

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Panneau isolant multicouche à renforts de fixation intégrés et procédé de fabrication d'un tel panneau.

②② Date de dépôt : 20.01.20.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *AIRBUS OPERATIONS Société par
Actions Simplifiée* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 23.07.21 Bulletin 21/29.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 05.04.24 Bulletin 24/14.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MEDDA Bruno, BROCHARD
Wolfgang et BLANC Jonathan.

⑦③ Titulaire(s) : *AIRBUS OPERATIONS Société par
Actions Simplifiée*.

⑦④ Mandataire(s) : GEVERS & ORES.



Description

Titre de l'invention : Panneau isolant multicouche à renforts de fixation intégrés et procédé de fabrication d'un tel panneau

- [0001] La présente demande concerne un panneau isolant à structure multicouche pour aéronef. Un tel panneau peut avantageusement être utilisé en tant que bouclier thermique d'un carénage arrière de mât de moteur d'un aéronef ou pour la réalisation d'autres éléments du carénage d'un mât de moteur ou du carter d'échappement d'un moteur ou éventuellement d'une nacelle.
- [0002] Un panneau comprend usuellement deux faces frontales opposées écartées d'une distance appelée épaisseur, qui peut être constante ou variable. Dans toute la description, on entend par « *direction locale de l'épaisseur* », en un point quelconque du panneau, une direction qui est orthogonale (à cet endroit du panneau) aux faces frontales du panneau. Si les faces frontales du panneau ne sont pas parallèles entre elles localement au point considéré, l'expression « *la direction locale de l'épaisseur* » désigne une direction qui est orthogonale, en ce point, à l'une quelconque des faces frontales (en théorie, il y a deux directions locales de l'épaisseur possibles, « *la direction locale de l'épaisseur* » désigne alors l'une quelconque de ces deux directions).
- [0003] Il est rappelé qu'une nacelle d'aéronef est une structure qui contient le moteur (réacteur, turbomoteur, turboréacteur, turbopropulseur, etc.) et assure l'interface entre celui-ci et la cellule de l'aéronef. Entre autres fonctions : la nacelle contribue à la ventilation et à la régulation thermique du moteur dans des environnements très exigeants en températures ; elle protège le moteur par son carénage ; elle canalise de plus les flux d'air primaire et secondaire du réacteur, éléments indispensables de la génération optimisée de la poussée ; elle concourt aussi de manière considérable à la réduction des émissions sonores grâce à des matériaux composites et métalliques donnant lieu à des traitements acoustiques sophistiqués. L'invention peut s'appliquer à des panneaux acoustiques de nacelle d'aéronef.
- [0004] Il est aussi rappelé qu'un mât de moteur est une structure d'accrochage permettant de suspendre un moteur au-dessous de la voilure de l'aéronef, de monter un moteur au-dessus de cette même voilure, ou encore de rapporter ce moteur en partie arrière du fuselage de l'aéronef. Le mât de moteur est prévu pour constituer l'interface de liaison entre un moteur (turbomoteur, turboréacteur, turbopropulseur, etc.) et une partie de la cellule de l'aéronef (en particulier la voilure). Il permet de transmettre à la structure primaire de la cellule de l'aéronef les efforts générés par le moteur, et autorise également le cheminement du carburant, des systèmes électriques, hydrauliques et aé-

rauliques entre le moteur et la cellule de l'aéronef. La transmission des efforts est assurée par la structure primaire du mât de moteur. Par ailleurs, un tel mât est pourvu d'une pluralité de structures secondaires, ainsi qualifiées car elles ne sont pas destinées à assurer le transfert des efforts provenant du moteur et devant être transmis à la voilure de l'aéronef. Ces structures secondaires assurent la ségrégation et le maintien des systèmes tout en supportant des éléments de carénage aérodynamiques, ces derniers prenant généralement la forme d'assemblages de panneaux rapportés sur ces structures secondaires. L'invention peut s'appliquer à des éléments de carénage des mâts de moteur.

- [0005] Usuellement, le carénage d'un mât de moteur d'aéronef compte une structure aérodynamique avant, une structure aérodynamique arrière dite RSS (acronyme de l'anglais « *Rear Secondary Structure* »), une structure aérodynamique de raccordement des structures aérodynamiques avant et arrière, connu sous le nom « *karman* », et un carénage aérodynamique arrière inférieur ou supérieur, également dénommé « *APF* » (acronyme de l'anglais « *Aft Pylon Fairing* »). L'APF assure une pluralité de fonctions parmi lesquelles la formation d'une continuité aérodynamique entre la sortie du moteur et la structure primaire du mât de moteur et la formation d'une barrière thermique ou anti-feu servant à protéger le mât et la voilure de la chaleur dégagée par le flux primaire du moteur.
- [0006] Un APF comporte usuellement d'une part une ossature rigide métallique (structure secondaire) incluant des nervures transversales de renfort, et d'autre part des panneaux latéraux et un bouclier thermique. L'invention peut avantageusement être utilisée pour la réalisation du bouclier thermique d'un APF.
- [0007] Les boucliers thermiques connus sont monolithiques, constitués d'une plaque métallique en un métal ou un alliage résistant à la chaleur et possédant une rigidité suffisante, tel que le titane ou un acier (alliage) connu sous la dénomination inconel®.
- [0008] L'assemblage du bouclier thermique à l'ossature de l'APF ou éventuellement à ses panneaux latéraux doit être facile à réaliser et doit procurer une fixation résistante et pérenne. Cette exigence s'applique aussi à d'autres éléments de carénage des mâts de moteur, ainsi qu'aux panneaux acoustiques formant le conduit intérieur des nacelles.
- [0009] Il serait souhaitable d'améliorer à la fois les performances thermiques et/ou acoustiques et la tenue mécanique des panneaux isolants connus, tout en offrant des moyens de fixation simples, susceptibles de résister à des environnements thermiques très exigeants et d'assurer une fixation pérenne et résistante des panneaux dans leurs conditions d'utilisation.
- [0010] L'invention vise également à fournir un procédé de fabrication d'un panneau isolant qui soit simple et qui permette d'obtenir un panneau intégrant des éléments de liaison facilitant la mise en œuvre ultérieure des fixations du panneau et facilitant par

conséquent l'intégration du panneau, le procédé devant de plus garantir une fixation ultérieure du panneau qui soit pérenne et résistante dans les conditions d'utilisation du panneau, et ce quelle que soit la structure du panneau.

- [0011] Dans ce contexte, l'invention propose un panneau isolant à structure multicouche comprenant une âme isolante entre une première peau et une seconde peau, caractérisé en ce que l'âme comporte des inserts rigides formant des renforts pour la réception de fixations du panneau.
- [0012] De préférence, chaque insert traverse l'âme isolante du panneau et s'étend par conséquent de la première peau à la seconde peau du panneau. Mais un panneau dont les inserts ne traversent pas totalement l'âme isolante du panneau (c'est-à-dire dont chaque insert est logé dans une cavité de l'âme isolante qui s'ouvre sur une face principale de ladite âme mais ne débouche pas sur l'autre face principale) reste conforme à l'invention.
- [0013] La structure multicouche permet de conférer au panneau des propriétés d'isolation thermique et/ou d'absorption acoustiques améliorées et qui peuvent être adaptées en fonction de l'utilisation du panneau, tout en garantissant sa tenue mécanique. Ainsi par exemple, on peut prévoir une âme isolante à structure alvéolaire, par exemple de type nid d'abeilles ou mousse isolante, la tenue mécanique du panneau pouvant alors être procurée par l'une des peaux (ou les deux peaux) qui enferment l'âme. Un tel panneau est plus efficace au plan thermique qu'un panneau monolithique métallique tandis que ces propriétés mécaniques peuvent être identiques ou supérieures aux panneaux monolithiques métalliques ; associée à une peau résistive micro-perforée, une âme en nid d'abeilles (ou autre structure alvéolaire acoustique) permet de plus au panneau multicouche de remplir une fonction d'amortissement acoustique que ne remplissent pas les panneaux monolithiques métalliques.
- [0014] Parallèlement, les inserts selon l'invention permettent de renforcer l'âme du panneau multicouche autour des fixations du panneau et donc de pallier la fragilité éventuelle que peut induire le choix d'une âme alvéolaire (nid d'abeilles, mousse, etc.) par exemple.
- [0015] Selon une caractéristique possible de l'invention, au moins l'un des inserts, dit insert individuel, est configuré pour recevoir une seule fixation.
- [0016] Selon une caractéristique possible de l'invention, au moins l'un des inserts, dit insert multiple, est configuré pour recevoir plusieurs fixations du panneau. Un tel insert multiple peut présenter la forme d'une bande, de préférence rectiligne, qui s'étend sur toute une largeur ou longueur du panneau.
- [0017] Un panneau isolant selon l'invention peut ne comporter que des inserts individuels, c'est-à-dire comprendre autant d'inserts individuels que de fixations que le panneau est destiné à recevoir.

- [0018] En variante, le panneau ne comporte que des inserts multiples.
- [0019] En variante, il comporte les deux types d'inserts, c'est-à-dire à la fois au moins un insert multiple et un ou plusieurs inserts individuels.
- [0020] Selon une caractéristique possible de l'invention, au moins l'un des inserts comprend un corps logé à l'intérieur de l'âme isolante du panneau, lequel corps est pourvu d'un (s'il s'agit d'un insert individuel) ou plusieurs (s'il s'agit d'un insert multiple) trous de fixation d'axe sensiblement parallèle à la direction locale de l'épaisseur, chaque trou de fixation étant configuré pour recevoir une (et une seule) fixation du panneau.
- [0021] De préférence, le corps de l'insert traverse l'âme (selon la direction locale de l'épaisseur) et le trou de fixation est traversant, pour la réception d'une fixation de type boulon (vis+écrou) ou rivet traversant l'épaisseur du panneau isolant. En d'autres termes, l'insert présente une première face coïncidant avec l'une des faces principales de l'âme et une deuxième face, opposée à la première, coïncidant avec l'autre face principale de l'âme, et le trou de fixation s'étend de cette première face de l'insert jusqu'à cette deuxième face de l'insert.
- [0022] En variante, le trou de fixation est borgne pour la réception et l'ancrage d'une fixation de type vis (sans écrou). Dans ce cas le corps de l'insert peut traverser l'âme isolante ou ne s'étendre que sur une partie de l'épaisseur de l'âme.
- [0023] Selon une caractéristique possible de l'invention, au moins l'un des inserts comprend un corps plein logé à l'intérieur de l'âme isolante du panneau (le corps pouvant traverser ou non ladite âme), ainsi qu'une tête qui prolonge ledit corps en saillie d'une face frontale du panneau, laquelle tête est pourvue d'un (s'il s'agit d'un insert individuel) ou de plusieurs (s'il s'agit d'un insert multiple) trous de fixation, chaque trou de fixation étant configuré pour recevoir une (et une seule) fixation du panneau.
- [0024] Dans ce mode de réalisation, chaque trou de fixation présente de préférence un axe sensiblement orthogonal à la direction locale de l'épaisseur, et est soit traversant pour la réception d'une fixation de type boulon ou rivet, soit borgne pour la réception et l'ancrage d'une fixation de type vis.
- [0025] Qu'il soit prolongé d'une tête ou qu'il en soit dépourvu, le corps de l'insert individuel peut avoir une forme cylindrique ou conique ou pyramidale d'axe parallèle à la direction locale de l'épaisseur. S'il s'agit d'un insert multiple, le corps de l'insert peut prendre la forme d'un parallélogramme ou d'une pyramide de section droite verticale trapézoïdale, qui s'étend sur toute une largeur ou longueur du panneau.
- [0026] Selon une caractéristique possible de l'invention, chaque insert est en un matériau choisi parmi les céramiques.
- [0027] En variante, les inserts pourraient être métalliques.
- [0028] L'invention s'étend à un carénage de mât de moteur, en particulier un carénage arrière de mât de moteur (APF), comprenant au moins un panneau isolant multicouche

à renforts de fixation intégrés conforme à l'invention. L'invention s'étend aussi à un ensemble de propulsion et à un aéronef comprenant au moins un tel panneau.

[0029] L'invention propose de plus un procédé de fabrication d'un panneau isolant selon l'invention. En particulier, l'invention propose un procédé de fabrication d'un panneau isolant comprenant l'assemblage d'une âme isolante, d'une première peau sur une première face principale de l'âme isolante et d'une seconde peau sur une seconde face principale de l'âme isolante, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- [0030] – fourniture de l'âme isolante,
- réalisation de logements de réception d'inserts rigides dans l'âme isolante (la réalisation des logements pouvant être concomitante ou postérieure à la fabrication de l'âme, comme expliqué plus loin), et fourniture desdits inserts,
- agencement des inserts dans l'âme isolante,
- application de la première peau et de la seconde peau sur les faces principales de l'âme isolante, pour former un ensemble multicouche,
- cuisson et/ou séchage de l'ensemble multicouche pour agglomérer les peaux, l'âme isolante et les inserts,
- réalisation de trous, dits trous de fixation, dans les inserts pour la réception de fixations.

[0031] L'invention s'applique plus avantageusement à des panneaux ayant une âme à matrice céramique, avec utilisation d'inserts en céramique.

[0032] Dans ce cas, le procédé se déroule plus précisément comme suit :

- [0033] – construction/fabrication de l'âme isolante, par exemple par superposition de couches (« *lay-up* » en anglais) ou par moulage ; et fabrication des inserts en céramique ;
- première phase de séchage (« *drying* » en anglais) de l'âme et des inserts jusqu'à obtenir des éléments rigides (« *green bodies* » en anglais, ici « *green bodies 1* ») ;
- réalisation (par fraisage par exemple) et, si nécessaire, rectification (contournage par exemple) des logements de réception des inserts dans l'âme isolante ; et finition éventuelle des inserts en céramique ;
- assemblage des inserts et de l'âme isolante, avec, si nécessaire, l'ajout d'un coulis (« *slurry* ») pour en garantir la liaison ;
- assemblage du « *sandwich* » : application de la première peau et de la seconde peau sur les faces principales de l'âme isolante, pour former un ensemble multicouche,
- deuxième phase de séchage : séchage de l'ensemble multicouche jusqu'à obtenir un élément rigide (« *green body 2* »)
- frittage (cuisson finale),

- usinage final : réalisation (par perçage, fraisage, etc.), dans les inserts en céramique, de trous de fixation pour la réception de fixations.
- [0034] Si l'on utilise des inserts métalliques, ceux-ci peuvent être insérés dans l'âme isolante après la cuisson de cette dernière (ils ne sont pas nécessairement intégrés dans l'âme au cours de son procédé de fabrication). Dans ce cas l'âme isolante est cuite avant assemblage du sandwich et l'application d'une couche adhésive sur les faces principales de l'âme isolante lors de cet assemblage permet de solidariser les peaux à l'âme isolante munie des inserts. L'étape de frittage est remplacée par une étape de cuisson ou séchage pour la solidification de la couche adhésive. L'intérêt d'utiliser des inserts métalliques est limité (les inserts en céramique présentant l'avantage d'être isolants au plan thermique).
- [0035] Dans le cas d'une âme à matrice céramique, il est d'autant plus intéressant d'utiliser des inserts en céramique qu'il est alors possible de les intégrer à l'âme isolante au cours du procédé de fabrication de celle-ci (comme indiqué précédemment) et de les cuire avec l'âme isolante au cours d'une étape finale de frittage qui assure une bonne cohésion entre l'âme et les inserts. On dispose alors d'un procédé relevant intégralement de la « *technologie céramique* ». En outre, l'âme à matrice céramique et les inserts en céramique ont des coefficients de dilation thermique proches, ce qui permet de limiter les contraintes subies par les fixations du panneau.
- [0036] Comme précédemment expliqué, les inserts fournis peuvent être des inserts individuels ne recevant qu'une seule fixation ou des inserts multiples recevant plusieurs fixations. Un panneau peut combiner les deux types d'inserts.
- [0037] Par ailleurs, les inserts fournis dans le procédé selon l'invention peuvent se résumer à un corps traversant l'âme isolante ou comprendre de plus une tête qui traverse l'une des peaux du panneau et s'étend en saillie de ladite peau et de la face frontale correspondante du panneau.
- [0038] Les trous de fixation sont de préférence des trous cylindriques configurés pour recevoir des fixations de type boulons, vis ou rivets. Ces trous de fixation peuvent être réalisés dans le corps de l'insert, chacun selon un axe sensiblement parallèle à la direction locale de l'épaisseur. En variante, le cas échéant, les trous de fixation peuvent être réalisés dans la tête des inserts, chacun selon un axe de préférence sensiblement orthogonal à la direction locale de l'épaisseur.
- [0039] L'invention, selon des exemples de réalisation, sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit, donnée à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :
- [0040] [fig.1] La [fig.1] est une vue en perspective d'un aéronef équipé d'un carénage arrière de mât de moteur (APF) pourvu d'un panneau isolant à renforts de fixation intégrés conforme à l'invention.

- [0041] [fig.2] La [fig.2] est une vue schématique de profil d'un mât de moteur et de son carénage, lequel peut être pourvu d'un panneau isolant selon l'invention.
- [0042] [fig.3] La [fig.3] est une vue schématique en perspective d'un APF et du carter d'échappement d'un moteur.
- [0043] [fig.4] La [fig.4] est une vue schématique en perspective de l'ossature d'un APF, permettant d'observer les nervures de renfort transversales de cette ossature.
- [0044] [fig.5] La [fig.5] est une vue schématique en coupe dans un plan transversal (plan orthogonal à la direction longitudinale de l'APF et à l'axe X de roulis de l'aéronef) d'une portion inférieure d'un APF pourvu d'un bouclier thermique réalisé avec un panneau multicouche selon l'invention.
- [0045] [fig.6] La [fig.6] est une vue schématique en coupe dans un plan transversal d'une portion d'un panneau multicouche selon l'invention montrant un insert individuel.
- [0046] [fig.7] La [fig.7] est une vue schématique en perspective d'une portion d'une âme isolante d'un panneau multicouche selon l'invention, dans laquelle est intégré un insert multiple.
- [0047] [fig.8] La [fig.8] est une vue schématique en coupe dans un plan transversal d'un panneau selon l'invention montrant trois inserts individuels différents.
- [0048] [fig.9] La [fig.9] est une vue schématique en coupe dans un plan transversal d'un panneau selon l'invention montrant quatre inserts individuels différents avec leur fixation.
- [0049] [fig.10] la [fig.10] est un organigramme illustrant un procédé selon l'invention.
- [0050] Les éléments identiques représentés sur les figures précitées sont identifiés par des références numériques identiques.
- [0051] La [fig.1] représente un aéronef. L'aéronef comprend deux ensembles propulsifs (incluant chacun un moteur, non visible, et une nacelle 2) agencés sous les ailes 4 de l'aéronef, et reliés auxdites ailes à l'aide de mâts de moteur 6.
- [0052] On aperçoit plus en détails à la [fig.2] la liaison entre un moteur et une aile 4. Cette liaison comprend un mât de moteur 6 ayant une structure primaire à laquelle le carter de soufflante 8 du moteur est fixé par des attaches antérieures 10 et à laquelle le carter central de turbine 12 est fixé par des attaches centrales 14. La liaison entre le moteur et l'aile comprend de plus un carénage incluant une structure aérodynamique avant 16, une structure aérodynamique arrière ou « RSS » 20, une structure aérodynamique intermédiaire ou « karman » 18, et un carénage arrière inférieur ou APF 22 qui forme une structure aérodynamique assurant une continuité entre le moteur et le RSS 20 puis l'aile 4.
- [0053] L'APF 22 comprend une ossature, des panneaux latéraux 26 et un bouclier thermique 28. L'ossature de l'APF comprend des nervures de renfort 24, qui s'étendent essentiellement dans des plans transversaux (plans YZ, orthogonaux à l'axe de roulis X de

l'aéronef) et sont espacées selon la direction longitudinale (axe de roulis X).

- [0054] Le bouclier thermique 28 de l'APF forme un pare-feu entre le moteur et le mât de moteur 6 puis l'aile 4. Il est léché par les gaz d'échappement (flux primaire) 30 chauds qui sortent du moteur, tandis que les panneaux latéraux 26 de l'APF sont léchés par un flux secondaire 32 plus froid.
- [0055] Les boucliers thermiques connus sont constitués d'une plaque métallique monolithique. L'invention permet d'utiliser un panneau multicouche tel celui illustré à la [fig.5] en tant que bouclier thermique d'APF et de faciliter la fixation de ce dernier aux nervures 24 de l'ossature du bouclier, voire aussi (ou en variante) aux panneaux latéraux 26.
- [0056] Un panneau multicouche isolant selon l'invention tel le panneau 28 (bouclier thermique) de la [fig.5] comprend une âme isolante 34, une première peau 36 et une seconde peau 38. Les peaux 36 et 38 se prolongent latéralement au-delà de l'âme isolante 34 et se rejoignent le long des bords longitudinaux du bouclier pour enfermer l'âme isolante en formant deux bordures longitudinales 40. Ces bordures (appelées « blades » en anglais) intègrent une fonction thermo-aérodynamique ayant pour objectif de limiter la remontée d'air chaud venant du flux primaire et d'améliorer la transition des écoulements d'airs entre l'air chaud du flux primaire et l'air frais du flux secondaire.
- [0057] L'âme 34 du bouclier thermique illustré sur la [fig.5] est constituée d'une épaisseur de structure alvéolaire en nid d'abeilles ; une autre structure alvéolaire, de section quelconque en forme et en surface, est bien sûr possible. De façon plus générale, l'âme isolante de la structure multicouche d'un panneau selon l'invention peut contenir au moins une épaisseur en un matériau choisi parmi des matériaux poreux isolants dont les mousses isolantes thermiquement, y compris des mousses métalliques, des structures alvéolaires dont les nids d'abeilles, des matériaux composites à matrice céramique, organique ou métallique, y compris à base de carbure de silicium, carbone et oxydes d'aluminium. L'âme isolante peut en outre contenir une superposition d'épaisseurs faites dans des matériaux de natures différentes et/ou de structures différentes et/ou de compositions différentes et/ou de densités différentes, en fonction des besoins thermiques, acoustiques et mécaniques.
- [0058] La peau 38 du bouclier thermique peut être une plaque pleine faite dans un matériau choisi parmi des métaux ou des alliages de métaux, dont le titane et les aciers (alliages) à base nickel-chrome connus sous la dénomination inconel®, des matériaux composites dont les matériaux à base de fibre de carbone, des matériaux céramiques à base de carbure de silicium, carbone ou oxydes d'aluminium.
- [0059] Dans le cas d'un bouclier thermique d'APF, la peau 36 est avantageusement une plaque micro-perforée pourvue de trous de forme quelconque (par exemple circulaire,

polygonale ou oblongue, ou en forme de goutte d'eau) ayant un diamètre (ou une dimension frontale maximale) avantageusement compris entre 0,1 mm et 2,5 mm, de préférence entre 0,1 mm et 0,6 mm. Ces trous ne sont pas représentés sur la [fig.5]. Associée à une âme isolante 34 en nid d'abeilles, une telle peau, qualifiée de peau résistive, présente l'avantage de conférer au bouclier thermique une fonction supplémentaire d'amortissement acoustique (les cellules du nid d'abeilles formant avec les perforations de la peau résistive des résonateurs quart d'onde). Le bouclier de l'APF participe alors à l'atténuation des nuisances sonores du moteur, complétant ainsi la surface de la nacelle qui est traitée acoustiquement.

[0060] S'agissant d'un panneau selon l'invention, le bouclier thermique 28 comprend de plus des inserts rigides pour la réception des fixations du bouclier. La [fig.5] montre un exemple d'insert individuel 50. Bien sûr, le panneau comprend d'autres inserts, dans d'autres plans transversaux voire même, si nécessaire, dans le plan de coupe de la figure (un seul insert étant illustré dans ce plan de coupe afin de ne pas surcharger la figure).

[0061] L'insert individuel 50 comprend un corps 52 constitué d'un plot cylindrique ou conique ou pyramidal qui s'étend de la peau résistive 36 à la peau 38, c'est-à-dire qui présente une hauteur correspondant à l'épaisseur de l'âme 34 (si l'âme présente une épaisseur variable, on parle ici de l'épaisseur locale prise à l'endroit où l'insert est agencé). L'insert 50 illustré comprend de plus une tête 54 qui traverse la peau 38 et s'étend en saillie de la face frontale arrière du panneau (qui est formée par la peau 38). La tête 54 est configurée pour venir en appui contre une face transversale 58 d'une nervure 24 de l'ossature de l'APF. La tête 54 de l'insert 50 et la nervure 24 sont pourvues d'un trou de fixation 56 qui traverse la tête, lequel trou est destiné à recevoir une fixation de type boulon (auquel cas le trou de fixation 56 traverse aussi la nervure 24) ou de type vis seule (auquel cas le trou 56 dans la nervure, ou en variante dans la tête de l'insert, est un trou borgne dans lequel la vis vient s'ancrer).

[0062] La [fig.6] montre un autre exemple d'insert individuel 150 qui se résume en un simple corps cylindrique qui traverse l'âme isolante 134 pour s'étendre de la première peau 136 à la seconde peau 138. Cette figure illustre aussi le fait que l'invention n'est pas limitée à un panneau pourvu d'une âme isolante en nid d'abeilles, mais que cette dernière peut être un bloc de mousse par exemple.

[0063] La [fig.7] illustre une âme isolante 234 pourvue d'un insert multiple 250 qui se résume en un corps formé d'une bande parallélépipédique dont la hauteur correspond à l'épaisseur de l'âme isolante 234 et dont la longueur correspond à la largeur de l'âme isolante du panneau.

[0064] La [fig.8] montre trois autres exemples d'inserts individuels agencés dans une âme 334 entre deux peaux 336 et 338. L'insert 350 est constitué d'un corps conique ;

l'insert 450 est constitué d'un corps comportant un tronçon principal cylindrique de section circulaire et une base cylindrique de section circulaire de plus faible hauteur et de plus grand diamètre que le tronçon principal. L'insert 550 comprend un corps 552 pyramidal de section rectangulaire et une tête 554 cylindrique dont la section, rectangulaire, correspond à la petite base du corps. Le corps pyramidal s'étend sur toute la hauteur de l'âme 334 du panneau et il traverse la peau 338, c'est-à-dire qu'il ressort légèrement du panneau ; en d'autres termes, la petite base du corps pyramidal est en saillie de la face frontale de la peau 338. En variante, la petite base du corps pyramidal pourrait affleurer au niveau de la face frontale de la peau 338.

- [0065] La [fig.9] illustre la fixation de tels inserts d'individuels à un élément de structure telle qu'une nervure. L'insert 650 est percé d'un trou de fixation traversant, d'axe sensiblement parallèle à la direction locale de l'épaisseur, lequel trou est configuré pour recevoir une vis à tête plate à laquelle est associée un écrou pour former une fixation 651 de type boulon. L'insert 650 et la fixation 651 permettent d'attacher le panneau isolant à une nervure 624 présentant une ailette inférieure 625 parallèle à la peau 638 du panneau isolant et dans laquelle est aussi ménagé un trou de fixation pour le passage de la vis.
- [0066] L'insert 750 est constitué d'un corps identique à celui de l'insert 650 à la différence près qu'il est pourvu d'un trou de fixation traversant configuré pour recevoir une vis à tête fraisée (qui, associée à un écrou, constitue une fixation 751 de type boulon). L'assemblage entre l'insert 750 et une nervure 624 identique à celle précédemment décrite s'effectue comme expliqué ci-avant pour l'insert 650.
- [0067] L'insert 850 est constitué d'un corps cylindrique identique à celui des deux précédents inserts, mais pourvu d'un trou de fixation borgne pour la réception d'une fixation 851 de type vis (seule, sans écrou), qui traverse l'ailette 625 de la nervure 624.
- [0068] L'insert 950 est identique à l'insert 550 de la [fig.8] et sa tête parallélépipédique est pourvue d'un trou de fixation traversant d'axe sensiblement parallèle à la peau 638 du panneau pour la réception d'une fixation 951 de type boulon. L'insert 950 et sa fixation 951 permettent d'attacher le panneau à une nervure 924 ou autre élément de structure constituée d'une plaque ou muni d'une patte s'étendant dans un plan orthogonal à la peau 638 du panneau (à cette fin, un trou est prévu dans la plaque ou patte de la nervure pour le passage de la vis de la fixation 951).
- [0069] Des panneaux et inserts ont été décrits précédemment dans le cas d'un bouclier thermique d'APF d'aéronef. L'invention n'est pas limitée à cette application. Un panneau selon l'invention peut par exemple être utilisé (voir [fig.3]) en tant qu'élément de la tuyère d'échappement 60 (« nozzle » en anglais) ou du cône d'échappement 70 (« plug » en anglais) d'un moteur d'aéronef, ainsi qu'en tant que panneau acoustique d'une nacelle.

- [0070] La [fig.10] représente un procédé de fabrication d'un panneau isolant selon l'invention. A l'étape 1, une âme isolante 134 ou 134' est fournie. Des inserts 150 rigides, par exemple en céramique, sont également fabriqués. Des logements 142 sont ménagés dans l'âme isolante, aux dimensions des inserts 150. Ces logements sont formés soit en même temps que l'âme isolante (cas de l'âme 134'), par exemple si celle-ci est obtenue par moulage ou par impression 3D, soit par retrait de matière (usinage, fraisage, etc.) postérieurement à la fabrication de l'âme (cas de l'âme 134, qui peut être obtenue par divers procédés tels que superposition de couches ou « lay-up », moulage, etc.). De préférence l'âme isolante 134, 134' est en un matériau à matrice céramique et les inserts sont également en céramique, de sorte que les deux éléments ont des coefficients de dilatation thermique très proches. Si nécessaire (notamment dans le cas de pièces en matériaux céramiques), les pièces fournies à l'étape 1 et 3 sont séchées à l'étape 5. Si nécessaire, les logements 142 et/ou les inserts 150 sont rectifiés (fraisage, contournage, polissage, etc.) à l'étape 7. Les inserts 150 sont ensuite insérés dans les logements 142 à l'étape 9. A l'étape 11, une première peau 136 et une seconde peau 138 sont ensuite appliquées sur les deux faces principales opposées de l'âme munie des inserts pour former un ensemble multicouche 144 (ou sandwich) à renfort de fixation intégrés. L'ensemble multicouche 144 est cuit et/ou séché à l'étape 13. Un frittage (cuisson finale) est réalisé à l'étape 15 pour garantir la cohésion de l'ensemble multicouche. A l'étape 17, des trous de fixation sont usinés dans le corps ou la tête des inserts, lesquels trous de fixation peuvent prendre la forme d'alésages traversants 656, 756, 956 ou d'alésages borgnes 856.
- [0071] La provision dans l'âme d'inserts recevant les fixations du panneau facilite les opérations d'intégration du panneau ; aussi et surtout elle améliore la résistance mécanique du panneau et de la fixation obtenue. En outre, les contraintes mécaniques subies par les fixations du fait des différences de dilatation entre le panneau, et l'élément de structure sur lequel celui-ci est fixé, peuvent être réduites par le choix d'un matériau ad hoc pour les inserts.
- [0072] L'invention s'étend à toute variante accessible à l'homme du métier c'est-à-dire à toute variante entrant dans le cadre délimité par les revendications annexées.

Revendications

- [Revendication 1] Panneau isolant à structure multicouche comprenant une âme isolante (34, 134, 134', 234, 334) alvéolaire entre une première peau (36, 136, 336) et une seconde peau (38, 138, 338, 638), caractérisé en ce que l'âme comporte des inserts (50, 150, 250, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950) rigides formant des renforts pour la réception de fixations (651, 751, 851, 951) du panneau, au moins l'un des inserts comprenant un corps logé à l'intérieur de l'âme isolante du panneau, lequel corps est pourvu d'un ou plusieurs trous de fixation, chaque trou étant configuré pour recevoir une fixation du panneau, et en ce qu'au moins l'un des inserts (250), dit insert multiple, est configuré pour recevoir plusieurs fixations du panneau et comprend un corps qui a la forme d'une bande rectiligne qui s'étend sur toute une largeur ou longueur du panneau.
- [Revendication 2] Panneau isolant selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque insert (50, 150, 250, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950) traverse l'âme isolante du panneau et s'étend par conséquent de la première peau (36, 136, 336) à la seconde peau (38, 138, 338, 638) du panneau.
- [Revendication 3] Panneau isolant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins l'un des inserts (50, 150, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950), dit insert individuel, est configuré pour recevoir une seule fixation (651, 751, 851, 951).
- [Revendication 4] Panneau isolant selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque insert individuel (50, 150, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950) comprend un corps qui présente la forme d'un plot cylindrique ou conique d'axe sensiblement parallèle à la direction locale de l'épaisseur.
- [Revendication 5] Panneau isolant selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que l'âme isolante comporte autant d'inserts individuels (50, 150, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950) que de fixations que le panneau est destiné à recevoir.
- [Revendication 6] Panneau isolant selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins l'un des inserts (150, 350, 450, 550, 650, 750, 850) comprend un corps logé à l'intérieur de l'âme isolante du panneau, lequel corps est pourvu d'un ou plusieurs trous de fixation (656, 756, 856) d'axe sensiblement parallèle à la direction locale de l'épaisseur, chaque trou de fixation étant configuré pour recevoir une fixation du panneau.
- [Revendication 7] Panneau isolant selon la revendication 6, caractérisé en ce que le corps

de l'insert traverse l'âme selon la direction locale de l'épaisseur et le trou de fixation (656, 756) est traversant pour la réception d'une fixation de type boulon ou rivet traversant l'épaisseur du panneau isolant.

[Revendication 8] Panneau selon la revendication 7 caractérisé en ce que le trou de fixation (856) est borgne pour la réception et l'ancrage d'une fixation de type vis.

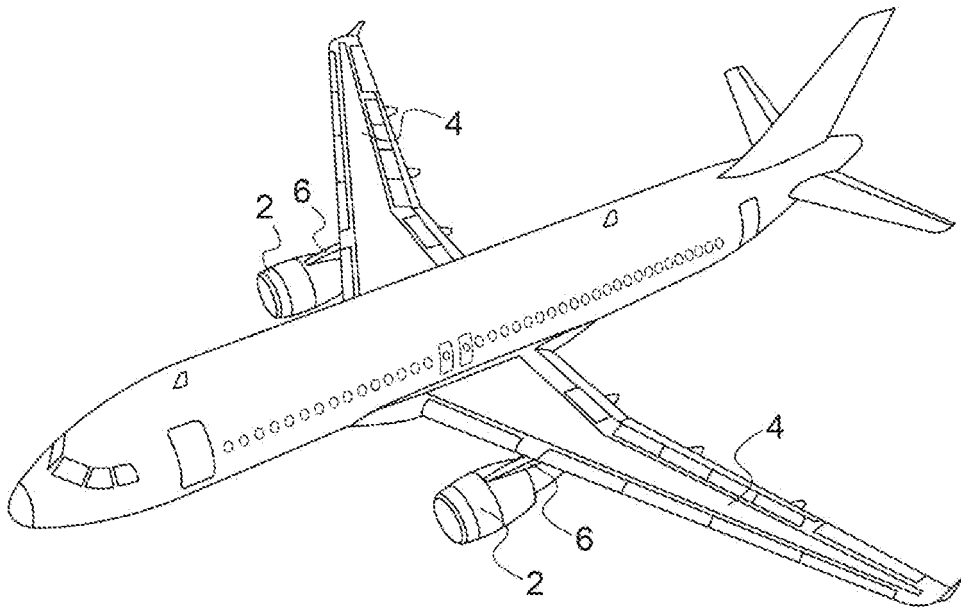
[Revendication 9] Panneau isolant selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'au au moins l'un des inserts (50, 550, 950) comprend un corps plein (52, 552) logé à l'intérieur de l'âme isolante du panneau, ainsi qu'une tête (54, 554) qui prolonge ledit corps en saillie d'une face frontale du panneau, laquelle tête est pourvue d'un ou de plusieurs trous (956) de fixation, chaque trou de fixation étant configuré pour recevoir une fixation du panneau.

[Revendication 10] Panneau isolant selon la revendication 9, caractérisé en ce que chaque trou de fixation (956) présente un axe sensiblement orthogonal à la direction locale de l'épaisseur, et est soit traversant pour la réception d'une fixation de type boulon ou rivet, soit borgne pour la réception et l'ancrage d'une fixation de type vis.

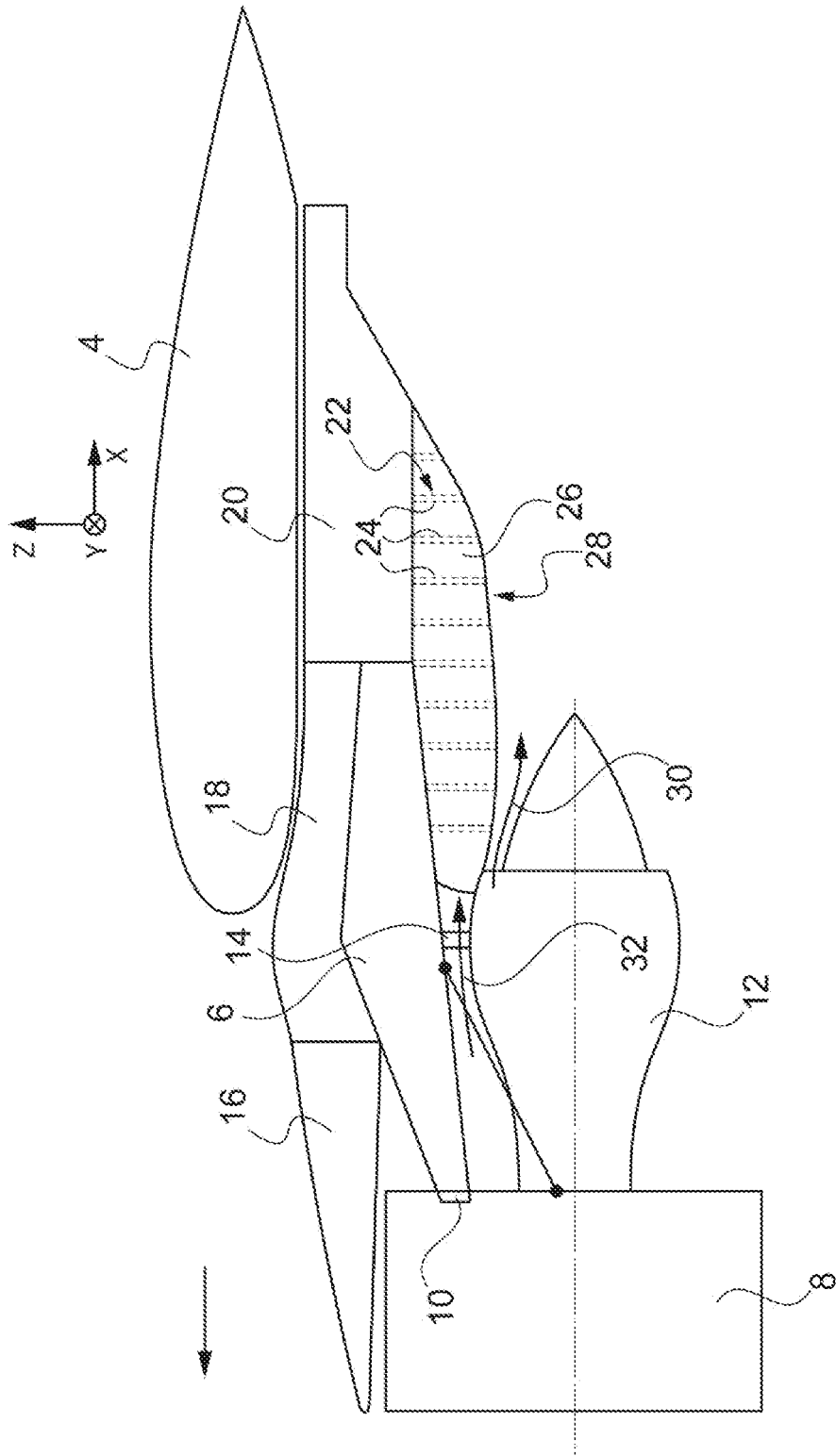
[Revendication 11] Panneau isolant selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que chaque insert (50, 150, 250, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950) est en un matériau choisi parmi les céramiques.

[Revendication 12] Aéronef caractérisé en ce qu'il comprend au moins un panneau isolant selon l'une des revendications 1 à 11.

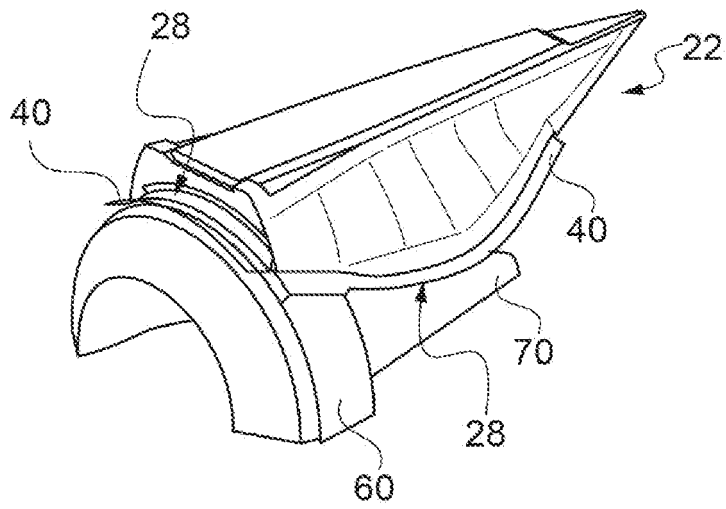
[Fig. 1]



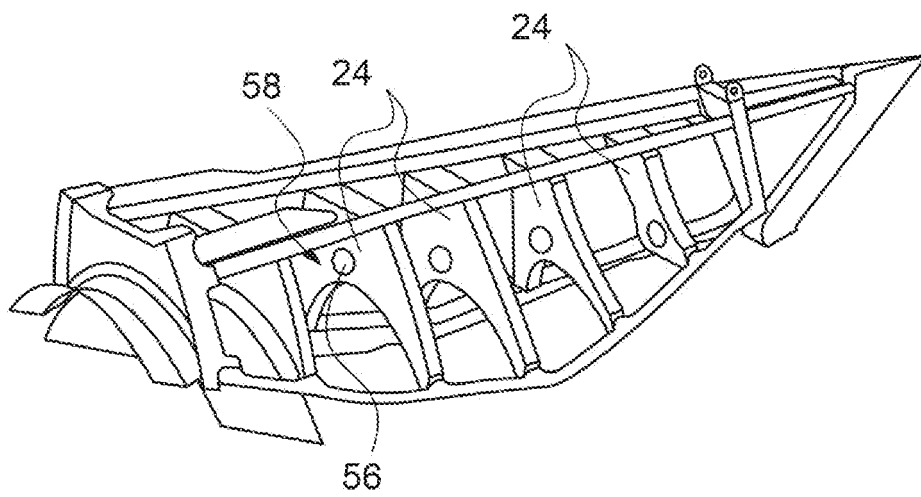
[Fig. 2]



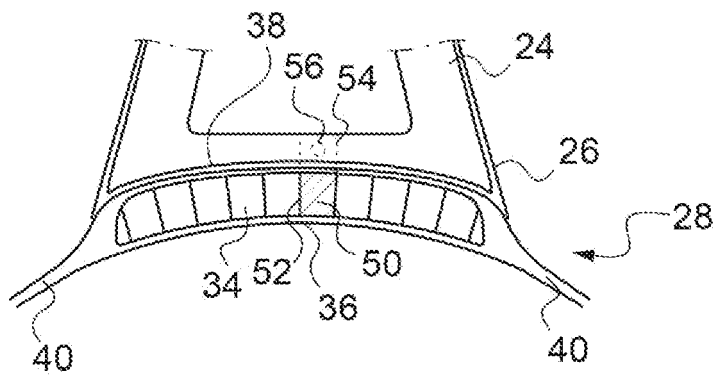
[Fig. 3]



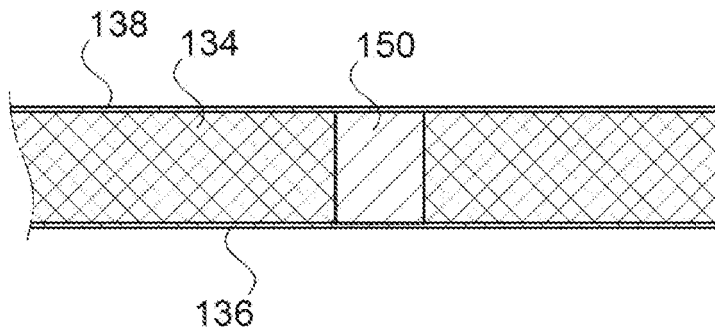
[Fig. 4]



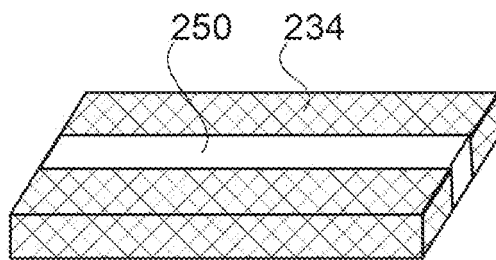
[Fig. 5]



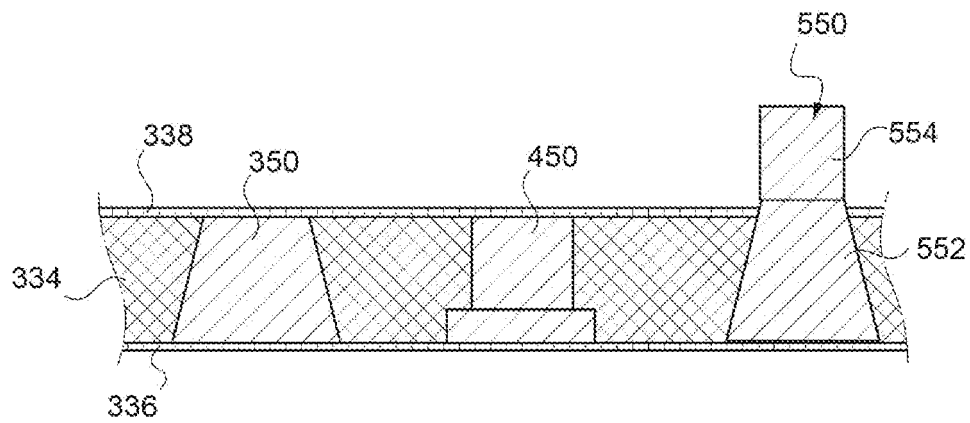
[Fig. 6]



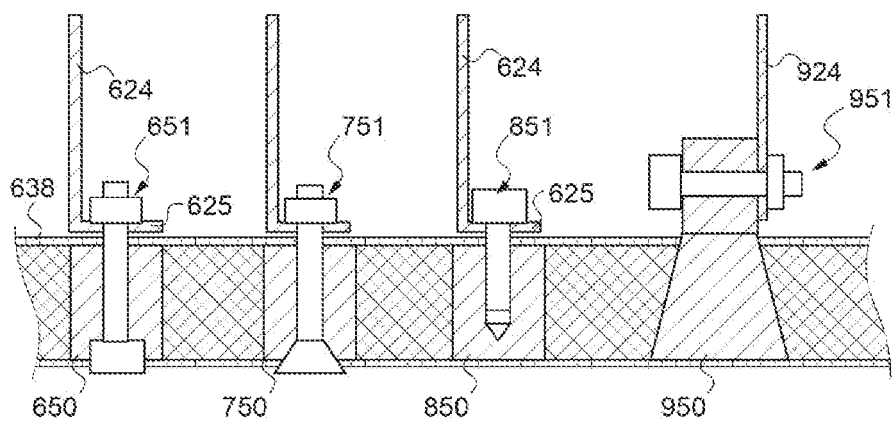
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2010/007263 A1 (AIRCELLE SA [FR];
SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR] ET AL.)
21 janvier 2010 (2010-01-21)

JP H11 179569 A (NIPPON LIGHT METAL CO)
6 juillet 1999 (1999-07-06)

EP 3 275 645 A1 (NOLAX AG [CH])
31 janvier 2018 (2018-01-31)

US 2002/102390 A1 (O'NEILL MICHAEL A [US]
ET AL) 1 août 2002 (2002-08-01)

DE 10 2017 220331 A1 (SIEMENS AG [DE])
16 mai 2019 (2019-05-16)

EP 3 219 600 A1 (BOEING CO [US])
20 septembre 2017 (2017-09-20)

US 2013/330569 A1 (PETERS DONALD W [US] ET
AL) 12 décembre 2013 (2013-12-12)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT