

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 904 604**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **06 53291**

51) Int Cl⁸ : B 64 D 29/00 (2006.01), B 64 D 33/02, C 04 B 35/80

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22) Date de dépôt : 04.08.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.02.08 Bulletin 08/06.

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) : AIRBUS FRANCE Société par actions simplifiée — FR.

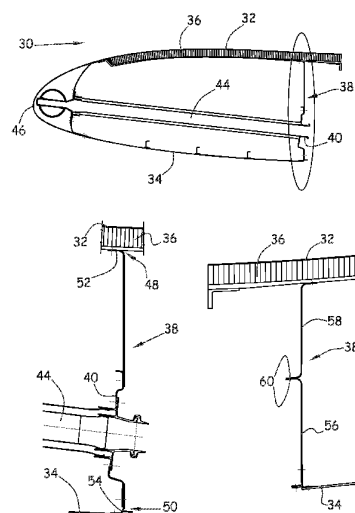
72) Inventeur(s) : PORTE ALAIN et MEDDA BRUNO.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : AQUINOV.

54) **ELEMENT DE STRUCTURE D'UN AERONEF.**

57) L'objet de l'invention est un élément d'une structure d'un aéronef caractérisé en ce qu'il est réalisé au moins en partie en un matériau composite comportant une matrice en résine géopolymérique renforcée par des fibres.



FR 2 904 604 - A1



ELEMENT DE STRUCTURE D'UN AERONEF

La présente invention se rapporte à un élément de structure d'un aéronef susceptible d'être soumis à des températures élevées.

Un aéronef comprend des éléments de structure assurant notamment la reprise ou la transmission d'efforts entre différents points de ladite structure. Ces
5 éléments permettent notamment de supporter l'enveloppe externe de l'aéronef susceptible d'être en contact avec l'air et lui confèrent une certaine rigidité.

A titre d'exemple, on a représenté sur la figure 1 un élément de structure prévu au niveau d'une entrée d'air 10 d'aéronef disposée à l'avant d'une nacelle dans laquelle est intégrée une motorisation, ledit élément de structure étant appelé
10 cadre arrière 12 et reliant la peau 14 disposée à l'intérieur de la nacelle et la peau 16 disposée à l'extérieur de la nacelle. Ce cadre arrière 10 assure la reprise des efforts de flexion, de rotation ou autre qui s'appliquent sur l'entrée d'air tels que par exemple, le poids de l'entrée d'air, les efforts induits par les écoulements aérodynamiques.

15 Compte tenu de l'importance de la part du carburant dans les coûts d'exploitation d'un aéronef, les constructeurs tendent à diminuer la masse des aéronefs afin de réduire leur consommation, notamment en utilisant des matériaux composites pour réaliser des éléments de la structure d'un aéronef.

Ces matériaux composites sont composés de fibres, notamment en carbone,
20 graphite, basalte, aramide ou verre par exemple, noyées dans une matrice en résine organique telle que par exemple une résine époxy, thermoplastique ou thermodurcissable. Les fibres peuvent se présenter sous la forme de tissus ou de nappes non tissées, selon les cas.

- Pour pouvoir être utilisées ultérieurement, ces fibres sont généralement enrobées. En effet, lors de leur élaboration, l'état de surface de ces fibres est dégradé ce qui nuit à l'adhésion des résines organiques. En outre, la manipulation des fibres à l'état brut, lors d'une opération de tissage par exemple, est délicate car des fibrilles se détachent du faisceau principal. Aussi, les fibres sèches sont traitées pour restaurer l'état de surface puis enrobées d'une résine organique favorisant l'adhésion chimique pour une imprégnation ultérieure. Cet enrobage est appelé ensimage. Les fibres commercialisées ensimées, sont lisses et prêtes à l'emploi.
- Des techniques industrielles ont été développées pour la mise en œuvre des fibres ensimées et des résines époxy. Ces techniques sont maîtrisées et permettent d'obtenir des coûts de fabrication des pièces compatibles avec ceux des pièces métalliques équivalentes.
- Par ailleurs, les pièces en matériau composite offrent des caractéristiques mécaniques au moins égales à celles des pièces métalliques et sont nettement plus légères que ces dernières.
- Cependant, l'utilisation des matériaux composites pour réaliser des parties de la structure peut s'avérer problématique dans certains cas, notamment lorsque lesdites parties sont placées dans des zones susceptibles d'être soumises à des températures élevées, par exemple supérieure à 500°C. C'est notamment le cas du cadre arrière de l'entrée d'air. Or, à de telles températures, les pièces réalisées en matériau composite à base de résine organique perdent leurs caractéristiques mécaniques et structurelles, ce qui n'est pas acceptable pour de tels éléments.
- Une première solution consiste à ne pas utiliser de matériaux composites pour réaliser ces éléments mais du titane. Même si les pièces conservent leurs caractéristiques mécaniques et structurelles à températures élevées, cette

solution ne permet pas de réduire la masse de l'aéronef et conduit à des coûts de réalisation et d'exploitation plus élevés.

Une autre solution consiste à utiliser des matériaux composites de l'art antérieur et à recouvrir les surfaces susceptibles d'être soumises à des températures élevées d'un isolant thermique, également appelé écran pare-feu. Selon l'exemple
5 illustré sur la figure 2, le cadre arrière 12 est réalisé en matériau composite et recouvert d'écrans pare-feux 20 pour protéger les faces en matériau composite susceptibles d'être soumises à des températures élevées.

Selon une première variante, l'écran pare-feu peut être composé d'une laine de
10 verre ou de roche intercalée entre deux clinquants métalliques de maintien. Selon une autre variante, l'écran pare-feu peut être constitué d'une couche de silicone.

Dans le cas du cadre arrière, ce dernier comprend également une bride 22 pour un tube 24 prévu pour le système de dégivrage de la lèvre 26 de l'entrée d'air qui
15 utilise de l'air prélevé sur le moteur à une température élevée. Pour protéger le cadre arrière en matériau composite, il est nécessaire de prévoir un isolant 28 entre la bride et ledit cadre.

Par conséquent, l'utilisation d'un matériau composite selon l'art antérieur n'est pas satisfaisante car elle complexifie la réalisation de l'élément de structure du
20 fait de l'ajout d'éléments isolants tels que des pare-feux et le gain de masse découlant de l'emploi de matériau composite est quasiment annulé par la présence des pare-feux.

Aussi, la présente invention vise à pallier aux inconvénients de l'art antérieur en proposant un élément de structure d'aéronef plus léger, susceptible de conserver
25 ses caractéristiques mécaniques et structurelles à températures élevées.

A cet effet, l'invention a pour objet un élément de structure d'aéronef caractérisé en ce qu'il est réalisé au moins en partie en un matériau composite comportant une matrice en résine géopolymérique renforcée par des fibres.

D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui va suivre de l'invention, description donnée à titre d'exemple uniquement, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 5 - la figure 1 est une coupe longitudinale d'une entrée d'air d'une nacelle d'aéronef comportant un élément de structure appelé cadre arrière selon l'art antérieur,
- la figure 2 est une coupe illustrant en détails un cadre arrière selon l'art antérieur,
- 10 - la figure 3 est une coupe longitudinale d'une entrée d'air d'une nacelle d'aéronef comportant un élément de structure appelé cadre arrière selon l'invention,
- la figure 4 est une coupe illustrant en détails un cadre arrière selon une première variante de l'invention, et
- 15 - la figure 5 est une coupe illustrant en détails un cadre arrière selon une autre variante de l'invention.

Sur la figure 3, on a représenté en 30 une entrée d'air d'une nacelle d'un aéronef. Cette entrée d'air comprend une peau 32 dite intérieure susceptible d'être en contact avec les flux aérodynamiques s'écoulant à l'intérieur de la nacelle et une
20 peau 34 dite extérieure susceptible d'être en contact avec les flux aérodynamiques s'écoulant à l'extérieur de la nacelle.

La peau intérieure 32 peut comprendre un panneau ou revêtement acoustique 36. Les peaux intérieure et extérieure ne sont pas plus détaillées car elles sont connues de l'homme du métier.

L'entrée d'air 30 comprend un élément de structure, appelé cadre arrière 38
25 reliant la peau intérieure 32 et la peau extérieure 34 et assurant la reprise des efforts de flexion, de rotation ou autre qui s'appliquent sur l'entrée d'air tels que par exemple, le poids de l'entrée d'air, les efforts induits par l'écoulement aérodynamique.

Ce cadre arrière 38 peut comprendre une ouverture au niveau de laquelle est prévue une bride 40 supportant un tube 44 prévu pour un système de dégivrage de la lèvre 46 de l'entrée d'air 30 qui utilise de l'air prélevé sur le moteur à une température élevée.

- 5 La présente invention est décrite appliquée à un cadre arrière d'une entrée d'air d'une nacelle d'un aéronef car cet élément de structure peut être soumis à des températures élevées.

Toutefois, l'invention n'est pas limitée à cette application, et pourrait s'appliquer à d'autres éléments de structure d'un aéronef.

- 10 Selon l'invention, le cadre arrière 38 est réalisé en matériau composite comportant une résine géopolymérique renforcée par des fibres.

Pour obtenir un matériau susceptible de conserver sa résistance mécanique à haute température, on utilise une résine géopolymérique de type sialate ($x\text{SiO}_2, \text{AlO}_2$), dans lequel x est compris entre ou égale à 1,75 et 50.

- 15 Avantageusement, on utilise la résine commercialisée sous la dénomination MEYEB par la société Cordi-géopolymère.

Par résine géopolymérique, on entend une résine géopolymérique ou un mélange de résines géopolymériques.

- 20 Selon les applications, les fibres peuvent avoir différentes sections et être réalisées à partir de différents matériaux, tels que par exemple en carbone, graphite, basalte, aramide ou verre.

Les fibres peuvent être sous la forme d'un tissé, d'un non tissé ou d'une nappe.

- 25 Pour pouvoir être utilisées ultérieurement, ces fibres sont généralement enrobées. En effet, lors de leur élaboration, l'état de surface de ces fibres est dégradé ce qui nuit à l'adhésion des résines organiques. En outre, la manipulation des fibres à l'état brut, lors d'une opération de tissage par exemple, est délicate car des fibrilles se détachent du faisceau principal. Aussi, les fibres sèches sont traitées pour restaurer l'état de surface puis enrobées d'une résine organique

favorisant l'adhésion chimique pour une imprégnation ultérieure. Cet enrobage est appelé ensimage. Les fibres commercialisées ensimées, sont lisses et prêtes à l'emploi. La quantité d'ensimage est relativement faible par rapport à la fibre et ne représente que de l'ordre de 1% en masse de la fibre ensimée. Par ailleurs, la
5 nature de la résine organique utilisée pour l'ensimage peut varier d'un fabricant à l'autre.

Pour favoriser l'adhérence de la matrice en résine géopolymérique avec les fibres, il est nécessaire de retirer au moins partiellement l'ensimage, les résines organiques et les résines géopolymériques n'étant pas miscibles.

10 Le retrait de l'ensimage par un traitement thermique ou chimique permet l'utilisation de tissus largement commercialisés.

Selon un mode de réalisation, le retrait de l'ensimage est réalisé grâce à un traitement thermique consistant à chauffer les fibres jusqu'à la température de dégradation thermique de la résine afin que cette dernière n'adhère plus aux
15 fibres. Avantageusement, le traitement thermique s'effectue sous atmosphère inerte.

Ce traitement permet de traiter la majorité des fibres commercialisées, moyennant un éventuel ajustement de la température et/ou du cycle de température à laquelle sont soumises les fibres ensimées. Il permet un
20 traitement relativement rapide de l'ordre de quelques minutes.

Les températures de dégradation thermique des résines utilisées pour l'ensimage étant très proches de la température d'oxydation des fibres de carbone, il convient de déterminer la température et/ou le cycle de température à laquelle les fibres sont soumises. En effet, une dégradation trop importante des fibres
25 conduirait à réduire fortement les caractéristiques du produit obtenu.

Généralement, la fin de la période de retrait de l'ensimage correspond au début de la période de dégradation des fibres.

Un bon compromis pour obtenir une adhérence satisfaisante et une dégradation limitée des fibres consiste à retirer entre 50% et 90% de l'ensimage.

Pour déterminer la température de chauffe, on réalise un essai sur un échantillon. Grâce à une analyse par thermogravimétrie (ATG) associée ou non à
5 une spectrographie de masse, il est possible d'identifier le composé utilisé pour l'ensimage et de déterminer les températures de début et de fin de retrait ainsi que la masse soustraite.

Le traitement thermique consiste alors à chauffer le produit sous atmosphère inerte en prenant soin de maintenir la température moyenne du four dans la
10 fourchette déterminée lors de l'analyse par thermogravimétrie. Un contrôle final de perte de masse permet de valider le processus.

Selon un autre mode opératoire, le retrait de l'ensimage peut être réalisé grâce à un traitement chimique, notamment en utilisant un solvant.

Au préalable, il est nécessaire d'identifier le composé utilisé pour l'ensimage afin
15 de choisir le solvant. Cette identification peut être menée par une analyse par thermogravimétrie. La méthode chimique est relativement simple à mettre en œuvre et nécessite au moins un bain de solvant comme le chlorure de méthylène par exemple. La durée du traitement est déterminée en fonction notamment du composé utilisé pour l'ensimage.

20 Pour réduire la durée du traitement, un bon compromis pour obtenir une adhérence satisfaisante et une durée de traitement limitée consiste à retirer entre 50% et 90% de l'ensimage.

Selon une autre caractéristique de l'invention, pour améliorer l'imprégnation des fibres, on réalise un apport d'eau dans la résine, de l'ordre de 3 à 7% en volume
25 pour améliorer la fluidité de ladite résine et obtenir une homogénéisation de la migration de ladite résine dans les fibres. Cet ajout d'eau vient en supplément par rapport à la quantité d'eau préconisé par le fabricant de résine.

Le cadre arrière 38 réalisé à partir d'un matériau composite à base d'une résine géopolymérique résiste aux températures élevées et conserve ses caractéristiques structurelles et mécaniques. Cette solution permet un réel gain de masse car elle ne nécessite aucun pare-feu pour protéger de la chaleur les

5 faces du cadre arrière 38, ni isolant intercalé entre la bride 40 et ledit cadre.

Selon un mode de réalisation, le cadre arrière 38 a une forme annulaire s'étendant depuis la peau intérieure 32 jusqu'à la peau extérieure 34 avec des moyens de liaison 48 à la peau intérieure et des moyens de liaison 50 à la peau extérieure. Pour permettre le passage du système de dégivrage de la lèvre 46,

10 un orifice est ménagé dans cette forme annulaire pour recevoir une bride 40.

Selon un mode de réalisation, les moyens de liaison 48 se présentent sous la forme d'au moins un bord recourbé 52 du cadre arrière 38, plaqué contre la peau intérieure et assujetti à cette dernière par tous moyens appropriés.

Selon un mode de réalisation, les moyens de liaison 50 ont une forme en T 54

15 dont la tête est assujettie par tous moyens appropriés à la peau extérieure et dont le pied est assujetti par tous moyens appropriés au cadre.

Les moyens de liaison 48 et 50 ne sont pas limités à ces modes de réalisation. D'autres solutions sont envisageables.

Selon une première variante, la forme annulaire est réalisée entièrement en

20 matériau composite à base d'une résine géopolymérique comme illustré sur la figure 4.

Selon une autre variante illustrée sur la figure 5, le cadre arrière 38 est réalisé en partie en matériau composite à base d'une résine géopolymérique et comprend deux parties concentriques, une première partie annulaire 56 en matériau

25 composite à base d'une résine géopolymérique en contact avec la peau extérieure 34 et une seconde partie annulaire 58 métallique en contact avec la peau intérieure 32, les deux parties 56 et 58 étant reliées par tous moyens appropriés, notamment des bords recourbés 60 prévus au niveau de chacune des

parties, solidarisés. Cette solution est privilégiée lorsque la nacelle comprend une soufflante de grand diamètre et que l'énergie d'une pale lors d'une rupture est importante. La partie métallique 58 du cadre arrière pourra en se déformant absorber une partie de cette énergie.

- 5 Bien entendu, l'invention n'est évidemment pas limitée au mode de réalisation représenté et décrit ci-dessus, mais en couvre au contraire toutes les variantes, et pourrait s'appliquer à d'autres éléments de structure d'un aéronef susceptibles d'être soumis à des températures élevées, dont on cherche à réduire la masse, tout en conservant des caractéristiques mécaniques et
- 10 structurelles acceptables.

REVENDEICATIONS

1. Elément d'une structure d'un aéronef caractérisé en ce qu'il est réalisé au moins en partie en un matériau composite comportant une matrice en résine géopolymérique renforcée par des fibres.

2. Elément de structure d'un aéronef selon la revendication 1, caractérisé
5 en ce qu'il est réalisé à partir d'un matériau composite à base de fibres noyées dans une résine géopolymérique de type sialate ($x\text{SiO}_2, \text{AlO}_2$), dans lequel x est compris entre ou égale à 1,75 et 50,

3. Elément de structure d'un aéronef selon la revendication 2, caractérisé en ce que les fibres ont été au moins partiellement désensimées préalablement à
10 l'imprégnation avec la résine géopolymérique.

4. Elément de structure d'un aéronef selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il est réalisé à partir d'un matériau composite comportant une matrice en résine géopolymérique commercialisée sous la dénomination MEYEB avec un apport d'eau supplémentaire de l'ordre de 3 à 7% en volume.

15 5. Cadre arrière d'une entrée d'air d'une nacelle d'un aéronef, caractérisé en ce qu'il est réalisé au moins en partie en un matériau composite comportant une matrice en résine géopolymérique renforcée par des fibres.

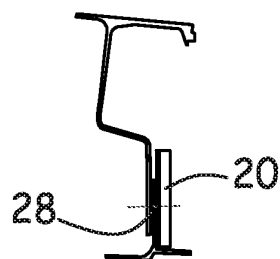
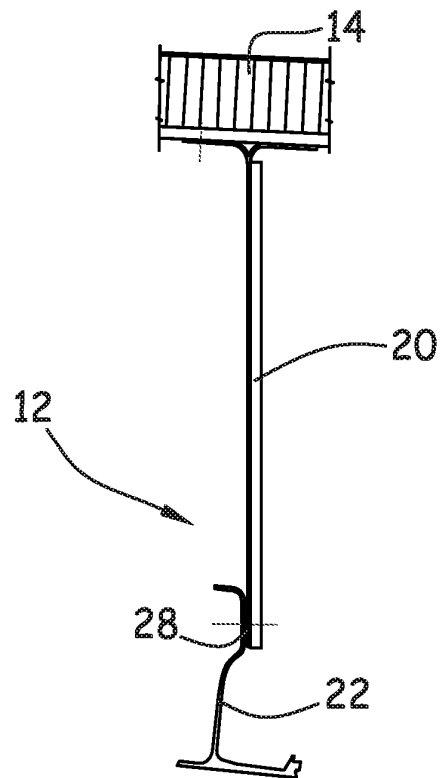
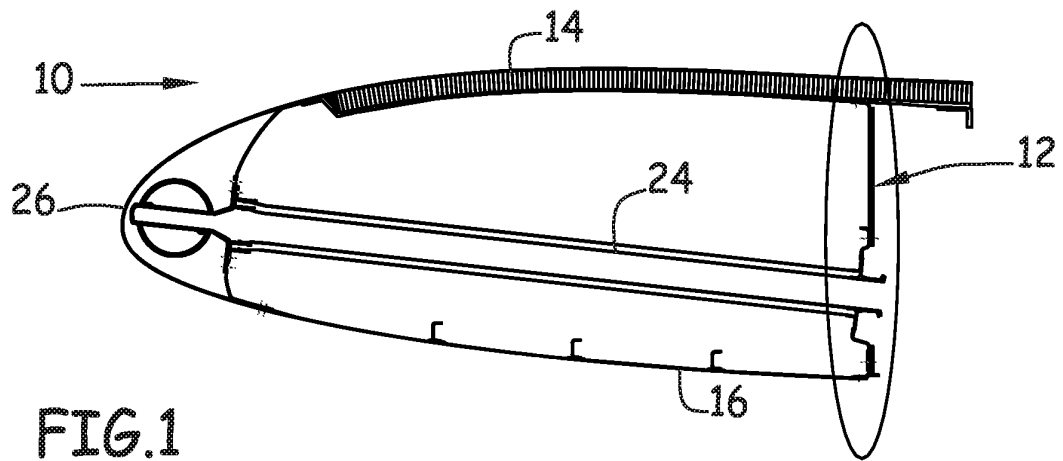
6. Cadre arrière d'une entrée d'air d'une nacelle d'un aéronef selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il est réalisé à partir d'un matériau
20 composite à base de fibres noyées dans une résine géopolymérique de type sialate ($x\text{SiO}_2, \text{AlO}_2$), dans lequel x est compris entre ou égale à 1,75 et 50,

7. Cadre arrière d'une entrée d'air d'une nacelle d'un aéronef selon la revendication 6, caractérisé en ce que les fibres ont été au moins partiellement désensimées préalablement à l'imprégnation avec la résine géopolymérique.

8. Cadre arrière d'une entrée d'air d'une nacelle d'un aéronef selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il est réalisé à partir d'un matériau composite comportant une matrice en résine géopolymérique commercialisée sous la dénomination MEYEB avec un apport d'eau supplémentaire de l'ordre de 3 à 7% en volume.

9. Cadre arrière d'une entrée d'air d'une nacelle d'un aéronef selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend deux parties concentriques, une première partie annulaire (56) en matériau composite à base d'une résine géopolymérique en contact avec la peau extérieure (34) de la nacelle et une seconde partie annulaire (58) métallique en contact avec la peau intérieure (32) de la nacelle.

1/2



2/2

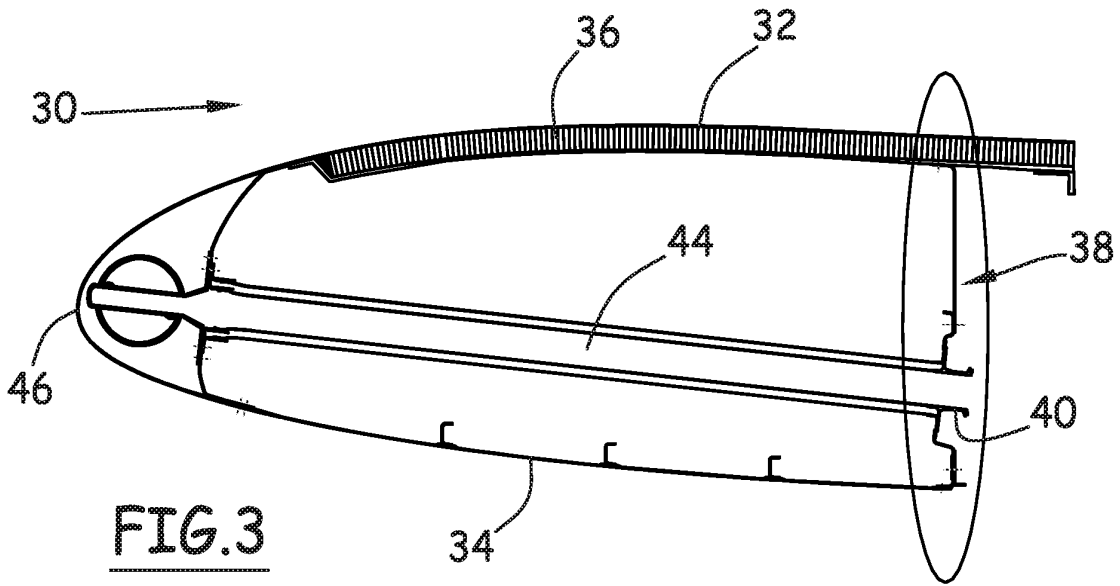


FIG. 3

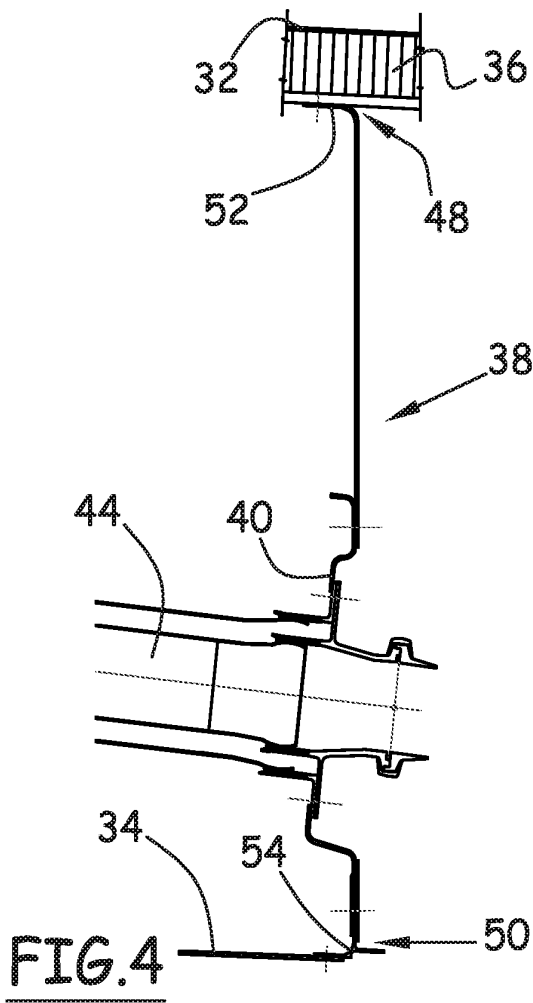


FIG. 4

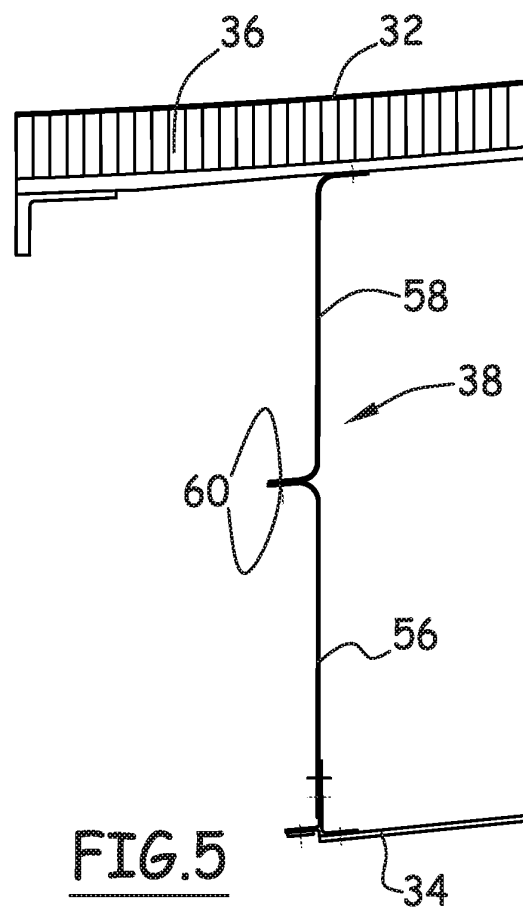


FIG. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**

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

N° d'enregistrement
national

FA 681106
FR 0653291

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendications concernées | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X | US 5 925 449 A (DAVIDOVITS JOSEPH [FR]) 20 juillet 1999 (1999-07-20) | 1,5 | B64C1/40 B64D29/00 B64D33/02 |
| Y | * colonne 2, ligne 6-10 * ----- | 2,3,6,7 | |
| Y | WO 03/087008 A (DAVIDOVITS JOSEPH [FR]; CORDI GEOPOLYMER S A [FR]; DAVIDOVITS RALPH []) 23 octobre 2003 (2003-10-23) * abrégé * | 2,6 | |
| Y | FR 2 859 992 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 25 mars 2005 (2005-03-25) * page 1, ligne 12-19 * * page 17, ligne 1-15 * | 3,7 | |
| A | FR 2 757 823 A1 (AEROSPATIALE [FR]) 3 juillet 1998 (1998-07-03) * figure 8 * ----- | 9 | |
| | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) |
| | | | B64C B64D C04B |
| | | Date d'achèvement de la recherche | Examineur |
| | | 5 avril 2007 | Salenty, Gérard |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES | | 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 0653291 FA 681106**

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 **05-04-2007**

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 |
|---|------------------------|---|--|
| US 5925449 A | 20-07-1999 | AUCUN | |
| WO 03087008 A | 23-10-2003 | AU 2003262136 A1 FR 2838733 A1 | 27-10-2003 24-10-2003 |
| FR 2859992 A1 | 25-03-2005 | CA 2508752 A1 EP 1663891 A2 WO 2005030662 A2 US 2006070403 A1 | 07-04-2005 07-06-2006 07-04-2005 06-04-2006 |
| FR 2757823 A1 | 03-07-1998 | AU 5768598 A CA 2247176 A1 CN 1211955 A EP 0885141 A1 ES 2198604 T3 WO 9829306 A1 US 6179249 B1 | 31-07-1998 09-07-1998 24-03-1999 23-12-1998 01-02-2004 09-07-1998 30-01-2001 |

**RECHERCHE INCOMPLÈTE
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE C**

Numéro de la demande

FA 681106

FR 0653291

Certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:

Revendications ayant fait l'objet de recherches complètes:
1-3,5-7,9

Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches:
4,8

Raison pour la limitation de la recherche:

Certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:

Les revendications 4 et 8 ont pour objet une structure réalisée avec un produit commercialisé sous le nom de 'MEYEB'. Cette manière de rédiger une revendication manque de clarté. Tout d'abord, une référence à un nom ou une marque ne saurait définir l'objet puisque les composants dont il est constitué sont généralement gardés secrets par le producteur. En outre, une référence à un nom de commercialisation ne saurait garantir que le produit ne puisse être modifié au fil des années. De plus, la référence à un apport d'eau supplémentaire suggère l'existence d'un apport d'eau de départ qui n'est pourtant pas revendiqué. Finalement la revendication est rédigée de manière à revendiquer le résultat d'une méthode de production (comme l'apport d'eau supplémentaire), chose qui ne résulte pas forcément dans des caractéristiques techniques identifiables du produit final.