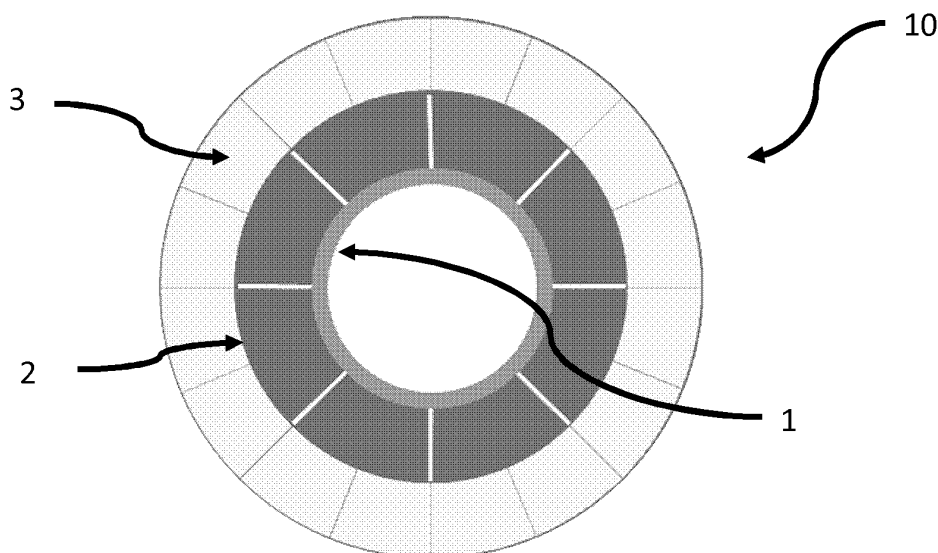


Fig.1

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un câble électrique. Elle s'applique typiquement, mais non exclusivement, aux câbles de transmission électrique à haute tension ou câbles aériens de transport d'énergie, bien connus sous l'anglicisme OHL "OverHead Lines".

[0002] Plus particulièrement, l'invention concerne un câble électrique apte à réduire l'effet couronne.

[0003] Les lignes aériennes sont traditionnellement constituées par des éléments conducteurs nus tendus sur un ensemble approprié de pylônes. Ces lignes sont classiquement destinées au transport de l'énergie électrique sous une haute tension alternative (225 à 800 kV). Chaque conducteur a donc un diamètre de quelques centimètres et peut être composé d'une couche métallique ou, plus fréquemment, de plusieurs fils métalliques assemblés. Le long du conducteur nu, il se manifeste toujours un effet appelé effet couronne. L'effet de couronne se produit en effet sur tous les conducteurs et lignes soumis à une haute tension. Dès que le champ électrique à la surface du conducteur, notamment dépendant des rayons de courbures locaux, devient localement suffisamment grand (i.e. supérieur au champ d'ionisation de l'air humide, de l'ordre de 10kV/cm ; voire supérieur au champ d'ionisation de l'air sec, de l'ordre de 30 kV/cm), l'air s'ionise et forme autour du conducteur une couronne lumineuse.

[0004] L'une des conséquences de l'effet couronne est la production de bruit. Toutefois, lorsque le conducteur est sec, le bruit est très limité et il est pratiquement négligeable en ce qui concerne la gêne qu'il engendre. Au contraire, lorsque le conducteur est mouillé, le bruit est beaucoup plus intense et ceci est une source de gêne notable et de désagréments importants pour ceux qui se trouvent ou demeurent au voisinage de ce type de conducteur. En effet, dans ces conditions, la conductibilité de l'air augmente, et de ce fait, il se produit une ionisation plus intense et plus efficace.

[0005] L'effet couronne cause également des déperditions d'énergie et peut provoquer des risques sanitaires liés aux rayonnements électromagnétiques, au bruit acoustique et aux pertes de puissance.

[0006] Afin de palier à ce problème, une solution consiste à isoler les conducteurs en les revêtant d'une couche de matière plastique isolante, afin de supprimer le contact électrique entre les parties métalliques sous tension et l'air, et en supprimant de cette façon l'effet couronne.

[0007] Dans une autre approche, il a été proposé d'augmenter le diamètre du câble. Le document DE 44 24 007 décrit un câble électrique comprenant notamment au moins une couche d'un élément conducteur destinée à conduire l'énergie du câble en configuration opérationnelle, et un élément support formé à partir de fibres de carbone. Ledit élément support entoure ladite couche de l'élément conducteur ou est positionné entre deux couches dudit élément conducteur destinées à conduire

l'énergie du câble en configuration opérationnelle. Le fait d'augmenter le diamètre du câble permet de réduire le champ électrique tangentiel et par conséquent, permet de réduire l'effet couronne. Toutefois, ce type de câble présente l'inconvénient d'être soit trop lourd, soit de ne pas réduire assez efficacement l'effet couronne. En outre, la capacité en courant est limitée.

[0008] Le but de l'invention est d'éliminer les inconvénients précités c'est-à-dire de supprimer ou, du moins, de réduire considérablement l'effet couronne, tout en augmentant la capacité en courant.

[0009] A cet effet, l'invention a pour objet un câble électrique comprenant au moins un élément de renforcement central s'étendant le long du câble, ledit élément de renforcement étant entouré par au moins un élément électriquement conducteur s'étendant le long du câble, **caractérisé en ce que** ledit élément de renforcement central est un corps tubulaire. De préférence, ledit élément de renforcement central est directement en contact physique avec ledit élément électriquement conducteur.

[0010] La Demanderesse a en effet constaté, de manière surprenante, que le câble selon l'invention permettait de par ses caractéristiques de réduire l'effet couronne, tout en augmentant la capacité en courant.

[0011] En effet, par rapport à des câbles OHL traditionnels, le câble selon l'invention présente un diamètre plus grand tout en gardant le même poids. La présence du corps tubulaire permet d'augmenter le diamètre apparent du câble, tout en augmentant de très peu le poids du câble.

[0012] Par conséquent, en configuration opérationnelle, le champ électrique superficiel est relativement bas, notamment de l'ordre de 0,5 kV/mm, permettant ainsi de réduire l'effet couronne qui apparaît à partir d'un champ électrique de 3 kV/mm.

[0013] D'autre part, étant donné que l'élément électriquement conducteur se trouve sur toute la surface externe du câble, l'échange thermique avec l'air environnant est élevé par rapport aux câbles de l'art antérieur comprenant un revêtement entourant au moins en partie un élément électriquement conducteur, ou par rapport aux câbles de l'art antérieur dont l'élément conducteur n'est pas en surface. Ainsi, le refroidissement de l'élément conducteur est plus important et de ce fait, pour un même dimensionnement, une quantité plus importante de courant peut être transmise par celui-ci.

[0014] Dans la présente invention, on entend par « central » un élément de renforcement qui est positionné le plus au centre du câble électrique, en coupe transversale. De préférence, l'élément de renforcement et le ou les éléments électriquement conducteurs sont disposés coaxialement.

[0015] Contrairement à l'élément électriquement conducteur du câble électrique, le corps tubulaire selon l'invention n'est pas destiné au transport d'énergie, et n'a pour unique fonction que de supporter le ou les éléments électriquement conducteurs, tout en renforçant le câble électrique.

[0016] On entend par « corps tubulaire » un élément en forme de tube, formant un anneau en coupe transversale, dont l'épaisseur est sensiblement constante le long du corps tubulaire.

[0017] L'intérieur de ce tube est notamment vide de tout élément. Le centre du câble électrique comporte ainsi un orifice longitudinal.

[0018] Ce corps tubulaire permet avantageusement d'améliorer les caractéristiques mécaniques en rupture du câble électrique en répartissant de manière uniforme les efforts mécaniques pouvant être provoqués notamment par la compression du ou des éléments électriquement conducteurs, lors de l'installation du câble électrique de type OHL.

[0019] En effet, pour suspendre ce type de câble électrique à un pylône électrique, des accessoires d'ancrage sont nécessaires. Ces accessoires permettent de lier mécaniquement le câble électrique à un pylône électrique sur lequel il doit être installé. De même pour relier deux longueurs de câble électrique selon l'invention, des accessoires de jonction sont utilisés. La pose de ces accessoires s'effectue par compression de ceux-ci notamment sur le ou les éléments électriquement conducteurs.

[0020] Le corps tubulaire peut présenter un diamètre intérieur (i.e. diamètre de l'orifice longitudinal) de l'ordre de 5 à 80 mm, et de préférence de 10 à 30 mm.

[0021] Selon un premier mode de réalisation, le corps tubulaire peut comprendre une couche d'un matériau métallique, ou en d'autres termes une première couche (i.e. première couche de renforcement) d'un matériau métallique.

[0022] Ce matériau métallique peut être choisi parmi l'acier, les alliages d'acier, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le cuivre, et les alliages de cuivre, ou une de leurs combinaisons.

[0023] De manière préférée, l'aluminium ou les alliages d'aluminium seront utilisés pour ladite première couche, car ils sont plus légers (notamment par rapport à l'acier).

[0024] La surface externe de la première couche peut être une surface lisse ou corruguée.

[0025] L'épaisseur de la première couche peut être d'au plus 3 mm, de préférence d'au plus 2 mm, et de façon particulièrement préférée comprise entre 0,3 et 0,8 mm.

[0026] Le poids de la première couche peut aller de 0,05 à 0,2 kg/m, et de préférence est de l'ordre de 0,1 kg/m

[0027] Selon un deuxième mode de réalisation, le corps tubulaire peut comprendre une couche d'un matériau non métallique, ou en d'autres termes une deuxième couche (i.e. deuxième couche de renforcement) d'un matériau non métallique.

[0028] Ce matériau non métallique peut être choisi parmi les fibres (de préférence des fibres continues), les nanofibres, et les nanotubes, ou un de leurs mélanges.

[0029] A titre d'exemple, les fibres (de préférence des

fibres continues) peuvent être choisies parmi les fibres de carbone, de verre, d'aramides (Kevlar), de céramiques, de titanes, de tungstène, de graphites, de bore, de poly(p-phenyl-2,6-benzobisoxazole) (Zylon), de basalte, et d'alumine, ou une de leurs combinaisons.

[0030] De préférence, les nanofibres peuvent être des nanofibres de carbonées.

[0031] De préférence, les nanotubes peuvent être des nanotubes de carbone.

[0032] Dans un mode de réalisation particulier, le matériau de la deuxième couche peut être noyé au moins partiellement dans une matrice organique. Ladite matrice organique peut être par exemple une matrice thermoplastique et/ou thermodurcissable. On préférera utiliser une matrice thermodurcissable, notamment choisie parmi les époxy, les vinyliques esters, les polyimides, les polyester, les cyanates esters, les phénoliques, les bis-maléimides, et les polyuréthanes, ou un de leurs mélanges.

[0033] L'épaisseur de ladite deuxième couche peut aller de 5 à 50 mm, et son poids peut aller de 0,05 à 0,5 kg/m.

[0034] Par ailleurs, cette deuxième couche présente de préférence une section transversale de forme trapézoïdale ou de forme en « Z ».

[0035] Selon un troisième mode de réalisation, le corps tubulaire peut comprendre ladite première couche et ladite deuxième couche.

[0036] Dans un mode de réalisation particulier de ce troisième mode de réalisation, la deuxième couche entoure avantageusement la première couche. De préférence, la première couche est directement en contact physique avec la deuxième couche.

[0037] Concernant l'élément électriquement conducteur de l'invention, il est destiné au transport d'énergie (i.e. transmission électrique à haute tension).

[0038] Il peut être de préférence métallique, notamment à base d'aluminium, à savoir soit uniquement en aluminium, soit en alliage d'aluminium tel que par exemple en alliage d'aluminium et de zirconium.

[0039] L'aluminium ou l'alliage d'aluminium a l'avantage de présenter un couple conductivité électrique/poids spécifique optimisé de façon significative, notamment par rapport au cuivre.

[0040] L'élément électriquement conducteur de l'invention peut être classiquement un assemblage de fils (ou brins) métalliques dont la section transversale peut être de forme ronde ou non, ou une combinaison des deux. Lorsqu'ils ne sont pas de forme ronde, la section transversale de ces fils peut être par exemple de forme trapézoïdale ou de forme en « Z ». Les différents types de forme sont définis dans la norme IEC 62219.

[0041] Le câble électrique selon l'invention peut présenter un diamètre apparent (i.e. diamètre extérieur) pouvant aller de 10 à 100 mm.

[0042] De préférence, le câble électrique de l'invention ne comprend pas de couche extérieure entourant le ou les élément(s) électriquement conducteur(s).

[0043] De ce fait, le ou les éléments électriquement conducteurs sont alors en contact direct avec leur environnement extérieur (e.g. l'air ambiant). Cette absence de couche extérieure autour du ou des éléments conducteurs présente l'avantage de garantir un câble électrique avec une tension de pose la plus faible possible, cette tension de pose étant proportionnelle au poids du câble électrique. En d'autres termes, l'intérêt est d'avoir un câble électrique de type OHL présentant un effort mécanique le plus faible possible, cet effort mécanique étant exercé par le câble sur les deux pylônes entre lesquels il est suspendu. Par conséquent, la portée du câble électrique entre deux pylônes électriques peut aller jusqu'à 500 m, voire même jusqu'à 2000 m.

[0044] Le câble électrique de l'invention peut être plus particulièrement un câble de transmission électrique à haute tension, notamment de type ligne aérienne (OHL) à haute tension alternative d'au moins 225kV et pouvant aller jusqu'à 800 kV. Ce type de câble est généralement tendu entre deux pylônes.

[0045] Pour une meilleure compréhension de l'invention, la description fera référence au dessin annexé et qui figure uniquement à titre illustratif et non limitatif.

[0046] Sur ce dessin, la figure 1 est une vue schématique de section transversale d'un câble convenant pour la présente invention.

[0047] Pour des raisons de clarté, seuls les éléments essentiels pour la compréhension de l'invention ont été représentés de manière schématique, et ceci sans respect de l'échelle.

[0048] Le câble électrique 10, illustré sur la figure 1, correspond à un câble de transmission électrique à haute tension du type OHL.

[0049] Ce câble 10 comprend un corps tubulaire central comprenant :

- une première couche 1 de renforcement, qui n'est pas destinée à conduire l'énergie, et
- une deuxième couche 2 de renforcement,

la première couche 1 étant entourée par la deuxième couche 2.

[0050] Ledit câble électrique 10 comprend en outre un élément électriquement conducteur 3, destiné à transporter l'énergie électrique, entourant la deuxième couche 2 de renforcement.

[0051] L'élément électriquement conducteur 3 est directement en contact physique avec la deuxième couche 2 de renforcement, la deuxième couche 2 étant elle-même directement en contact physique avec la première couche 1 de renforcement.

[0052] La première couche 1 de renforcement peut être obtenue à partir d'une bande de métal transformée en tube avec une fente longitudinale par un outil de formage. Puis, la fente longitudinale est soudée, notamment à l'aide d'un dispositif de soudage au laser ou d'un dispositif de soudage à l'arc électrique sous gaz protecteur, après mise en contact et maintien des bords de

soudure de ladite bande. Le diamètre du tube formé peut être ensuite rétreint (diminution de la section transversale du tube) par des techniques bien connues de l'homme du métier.

[0053] La deuxième couche 2 de renforcement comprend une pluralité de brins de fibre de carbone enrobés dans une matrice thermodurcissable de type époxy, de manière à former une section transversale de forme trapézoïdale.

[0054] L'élément électriquement conducteur 3 est dans cet exemple un assemblage de brins en alliage d'aluminium et de zirconium dont la section transversale de chaque brin est de forme trapézoïdale, ces brins étant torsadés entre eux. Ledit élément électriquement conducteur n'est donc aucunement étanche à l'environnement extérieur, et les brins qui le constituent s'écartent d'ailleurs sous l'effet de la chaleur du fait de la dilation thermique de l'élément conducteur.

[0055] Le câble de la figure 1 ne comporte en outre pas de gaine extérieure. L'élément électriquement conducteur 3 est ainsi laissé directement au contact de son environnement extérieur (i.e. l'air ambiant). En configuration opérationnelle du câble électrique, une fois le câble suspendu entre deux pylônes électriques, l'absence de gaine extérieure permet avantageusement d'augmenter la portée dudit câble entre deux pylônes électriques et d'obtenir un meilleur refroidissement du câble.

[0056] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec un mode de réalisation particulier, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Revendications

1. Câble électrique (10) comprenant au moins un élément de renforcement central (1, 2) s'étendant le long du câble, ledit élément de renforcement étant entouré par au moins un élément électriquement conducteur (3) s'étendant le long du câble, **caractérisé en ce que** ledit élément de renforcement central (1, 2) est un corps tubulaire comprenant une couche (2) d'un matériau non métallique.
2. Câble selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps tubulaire comprend une couche (1) d'un matériau métallique.
3. Câble selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le matériau métallique est choisi parmi l'acier, les alliages d'acier, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le cuivre, et les alliages de cuivre, ou une de leurs combinaisons.
4. Câble selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la surface externe de la couche (1) d'un ma-

tériau métallique est lisse ou corrugué.

5. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau non métallique est choisi parmi les fibres, les nanofibres, et les nanotubes, ou un de leurs mélanges. 5
6. Câble selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les fibres sont choisies parmi des fibres de carbone, de verre, d'aramides, de céramiques, de titanés, de tungstène, de graphites, de bore, de poly(p-phenyl-2,6-benzobisoxazole), de basalte, et d'alumine, ou une de leurs combinaison. 10
7. Câble selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les nanofibres sont des nanofibres de carbonées. 15
8. Câble selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les nanotubes sont des nanotubes de carbone. 20
9. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau de la couche (2) d'un matériau non métallique est noyé au moins partiellement dans une matrice organique. 25
10. Câble selon l'une quelconque des revendication 2 à 9, **caractérisé en ce que** la couche (2) d'un matériau non métallique entoure la couche (1) d'un matériau métallique. 30
11. Câble selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément électriquement conducteur (3) comprend un assemblage de brins dont la section transversale de chaque brin est de forme trapézoïdale ou de forme en « Z ». 35
12. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément électriquement conducteur (3) est à base d'aluminium. 40
13. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le câble électrique (10) ne comprend pas de couche extérieure entourant le ou les élément(s) électriquement conducteur(s) (3). 45
14. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est un câble de transmission électrique à haute tension. 50

55

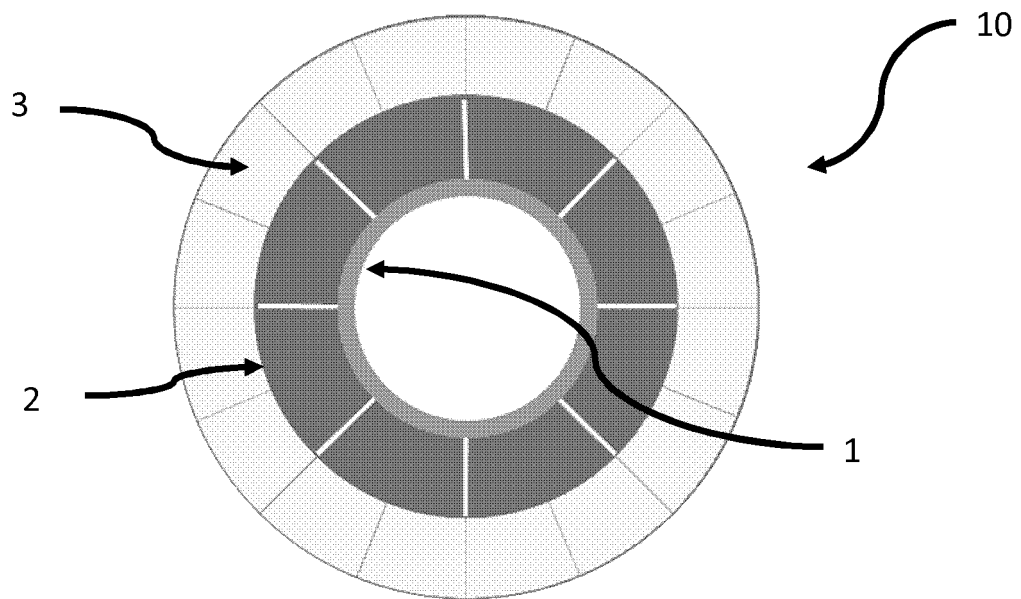


Fig.1



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 16 7582

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	FR 983 459 A (DURALUMIN) 25 juin 1951 (1951-06-25) * le document en entier *	1-14	INV. H01B5/10
X	DE 42 12 147 A1 (SIEMENS AG [DE]) 14 octobre 1993 (1993-10-14) * colonne 2, ligne 66 - colonne 4, ligne 26; figure 1 *	1-6,9, 12-14	ADD. H01B5/00
X	US 1 489 402 A (THEODORE VARNEY) 8 avril 1924 (1924-04-08) * page 1, ligne 78 - page 2, ligne 11; figures 1-2 *	1-4, 12-14	
A	EP 1 220 235 A2 (BERNDORF F A S GMBH & CO KG [AT] LUMPI BERNDORF DRAHT UND SEILW [AT]) 3 juillet 2002 (2002-07-03) * alinéa [0004] - alinéa [0006]; figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 22 août 2013	Examineur Hillmayr, Heinrich
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

 1
 EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 13 16 7582

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-08-2013

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 983459	A	25-06-1951	BE 457168 A	22-08-2013
			CH 243209 A	30-06-1946
			ES 171715 A1	16-11-1947
			FR 983459 A	25-06-1951

DE 4212147	A1	14-10-1993	AUCUN	

US 1489402	A	08-04-1924	AUCUN	

EP 1220235	A2	03-07-2002	AT 5156 U1	25-03-2002
			AT 347169 T	15-12-2006
			DE 10065716 A1	11-07-2002
			EP 1220235 A2	03-07-2002
			NO 20016320 A	01-07-2002

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- DE 4424007 [0007]