

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 744 872

②1 N° d'enregistrement national : 96 01560

⑤1 Int Cl<sup>6</sup> : H 05 B 3/34, B 64 D 15/12

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 08.02.96.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 14.08.97 Bulletin 97/33.

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) : EUROCOPTER FRANCE SOCIETE ANONYME — FR.

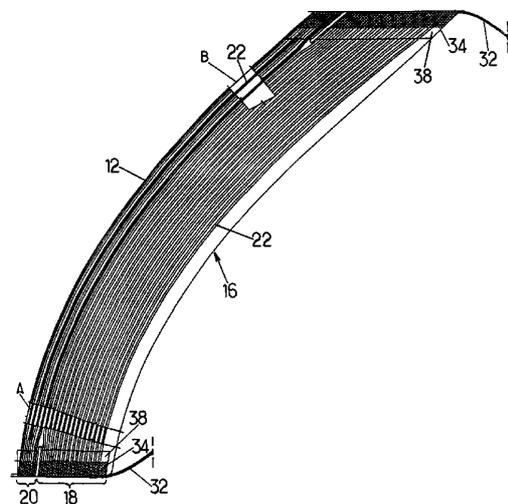
⑦2 Inventeur(s) : BOST MICHEL FERNAND et BAUCHET JEAN CYRIL PIERRE.

⑦3 Titulaire(s) : .

⑦4 Mandataire : CABINET PLASSERAUD.

⑤4 DISPOSITIF DE CHAUFFAGE D'UN PROFIL AERODYNAMIQUE.

⑤7 Le dispositif de chauffage comprend des fibres longitudinales électriquement conductrices s'étendant sensiblement parallèlement à un bord d'attaque (12) du profil aérodynamique au voisinage dudit bord d'attaque, et des moyens (32, 34) de raccordement électrique des extrémités des fibres conductrices longitudinales à une alimentation électrique. Les fibres conductrices sont regroupées en mèches conductrices (22) faisant partie d'un tissu hybride qui comporte en outre une trame de fibres électriquement isolantes tissées entre elles et avec les mèches conductrices (22).



FR 2 744 872 - A1



**DISPOSITIF DE CHAUFFAGE D'UN PROFIL AERODYNAMIQUE**

5 La présente invention concerne un dispositif de chauffage d'un profil aérodynamique. Les profils concernés sont généralement ceux dont la forme aérodynamique ne doit pas être perturbée par la formation de glace, notamment des pales d'hélicoptères (rotor principal ou rotor anti-couple), ou encore des ailes d'avion...

10 Le problème du givrage des profils est bien connu dans l'industrie aéronautique. La forme des profils aérodynamiques peut être modifiée en raison de la formation de glace résultant de ce que, en vol, le profil rencontre des gouttelettes d'eau en surfusion contenues dans l'atmosphère.

15 Ce problème est souvent traité en équipant le profil d'une structure chauffante à effet Joule. On distingue les "dégivreurs", dont les éléments résistifs dissipateurs de chaleur sont alimentés de façon intermittente pour éliminer la glace qui se forme régulièrement, et les "antigivreurs", dont les éléments résistifs sont continûment alimentés pour empêcher la formation de glace. La présente invention peut  
20 s'appliquer aux dégivreurs et aux antigivreurs.

Le plus souvent, la structure chauffante consiste en des résistances métalliques. Ces résistances métalliques  
25 posent des problèmes de tenue mécanique, particulièrement dans le cas d'un profil aérodynamique en matériau composite, de résistance aux défauts (une redondance multiple est nécessaire pour éviter que la rupture d'un filament métallique empêche l'ensemble du dispositif de fonctionner),  
30 d'hétérogénéité surfacique du chauffage, et de corrosion.

Pour limiter l'incidence de ces problèmes, il a été proposé d'utiliser un dégivreur composite dont les éléments résistifs se composent de fibres de carbone (voir brevet français 2 578 377). La structure composite du dégivreur est  
35 construite à plat : des nappes de fibres de carbone unidirectionnelles sont dévidées et intercalées entre des

tissus d'isolation et de support en fibres de verre. Les nappes de carbone et les tissus de verre sont imprégnés d'une résine thermodurcissable. Le dégivreur confectionné à plat est ensuite mis en forme dans un moule approprié où un cycle de chauffage est appliqué pour faire prendre la résine. Ce procédé convient lorsqu'il s'agit de réaliser un dégivreur dont la forme définitive n'est pas trop complexe, par exemple un dégivreur destiné à équiper la partie courante d'une aile ou pale dont le bord d'attaque est rectiligne ou approximativement rectiligne, les fibres de carbone unidirectionnelles étant alors disposées parallèlement au bord d'attaque. Mais pour un profil aérodynamique de forme complexe, on maîtrise mal la distribution spatiale des fibres de carbone unidirectionnelles qui s'établit lors de la mise en forme du dégivreur. On risque d'obtenir d'une part des accumulations de fibres conductrices sur certaines portions de la corde, d'où résulte un problème de surchauffe locale, et d'autre part d'autres portions dépourvues de fibres de carbone, d'où résulte un problème de givrage local. En particulier, si le voisinage du bord d'attaque est doublement convexe en certains endroits, on risque d'avoir des lacunes de fibres de carbone au voisinage immédiat du bord d'attaque où le besoin de chauffage est pourtant le plus important. Ce problème se rencontre notamment au niveau de l'extrémité de la partie courante d'une pale ou d'une aile.

Pour de tels profils de forme complexe, une solution serait de prévoir plusieurs couches de fibres unidirectionnelles non parallèles au bord d'attaque et croisées entre elles. Mais une telle solution a pour inconvénient de produire un chauffage hétérogène. En particulier, cette solution conduit à disposer des éléments conducteurs de longueurs apparentes différentes sur la surface du profil, ce qui provoque des variations de résistance d'un élément à un autre.

Un but de la présente invention est de proposer un dispositif de chauffage à base de fibres de carbone (ou

d'autres fibres conductrices intégrables dans une structure composite) qui soit d'une mise en oeuvre aisée et qui puisse notamment être utilisé sur des profils aérodynamiques de forme complexe.

5 L'invention propose ainsi un dispositif de chauffage d'un profil aérodynamique, comprenant des fibres longitudinales électriquement conductrices s'étendant sensiblement parallèlement à un bord d'attaque du profil aérodynamique au voisinage dudit bord d'attaque, et des moyens de raccordement  
10 électrique des extrémités des fibres conductrices longitudinales à une alimentation électrique. Les fibres conductrices sont regroupées en mèches conductrices faisant partie d'un tissu hybride qui comporte en outre une trame de fibres électriquement isolantes tissées entre elles et avec  
15 les mèches conductrices.

Les fibres isolantes du tissu hybride confèrent une cohésion aux fibres conductrices lors de la construction et la mise en forme du dispositif. Elles empêchent la dispersion des fibres conductrices longitudinales, ce qui facilite leur  
20 mise en oeuvre, et permet de les aligner parallèlement au bord d'attaque.

Le tissu hybride peut adopter des formes relativement complexes tout en assurant une distribution régulière des fibres conductrices. La trame formée par les fibres isolantes  
25 maintient les mèches conductrices en empêchant dans une large mesure leur étalement et leur contraction, tout en autorisant un certain coulisement des fibres les unes par rapport aux autres pour permettre au tissu d'épouser des formes relativement complexes.

30 On peut adapter le dispositif de chauffage selon l'invention à différentes distributions de la puissance surfacique de chauffage selon les besoins. Une possibilité est de prévoir plusieurs épaisseurs de tissu hybride sur certaines portions du voisinage du bord d'attaque. Une autre  
35 possibilité est de prévoir que certaines portions du tissu hybride présentent seulement une fraction de la densité de

mèches de fibres conductrices dans les autres portions du tissu hybride. Ceci peut être obtenu simplement par retrait local de mèches conductrices d'un tissu hybride uniforme.

5 Dans une réalisation avantageuse, le tissu hybride comporte en outre des mèches de fibres conductrices transversales tissées avec les fibres isolantes de ladite trame et avec les mèches de fibres conductrices longitudinales. Ceci procure une excellente résistance aux défauts. Dans le cas où une mèche conductrice longitudinale se rompt, les mèches transversales voisines de la rupture assurent une dérivation locale du courant, de sorte que la mèche rompue continue à conduire le courant sauf sur le petit intervalle où se trouve la rupture. Les mèches conductrices transversales limitent ainsi le déficit de chauffage, et le confinent à une zone quasi-ponctuelle au lieu d'une bande parallèle au bord d'attaque dans le cas où des mèches longitudinales seulement sont utilisées.

10 D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- les figures 1 et 2 sont des vues de dessous et de dessus d'un profil aérodynamique équipé d'un dispositif de chauffage selon l'invention ;
- 25 - les figures 3 et 4 sont des vues, respectivement, selon les directions III et IV indiquées sur les figures 1 et 2, d'un dispositif de chauffage selon l'invention ;
- la figure 5 est une vue dans le plan du bord d'attaque d'un dispositif de chauffage selon l'invention ;
- 30 - la figure 6 est une vue de dessus schématique d'un tissu hybride ;
- la figure 7 est une vue en coupe montrant la structure d'un dispositif de chauffage selon l'invention ;
- la figure 8 est un schéma d'une autre forme de réalisation de l'invention ; et
- 35 - la figure 9 est un schéma illustrant la résistance

aux défauts d'un dispositif selon la figure 8.

La figure 1 montre la face intrados et la figure 2 la face extradados d'un profil aérodynamique 10 constitué par l'extrémité distale d'une pale d'hélicoptère. A cette  
5 extrémité, le bord d'attaque 12 de la pale se recourbe vers le bord de fuite 14 selon une forme par exemple parabolique. Au niveau du profil d'extrémité 10, la surface formant le voisinage du bord d'attaque 12 présente ainsi deux courbures convexes : l'une suivant la courbure du bord d'attaque 12 et  
10 l'autre correspondant au passage de la face intrados à la face extradados (figures 1 à 4).

Le profil d'extrémité 10 est pourvu d'un dispositif de chauffage 16 ayant la forme d'un tapis composite chauffant qui enveloppe le voisinage du bord d'attaque 12, et est lui-même recouvert par une tôle de blindage non représentée. A  
15 titre d'exemple, le tapis chauffant 16 peut couvrir sur la face intrados une largeur L1 (mesurée perpendiculairement à l'envergure de la pale) correspondant à 11,5% de la corde de la pale, et sur la face extradados une largeur L2 correspondant  
20 à 5,9% de la corde. Dans l'exemple représenté sur les figures 1 et 2, le tapis chauffant 16 comporte deux régions 18, 20 agencées pour dissiper des puissances surfaciques de chauffage différentes.

La région 20, représentée par des hachures croisées, dissipe par exemple à une puissance surfacique de  $2 \text{ W/cm}^2$ . Cette région 20 s'étend sur la largeur L2 sur la face  
25 extradados, recouvre le bord d'attaque 12 et s'étend, sur la face intrados, sur une largeur L3 correspondant par exemple à 3% de la corde. La région 18, représentée par des hachures simples sur la figure 1, correspond au reste du tapis  
30 chauffant 16 sur la face intrados, et dissipe une puissance surfacique de  $1,5 \text{ W/cm}^2$  par exemple.

La figure 5 montre avec plus de détails la partie du tapis chauffant 16 s'étendant sur la face intrados du profil  
35 d'extrémité. Les éléments résistifs chauffants du tapis 16 sont des mèches de fibres de carbone longitudinales 22

s'étendant parallèlement au bord d'attaque 12. Ces mèches 22 font partie d'un tissu hybride 24 schématisé sur la figure 6. Outre les mèches conductrices 22, le tissu hybride 24 comporte des mèches de fibres isolantes longitudinales 26 et transversales 28 en fibres de verre formant une trame de support. Ces fibres 26, 28 sont tissées entre elles et avec les mèches 22 de fibres de carbone.

Dans l'exemple représenté sur la figure 5, le tapis chauffant 16 comporte une couche d'un tel tissu hybride dans la région 18, et deux couches de tissu hybride dans la région 20. On peut notamment prévoir qu'une même couche A de tissu hybride s'étende sur toute la surface du tapis chauffant 16 et qu'une seconde couche B soit superposée dans la région 20 seulement. Dans l'exemple représenté sur la figure 5, la densité de mèches conductrices dans la couche B (par exemple 1,4 mèches/cm) est la moitié de la densité de mèches conductrices dans la couche A (par exemple 2,8 mèches/cm). Ceci peut être obtenu en utilisant pour les couches A et B deux tissus hybrides différents (par exemple des tissus commercialisés sous les références respectives G834 et G845 par la société Brochier), ou à partir d'un même tissu hybride de densité 2,8 dont, pour réaliser la couche B, on aurait extrait une mèche conductrice sur deux.

Pour le raccordement des extrémités des fibres conductrices longitudinales 22 à une alimentation électrique (non représentée) de l'aéronef, on prévoit, à chaque extrémité du tissu hybride, un câble conducteur métallique 32 et un treillis métallique 34. Le câble 32 est disposé le long de l'extrémité du tissu hybride, et il fait saillie sur un bord latéral du tissu hybride comme le montre la figure 5. Le treillis métallique 34 est plié le long de l'extrémité du tissu hybride de manière à envelopper le câble conducteur 32 et à recouvrir les deux faces du tissu hybride au voisinage de l'extrémité en question. Cet agencement est visible sur la vue en coupe de la figure 7, qui montre de façon plus détaillée l'agencement des couches constituant le

tapis chauffant 16.

La figure 7 montre ainsi les deux couches A, B de tissu hybride 24 placées de part et d'autre d'une couche isolante 36 en tissu de fibres de verre. A l'extrémité du dispositif, le treillis métallique 34 replié sur les deux couches A, B de tissu hybride emprisonne le câble métallique 32 et assure un bon contact électrique. Pour améliorer encore ce contact électrique, une nappe de fibres de carbone 38 est placée de chaque côté des couches A, B et du treillis 34 au voisinage de l'extrémité du tapis 16, sur une largeur plus grande que celle du treillis 34. L'ensemble est pris en sandwich entre deux tissus isolants 40 en fibres de verre. Sur la face externe du tapis chauffant sont prévues deux couches supplémentaires 42 de tissu de fibres de verre et, entre elles, une couche d'adhésif 44.

Lors de la fabrication du tapis chauffant 16, on utilise comme matériaux des couches A, B, 36, 40, 42, des tissus préimprégnés d'une résine thermodurcissable, cette résine étant polymérisée après mise en forme du tapis chauffant.

La figure 8 est une vue schématique à plat d'un tapis chauffant 116 constituant un autre mode de réalisation de l'invention. Les références 132 et 134 désignent les moyens de raccordement électrique prévus à chaque extrémité du tissu hybride, à savoir le câble métallique 132 et le treillis métallique 134. Le tissu hybride utilisé 124 diffère de celui décrit précédemment en ce qu'il comporte en outre des mèches de fibres de carbone transversales 123 tissées avec la trame (non représentée) des fibres isolantes et avec les mèches de fibres de carbone longitudinales 122. Un exemple d'un tel tissu à fibres de carbone bidirectionnelles est le tissu commercialisé par la société Brochier sous la référence G837.

Dans le mode de réalisation de la figure 8, seules les fibres conductrices longitudinales 122 sont alimentées en courant. Au cas où un défaut D survient par rupture d'une mèche 122 de fibres de carbone longitudinales, les fibres

conductrices transversales 123 permettent au courant de contourner le défaut D comme le montre la figure 9. Le courant nominal I peut continuer à circuler dans la mèche rompue 122a, sauf au niveau de la rupture D. Autour du défaut  
5 D circule néanmoins un courant plus important (courant local  $3I/2$  dans les mèches longitudinales adjacentes 122b, 122c, et courant local  $I/2$  dans les mèches transversales adjacentes 123b, 123c). Ce mécanisme limite les conséquences des éventuelles ruptures des mèches longitudinales alimentées.

**REVENDEICATIONS**

1. Dispositif de chauffage d'un profil aérodynamique (10), comprenant des fibres longitudinales électriquement conductrices s'étendant sensiblement parallèlement à un bord d'attaque (12) du profil aérodynamique au voisinage dudit bord d'attaque, et des moyens (32,34) de raccordement électrique des extrémités des fibres conductrices longitudinales à une alimentation électrique, caractérisé en ce que les fibres conductrices sont regroupées en mèches conductrices (22) faisant partie d'un tissu hybride (24) qui comporte en outre une trame de fibres électriquement isolantes (26,28) tissées entre elles et avec les mèches conductrices (22).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il présente plusieurs épaisseurs (A,B) de tissu hybride sur une partie au moins dudit voisinage du bord d'attaque (12).

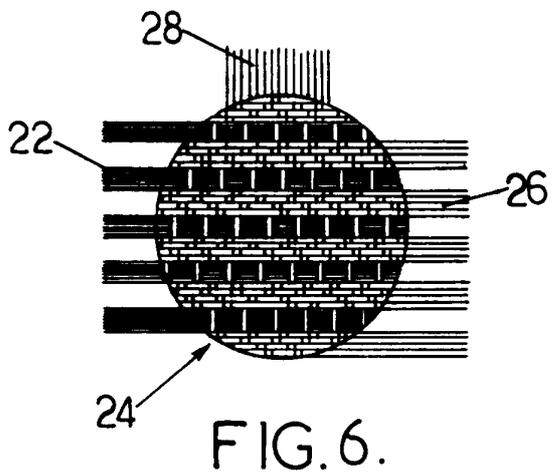
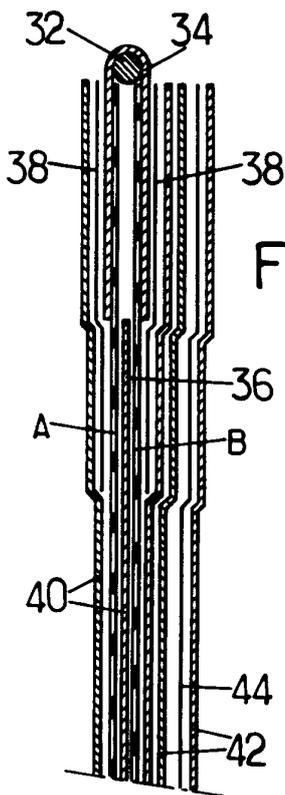
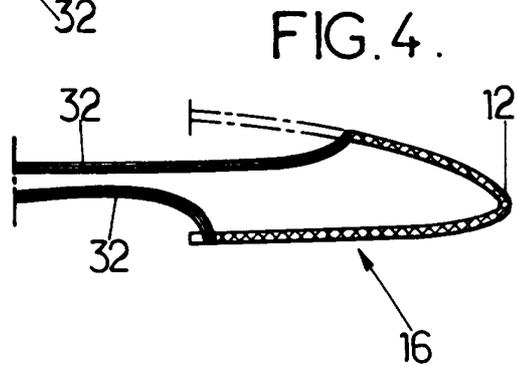
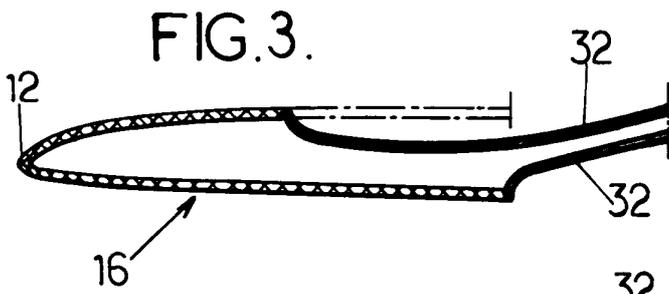
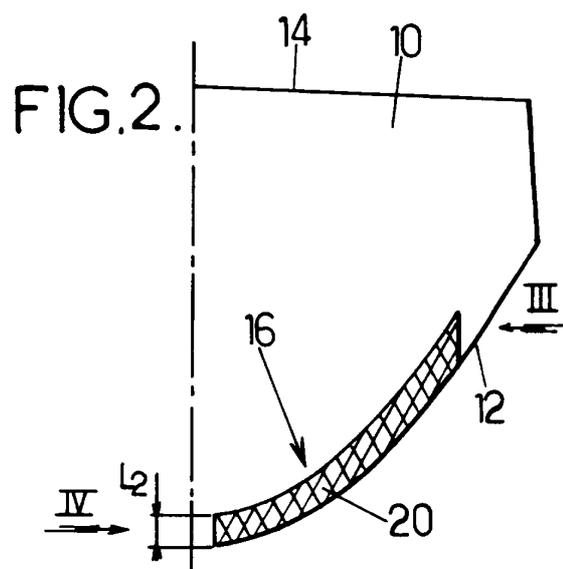
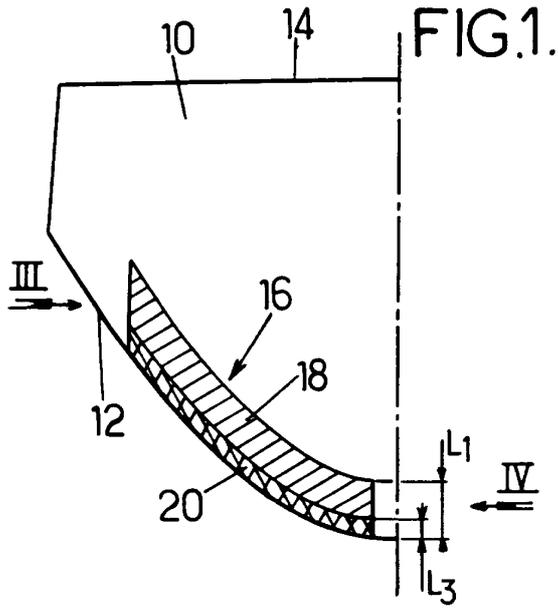
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le tissu hybride comporte une portion (B) où la densité de mèches de fibres conductrices longitudinales est une fraction de la densité de mèches de fibres conductrices longitudinales dans les autres portions (A) du tissu hybride.

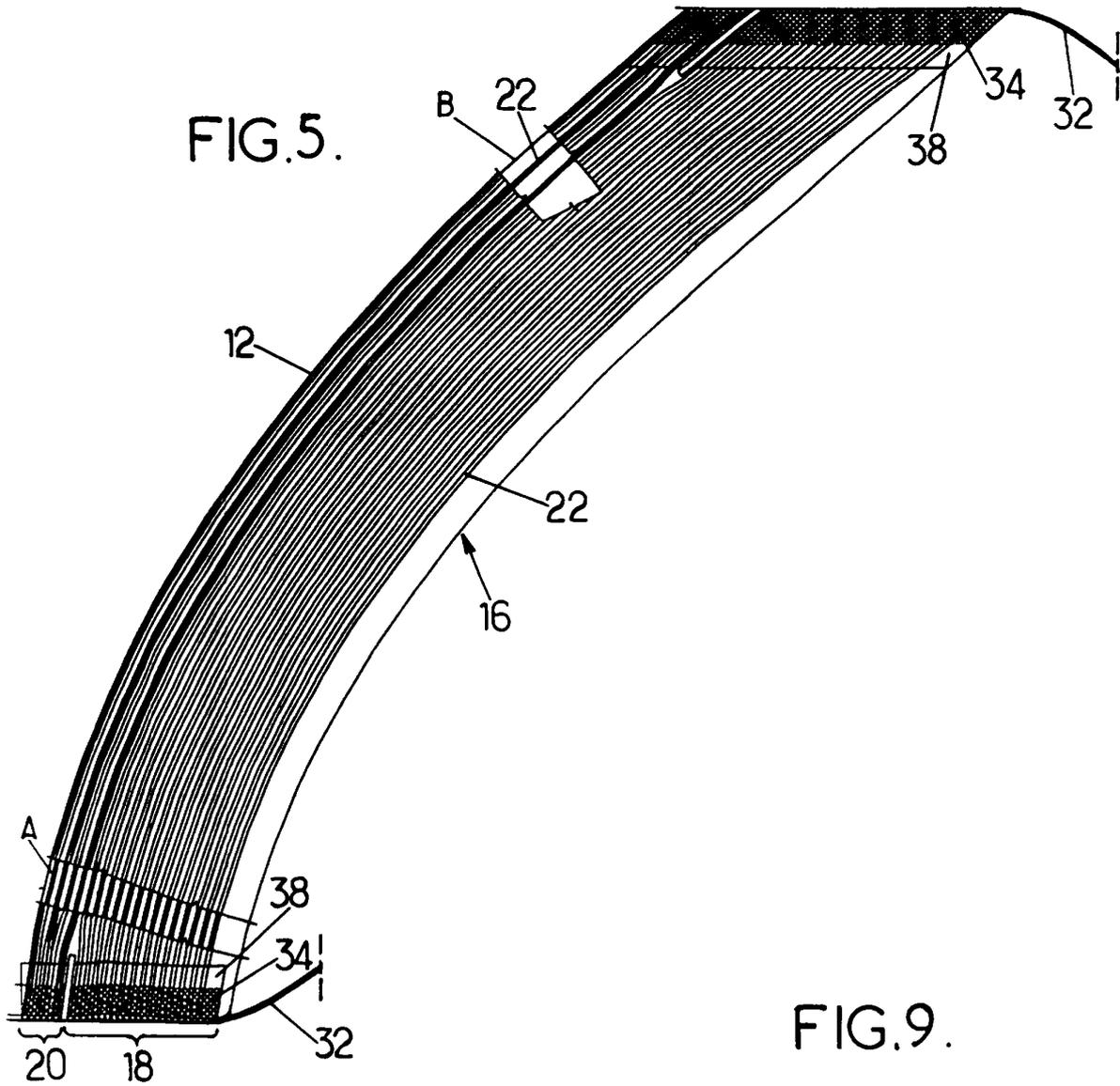
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite portion du tissu hybride où la densité de mèches de fibres conductrices longitudinales est une fraction de la densité de mèches de fibres conductrices longitudinales dans les autres portions du tissu hybride est obtenue par retrait local de mèches conductrices (22) d'un tissu hybride uniforme.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le tissu hybride comporte en outre des mèches de fibres conductrices transversales tissées avec les fibres isolantes de ladite trame et avec les mèches de fibres conductrices

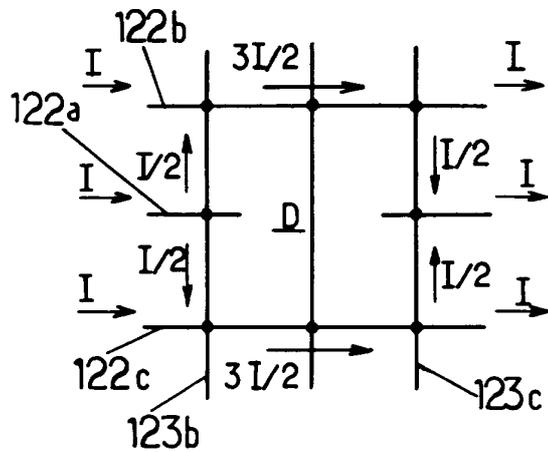
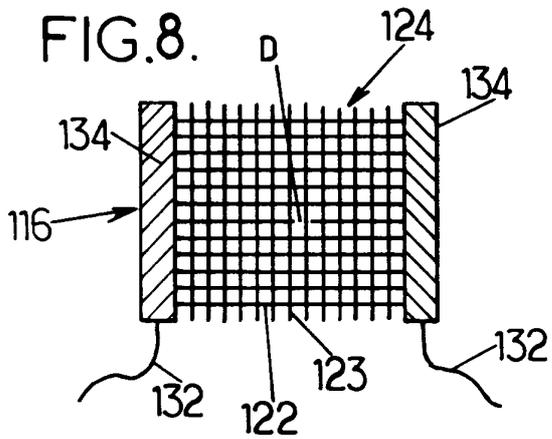
longitudinales.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les moyens de raccordement électrique comprennent, à chaque extrémité du tissu hybride, un câble conducteur métallique (32) disposé le long de ladite extrémité du tissu hybride et faisant saillie sur au moins un bord latéral du tissu hybride, et un treillis métallique (34) plié le long de ladite extrémité du tissu hybride de manière à envelopper ledit câble conducteur (32) et le tissu hybride au voisinage de ladite extrémité.





**FIG. 9.**



INSTITUT NATIONAL

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

FA 526381  
FR 9601560

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US-A-2 496 279 (SAFEWAY HEAT ELEMENTS INC.) 7 Février 1950 * le document en entier * ---	1,3
A	FR-A-2 284 521 (KLEBER COLOMBES) 9 Avril 1976 * revendication 1 * ---	1
A	US-A-4 841 124 (COX DECEASED DUNCAN B ET AL) 20 Juin 1989 ---	
A	FR-A-2 660 281 (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 4 Octobre 1991 -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL. 6)
		H05B B64D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
28 Octobre 1996		De Smet, F
<p style="text-align: center;"><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie                      A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p style="text-align: center;">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                      -----                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1  
EPO FORM 1503 03.82 (POMC13)