

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 929 052

21) N° d'enregistrement national : 08 51793

51) Int Cl<sup>8</sup> : H 02 G 15/34 (2006.01), H 01 R 4/64

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 20.03.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 25.09.09 Bulletin 09/39.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : NEXANS Société anonyme — FR.

72) Inventeur(s) : LALLOUET NICOLAS et DELPLACE SEBASTIEN.

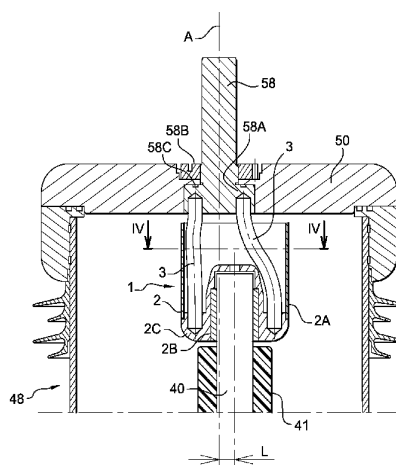
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : FERAY LENNE CONSEIL.

54) STRUCTURE DE CONNEXION ELECTRIQUE POUR ELEMENT SUPRACONDUCTEUR.

57) L'invention concerne une structure de connexion électrique pour élément supraconducteur refroidi par un fluide cryogénique et relié à une traversée électrique, qui traverse au moins une enceinte à température ambiante (48), ladite traversée comportant un conducteur central (40) dont l'extrémité supérieure est connectée au moyen d'un agencement de connexion à une pièce de connexion (58) débouchant à l'extérieur de l'enceinte à température ambiante en traversant une paroi supérieure (50) de ladite chambre.

Selon l'invention, ledit agencement de connexion (1) comprend une pièce conductrice (2) montée sur ladite extrémité supérieure du conducteur central et une pluralité d'éléments conducteurs (3) déformables et connectés à ladite pièce conductrice (2) et à ladite pièce de connexion (58), ladite pièce conductrice (2) comportant une paroi cylindrique (2A) entourant lesdits éléments conducteurs (3).



FR 2 929 052 - A1



## STRUCTURE DE CONNEXION ELECTRIQUE POUR ELEMENT SUPRACONDUCTEUR

La présente invention a pour objet une structure de connexion  
5 électrique pour élément supraconducteur, tel qu'un câble transportant du  
courant électrique sous moyenne ou haute tension. Cette structure permet de  
relier l'extrémité de l'élément supraconducteur à température cryogénique à un  
équipement à température ambiante, habituellement à l'air libre.

Du fait de la différence importante de température entre l'élément  
10 supraconducteur et l'équipement à relier audit élément, d'une part la  
température cryogénique qui peut être de l'ordre de  $-200^{\circ}\text{C}$  et d'autre part la  
température ambiante, il est nécessaire d'intercaler une structure de connexion  
entre l'élément supraconducteur et l'équipement, afin d'effectuer la transition  
de température en limitant au maximum les pertes thermiques, tout en  
15 respectant les contraintes électriques dues par exemple à la haute tension dans  
le cas d'un câble. Cette structure comporte alors une traversée électrique  
composée principalement d'un conducteur central entouré d'une gaine isolante,  
pour transporter le courant électrique du câble supraconducteur jusqu'à une  
connexion de sortie à température ambiante. Cette structure doit, sur une  
20 longueur raisonnable, effectuer la transition de température tout en s'assurant  
que les pertes par conduction thermique sont faibles, de façon à éviter  
l'ébullition du liquide cryogénique qui refroidit le câble et/ou de façon à ne pas  
augmenter les coûts de refroidissement du câble.

Une telle structure est décrite dans le document de brevet EP 1 703 610  
25 et est illustrée en coupe longitudinale sur la figure 1.

Elle comporte un câble supraconducteur 30 refroidi par un fluide  
cryogénique 31, de l'azote liquide par exemple, contenu dans un cryostat 33. La  
zone désignée par la référence 36 est à la température cryogénique, ce qui pour  
les supraconducteurs dits "haute température" est de l'ordre de  $-200^{\circ}\text{C}$ .

30 L'extrémité supérieure du câble supraconducteur est reliée par une  
connexion électrique 37 à l'extrémité inférieure 38 d'une traversée électrique

39. Cette dernière est principalement constituée d'un conducteur central 40, en alliage d'aluminium ou en cuivre, autour duquel a été moulée une gaine électriquement isolante 41, réalisée par exemple en époxy. La surface externe de la gaine isolante est recouverte d'une couche d'un matériau électriquement conducteur, par métallisation par exemple.

Les parois interne et externe du cryostat se prolongent verticalement pour former les parois latérales d'une enceinte intermédiaire 45. L'enceinte intermédiaire est remplie d'un matériau solide à faible conductivité thermique. Ce matériau est de préférence sous forme de mousse, telle qu'une mousse au polyuréthane ou une mousse de verre cellulaire. La température de la zone 47 est intermédiaire entre la température cryogénique et la température ambiante.

Au-dessus de l'enceinte intermédiaire 45, une enceinte à température ambiante 48 est fixée sur un plateau 46. La traversée électrique 39 traverse de façon étanche cette paroi supérieure 46 à l'aide d'une bride de fixation et d'étanchéité et débouche à l'extérieur de l'enceinte 48 à travers la paroi supérieure 50 de cette enceinte à température ambiante. La paroi latérale de cette dernière est constituée d'un isolant électrique 51, par exemple une résine époxy renforcée par des fibres de verre. L'enceinte 48 à température ambiante est remplie jusqu'au niveau 53 d'un liquide 54 bon isolant électrique, tel que de l'huile silicone. En plus d'assurer une bonne isolation électrique de la traversée électrique 39, le liquide 54 facilite la stabilisation thermique de l'enceinte à température ambiante. La zone 55 est ainsi à une température proche de la température ambiante.

Le conducteur central 40 est dépourvu de gaine électriquement isolante 41 à son extrémité supérieure et se raccorde à l'extérieur de l'enceinte à température ambiante 48 à une cosse de connexion 58 pour alimenter le câble supraconducteur en courant électrique sous moyenne ou haute tension ou pour alimenter un équipement à température ambiante en courant électrique sous moyenne ou haute tension en provenance du câble supraconducteur 30.

L'invention se rapporte à cette connexion de l'extrémité supérieure du conducteur central.

Ce conducteur peut avoir une longueur de plus de trois mètres, au-dessus du fluide cryogénique, et compte tenu des tolérances de diverses pièces d'assemblage, il s'avère difficile d'obtenir un alignement parfait du câble supraconducteur assurant un positionnement correct de l'extrémité supérieure de ce câble, afin que l'extrémité du conducteur vienne se positionner sur la cosse de connexion 58 disposée sur l'axe longitudinal de la structure.

Il est alors préjudiciable de forcer sur la traversée pour sa mise en place, car elle peut être endommagée.

Par ailleurs, le conducteur peut se rétracter verticalement sous l'influence de la température relativement basse à laquelle il est soumis dans la structure, en particulier dans les zones inférieures 36 et 47. Son extrémité supérieure peut donc se translater vers le bas et entraîner une déconnexion.

L'invention résout ces problèmes en proposant un agencement de connexion de l'extrémité supérieure du conducteur à la cosse de connexion qui permette un débattement de la position de cette extrémité dans les trois dimensions.

Pour ce faire l'invention propose une structure de connexion électrique pour élément supraconducteur refroidi par un fluide cryogénique et relié à une traversée électrique, qui traverse au moins une enceinte à température ambiante, ladite traversée comportant un conducteur central dont l'extrémité supérieure est connectée au moyen d'un agencement de connexion à une pièce de connexion débouchant à l'extérieur de l'enceinte à température ambiante en traversant une paroi supérieure de ladite chambre, structure caractérisée en ce ledit agencement de connexion comprend une pièce conductrice montée sur ladite extrémité supérieure du conducteur central et une pluralité d'éléments conducteurs déformables et connectés à ladite pièce conductrice et à ladite pièce de connexion, ladite pièce conductrice comportant une paroi cylindrique entourant lesdits éléments conducteurs.

Ainsi, par déformation des éléments conducteurs, il est possible de les connecter à la fois sur la pièce conductrice et sur la pièce de connexion, même

si ces deux pièces sont décentrées l'une de l'autre et/ou si le conducteur se rétracte verticalement.

Selon un mode de réalisation préféré, lesdits éléments conducteurs sont des tresses métalliques.

5 De préférence, lesdites tresses sont régulièrement réparties autour de l'axe longitudinal du conducteur.

Avantageusement, lesdites tresses sont enchâssées et soudées dans ladite pièce conductrice.

Avantageusement, lesdites tresses sont enchâssées et soudées dans ladite  
10 pièce de connexion.

Ladite pièce conductrice peut être en cuivre.

Lesdits éléments conducteurs peuvent être en cuivre.

Ladite pièce de connexion est de préférence une barre conductrice comportant une bride annulaire dans laquelle sont connectés lesdits éléments  
15 conducteurs.

L'invention est décrite ci-après à l'aide de figures ne représentant qu'un mode de réalisation préféré de l'invention.

La figure 1 déjà décrite est une vue en coupe longitudinale d'une structure supraconductrice connue.

20 La figure 2 est une vue en coupe longitudinale partielle d'une structure supraconductrice conforme à l'invention.

La figure 3 est une vue en perspective d'un agencement de connexion d'une structure supraconductrice conforme à l'invention.

La figure 4 est une vue en perspective et en coupe selon IV-IV d'un  
25 agencement de connexion d'une structure supraconductrice conforme à l'invention.

La figure 2 représente la partie haute d'une structure de connexion du type déjà décrit.

Le conducteur central 40 est donc dépourvue de gaine électriquement  
30 isolante 41 à son extrémité supérieure et se raccorde à l'extérieur de l'enceinte à température ambiante 48 à une cosse de connexion 58 traversant la paroi

supérieure 50 de cette enceinte. Ainsi est réalisée l'alimentation du câble supraconducteur en courant électrique sous moyenne ou haute tension ou l'alimentation d'un équipement à température ambiante en courant électrique sous moyenne ou haute tension en provenance du câble supraconducteur.

5 Pour réaliser la connexion du conducteur central 40 à cette cosse 58, l'extrémité supérieure du conducteur est connectée au moyen d'un agencement de connexion 1 à la cosse 58, qui est plus généralement une pièce de connexion, et qui débouche à l'extérieur de l'enceinte à température ambiante 48 en traversant la paroi supérieure 50 de la chambre, à laquelle elle est fixée par  
10 exemple par vissage 58B avec interposition d'un joint d'étanchéité 58C assurant l'étanchéité de l'enceinte vis à vis de l'environnement extérieur.

Cet agencement de connexion 1 comprend une pièce conductrice 2, de préférence en cuivre, montée sur l'extrémité supérieure du conducteur 40 avec interposition d'une bague multi contact 2B et une pluralité d'éléments  
15 conducteurs 3 déformables et connectés à la pièce conductrice 2 par leur extrémité inférieure et à la pièce de connexion 58 par leur extrémité supérieure, la pièce conductrice 2 comportant une paroi cylindrique 2A entourant les éléments conducteurs 3.

Les figures 3 et 4 représentent également en détail cet agencement de  
20 connexion.

Les éléments conducteurs 3 sont des tresses métalliques cylindriques, de préférence en cuivre et d'une section relativement importante de l'ordre de 250 mm<sup>2</sup> pour chaque tresse, et sont régulièrement réparties autour de l'axe longitudinal du conducteur. Dans l'exemple représenté, elles sont au nombre de  
25 huit. Elles sont enchâssées par leur extrémité inférieure dans la pièce conductrice 2 et par leur extrémité supérieure dans la pièce de connexion 58 et y sont soudées à l'argent. Plus précisément, la pièce de connexion 58 est une barre conductrice comportant une bride annulaire 58A dans laquelle sont enchâssées les extrémités supérieures des tresses.

30 La pièce conductrice 2 est en fait constituée de deux parties, une partie inférieure 2C de connexion au conducteur 40 et un capot formant la paroi

cylindrique 2A qui est soudé à la première pièce inférieure 2C. Ce capot 2A assure la protection des tresses 3 qui pourraient créer des problèmes de claquage en haute tension sans la présence de ce capot.

Grâce à la grande capacité de déformation des tresses 3, cet agencement de connexion 1 permet la connexion électrique du conducteur 40 et de la pièce de connexion 58, sans risque de contraintes appliquées aux deux éléments. Et ceci malgré un décentrement du conducteur 40 par rapport à l'axe longitudinal A de la structure, illustré par la distance L sur la figure 2, et/ou une rétraction verticale du conducteur 40 sous l'influence des températures relativement basses dans la partie inférieure de la structure. L'agencement conforme à l'invention assure donc une parfaite connexion, malgré un débattement dans les trois dimensions du conducteur 40.

## REVENDEICATIONS

1. Structure de connexion électrique pour élément supraconducteur (30) refroidi par un fluide cryogénique (31) et relié à une traversée électrique (39), qui traverse au moins une enceinte à température ambiante (48), ladite traversée (39) comportant un conducteur central (40) dont l'extrémité supérieure est connectée au moyen d'un agencement de connexion à une pièce de connexion (58) débouchant à l'extérieur de l'enceinte à température ambiante en traversant une paroi supérieure (50) de ladite chambre, structure caractérisée en ce ledit agencement de connexion (1) comprend une pièce conductrice (2) montée sur ladite extrémité supérieure du conducteur central et une pluralité d'éléments conducteurs (3) déformables et connectés à ladite pièce conductrice (2) et à ladite pièce de connexion (58), ladite pièce conductrice (2) comportant une paroi cylindrique (2A) entourant lesdits éléments conducteurs (3).

5

10

15
2. Structure selon la revendication précédente, caractérisée en ce que lesdits éléments conducteurs (3) sont des tresses métalliques.
3. Structure selon la revendication précédente, caractérisée en ce que lesdites tresses (3) sont régulièrement réparties autour de l'axe longitudinal du conducteur.

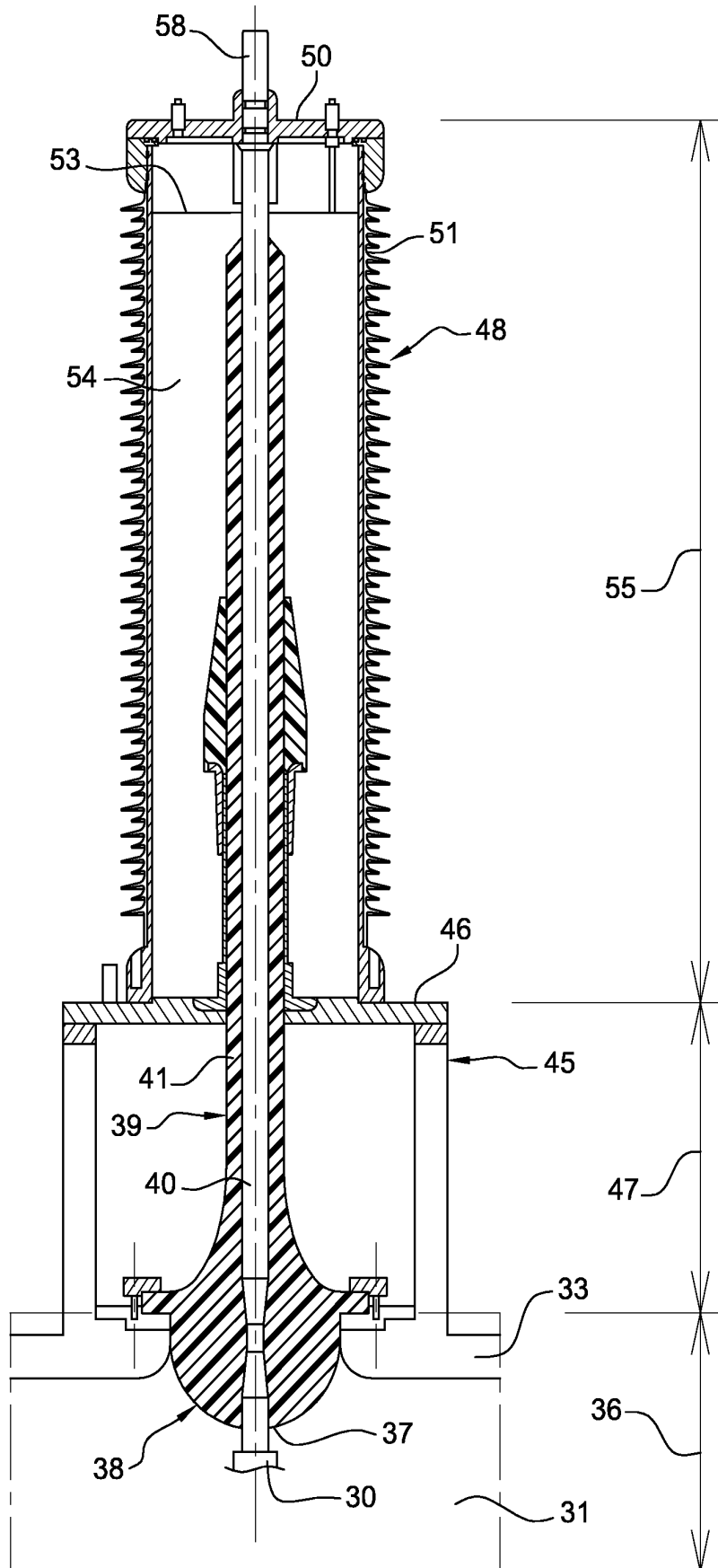
20
4. Structure selon la revendication 2 ou 3, caractérisée en ce que lesdites tresses (3) sont enchâssées et soudées dans ladite pièce conductrice (2).
5. Structure selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisée en ce que lesdites tresses (3) sont enchâssées et soudées dans ladite pièce de connexion (58).

25
6. Structure selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite pièce conductrice (2) est en cuivre.
7. Structure selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits éléments conducteurs (3) sont en cuivre.

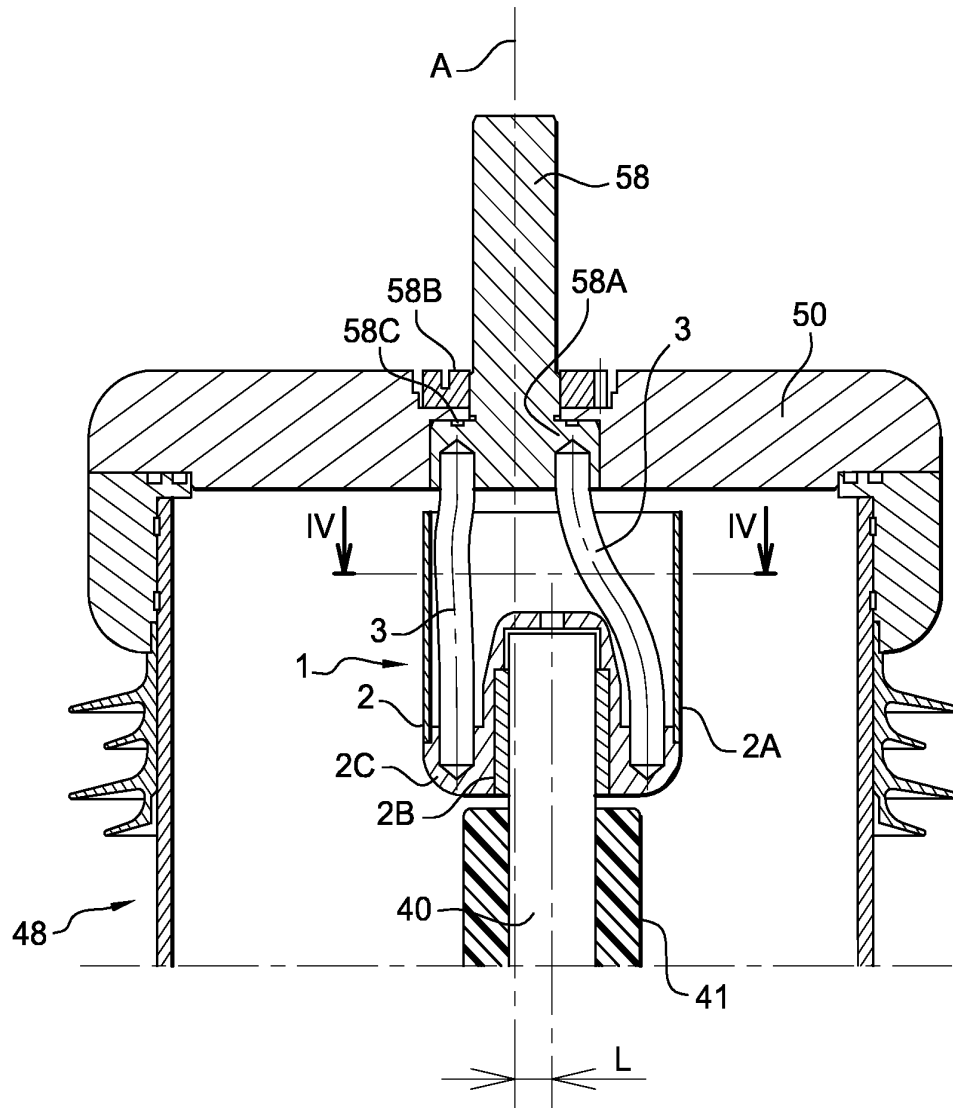
30

8. Structure selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite pièce de connexion (58) est un barre conductrice comportant une bride annulaire (58A) dans laquelle sont connectés lesdits éléments conducteurs (3).

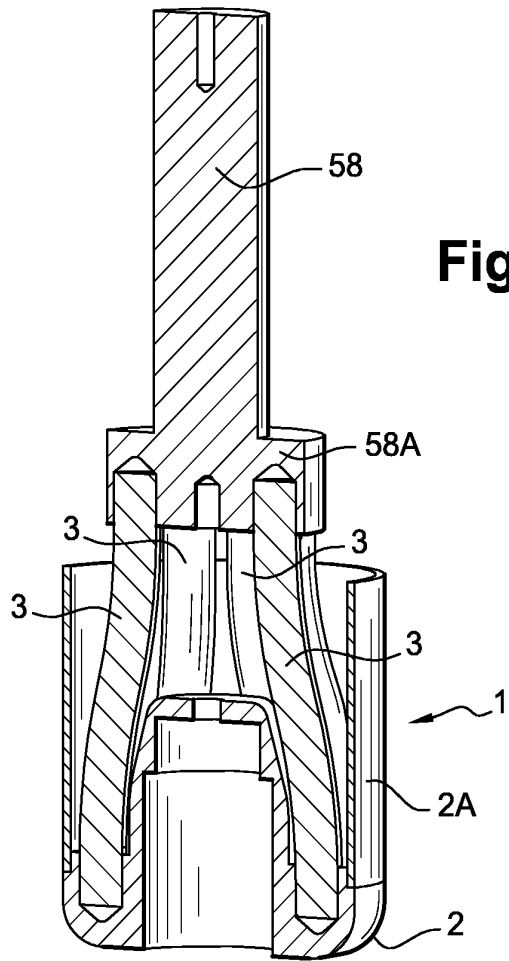
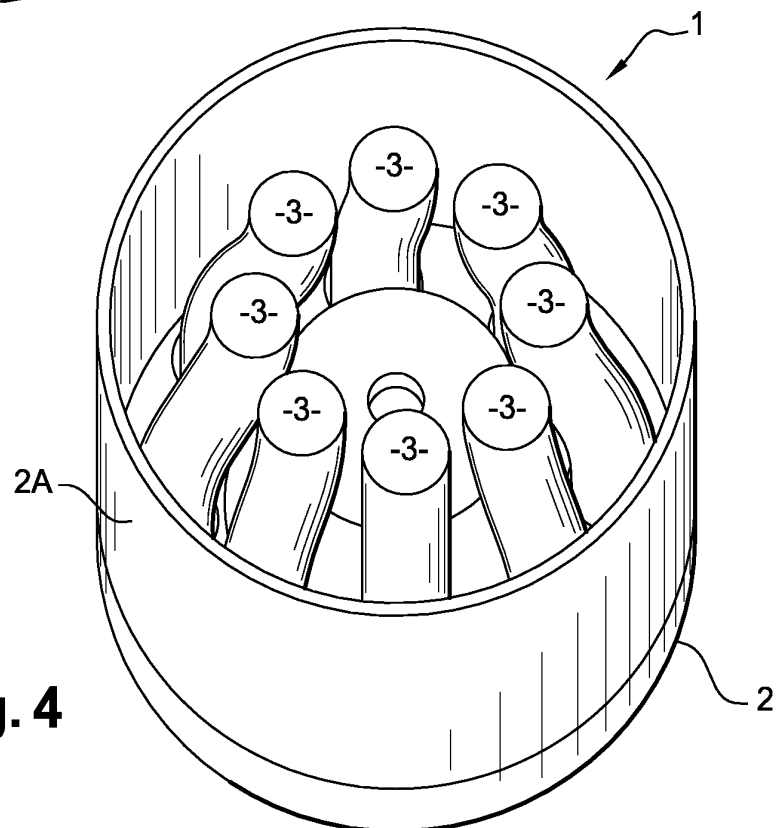
1/3



2 / 3

**Fig. 2**

3 / 3

**Fig. 3****Fig. 4**

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 704524  
FR 0851793

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,Y	EP 1 703 610 A (NEXANS [FR]) 20 septembre 2006 (2006-09-20) * le document en entier *	1-8	H02G15/34 H01R4/64
Y	WO 02/29930 A (NKT RES & INNOVATION AS [DK]; RASMUSSEN CLAUS NYGAARD [DK]; HANSEN FIN) 11 avril 2002 (2002-04-11) * page 4, ligne 6 - page 7, ligne 10; figures 1,2 *	1-8	
Y	JP 07 099111 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 11 avril 1995 (1995-04-11) * alinéas [0024] - [0027]; figure 1 *	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02G H01R H01F
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		5 novembre 2008	Hermann, Robert
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. 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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0851793 FA 704524**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 05-11-2008

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1703610	A	20-09-2006	AT 378720 T	15-11-2007
			CN 1848527 A	18-10-2006
			DE 602006000225 T2	04-09-2008
			DK 1703610 T3	17-03-2008
			ES 2296272 T3	16-04-2008
			FR 2883426 A1	22-09-2006
			JP 2006261122 A	28-09-2006
			KR 20060101398 A	22-09-2006
-----				
WO 0229930	A	11-04-2002	AU 9367801 A	15-04-2002
-----				
JP 7099111	A	11-04-1995	JP 3125532 B2	22-01-2001
-----				