

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **PIECE ISOLANTE METALLIQUE TRIDIMENSIONNELLE.**

②② **Date de dépôt** : 02.12.15.

③③ **Priorité** :

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

⑦① **Demandeur(s)** : HUTCHINSON Société anonyme —
FR.

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande** : 09.06.17 Bulletin 17/23.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention** : 18.05.18 Bulletin 18/20.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche** :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② **Inventeur(s)** : CHOPARD FABRICE, LEBORGNE
MATHIEU, HUILLET CEDRIC, PATILLAUT THOMAS,
BOURASS HMAD, FAVIER YANN et DOMINIAK
CHRISTOPHE.

⑦③ **Titulaire(s)** : HUTCHINSON Société anonyme.

⑦④ **Mandataire(s)** : ERNEST GUTMANN - YVES
PLASSERAUD SAS.

FR 3 044 740 - B1



PIECE ISOLANTE METALLIQUE TRIDIMENSIONNELLE

La présente invention concerne le domaine de la gestion thermique.

5 Est concerné en particulier une pièce isolante sous atmosphère contrôlée (notamment pièce isolée sous vide ; PIV ou VIP en anglais : vacuum insulated panel) et son procédé de fabrication.

Des publications de brevets ont déjà traité de ces sujets.

10 Ainsi, US 9157230 propose-t-il un panneau PIV comprenant une enveloppe étanche entourant une structure interne et définissant autour d'elle une enceinte sous vide, l'enveloppe étanche comprenant au moins une feuille mince métallique de conductivité thermique inférieure à 26W/m.K et d'épaisseur inférieure à 0,1mm
15 choisie dans le groupe comprenant l'acier inoxydable, le titane et d'autres métaux à faible conductivité thermique, ladite au moins une feuille mince métallique étant scellée périphériquement pour maintenir sous vide l'enceinte.

Un problème demeure toutefois en liaison avec la tenue dans
20 le temps du panneau, donc sa fiabilité et son efficacité dans la gestion thermique de l'environnement où il est placé, cela d'autant plus si cet environnement est soumis à des normes sévères, comme dans les domaines naval ou automobile.

Sans spécifiquement cité les domaines d'applications
25 critiques, US 9157230 propose un panneau PIV prévu pour diminuer la fuite de chaleur vis-à-vis d'une structure face à laquelle le panneau sera disposé, lequel sera pour cela fabriqué:

- en soudant deux feuilles métalliques directement ensemble, en continu sur trois côtés adjacents aux bords de ces feuilles, de façon
30 à ainsi former une enceinte entre lesdites feuilles, au moins une

ouverture permettant alors à l'enceinte de communiquer avec l'extérieur;

- en serrant ensuite ensemble les bords des feuilles sur le côté ouvert restant de ces feuilles;

- 5 - et enfin, en évacuant du gaz de l'enceinte à travers ladite ouverture; puis en soudant alors ledit côté ouvert restant.

Cette manière de procéder qui impose une mise en œuvre contraignante ne se justifie pas aux yeux des inventeurs en ce qu'elle ne permet pas, selon leur opinion, de garantir suffisamment
10 une longévité décennale ou multi-décennale au panneau, dans des conditions opérationnelles satisfaisantes.

Un aspect de l'invention vise à traiter ce problème, qui devient critique quand un défaut de qualité de gestion thermique n'est pas acceptable pendant des années, dans un environnement difficile :
15 contraintes thermiques importantes autour d'un moteur, risques d'agressions chimiques, voire mécaniques lors d'une maintenance, cycles successifs des contraintes thermiques appliquées, dans un environnement vibratoire parfois sévère.

Il existe par ailleurs des procédés de réalisation de pièces
20 présentant des parois respectivement intérieure au moins localement concave et extérieure au moins localement convexe, ces procédés prévoyant :

- d'utiliser au moins une première et une seconde plaques métalliques,

- 25 - et de former en creux en particulier l'une de ces plaques métalliques pour constituer une partie au moins de la paroi intérieure ou extérieure de la pièce finie ou d'une ébauche de celle-ci.

Il n'est, à la connaissance des inventeurs, toutefois pas prévu à ce jour d'en faire des pièces d'isolation thermique sous
30 atmosphère contrôlée en pression et/ou en composition.

De fait, il est ici considéré qu'un obstacle est constitué par la manière de réaliser de telles pièces, en particulier si elles ont vocation à intégrer une enveloppe en dépression censée durer une décennie et davantage dans un environnement industriel (monde
5 automobile, domaine naval...).

Aussi est-il ici proposé un procédé de réalisation qui comprend les étapes qui suivent :

- former en creux la première plaque métallique pour constituer une partie au moins de la paroi intérieure de la pièce finie ou d'une
10 ébauche de celle-ci,
 - former en creux la seconde plaque métallique pour constituer une partie au moins de la paroi extérieure de la pièce finie ou d'une ébauche de celle-ci,
- avec comme autres spécificités que :
- 15 - lors des formages, on adapte les formes des première et seconde plaques métalliques de sorte qu'elles puissent être mises en contact l'une de l'autre, périphériquement, tout en réservant alors entre elles un espace, à l'intérieur de cette périphérie,
 - puis on met en place les première et seconde plaques métalliques
20 dans une chambre à dépression et/ou à atmosphère contrôlée, où elles sont rapprochées l'une de l'autre, scellées entre elles, périphériquement, de sorte qu'est créée entre elles, à l'endroit dudit espace, une enceinte en dépression et/ou sous atmosphère contrôlée.

25 Dans la présente demande :

- « dépression » a pour sens pression inférieure à la pression ambiante (donc $< 10^5 \text{Pa}$). Une pression entre 10^0Pa et 10^4Pa dans l'enceinte pourra en particulier convenir ;
- « atmosphère contrôlée » a pour sens remplie par un gaz ayant
30 une conductivité thermique inférieure à celle de l'air ambiant (26mW/m.K).

Des plaques métalliques d'épaisseur(s) inférieures ou égales à 3mm, et typiquement des épaisseurs comprises entre 0,07 et 3 mm, notamment avec des matériaux choisis dans le groupe comprenant l'acier inoxydable, l'aluminium et d'autres métaux à

5 conductivité thermique inférieure à 300 W/m.K, permettront :

- de confondre les conductivités thermiques globale de la pièce et intrinsèque des plaques, car la diffusion thermique et les pertes thermiques seront alors faibles,
 - et de satisfaire à des exigences de tenue mécanique comparables
- 10 à celles de carters d'huile à paroi pleine en aluminium d'épaisseur 7mm.

Dans le présent document, toute conductivité thermique est considérée comme estimée à 20°C et dans un environnement à pression atmosphérique.

15 Pour favoriser l'efficacité de l'isolation, voire la tenue mécanique, il est proposé que, préalablement à l'étape de réalisation de l'enceinte en dépression et/ou sous atmosphère contrôlée, on enferme un matériau cœur ou un écran thermo-réfecteur entre les deux plaques métalliques.

20 Dans le cas d'un matériau cœur, et d'autant plus s'il est censé constituer un élément structurant de soutien des plaques face à la dépression régnant dans l'enceinte, avant de sceller entre elles les plaques mises en forme, on moulera ce matériau cœur sensiblement aux formes des parois intérieure et extérieure de ces première et

25 seconde plaques, respectivement.

Et pour réaliser le scellement, on recourra de préférence à l'un parmi un soudage sous faisceau d'électrons, un brasage diffusion, un soudage par induction et un soudage par micro-plasma, le tout donc dans une dite chambre à atmosphère contrôlée, comme

30 précité.

Réalisé dans une chambre qui est en dépression par rapport au milieu extérieur ou est sous atmosphère contrôlée, le scellement présentera favorablement un taux de fuite inférieur à $10^{-6} \text{Pa.m}^3/\text{s}$, après un premier traitement thermique selon la norme RTCA-DO 160-G section 5 Cat A (de -55°C à 400°C) et un second traitement thermique à -196°C pendant 1 heure.

De la sorte, on trouvera une alternative pertinente à la solution de US 9157230, en assurant la possible réalisation de formes plus complexes, sans altération de la qualité de l'isolation due à l'atmosphère contrôlée en pression ou en composition.

Ci-dessus, on aura noté que, par rapport à la norme RTCA-DO 160-G section 5 Cat A, la température maximale du test a été ramenée de 550°C à 400°C .

Et, favorablement, les taux de fuite à l'endroit du scellement devront être identiques (à 20% près) avant l'application du test selon la norme et après.

Pour favoriser l'obtention d'un tel taux de fuite inférieur à $10^{-6} \text{Pa.m}^3/\text{s}$, il est par ailleurs proposé qu'à l'endroit du scellement l'une au moins de ces plaques métalliques :

- présente au moins un pliage, tel un double pliage, sur elle-même,
- et/ou soit doublé, ou présente, une structure mécaniquement pouvant comprendre, ou consister en, un cadre structurant, de préférence métallique pour alors réaliser un assemblage par exemple soudage ou brasage.

Dans les deux cas, c'est donc à l'endroit du scellement qu'on préparera celui-ci, en serrant là ensemble les bords des plaques, et non pas en périphérie extérieure des feuilles, d'un côté restant, comme dans US 9157230.

Il a en outre été noté qu'en utilisant des plaques grainées pour réaliser l'enveloppe, on disposera d'une réserve de déformation de matière utile en particulier pour les zones de pliure (éviter un

déchirement pendant le formage) ou pour absorber une partie au moins des déformations des parois de l'enveloppe dues notamment à des contraintes thermiques.

De fait, on doit comprendre l'expression « plaque grainée »
5 comme une plaque présentant au moins une zone de réserve de matière :

- utile à la formation des bords et/ou des zones de pliure, notamment dans une application à un stockeur d'énergie thermique ou une unité de stockage cryogénique,
- 10 - et/ou à l'absorption de dilatations thermiques, lorsque deux températures très éloignées sont respectivement appliquées de part et d'autre de la pièce, comme dans des applications aéronautique et cryogénique.

Ainsi, une alternative à un réel grainage comme figure 10 ci-
15 après, pourrait consister en la prévision d'au moins une zone en accordéon dépliant sous un certain effort.

Selon un autre aspect, il est conseillé que les plaques métalliques présentent, de préférence de façon cumulative :

- une dureté comprise entre 300 N/mm² et 2350 N/mm²,
- 20 - une résistance mécanique Rm supérieure ou égale à 20MPa,
- un allongement à la rupture compris entre 5% et 50% (formage à chaud).

Ces paramètres physiques favoriseront le formage, la tenue mécanique, la tenue aux cycles thermiques, la soudabilité (ou
25 brasabilité).

Concernant le formage des première et seconde plaques métalliques, réaliser un formage incrémental (ISF) assurera une fabrication compatible avec les durées visées : décennales et au-delà.

30 Pour allier une capacité d'isolation renforcée, une mise en forme relativement aisée et une résistance mécanique performante

liée à une cohésion assurée par la nature de l'isolant, il est même recommandé que ce matériau cœur soit mécaniquement structurant et comprenne un pyrolysat d'une composition carbonée gélifiée formant un gel monolithique polymérique organique apte à former
5 par pyrolyse un monolithe de carbone poreux, la composition étant à base d'une résine issue au moins en partie de polyhydroxybenzène(s) R et de formaldéhyde(s) F et présentant une conductivité thermique inférieure ou égale à 100mW/m.K, caractérisée en ce que ladite composition gélifiée comprend au
10 moins un polyélectrolyte cationique hydrosoluble P.

Par exemple dans une application automobile où il faudra lier la pièce à une partie d'un moteur, une telle fixation pourra s'avérer délicate, compte tenu de l'atmosphère à préserver dans l'enceinte et des contraintes diverses : vibrations, projections, éventuelle
15 maintenance....

Aussi est-il proposé que les parois métalliques formant l'enceinte de la pièce soient entourées par un rebord de fixation qui comprendra une structure mécaniquement renforcée, telle qu'un cadre :

- 20 - située au moins localement autour du scellement entre les parois métalliques,
- et qui recevra, autour dudit scellement, des moyens de liaison avec la structure (partie de moteur ou autre) auquel on rapportera la pièce pour l'y fixer.

25 Le rebord de fixation pourra présenter une épaisseur de matière augmentée par rapport à celle(s) des parois métalliques, pour définir la structure mécaniquement renforcée et/ou l'endroit du scellement entre les parois métalliques.

Quant au pliage sur elle-même d'au moins une des plaques
30 métalliques formant les parois, il pourra constituer une partie au

moins de cette structure renforcée, en offrant une épaisseur de matière augmentée.

En termes d'étapes de fabrication, deux processus sont en particulier visés :

- 5 a) dans le premier processus, on vise à une coquille ou partie de coquille, en vue de former en une, voire plusieurs pièce(s), une forme en cuvette.

Dans ce cas, il est recommandé que :

- le formage en creux de la première plaque métallique soit
10 intérieurement au moins localement concave pour constituer une partie au moins de ladite paroi intérieure,
- le formage en creux de la seconde plaque métallique soit extérieurement au moins localement convexe pour constituer une partie au moins de ladite paroi extérieure,
- 15 - puis, avant de sceller ensemble lesdites plaques métalliques, que le creux de la première plaque métallique soit :
 - soit placé dans le creux de la seconde plaque, pour définir une cuvette à double paroi,
 - soit placé en face du creux de la seconde plaque, pour définir
20 avec elle une cuve à double paroi ;

- b) dans le second processus, on vise à réaliser une structure par assemblage de plusieurs pièces chacune à double parois isolantes.

Dans ce cas, il est recommandé:

- de réaliser donc plusieurs dites pièces thermiquement isolantes,
25 chaque réalisation comprenant :
 - le formage en creux de la première plaque métallique qui est extérieurement au moins localement convexe pour constituer une partie au moins de ladite paroi intérieure,
 - le formage en creux de la seconde plaque métallique qui est
30 extérieurement au moins localement convexe pour constituer une partie au moins de ladite paroi extérieure,

-- puis, avant de sceller ensemble lesdites plaques métalliques, un placement face à face des creux respectifs des première et seconde plaques, pour définir une double paroi extérieurement convexe,

- 5 - une fois les pièces scellées, de les disposer pour qu'elles définissent chacune une partie des parois intérieure et extérieure d'une structure à assembler,
- puis d'assembler entre elles plusieurs dites pièces scellées successives, pour réaliser la structure, avec donc au moins
- 10 localement lesdites parois respectivement intérieure et extérieure réalisées avec des première et seconde plaques métalliques préalablement mises en forme, entre lesquelles s'étend donc une enceinte en dépression et/ou sous atmosphère contrôlée.

Quel que soit le processus de fabrication retenu, chaque

15 pièce d'isolation thermique comprendra donc avantageusement une enveloppe étanche définissant une enceinte interne en dépression par rapport au milieu extérieur ou sous atmosphère contrôlée, la pièce présentant une conductivité thermique inférieure à 100mW/m.K (à 20°C et dans un environnement à pression

20 atmosphérique), l'enveloppe étanche comprenant des parois métalliques respectivement intérieure et extérieure globalement formées en creux et scellées ensemble périphériquement pour maintenir l'enceinte en dépression ou sous atmosphère contrôlée, et ayant chacune une épaisseur inférieure à 3mm .

- 25 Une application de telles pièces, ou de structures assemblées, à la réalisation d'une partie au moins d'un carter de réception d'un fluide, en particulier de l'huile, soit entre -50°C et 15°C (quand le fluide est froid) soit entre 50°C et 300°C (quand le fluide est devenu chaud), est prévue, de même que celle d'un
- 30 stockeur de calories pour un moteur de propulsion navale ou automobile, et celle d'une nacelle de moteur d'aéronef comprenant

une structure interne fixe (dite IFS) pourvue de plusieurs dites pièces isolantes, certaines au moins ayant des formes incurvées .

Encore une autre application pourra concerner la réalisation d'un échangeur de chaleur ou d'une cuve de stockage :

- 5 - soumis(e) à une température comprise entre -150°C et -273°C et à une différence de températures entre un volume interne et un environnement extérieur supérieure à 100°C ,
- et comprenant au moins une dite pièce isolante ayant tout ou partie des caractéristiques précitées.

10 Si nécessaire, l'invention sera encore mieux comprise et d'autres caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront encore à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- 15 - la figure 1 est une coupe verticale schématique d'une pièce isolante conforme à l'invention,
- les figures 2,3,7 en sont des vues locales agrandies, suivant différents modes de réalisation ;
- la figure 4 est une perspective schématique d'une autre zone de la
- 20 pièce de la figure 1 ;
- les figures 5,6 montrent de nouveau les zones de fixation et de scellement de la pièce, en éclaté figure 6 ;
- la figure 8 schématise l'application de la pièce au réchauffage d'huile sur un navire ;
- 25 - la figure 9 montre des courbes de variation de conductivité (λ) en fonction de la pression, pour quelques cœurs de pièces ;
- la figure 10 schématise un grainage de plaque métallique,
- la figure 11 schématise une chambre à atmosphère contrôlée contenant un dispositif de scellement périmétrique de la pièce
- 30 isolante à réaliser,

- les figures 12 et 13 schématisent respectivement un système échangeur et une cuve isolés par des pièces à double paroi selon l'invention,
- la figure 14 schématise une nacelle de moteur d'aéronef
- 5 comprenant une structure interne fixe (IFS) pourvue de plusieurs dites pièces isolantes,
- la figure 15 montre plusieurs pièces isolantes (référencées chacune 1 ci-après) fabriquées et associées selon le second processus de réalisation proposé,
- 10 - et la figure 16 montre une cuve formée de plusieurs, ici deux, portions (demi)-coquilles à assembler face à face.

Un objectif de la présente invention est ainsi de créer une pièce sous atmosphère contrôlée (en pression et/ou en composition), hermétiquement scellé, résistant à la perforation, peu

15 coûteux, à longévité effective de plusieurs années (10 ans et plus sont visés) de taille et de forme arbitraire et à haute résistance thermique R donc à forte capacité de réduire les transferts thermiques là où il est installé.

Les figures 1-5 illustrent différentes zones possibles d'une

20 telle pièce 1 thermiquement isolante, qui comprend une enveloppe étanche à l'air 3 (voir taux de fuite en cause) définissant une enceinte 7 fermée sous atmosphère contrôlée en (dé)pression ou en composition.

L'enveloppe étanche 3 est définie par des parois ou plaques

25 métalliques, respectivement intérieure 30 au moins localement concave et extérieure 31 au moins localement convexe, scellées ensemble sur toute le périmètre de l'enveloppe, en zone 6, pour maintenir l'enceinte en dépression ou sous atmosphère contrôlée, comme déjà mentionné. L'expression « métal » couvre les alliages.

30 Les parois 30, 31 ont chacune une épaisseur comprise entre 0,1 et 3mm, et typiquement entre 1 et 3mm.

Il s'agit de plaques métalliques choisies dans le groupe comprenant l'acier inoxydable, l'aluminium et d'autres métaux à conductivité thermique inférieure à 300W/m.K.

L'atmosphère contrôlée dans l'enceinte 7 peut consister en la
5 présence d'un gaz tel que du CO₂.

A titre complémentaire ou alternatif, l'atmosphère contrôlée peut consister en une pression inférieure à la pression atmosphérique.

Bien que l'enceinte 7 puisse ne rien contenir en tant
10 qu'élément structurel à visée d'isolation ou de barrière thermique, elle renferme ici, comme préféré, pour la qualité de cette isolation, un isolant thermique, comme figures 1-6, ou un écran thermo-réfecteur, comme schématisé figure 7.

Figures 1-3, l'isolant thermique est poreux. Ceci est
15 avantageux.

« Poreux » désigne ici un matériau possédant des interstices permettant le passage de l'air. Les matériaux poreux, à cellules ouvertes, incluent donc les mousses mais également les matériaux fibreux (tels que la laine de verre ou de roche). Les interstices de
20 passage que l'on peut qualifier de pores ont des tailles inférieures à 1 ou 2mm de façon à pouvoir garantir une bonne isolation thermique, et de préférence à 1micron, et préférentiellement encore à 10^{-9} m (structure nano-poreuse), pour des questions en particulier de tenue mécanique et/ou au vieillissement, et donc de possible dépression
25 moins forte dans l'enceinte.

Parmi les isolants fibreux, ceux minéraux sont définis dans la norme NF B 20-001. Les isolants fibreux minéraux se regroupent en deux grandes familles : les laines de roche volcanique ou de laitier et les laines de verre.

Dans la réalisation telle que schématisée figures 1-6, l'isolant thermique définit un matériau cœur structurant 5 pour le panneau 1, c'est-à-dire qu'il participe à la tenue mécanique du panneau.

Dans cette réalisation, le matériau cœur 5 est un monolithe.

5 D'autant plus si le matériau cœur est structurant 5, la plaque intérieure 30 pourra être moins épaisse que la plaque extérieure 31, dès lors que l'effet de la pression extérieure (EXT) sera d'abord supporté par la paroi extérieure 31.

Par ailleurs, un matériau cœur 5 comprenant un aérogel sera
10 favorablement considéré, comme tenu des avantages en termes de de conductivité thermique, densité, résistance mécanique, capacité à être moulé dans des formes complexes.

L'atmosphère contrôlée dans l'enceinte 7 est un paramètre majeur de la pièce 1 car elle lui permet d'assurer la fonction de super
15 isolant thermique, si le matériau cœur 5 est un isolant thermique, et de préférence un isolant micro ou nanoporeux, a priori en combinaison avec une dépression (par rapport à la pression atmosphérique environnante) dans l'enceinte 7.

De fait, associer une enveloppe 3 performante et une
20 atmosphère contrôlée, et en particulier dépressurisée, dans l'enceinte 7 permettra d'obtenir un PIV tridimensionnel à longue durée de vie pouvant être installé en particulier dans une automobile ou sur un bateau.

Ainsi a-t-on schématisé figure 1 l'application d'une pièce 1 en
25 tant que carter de réception d'un fluide, tel qu'un lubrifiant, en particulier de l'huile pour un bloc moteur 9 de véhicule automobile. Il peut s'agir d'un stockeur 10 de calories dans le volume intérieur 12 que définit l'ensemble formé par la pièce creuse 1, en forme de cuvette, et une paroi extérieure 90 du bloc moteur 9 contre laquelle
30 sera alors appliquée la pièce 1.

Telle est aussi l'application schématisée figure 8, pour un moteur 11 de propulsion navale.

Dans cette application, deux pièces 1 du type précité, avec chacune une double paroi formant l'enveloppe 3 scellée 5 périphériquement en 6 et à matériau cœur 5, forment un boîtier dans le volume intérieur 13 duquel d'un côté arrive un fluide 15 à gérer thermiquement (ce peut encore être de l'huile moteur), et de l'autre repart ce même fluide, via un circuit 17 qui passe par le moteur 11 où l'huile est utilisée. Dans le volume 13, le fluide 15 peut passer en 10 échange thermique avec des éléments 19 de stockage et restitution d'énergie thermique, tels que des billes, à base de matériau à changements de phases solide/liquide (MCP). Il s'agira d'un matériau tel qu'une paraffine ou un acide. Les températures de changements de phases seront comprises entre -50°C et 15°C (pour 15 une isolation vis-à-vis d'un environnement froid par exemple) ou entre 50 et 300°C (pour une application navale par exemple, ou une isolation vis-à-vis d'un environnement très chaud) ce qui exclut les matériaux à changement de phase préférentiellement utilisé pour le bâtiment (18 – 24°C) et les applications médicales (35 – 40°C).

20 Après avoir par exemple été chargés en énergie chaude, par liquéfaction, ces éléments 19 pourront libérer ultérieurement cette énergie, par exemple au démarrage du moteur, pour préchauffer l'huile du moteur afin de diminuer l'émission de polluants à ce moment. Des parois transversales 21 dans le volume intérieur 13 y 25 créent des chicanes favorables pour les échanges thermiques à réaliser.

Fixé à une structure du bateau, à côté du moteur 11, le boîtier stockeur 10 est donc fermé de façon étanche au fluide 15, par la réunion des différentes pièces 1 qui sont serrées ou fixées ensemble 30 périphériquement, en 23.

Le boîtier ou cuve 10 peut être réalisé(e) comme schématisé figure 16, en plusieurs portions de coquilles à assembler face à face, ici deux demi-coquilles, chacune formée d'une pièce 1 selon l'invention. De fait on retrouve plusieurs fois, ici deux fois, la pièce 5 creuse à double paroi de la figure 1, avec interposition préférée, entre les plaques 30,31 formées en creux, d'un matériau cœur 5 (voire d'un écran 41). Ensuite, après avoir disposées ces portions de coquilles avec les creux (volumes intérieurs 12) face à face, comme sur la figure 16, on va pouvoir venir fixer les pièces en 23, 10 typiquement à l'endroit des rebords 22, par exemple par soudage, afin de créer la chambre 13 et la cuve fermée attendue.

Un ou plusieurs orifices 24 formés de façon étanche à l'air à travers une ou plusieurs des doubles parois 30-31 permettra une entrée et/ou une sortie de fluide dans ou hors de la chambre 13, via 15 par exemple un tube.

Dans l'application automobile de la figure 1, la pièce 1 formant carter est fixée au (ici sous le) bloc moteur 9, via les moyens de fixation 25. Les figures 3 à 7 détaillent cet aspect.

Mais d'abord figure 2, on voit que, notamment pour une 20 application où le poids est un paramètre critique, si l'épaisseur des plaques 30,31 est, par plaque, inférieur à 3mm (par exemple pour des plaques en acier inoxydable de type 304L), il pourra être mécaniquement utile qu'à l'endroit de tout le pourtour du scellement les plaques 30,31 présentent un pliage sur elles-mêmes, tel un 25 double pliage, repéré 27 figures 2,3. Ainsi, on épaissira en 29 la matière disponible pour le scellement et/ou pour la tenue en suspension, une fois la pièce fixée à son corps support, ici le bloc moteur 9.

Une autre manière de créer une épaisseur 29 de matière 30 augmentée par rapport à celle(s) des parois métalliques 30,31, en vue de définir localement, sur la pièce 1, une structure

mécaniquement renforcée et/ou l'endroit du scellement 6, est de rapporter un cadre ou des tronçons de cadre 33.

Dans les deux cas, l'élément 33 sera favorablement associé à un rebord 35 que présentera la pièce 1, sur tout son périmètre.

5 En particulier, et comme illustré, les parois métalliques 30,31 pourront alors être chacune entourées par un rebord de fixation 35 comprenant la structure mécaniquement renforcée formée alors par le cadre (ou les tronçons de cadre) 33.

10 Cet élément 33 sera ainsi situé au moins localement autour du scellement 6. Et il recevra avantageusement, autour de ce scellement, les moyens 25 de liaison avec le corps auquel on a prévu de le fixer.

15 Ces moyens 25 de liaison pourront comprendre des moyens démontables, tels des vis 37. Figures 5-7, on voit qu'alors des trous 39 pourront traverser l'élément 33 et les rebords de fixation 35, afin de recevoir les moyens 25 de liaison à fixer au bloc moteur 9, dans l'exemple. Des joints (non représentés) seront prévus à l'endroit de ces fixations pour ne pas altérer l'étanchéité assurée par l'enveloppe 3.

20 L'alternative imaginée figure 3 est un cadre 33 en forme de pince recevant le rebord 35 et se poursuivant périphériquement par une surface de réception des éléments de fixation 25,39.

25 Dans tous les cas, la disposition de l'(des)élément(s) 33 autour du scellement 6 permettra d'isoler la fixation du scellement, dont elle n'affectera ainsi pas la qualité. Les perçages 39 n'auront pas d'impact sur l'étanchéité de l'enceinte 7.

30 Ceci est essentiel, puisqu'on le rappelle, dans chaque pièce 1, c'est l'atmosphère contrôlée à pression inférieure à 10^5 Pa qui y règne qui réduira la composante gazeuse de la conductivité thermique. Cependant, à température supérieure à 150°C , la composante radiative peut avoir une grande influence. On peut

absorber cette composante via l'opacité du matériau. Cette absorption dépend directement du coefficient d'extinction moyen A de Rosseland du matériau (voir tableau ci-dessous), quand celui-ci comprend au moins un bloc isolant poreux :

Composition	A (m^2/kg)
SiO ₂	22,7
SiO ₂ opacifié	84,2
TiO ₂	32,6
ZrO ₂	38,9
Carbone	> 1 000
Résorcinol-formaldéhyde (RF)	50,1
Mélamine-formaldéhyde (MF)	47,2
Polyuréthane	47,6
Polystyrène	47,8

5

On notera ainsi l'intérêt, dans des applications où la température atteint sensiblement ou dépasse 150°C, à ce que les blocs de matériau cœur 5 aient un coefficient d'extinction moyen A de Rosseland supérieur ou égal à 30.

- 10 Tel est le cas d'un gel de silice, ou de poudre d'acide silicique (SiO₂), pressé en plaque, ou de la composition carbonée pyrolysée présentée dans FR-A-2996850 et dont l'évolution $\lambda=f(P)$ est montrée figure 9 (courbe 2) que l'on recommande, dans sa version pyrolysée (voir figure 9 ; courbe 3), pour réaliser alors la structure interne 5, en
- 15 ce qu'il s'agit du pyrolysé d'un gel monolithique polymérique organique ou dudit gel sous forme d'un monolithe de carbone poreux super isolant thermique (i.e. de conductivité thermique inférieure ou égale à 100mW/m.K, et de préférence inférieure ou égale à 26mW/m.K). Plus précisément, ce pyrolysé est une composition
- 20 organique gélifiée formant un gel polymérique apte à former par pyrolyse un monolithe de carbone poreux, la composition étant à base d'une résine issue au moins en partie de

polyhydroxybenzène(s) R et de formaldéhyde(s) F, ladite composition gélifiée comprenant au moins un polyélectrolyte cationique hydrosoluble P. Favorablement, ce polyélectrolyte sera un polymère organique choisi dans le groupe constitué par les sels d'ammonium quaternaire, le poly(chlorure de vinylpyridinium), la poly(éthylène imine), la poly(vinyl pyridine), le poly(chlorhydrate d'allylamine), le poly(chlorure de triméthylammonium éthylméthacrylate), le poly(acrylamideco-chlorure de diméthylammonium) et leurs mélanges.

10 Les courbes de la figure 9 représentent l'évolution de la conductivité thermique gazeuse en fonction de la pression, pour différents matériaux poreux. Les valeurs 10nm, 100nm, 100 microns... sont les tailles caractéristiques des pores du matériau poreux concerné.

15 Ainsi la courbe 3 représente le cas d'un matériau nanoporeux (aérogel), la courbe 2 représente le cas d'un matériau microporeux ayant des pores de 1micron et la courbe 1 représente le cas d'un matériau microporeux ayant des pores de 100microns.

Avec de tels blocs, on pourra former un isolant thermique 5 à effet mécaniquement structurant (le polyuréthane pouvant être une alternative, bien que notablement moins performante thermiquement). Un avantage du pyrolysats de la composition présentée dans FR-A-2996850 est toutefois qu'il n'est pas inflammable.

25 En alternative, voire en complément, un écran thermo-réfecteur 41, pourra être contenu dans l'enceinte 7, comme illustré figure 7, afin de limiter les échanges radiatifs (rayonnement thermique) à travers la pièce. Il pourra s'agir d'un écran à couches multiples.

L'élément écran thermo-rélecteur 41, métallique, pourra être fixé, y compris soudé, avec l'une au moins des feuilles métalliques 30,31 pour son maintien en place dans l'enceinte 7.

Ainsi, on peut envisager des protections dont la fonction
5 isolante sera assurée par un vide assez poussé (typiquement moins de 10^{-1} Pa) en association avec des films thermo-rélecteurs 500. Ce seront avantageusement des feuilards dont le coefficient de réflexion des ondes thermiques (cf tableau ci-dessous), entre $0.1\mu\text{m}$ et $100\mu\text{m}$ de longueur d'ondes, sera suffisamment élevé pour
10 stopper la chaleur émise par rayonnement en la réfléchissant. Une solution pertinente comprendra des feuilards métalliques constituant une enveloppe avec une pression interne $<10^3$ Pa et un ou plusieurs films thermo-rélecteurs d'épaisseur totale inférieure à 300mm . Chaque film devra avoir une émissivité très faible : idéalement <
15 0,1. Une autre solution avec une succession de couche de film de mylar™ aluminisé et de feutre isolant est aussi possible.

On sait que l'émissivité est égale au coefficient d'absorption. Et le coefficient de transmission sera faible car, fin, un film absorbe moins d'énergie. Ainsi un émissivité basse garantit un bon
20 coefficient de réflexion donc une bonne protection contre le rayonnement thermique.

Tableau énumérant des matériaux à faible émissivité :

Émissivité des principaux matériaux

Matériaux	Émissivité	Longueur d'onde μm
Or poli	0,018 - 0,035	
Cadmium	0,02	
Argent poli	0,02 - 0,03	
Cuivre poli	0,023 - 0,052	8 - 14
Cuivre déposé électriquement	0,03	8 - 14
Zinc poli	0,03	
Tungstène poli	0,03 - 0,04	8 - 14
Laiton poli	0,03 - 0,05	8 - 14
Ancien filament de tungstène	0,032 - 0,35	
Aluminium poli	0,039 - 0,057	8 - 14
Clinquant d'aluminium	0,04	
Huile (film sur base de nickel) ép 0mm	0,05	
Tantale (feuille)	0,05	
Etain	0,05 - 0,07	8 - 14
Nickel Electro déposé (poli / brut)	0,05 - 0,11	
Molybdène poli	0,05 - 0,18	
Platine poli	0,054 - 0,104	8 - 14
Plomb pur non oxydé	0,057 - 0,075	
Laiton laminé en plaque	0,06	
Acier poli	0,07	
Cuivre recuit	0,07	8 - 14

Quelle que soit la nature de l'élément 5, et même si une atmosphère par exemple de CO₂ dans l'enceinte 7 pourrait convenir dans certains cas moins exigeant en termes d'isolation thermique, il est considéré que c'est malgré tout la pression dans l'enceinte qui permettra à la pièce 1 d'atteindre une conductivité thermique réellement faible. En pratique, la pression dans l'enceinte 7 sera ainsi favorablement comprise entre 0,00001 mbar et moins de 1000 mbar (1000 mbar = 10⁵ Pa), en début de vie (dans l'année ou les 5 mois qui suivent la fabrication). En outre, avec une pression interne de 1Pa, des feuilles et un matériau cœur 5 selon FR29966856 d'une

épaisseur de 10mm, un taux de fuite comme précité (typiquement 10^{-10} Pa.m³/s), la pièce 1 garantira une pression interne de 10³Pa (10mbar) au maximum après au moins 10 ans de vie opérationnelle, selon la norme RTCA-DO 160-G section 5 Cat A (de -55°C à 400°C),
5 avec des taux de fuite identiques (à 20% près) avant l'application du test selon la norme et après.

A ce sujet, on peut déduire de la figure 6 que, si la pression maximale admissible dans l'enceinte 7, en fin ou début de vie du pièce 1, est fixée à 100 mbar, alors aucun matériau dont la porosité
10 est supérieure à 10nm ne pourra être performant comme l'est tant le gel de la courbe (2) que son pyrolysate (courbe 3), par rapport à un cœur 5 à base de PU (polyuréthane) ; courbe (1).

Une dépression dans l'enveloppe 7 créera une différence de pression, qui peut atteindre 10⁵ Pa, entre le milieu externe et
15 l'enceinte 7. Si l'on craint que l'enveloppe 3 ne puisse pas absorber seule cette contrainte, un matériau cœur 5 structurant aidera à supporter la compression. Des renforts dans ce matériau pourront aider encore davantage. Ces renforts peuvent être des cales ou des structures particulières comme des nids d'abeilles. Si la ou l'une au
20 moins des plaques 30,31 est en métal grainé (réalisé par exemple par des rouleaux bosselés), avec donc des dômes 57 comme schématisé figure 10, on pourra aussi améliorer la tenue mécanique de la pièce 1. Un grainage améliorera la tenue de la protection mais pourrait induire des difficultés lors de l'assemblage. En effet, il pourra
25 empêcher d'avoir un contact parfait entre les plaques 30,31. Il faudra alors utiliser des outillages spécifiques pour souder ou braser ce grainage, tels que des cadres de serrage.

Un ou plusieurs getters (ou pièges à gaz) servant à empêcher l'oxydation du matériau cœur et à fixer les gaz qui pénètrent dans
30 l'enceinte 7 ou qui sont émis par le cœur 5 au cours de son cycle de vie pourront être prévus. Chaque getter permettra de limiter

l'augmentation de la pression et de capter l'humidité, d'où un impact sur la conductivité.

Quoi qu'il en soit, la pièce 1 présentera sur une gamme de température de -20°C à 500°C une conductivité thermique comprise
5 entre 10mW/m.K et 100mW/m.K, et favorablement inférieure à 26mW/m.K (air).

Et selon une caractéristique essentielle à la tenue du panneau dans le temps comme déjà indiqué, le scellement 6 de la(des) feuilles métalliques de l'enveloppe, réalisé sous atmosphère
10 contrôlée, présentera un taux de fuite inférieur à 10^{-6} Pa.m³/s après un premier traitement thermique selon la norme RTCA-DO 160-G section 5 Cat A (de -55°C à 400°C) et un second traitement thermique à -196°C pendant 1 heure. Ceci permettra au moins d'exclure la possibilité que la(les) plaques 30,31 soient doublées de
15 plastique par exemple et qu'il n'y ait pas de scellement direct métal/métal, chaque plaque formant de fait et a priori la limite tant interne qu'externe de l'enveloppe 3.

La pression interne de l'enceinte 7 pourra ainsi être maintenue pendant des durées de l'ordre de 10 ans et un peu plus.

20 Le taux de fuite s'exprime selon l'équation suivante :

$$\tau = \Delta p_{admissible} \cdot \frac{Volume\ sous\ vide}{Durée\ de\ vie}$$

$\Delta p_{admissible}$ est la différence, en Pa, entre la pression admissible en fin de vie dans la pièce et celle en début de vie ;

Le *Volume sous vide* est le volume de l'enceinte 7, en m³ ;

25 La *Durée de vie* s'exprime en s.

Par exemple pour une protection constituée d'une enveloppe 7 de 1L de volume sous vide, une durée de vie de 3 ans correspond à un taux de fuite de 10^{-8} Pa.m³/s. Ci-dessous est présenté un tableau référençant les taux de fuite et les durées de vie pour une

protection d'un volume d'un litre et une différence de pression en fin de vie de 10mbar.

1.E-04	1	jour
1.E-05	12	jours
1.E-06	116	jours
1.E-07	3	années
1.E-08	32	années
1.E-09	317	années
Taux de fuite mbar.L/s		

Les taux de fuites seront mesurés suivant les normes :

- 5 - Norme ISO 17025 : Exigences de qualité et de compétence propres aux laboratoires d'essais et d'analyses.
- Norme ISO 3530 : Technique du vide – Etalonnage des spectromètres de masse détecteurs de fuites.

Un test à l'hélium pourra être requis si le taux de fuite à mesurer est inférieur à 10^{-4} Pa.m³/s. Au-dessus, on pourra utiliser un test air sous eau.

Un point important sera donc en fait lié au type de scellement 6 réalisé.

La figure 11 schématise le fait qu'il s'agit d'un scellement 6
15 réalisé sous atmosphère contrôlée, directement dans le volume interne 65 d'une chambre 59 à atmosphère contrôlée en pression et/ou en composition.

Grace à un système d'évacuation de gaz 61, il y règne une pression inférieure à 10^5 Pa. Et c'est donc dans cette chambre 59
20 qu'une machine de scellement 63 a été préalablement placée. Après que la dépression adaptée aura été réalisée dans le volume 65, cette machine effectuera donc ce scellement en zone 6, en une seule ligne continue, là où on aura de préférence serré ensemble les plaques.

En alternative, ou en complément, le système 61 pourrait servir à substituer à de l'air un gaz ayant une conductivité thermique inférieure à celle de l'air ambiant (comme le CO₂) dans le volume 65 de la chambre 59.

5 Même si d'autres scellements sous atmosphère contrôlée peuvent être prévus, favorablement ce scellement comprendra l'un parmi un soudage sous faisceau d'électrons, un brasage diffusion, un soudage par induction et un soudage par micro-plasma réalisé donc avec la machine 63 adaptée.

10 Ainsi, si un matériau cœur 5 est prévu, et qu'une pièce en forme de cuvette comme sur la figure 1 ou 4 est visée, il suffira le moment venu :

- de former les première et seconde plaques métalliques 30,31 pour constituer les parois (au moins localement) intérieure concave et
- 15 extérieure convexe de la pièce finie ou d'une ébauche de celle-ci,
- lors de ces formages, d'adapter les formes des plaques de sorte qu'elles puissent être mises en contact l'une de l'autre, périphériquement (typiquement via le rebord 35), tout en réservant alors entre elles un espace (volume 7, après scellement), à l'intérieur
- 20 de cette périphérie,
- d'interposer entre ces plaques le matériau cœur 5 (ou l'écran 41), ceci avant ou après avoir placé le creux de la première plaque 30 dans le creux de la seconde plaque 31, pour définir alors une cuvette à double paroi,
- 25 - de mettre en place le tout dans la chambre 59, les plaques étant alors suffisamment proches l'une de l'autre pour être scellées ensemble, directement, en zone 6, de sorte que soit créée à l'endroit dudit espace l'enceinte 7 en dépression et/ou sous atmosphère contrôlée.

30 On ouvrira alors la chambre 59 et récupèrera une pièce 1 prête à l'emploi.

On notera que, favorablement, avant de sceller les plaques, voire avant de mettre en place le matériau cœur 5 entre elles, on le moulera, par exemple dans un moule à cire perdue, sensiblement aux formes des parois intérieure et extérieure des première et 5 seconde plaques métalliques 30,31, respectivement. On pourrait aussi verser une poudre entre les plaques 30,31 mises en forme, puis y faire prendre cette poudre avec un liant, de manière à figer la forme du matériau cœur 5.

Quant au formage des plaques 30,31, on pourra 10 favorablement l'obtenir par un formage incrémental (ISF). Le principe consiste à déformer localement une tôle à l'aide d'un outil à bout hémisphérique avec un faible diamètre par rapport aux dimensions du flan. L'avantage sera de réaliser des pièces 3D à géométrie complexe en contrôlant la trajectoire de l'outil de formage 15 générée par une machine à commande numérique, sans nécessité de matrices ou d'outillages spécifiques. Un formage par emboutissage ou moulage est aussi possible.

Deux alternatives de réalisation peuvent s'appliquer :

- à un échangeur 60 (figure 12),
- 20 - et à une cuve 61 (figure 13) de stockage, notamment pour y stocker des tubes contenant des liquides organiques, pour l'industrie pharmaceutique ou des laboratoires biomédicaux.

Dans les deux cas, tout ou partie des parois de l'échangeur ou de la cuve est constitué comme la pièce 1. Un volume utile 25 interne 65 de l'échangeur 60 ou de la cuve 61 est ainsi isolé thermiquement de l'environnement extérieur (EXT).

La température dans le volume utile interne 65 sera comprise entre -150°C et -273°C et la différence de températures entre le volume 65 et cet environnement extérieur (EXT ; 67) sera supérieure 30 à 100°C .

Le volume 65 de la cuve 61 peut être fermé par un couvercle 67 ouvrable ou séparable, formé aussi comme une pièce 1.

Dans l'échangeur 60, des entrées 69a,69b et sorties 70a,70b de fluides permettent la circulation d'au moins deux fluides à placer en échange thermique dans l'échangeur 60 que les pièces 1 protègent thermiquement, en périphérie. Si les entrées et sorties de fluides doivent traverser au moins une pièce 1, une étanchéité autour de chaque passage sera assurée, typiquement par un cordon de scellement 6.

10 Dans l'application « IFS » comme figure 14, une nacelle 69 comprend, le long de l'axe longitudinal XX du moteur, après une section médiane 71 entourant une soufflante 73 du turboréacteur 75, une section aval 77. La section aval comprend une structure interne 79 (IFS), une structure externe (encore appelée outer fixed structure ou OFS) 81 et un capot mobile (non représenté) comportant des
15 moyens d'inversion de poussée. L'IFS 79 ainsi que l'OFS 81 sont fixes par rapport au capot mobile. Ils délimitent une veine 83 permettant le passage d'un flux d'air 85 entrant dans le moteur, ici dans la soufflante 73. Un sommet de la nacelle reçoit un pylône
20 d'attache permettant de fixer la nacelle typiquement à une aile de l'aéronef.

C'est dans la structure interne 79 (IFS) que sont disposées les pièces 1, chacune ayant avantageusement une forme globalement incurvée, en particulier cintrée, compte tenu de la forme globalement
25 annulaire de cette structure interne. Une forme individuelle globalement en secteur d'anneau conviendra bien à chaque pièce 1, l'ensemble définissant donc une forme annulaire, avec des secteurs circonférentiellement bout à bout. De ce fait une réalisation en portions de coquille ou de cuvette, comme le permet le processus de
30 fabrication présenté ci-avant est réaliste. Comme pour toute pièce 1 si cela est préférable, on peut aussi prévoir une réalisation comme

ci-dessous que l'on peut illustrer avec la figure 15, où chaque paroi ou plaque 30,31 pourrait, suivant une direction perpendiculaire au plan de coupe, n'être pas plane mais incurvée, notamment pour la réalisation par tronçons d'une structure annulaire.

- 5 La structure ici à obtenir peut être la cuve 61 qui est limitée extérieurement par une paroi intérieure 300 et une paroi extérieure 310 dont au moins certains tronçons sont constitués en doubles parois isolantes, via les pièces 1.

Le processus de réalisation de chaque pièce 1 est ici le
10 suivant :

a) on réalise plusieurs dites pièces 1 thermiquement isolantes. Chaque réalisation comprend :

- le formage en creux de la première plaque métallique 30 qui est extérieurement au moins localement convexe (face 30a) pour
15 constituer une partie au moins de ladite paroi intérieure 300,
- le formage en creux de la seconde plaque métallique 31 qui est extérieurement au moins localement convexe (face 31a) pour constituer une partie au moins de ladite paroi extérieure 310.

Avant de sceller ensemble les plaques métalliques (zones 6), on va
20 alors venir placer face à face les creux respectifs des première et seconde plaques, pour définir une double paroi extérieurement convexe (faces 30a,31a).

b) une fois les pièces 1 scellées, on va les disposer pour qu'elles définissent chacune une partie des parois intérieure 300 et
25 extérieure 310 de la structure à assembler, comme schématisé.

c) on va pourra alors assembler entre elles plusieurs pièces 1 scellées successives, pour réaliser la structure, avec donc au moins localement les doubles parois isolées formées.

Pour assembler entre elles plusieurs pièces 1 successives le
30 long de la double paroi 300,310, plutôt que de les fixer bout à bout entre elles, on pourra utiliser des éléments intermédiaires de

connexion 87, de préférence interposés entre deux pièces 1 et fixés avec elles. Ces fixations pourront s'opérer par vissage, soudage, ou autre.

Pour tester le taux de fuite de chaque scellement 6, on fera, le moment venu, subir au panneau 1 un premier traitement thermique selon la norme RTCA-DO 160-G section 5 Cat A (de -55°C à 400°C) et un second traitement thermique à -196°C pendant 1 heure.

Trois autres paramètres ont été notés comme pouvant avoir de l'influence sur la performance attendue de la pièce 1 dans le temps.

Ils sont liés à la nature de la(des) plaques 30,31.

On recommande donc:

- que leur dureté soit comprise entre 300 N/mm² et 2350 N/mm²,
- et que leur résistance mécanique Rm soit supérieure ou égale à 20MPa,
- et que l'allongement à la rupture soit compris entre 5% et 50%.

En effet :

Concernant l'allongement à la rupture : Parmi les métaux les plus ductiles on trouve le bronze avec un allongement de 50% et le zinc avec 80%. Par ailleurs, le zinc et l'aluminium ne sont pas adaptés à des tenues en température supérieure à 200°C. Quant aux céramiques, elles présentent des allongements d'environ 0,0001%. Cependant un matériau avec un allongement inférieur à 5% n'est pas formable (même en formage à chaud). Ainsi il pourrait être délicat de réaliser, pour certaines applications, une pièce 1 performante si l'allongement à la rupture n'est pas compris entre 5% et 50% (à température ambiante).

Cet allongement pourra être mesuré par un essai de traction suivant la norme « EN ISO 6892-1 : Matériaux métalliques - Essai de traction - Partie 1 : méthode d'essai à température ambiante. »

Concernant la résistance mécanique (Rm) : Les métaux présentent des résistances mécaniques typiquement comprises entre 4MPa et 3000MPa. Si l'on exclut l'or et le plomb, inusités, la valeur inférieure de Rm peut donc être fixée à 20MPa. Cette
5 résistance mécanique est mesurable par un essai en traction ou de dureté ; Pour un essai en traction, se référer à la norme ci-dessus ; Pour un essai en dureté, voir ci-dessous.

Concernant la dureté : L'enveloppe 3 est définie comme un contenant qui possède les propriétés suivantes en dureté au niveau
10 de sa jonction 6, après un test selon la norme RTCA-DO 160-G section 5 Cat A (de -55°C à 400°C).

L'essai de dureté pourra mesurer une dureté Vickers selon les normes :

- EN ISO 6507-1 - Essai de dureté Vickers - Méthode d'essai
- 15 • EN ISO 6507-2 - Essai de dureté Vickers - Vérification et étalonnage des machines d'essais
- EN ISO 6507-3 - Essai de dureté Vickers - Etalonnage des blocs de référence.

Les essais sur les plaques 1 testées indiquent une dureté de 200 HV
20 (660 N/mm²). Cependant si l'on se réfère aux bornes de la plage de valeur de la résistance mécanique des alliages d'acier et du titane, la dureté devra favorablement être comprise entre 90HV (310 N/mm²) et 670HV (environ 2350 N/mm²). L'aluminium et le zinc ont des duretés inférieures.

REVENDECATIONS

1. Procédé de réalisation d'une pièce thermiquement isolante présentant des parois respectivement intérieure et extérieure
5 (300,310), le procédé comprenant des étapes:
- d'utilisation d'au moins une première et une seconde plaques métalliques (30,31),
 - de formage en creux de la première plaque métallique (30) pour constituer une partie au moins de la paroi intérieure de la pièce finie
10 ou d'une ébauche de celle-ci,
 - de formage en creux de la seconde plaque métallique (31) pour constituer une partie au moins de la paroi extérieure de la pièce finie ou d'une ébauche de celle-ci,
- caractérisé en ce que le procédé comprend en outre des étapes :
- 15 - où, le formage en creux de la première plaque métallique est intérieurement au moins localement concave pour constituer une partie au moins de ladite paroi intérieure,
 - où le formage en creux de la seconde plaque métallique est extérieurement au moins localement convexe pour constituer une
20 partie au moins de ladite paroi extérieure,
 - où le creux de la première plaque métallique est placé dans le creux de la seconde plaque, pour définir une cuvette à double paroi,
 - où, lors des formages, on adapte les formes des première et seconde plaques métalliques de sorte qu'elles puissent être mises en contact
25 l'une de l'autre, périphériquement, tout en réservant alors entre elles un espace, à l'intérieur de cette périphérie,
 - puis on met en place les première et seconde plaques métalliques dans une chambre (65) à dépression et/ou à atmosphère contrôlée, où elles sont rapprochées l'une de l'autre, scellées entre elles,
30 périphériquement, de sorte qu'est créée entre elles, à l'endroit dudit

- espace, une enceinte (7) en dépression et/ou sous atmosphère contrôlée.
2. Procédé selon la revendication 1, où l'étape de scellement comprend un soudage entre elles des première et seconde plaques
5 métalliques (30,31), en continu sur toute la périphérie, au moins en partie dans la chambre (65) en dépression et/ou sous atmosphère contrôlée.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, où on établit une dépression inférieure à 10^5 Pa, et de préférence inférieure à 10^0
10 Pa, dans la chambre (65).
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes où, avant de sceller entre elles par un soudage continu les première et seconde plaques métalliques (30,31) dans la chambre (65) à dépression et/ou à atmosphère contrôlée, on interpose entre elles un matériau cœur
15 (5), isolant thermique.
5. Procédé selon la revendication 4 où avant de souder entre elles les parois intérieure et extérieure, on moule le matériau cœur (5) en creux, sensiblement aux formes des parois intérieure et extérieure des première et seconde plaques métalliques (30,31), respectivement, à
20 placer l'une dans l'autre.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, où lors de l'étape d'utilisation on utilise au moins une première ou une seconde plaque métallique (30,31) grainée.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, où lors de
25 l'étape d'utilisation on utilise des première et seconde plaques métalliques (30,31) d'épaisseur comprises entre 0,07mm et 3mm et choisies dans le groupe comprenant l'acier inoxydable, l'aluminium et d'autres métaux à conductivité thermique inférieure à 300W/m.K.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, où l'étape de formage des première et seconde plaques métalliques (30,31) comprend un formage incrémental (ISF).
9. Pièce d'isolation thermique (1) comprenant une enveloppe
5 étanche définissant une enceinte interne (7) en dépression par rapport au milieu extérieur ou sous atmosphère contrôlée, la pièce présentant une conductivité thermique inférieure à 100mW/m.K, à 20°C et dans un environnement à pression atmosphérique, l'enveloppe étanche comprenant des parois métalliques (30,31) respectivement intérieure
10 et extérieure (30,31) scellées ensemble périphériquement (6) pour maintenir l'enceinte en dépression ou sous atmosphère contrôlée, et ayant chacune une épaisseur inférieure à 3mm, caractérisée en ce que les parois métalliques (30,31) respectivement intérieure et extérieure (30,31) sont toutes deux globalement formées en creux et
15 disposées avec un creux dans l'autre, de façon à définir ensemble une cuvette (12) à double paroi (30,31).
10. Pièce selon la revendication 9, où les parois métalliques sont entourées par un rebord de fixation (35) qui comprend une structure mécaniquement renforcée, telle qu'un cadre :
- 20 - située au moins localement autour du scellement entre les parois métalliques,
- et qui reçoit, autour dudit scellement, des moyens de liaison avec une structure auquel on rapporte la pièce pour l'y fixer.
11. Pièce selon la revendication 9 ou 10, où le scellement
25 périphérique (6) des parois métalliques (30,31) respectivement intérieure et extérieure (30,31) est une soudure continue.
12. Pièce selon la revendication 9, où le rebord de fixation présente une épaisseur de matière augmentée par rapport à celle(s) des parois métalliques, pour définir la structure mécaniquement renforcée et/ou
30 l'endroit du scellement (6) entre les parois métalliques, lequel scellement est une soudure continue.

13. Pièce selon l'une des revendications 9 à 12, où le scellement, qui est une soudure continue réalisée au moins en partie dans une chambre (65) en dépression par rapport au milieu extérieur ou sous
5 atmosphère contrôlée, présente un taux de fuite inférieur à 10^{-6} Pa.m³/s, après un premier traitement thermique selon la norme RTCA-DO 160-G section 5 Cat A (de -55°C à 400°C) et un second traitement thermique à -196°C pendant 1 heure.
14. Pièce selon l'une des revendications 9 à 13, où l'enveloppe
10 étanche (3) entoure un matériau cœur comprenant un isolant thermique poreux (5).
15. Pièce selon l'une des revendications 9 à 14, qui définit une partie au moins d'un carter de réception d'un fluide à une température évoluant soit entre -50°C et 15°C soit entre 50°C et 300°C.
- 15 16. Boîtier ou cuve comprenant deux pièces creuses à double paroi selon l'une des revendications 9 à 14, disposées face à face et fixées ensemble à l'endroit de rebords (22) de ces pièces.
17. Cuve selon la revendication 16 comprenant une chambre (13) intérieure fermée communiquant avec l'extérieur à travers un ou
20 plusieurs orifices (24) formés de façon étanche à l'air à travers une ou plusieurs des doubles parois (30,31), pour une entrée et/ou une sortie de fluide dans ou hors de la chambre (13).
18. Stockeur de calories pour un moteur de propulsion navale ou automobile comprenant la pièce selon l'une des revendications 9 à 15
25 ou le boîtier ou la cuve selon la revendication 16 ou 17.
19. Nacelle de moteur d'aéronef comprenant une structure interne fixe (17) pourvue de plusieurs dites pièces isolantes (1) selon l'une des revendications 9 à 15, les pièces isolantes étant assemblées ensemble et présentant chacune une forme incurvée.

1/7

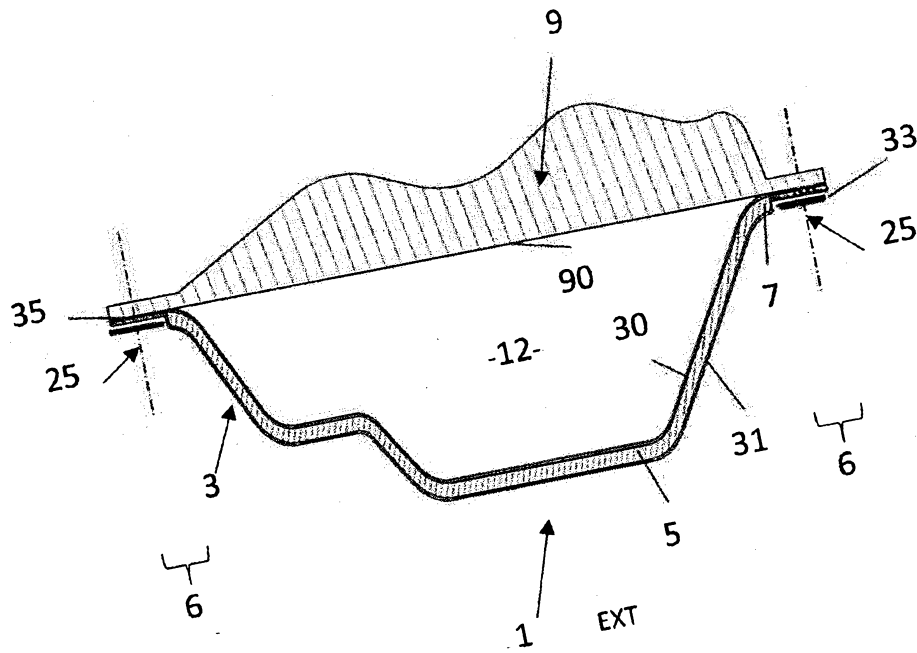


FIG. 1

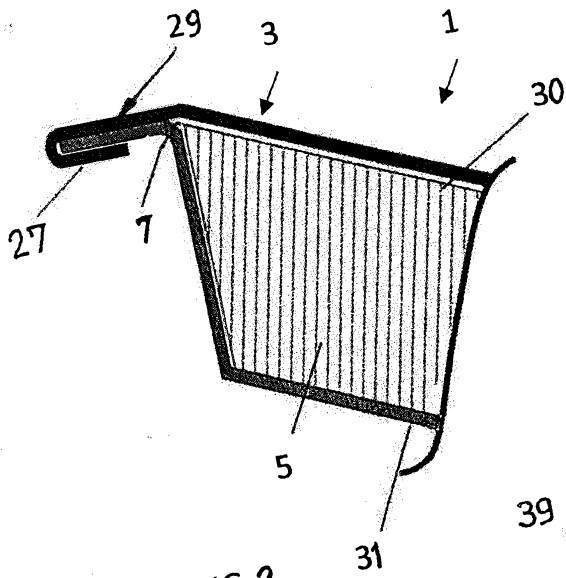


FIG. 2

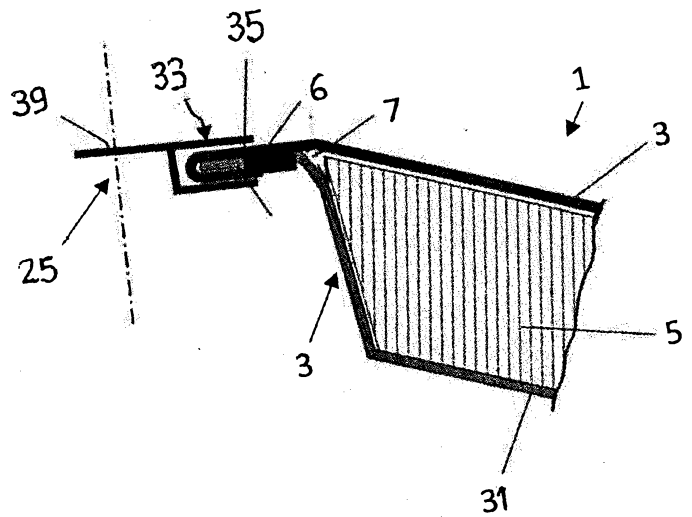


FIG. 3

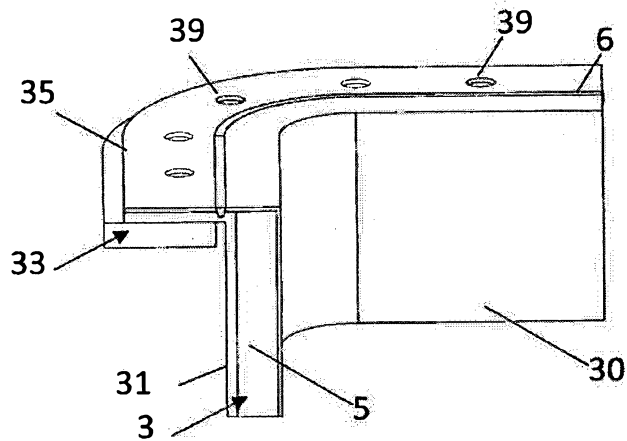
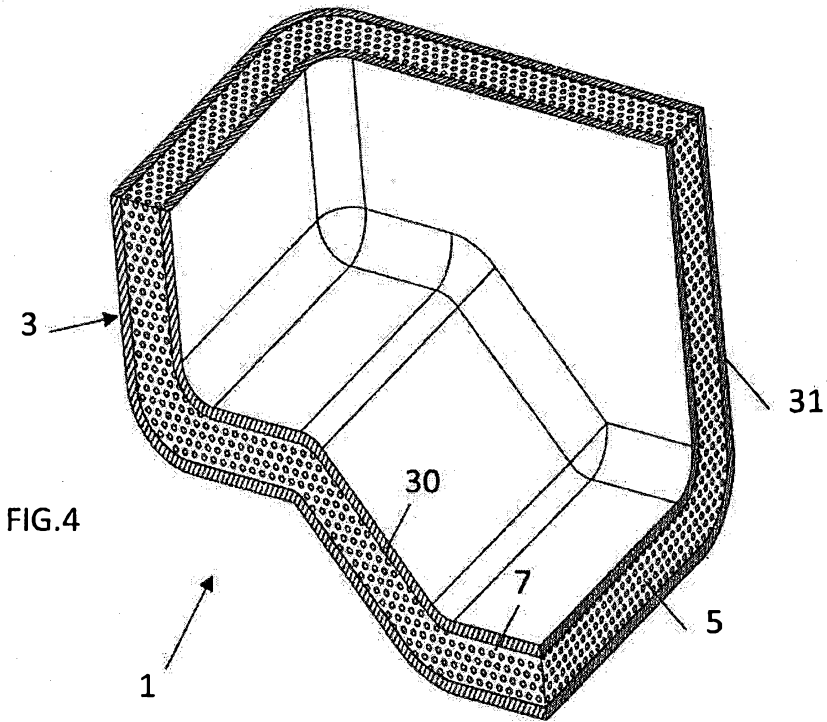
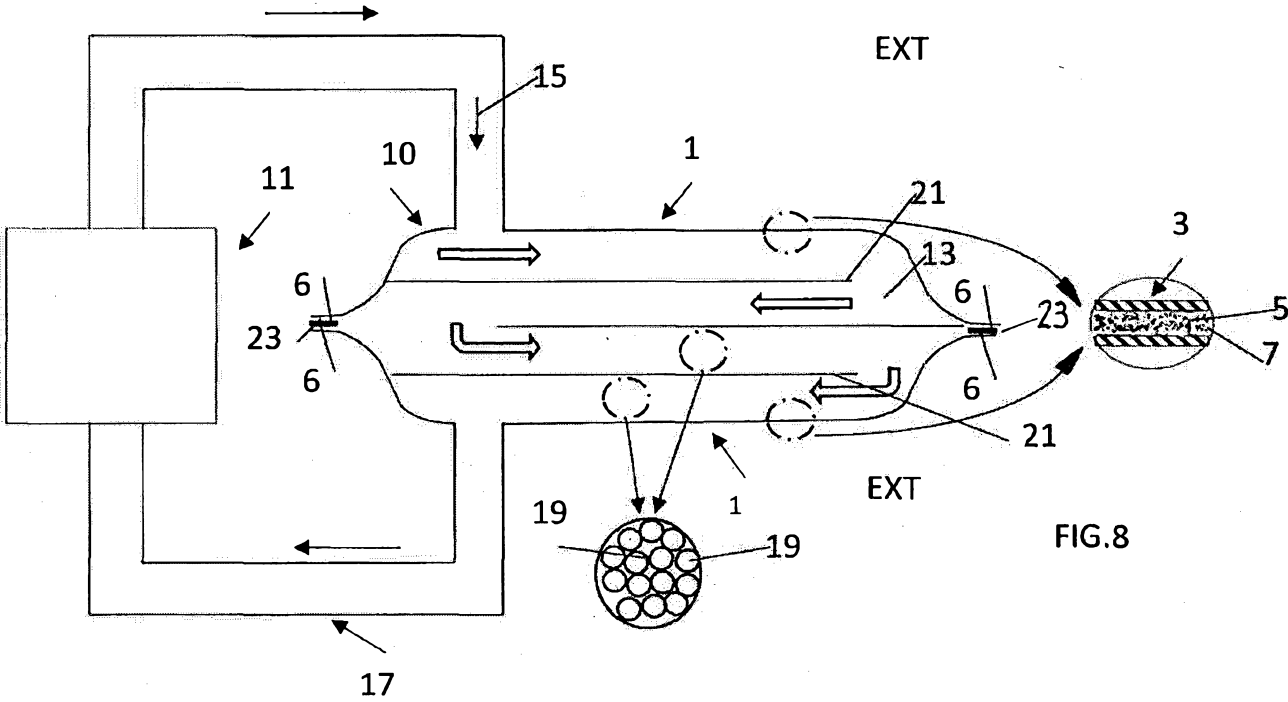
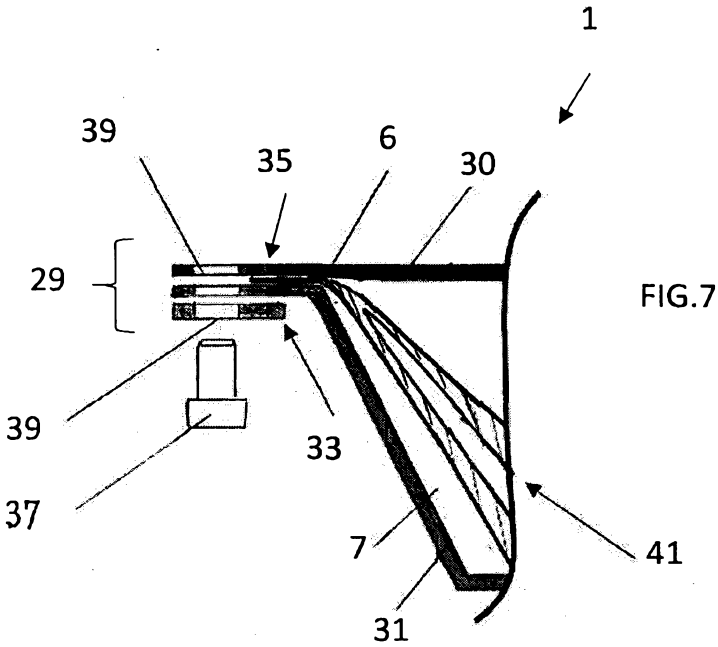
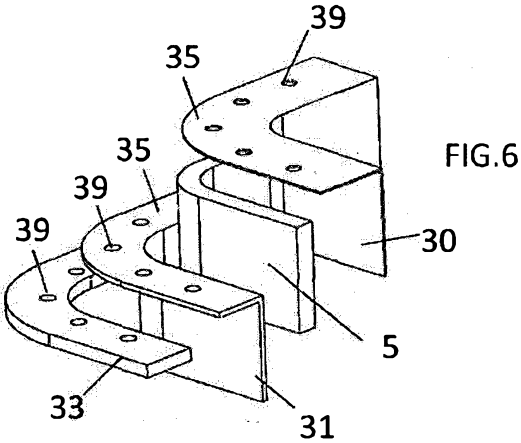


FIG.5



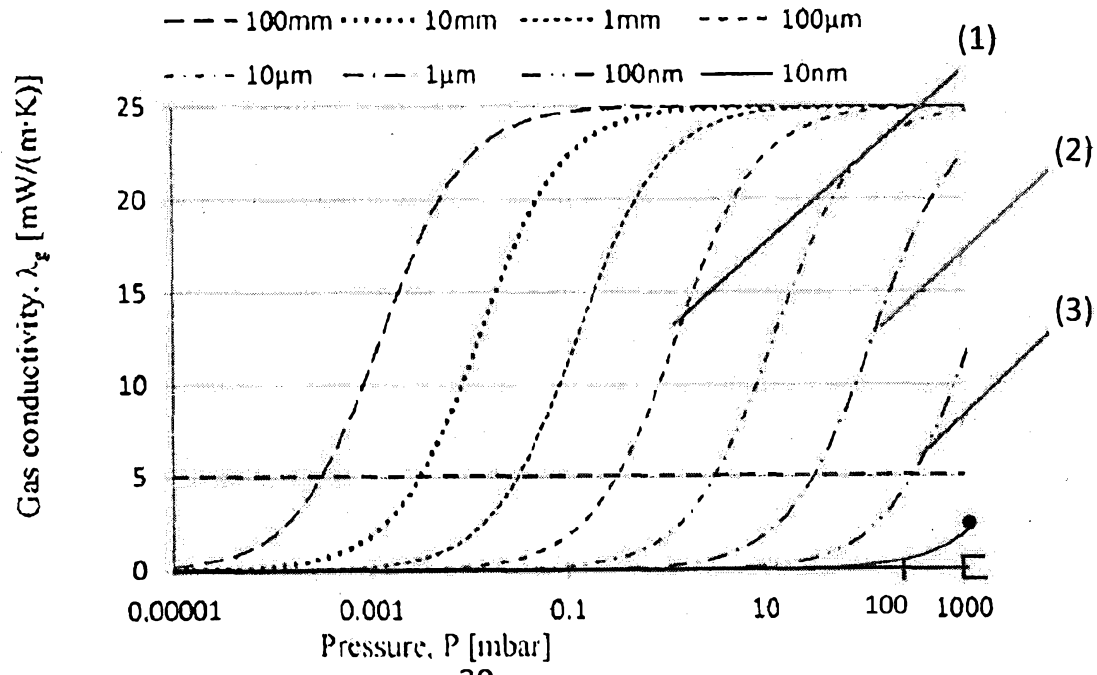
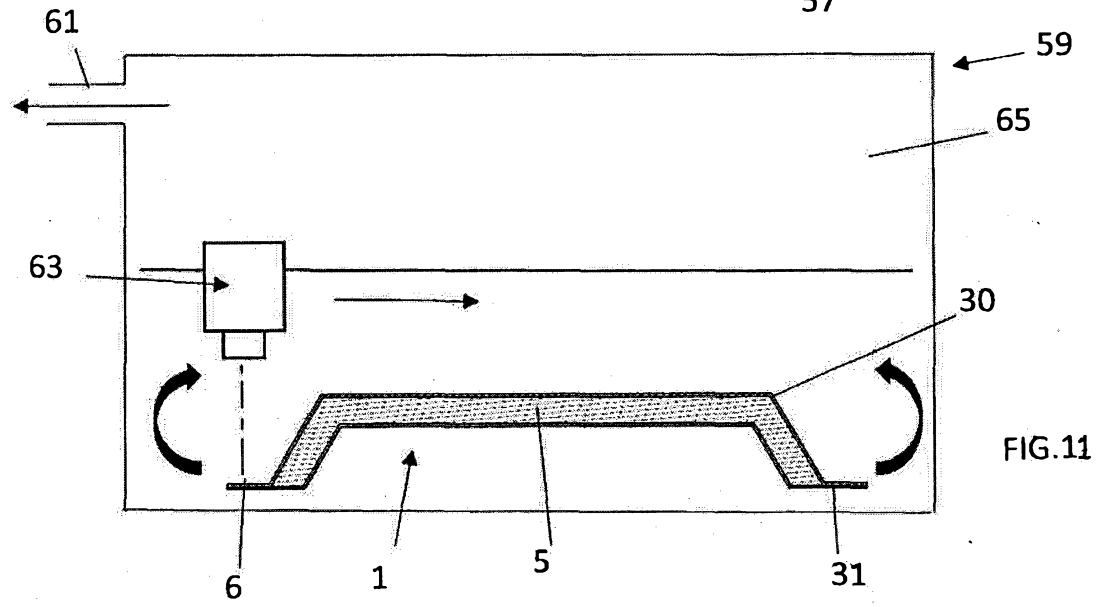
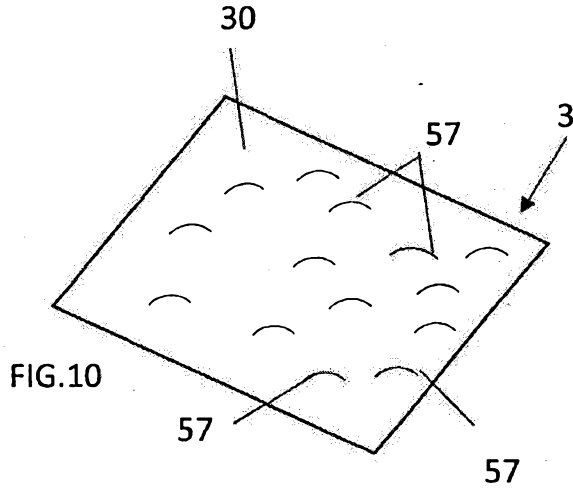


FIG.9



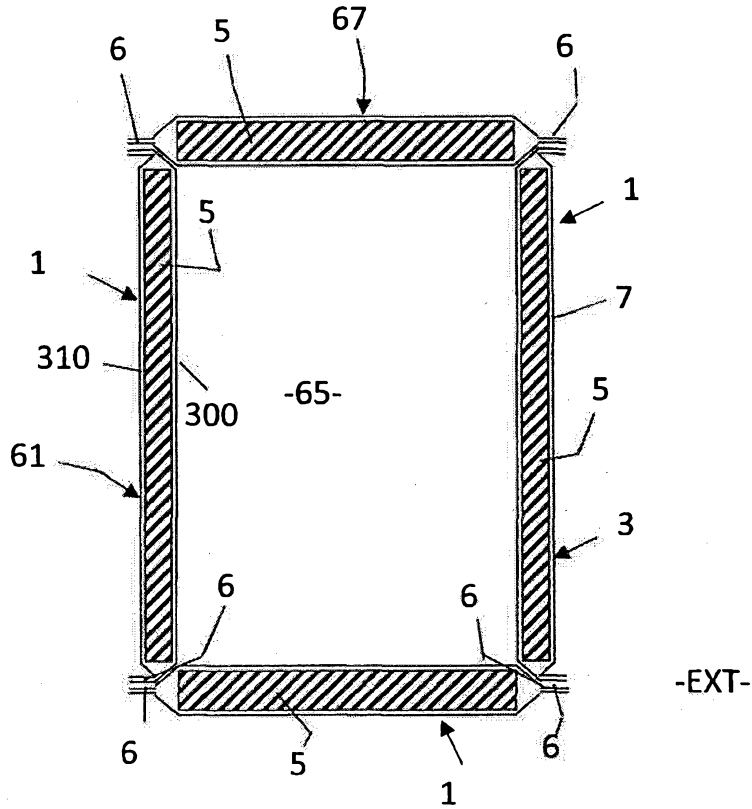
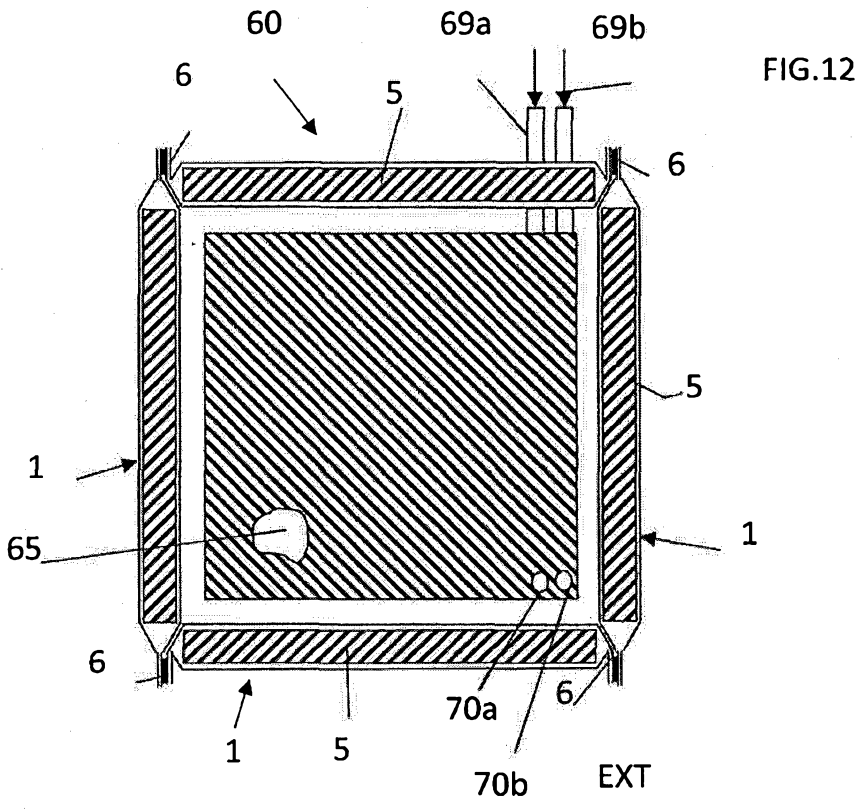
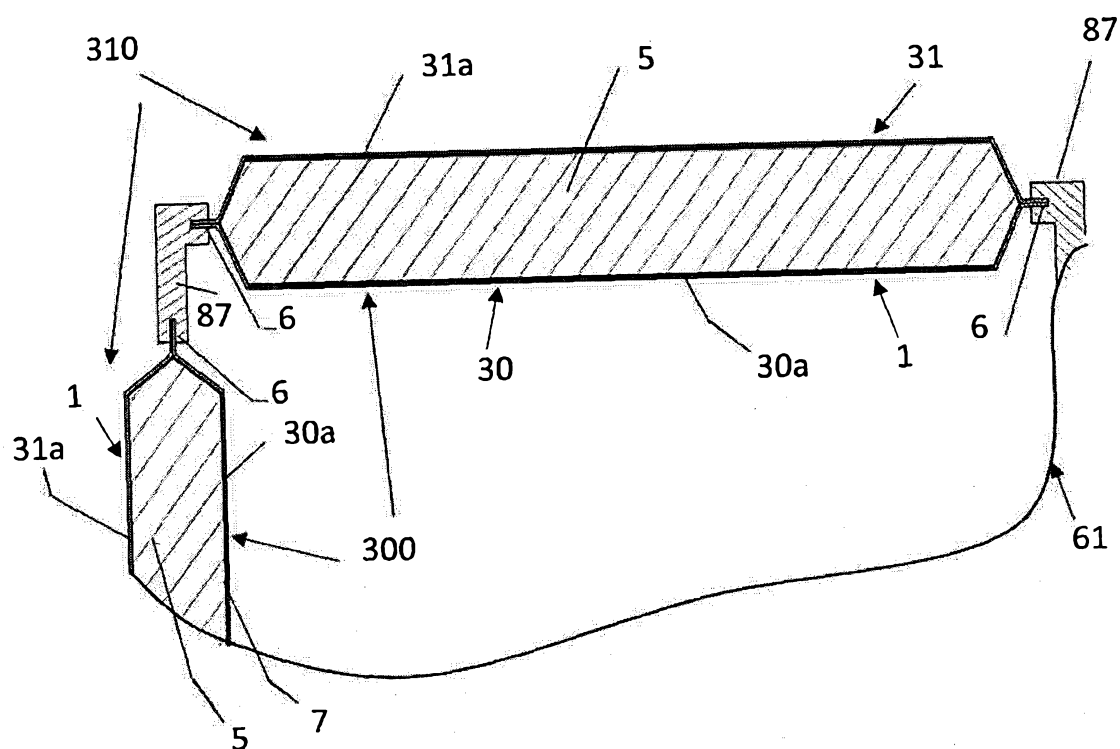
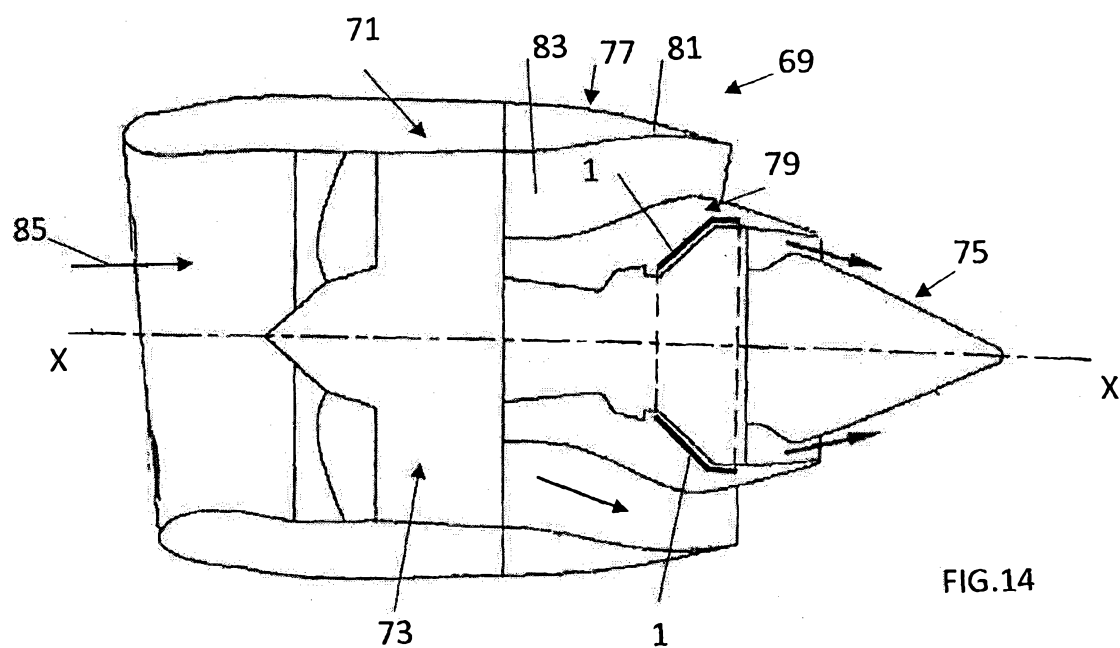


FIG.13

6/7



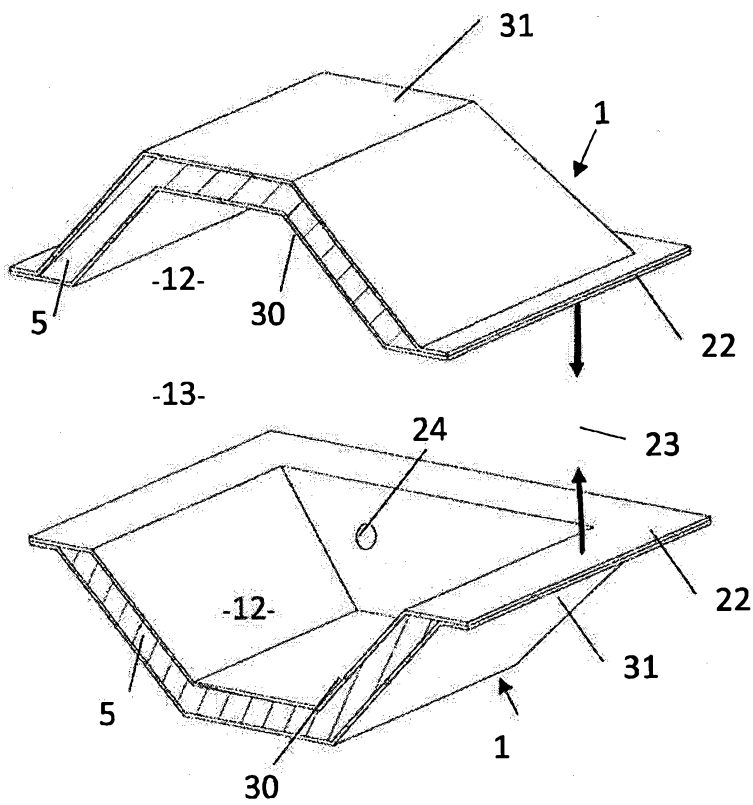


FIG.16

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.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'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT 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 CITÉS DANS LE PRÉSENT 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

EP 2 345 770 A1 (INGBUERO KONTECH GMBH [DE]; WIMMER JOHANN [DE])
20 juillet 2011 (2011-07-20)

JP 2006 275186 A (UNIV TOHOKU; NICHIAS CORP)
12 octobre 2006 (2006-10-12)

WO 2015/121540 A1 (HUTCHINSON [FR])
20 août 2015 (2015-08-20)

DE 10 2011 002248 A1 (SCHATZ VIKTOR [DE])
27 octobre 2011 (2011-10-27)

JP H01 150098 A (NIPPON STEEL CORP)
13 juin 1989 (1989-06-13)

JP 5 377763 B2 (HANAI M, SEKI K; SHINOKI T; YATO M)
25 décembre 2013 (2013-12-25)

JP 3 149358 U (FUJIMURA Y)
26 mars 2009 (2009-03-26)

JP 2014 163494 A (TOSHIBA HOME TECH CORP)
8 septembre 2014 (2014-09-08)

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