

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
03 octobre 2024 (03.10.2024)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/200965 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G10K 11/172 (2006.01) F02K 1/82 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2024/050393

(22) Date de dépôt international :
27 mars 2024 (27.03.2024)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2303204 31 mars 2023 (31.03.2023) FR

(71) Déposant : SAFRAN NACELLES [FR/FR] ; route du
Pont VIII, 76700 GONFREVILLE-L'ORCHER (FR).

(72) Inventeur : DESJOYEUX, Bertrand Léon Marie ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

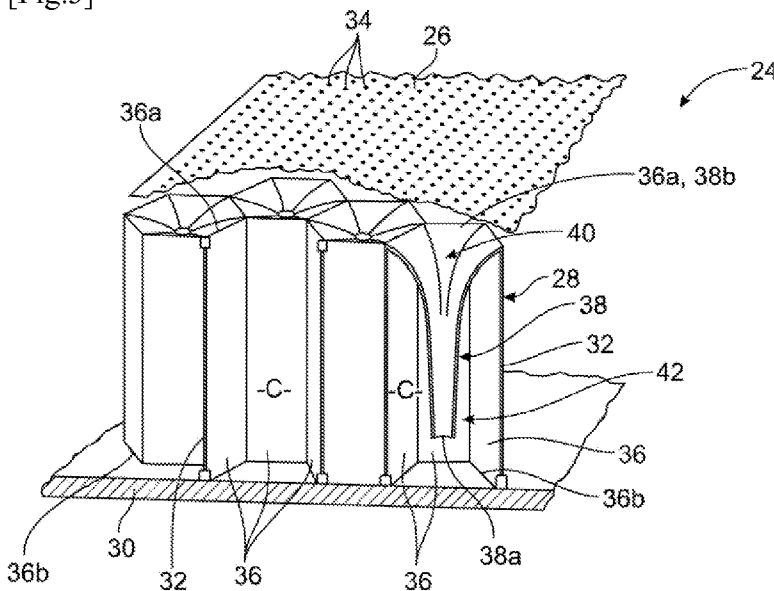
(74) Mandataire : BARBE, Laurent et al. ; GEVERS & ORES, Immeuble Palatin 2, 3 cours du Triangle, CS 80165, 92939 PARIS LA DEFENSE CEDEX (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,

(54) Title: ACOUSTIC PANEL FOR AN AIRCRAFT PROPULSION ASSEMBLY AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) Titre : PANNEAU ACOUSTIQUE POUR UN ENSEMBLE PROPULSIF D'AERONEF, ET SON PROCEDE DE FABRICATION

[Fig.3]



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing an acoustic panel (24') for an aircraft propulsion assembly (10), the panel comprising first and second skins (26, 30) and a cellular layer (28) positioned between the first and second skins (26, 30), the first skin (26) being acoustically permeable and the cellular layer (28) comprising cells (32) that are in fluid communication with perforations (34) in the first skin (26), each of these cells (32) comprising a central well (38) surrounded by peripheral walls (36) of the cell (32), the method comprising a step of producing the cellular layer (28) and a step of assembling the panel (24'), characterised in that the step of producing the cellular layer (28) comprises preparing a sheet (50) and folding this sheet (50) so as to form the cell (32) and its well (38), or so as to form the cells (32) and their wells (38).

(57) Abrégé : Procédé de fabrication d'un panneau acoustique (24') pour un ensemble propulsif (10) d'aéronef, ce panneau comportant des première et seconde peaux (26, 30) et une couche alvéolaire (28) intercalée entre les première et seconde peaux (26, 30), la première

[Suite sur la page suivante]

RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

peau (26) étant acoustiquement perméable et la couche alvéolaire (28) comportant des alvéoles (32) en communication fluïdique avec des perforations (34) de la première peau (26), chacune de ces alvéoles (32) comportant un puits central (38) entouré par des parois périphériques (36) de l'alvéole (32), le procédé comprenant une étape de fabrication de la couche alvéolaire (28) et une étape d'assemblage du panneau (24'), caractérisé en ce que l'étape de fabrication de la couche alvéolaire (28) comprend la préparation d'une feuille (50), et le pliage de cette feuille (50) de façon à former l'alvéole (32) ainsi que son puits (38), ou à former les alvéoles (32) ainsi que leurs puits (38).

DESCRIPTION

TITRE : PANNEAU ACOUSTIQUE POUR UN ENSEMBLE PROPULSIF D'AERONEF, ET SON PROCEDE DE FABRICATION

5

Domaine technique de l'invention

La présente invention concerne notamment un panneau acoustique pour un ensemble propulsif d'aéronef, et son procédé de fabrication.

Arrière-plan technique

10 L'arrière-plan technique comprend notamment les documents FR-A1-3 093 374, FR-A1-3 107 856, US-A1-2022/199064, FR-A1-3 123 385, FR-1-3 123 755, US-A1-20201/65975, US-A1-2020/017189 et US-B2-11,059,559.

Un ensemble propulsif d'aéronef comprend en général une turbomachine et/ou une nacelle entourant cette turbomachine. Dans la présente demande,
15 on entend par ensemble propulsif une turbomachine (ou moteur), ou une nacelle de turbomachine, ou l'ensemble formé par une turbomachine et sa nacelle.

La nacelle entoure un générateur de gaz de la turbomachine, en particulier à double flux, et forme autour du générateur de gaz une veine annulaire dont
20 les parois au contact du flux secondaire sont équipées de panneaux acoustiques afin d'assurer à la fois la rigidité de la nacelle, la canalisation de l'air traversant la nacelle et l'absorption du bruit généré principalement par la soufflante.

La veine a une forme générale de révolution mais sa section varie de façon
25 continue depuis l'avant jusqu'à l'arrière de la nacelle afin de réaliser le compromis optimum entre les contraintes d'écoulement du flux secondaire et celles d'encombrement de la nacelle.

Les panneaux acoustiques à réaliser ont en conséquence des formes galbées s'apparentant à des secteurs de coques.

30 Les panneaux acoustiques sont bien connus en aéronautique. Ce sont des structures sandwich comportant dans le sens de l'épaisseur une pluralité de

couches assemblées entre elles. Traditionnellement, on utilise des panneaux comportant trois couches, à savoir : une peau microperforée dite "acoustique", une couche alvéolaire et une peau pleine. La peau acoustique est perméable aux ondes sonores, la peau pleine est une peau de réverbération des ondes et la couche alvéolaire sert de caisson guide et est en général en nid d'abeilles.

Les couches sont généralement assemblées entre elles par collage. L'une des peaux (acoustique ou pleine) peut être collée sur la couche alvéolaire, ou les deux peaux peuvent être collées sur la couche alvéolaire. Certaines parties métalliques et chaudes en fonctionnement peuvent être assemblées par brasage. La peau acoustique et la peau pleine sont par exemple en matériau composite organique comportant des couches de tissu de renfort noyées dans une résine durcie par polymérisation. La peau acoustique et la peau pleine sont réalisées séparément par moulage à la forme définitive du panneau selon des techniques bien connues. La peau acoustique est ensuite percée et l'ensemble peau pleine + couche alvéolaire + peau acoustique est assemblé par collage à chaud et sous pression en autoclave afin d'assurer le meilleur contact possible entre les trois couches. Dans une variante du procédé, pendant l'assemblage, la peau pleine peut être directement réalisée et moulée sur la couche alvéolaire qu'elle recouvre. On comprend que les peaux maintenues séparées par la couche alvéolaire assurent la résistance et la rigidité du panneau.

L'épaisseur de la couche alvéolaire est dimensionnée par le domaine de longueur d'onde (ou fréquence audible) à atténuer. Dans le cas où les fréquences à atténuer sont faibles (inférieures à 700 Hz), l'épaisseur de la couche alvéolaire nécessaire devient importante et est donc encombrante. Plusieurs solutions techniques tendent à réduire l'épaisseur nécessaire d'une couche alvéolaire.

L'une de ces solutions consiste à utiliser des alvéoles à cônes. Une alvéole classique comporte des parois périphériques qui forment par exemple un hexagone, ou plus exactement un prisme droit à base hexagonale. Une

alvéole à cône comporte un cône ou puits central qui est entouré par les parois périphériques de l'alvéole. Le cône ou le puits a en général une forme conique ou pyramidale tronquée, l'extrémité de plus petite dimension du cône ou du puits étant ouverte.

- 5 Dans la technique actuelle, les parois périphériques et les puits/cônes des alvéoles sont en pratique réalisées sur deux planches distinctes, qui sont ensuite associées l'une avec l'autre.

Une des problèmes d'une couche alvéolaire conventionnelle de type nid d'abeille est que le module de cellule n'est pas parfait, à cause de petits
10 décalages et de variations géométries des alvéoles. Le pas entre les alvéoles n'est donc pas parfait et répétitif sur un panneau et d'un panneau à un autre. Ce pas est en plus modifié par le formage de la couche alvéolaire sur les géométries de panneaux de nacelle qui sont généralement à double courbure (autour de l'axe longitudinal de la nacelle et d'amont en aval). Cette
15 configuration rend d'autant plus difficile l'association d'une planche de cônes avec une planche d'alvéoles.

L'objectif est de trouver une technique de réalisation qui permet de réaliser un panneau acoustique ayant par exemple une forme à double courbure.

Le problème à résoudre est également de simplifier la fabrication et de
20 réduire le coût de fabrication d'un panneau acoustique.

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, efficace et économique à au moins une partie des problèmes de la technique antérieure.

Résumé de l'invention

L'invention propose un procédé de fabrication d'un panneau acoustique pour
25 un ensemble propulsif d'aéronef, ce panneau comportant des première et seconde peaux et une couche alvéolaire intercalée entre les première et seconde peaux, la première peau étant acoustiquement perméable et la couche alvéolaire comportant des alvéoles en communication fluide avec des perforations de la première peau, chacune de ces alvéoles comportant
30 un puits central entouré par des parois périphériques de l'alvéole, le procédé

comprenant une étape de fabrication de la couche alvéolaire et une étape d'assemblage du panneau,

caractérisé en ce que l'étape de fabrication de la couche alvéolaire comprend au moins, pour une ou plusieurs des alvéoles de cette couche alvéolaire :

- 5 a) une sous étape de préparation d'une feuille, et
- b) une sous étape de pliage de cette feuille de façon à former l'alvéole ainsi que son puits, ou à former les alvéoles ainsi que leurs puits.

L'invention propose ainsi de réaliser une ou plusieurs alvéole(s) de la couche alvéolaire à partir d'une feuille, et plus particulièrement de réaliser à la fois
10 les parois périphériques et les puits centraux de cette alvéole ou de ces alvéoles avec une même feuille. L'invention propose également de réaliser ces parois et ces puits par pliage de la feuille. A la manière donc de l'origami, la ou les alvéole(s) de la couche alvéolaire est/sont obtenue(s) par pliage de la feuille. L'avantage de cette construction est que les puits sont directement
15 associés aux parois périphériques des alvéoles et donc solidaires de ces parois. Par ailleurs, même construites de cette façon, les alvéoles peuvent être intercalées entre deux peaux et peuvent adopter n'importe quelle forme générale entre les peaux, par exemple une forme à double courbure comme évoqué dans ce qui précède. Avantageusement une telle couche alvéolaire
20 constituée de la juxtaposition ou co-pliage de plusieurs cellules peut facilement être intégrée entre deux peaux pour constituer un panneau acoustique.

Le procédé selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ou étapes ci-dessous, prises isolément les unes des autres
25 ou en combinaison les unes avec les autres :

- lors de la sous étape a), la feuille est découpée ;
- la feuille est découpée suivant des lignes de découpe préalablement ajoutées sur la feuille, de préférence avant la sous étape a) ou au début de la sous étape a) ;
- 30 – la découpe de la feuille permet de définir un ou plusieurs motifs, le ou chaque motif correspondant à une alvéole à former ;

- la feuille découpée comprend plusieurs motifs disposés à côté les uns des autres de manière matricielle ;
- les motifs sont reliés les uns aux autres par lesdits secteurs ;
- la découpe de la feuille comprend la découpe et le retrait de portions non utiles de la feuille ;
- les portions non utiles sont des portions situées à l'intérieur des motifs et/ou entre les motifs ;
- les portions non utiles sont des portions centrales des motifs et des portions situées entre les premiers et seconds morceaux
- 10 – le ou chaque motif a un contour périphérique circulaire ou polygonal ;
- le ou chaque motif comprend une étoile à au moins cinq branches ainsi qu'un anneau s'étendant autour de l'étoile et relié à ces branches, l'étoile étant destinée à former le puits central d'une alvéole, et l'anneau étant destiné à former les parois périphériques de l'alvéole ;
- 15 – lors de la sous étape a), la feuille est prépliée après avoir été découpée ;
- la feuille est prépliée suivant des lignes de pliage préalablement ajoutées sur la feuille, de préférence avant la sous étape a) ou au début de la sous étape a) ;
- lors de la sous étape b), la feuille est davantage pliée ;
- 20 – le procédé comprend, après la sous étape b), une sous étape supplémentaire c) de collage ou de soudage de certaines parties entre elles de la feuille, et en particulier des premiers et seconds morceaux ;
- lors de la sous étape c), des côtés des branches de chaque étoile sont collés ou soudés entre eux, et/ou des côtés des parois périphériques de chaque alvéole sont collés ou soudés entre eux ;
- 25 – une seule des première et seconde peaux est fixée à la couche alvéolaire ;
- les première et seconde peaux sont toutes les deux fixées à la couche alvéolaire ;
- 30 -- lesdits replis de rigidification sont formés par pliage desdits morceaux ;

- chacun desdits morceaux est plié pour former un desdits replis de rigidification ;
 - l'un des morceaux au niveau de l'étoile et l'un des morceaux au niveau de la couronne sont pliés le long d'une même ligne de pliage, pour former au moins un repli et de préférence pour former deux replis distincts ;
 - le ou chaque motif comprend une étoile à au moins six branches ;
 - le puits central a en section une forme générale polygonale à au moins cinq ou six côtés ;
 - le nombre de côtés du puits central est égal au nombre de branches de l'étoile ;
 - le procédé comprend, pendant ou après la sous étape c), une sous étape de fixation des alvéoles entre elles, cette étape de fixation étant réalisée par agrafage, rivetage, poinçonnage, ou collage ou soudage ;
 - le procédé comprend une sous étape de perçage d'orifices de drainage dans le puits central de l'alvéole ou de chaque alvéole ;
 - la feuille est un feillard métallique, par exemple en aluminium, titane ou Inconel® ;
 - la feuille est un feillard organique ou un film polymère ou thermoplastique choisi parmi : PAI, PI, PEI, PET, PEEK, etc. ;
 - la feuille est en papier, par exemple en Nomex® ou Kevlar® ;
 - la feuille est enduite avec un produit ou une résine, par exemple phénolique, cette enduction peut avoir lieu avant ou après les sous étapes a), b), voire c) ;
 - une peau acoustiquement perméable est une peau microperforée ou multiperforée.
- Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, la découpe de la feuille à l'étape a) permet de définir un ou plusieurs motifs, le ou chaque motif correspondant à une alvéole à former et comprenant une étoile à plusieurs branches ainsi qu'un anneau s'étendant autour de l'étoile et relié à ces branches, l'étoile étant destinée à former le puits central d'une alvéole, et l'anneau étant destiné à former les parois périphériques de l'alvéole. Les

branches de l'alvéole sont reliées entre elles par des premiers morceaux, et l'anneau comprend des secteurs qui sont reliés entre eux par des seconds morceaux. Les premiers et seconds morceaux sont traversés par des lignes de pliage pour former des replis de rigidification.

- 5 Ces replis sont particulièrement utiles pour renforcer les alvéoles et forment ainsi des éléments de rigidification de ces alvéoles.

De préférence, chaque premier morceau est situé entre deux branches adjacentes, et chaque branche est située entre deux premiers morceaux adjacents.

- 10 De préférence, chaque second morceau est situé entre deux secteurs adjacents, et chaque secteur est situé entre deux seconds morceaux adjacents.

Chacun des premiers et seconds morceaux est de préférence destiné à être fixé, de préférence par collage, au moins sur lui-même.

- 15 Chacun des premiers morceaux est de préférence aligné avec l'un des seconds morceaux et traversé par une des lignes de pliage qui passe par ce second morceau.

Avantageusement, les replis de chacun des premiers et seconds morceaux comprennent des faces en regard qui sont appliquées et collées l'une sur l'autre.

- 20 Les replis de chacun des premiers et seconds morceaux peuvent être en saillie à l'intérieur de l'alvéole ou des alvéoles. En variante, les replis de chacun des premiers et seconds morceaux sont rabattus contre des faces de l'alvéole ou des alvéoles.

- 25 Le nombre de branches de l'étoile n'est pas limité et est de préférence compris entre trois et huit. Il est par exemple de trois, cinq ou six.

La présente invention concerne encore un panneau acoustique pour un ensemble propulsif d'aéronef, ce panneau comportant des première et seconde peaux et une couche alvéolaire intercalée entre les première et seconde peaux, la première peau étant acoustiquement perméable et la

30 couche alvéolaire comportant des alvéoles en communication fluide avec

des perforations de la première peau, chacune de ces alvéoles comportant un puits central entouré par des parois périphériques de l'alvéole, une ou plusieurs des alvéoles de cette couche alvéolaire étant formée(s) par préparation et pliage d'une feuille qui forme à la fois l'alvéole ainsi que son puits, ou les alvéoles ainsi que leurs puits.

Une seule des première et seconde peaux peut être fixée à la couche alvéolaire. En variante, les deux peaux sont fixées à la couche alvéolaire.

La présente invention concerne également un panneau acoustique pour un ensemble propulsif d'aéronef, ce panneau étant fabriqué par un procédé tel que décrit ci-dessus et comportant des replis de rigidification qui s'étendent au niveau des côtés du puits central de l'alvéole ou de chacune des alvéoles, et des replis de rigidification qui s'étendent au niveau des parois périphériques de l'alvéole ou de chacune des alvéoles

Brève description des figures

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

[Fig.1] la figure 1 est une vue très schématique en coupe axiale d'un ensemble propulsif d'aéronef,

[Fig.2] la figure 2 est une vue schématique en perspective avec arrachement partiel d'un panneau acoustique,

[Fig.3] la figure 3 est une vue schématique en perspective avec arrachement partiel d'un panneau acoustique dont les alvéoles comprennent des puits centraux,

[Fig.4] la figure 4 est une vue schématique d'une feuille pour la réalisation d'une alvéole et de son puits central, conformément à un mode de réalisation d'un procédé selon l'invention,

[Fig.5] la figure 5 est une vue schématique d'une feuille similaire à celle de la figure 4, cette feuille étant découpée et prépliée,

[Fig.6] la figure 6 est une vue schématique en perspective depuis la face interne du puits d'une alvéole à puits central formée par pliage d'une feuille,

[Fig.7a-7b] la figure 7a est une vue schématique en perspective depuis la face externe du puits d'une alvéole à puits central formée par pliage d'une
5 feuille, et la figure 7b est une vue schématique en perspective depuis la face externe du puits d'une alvéole à puits central formée par un autre pliage d'une feuille,

[Fig.8] la figure 8 est une vue schématique d'une feuille pour la réalisation de plusieurs alvéoles et de leurs puits, conformément à un mode de réalisation
10 d'un procédé selon l'invention,

[Fig.9] la figure 9 est une vue schématique d'une feuille similaire à celle de la figure 8, cette feuille étant découpée,

[Fig.10] la figure 10 est une vue schématique de la feuille des figures 8 et 9, après découpage et prépliage de cette feuille,

[Fig.11] la figure 11 est une vue schématique de la feuille des figures 8 à 10, après découpage et pliage de cette feuille,

[Fig.12] la figure 12 est une vue schématique de dessus des alvéoles à puits obtenues à partir de la feuille des figures 8 à 11,

[Fig.13] la figure 13 est une vue schématique de dessous des alvéoles à puits obtenues à partir de la feuille des figures 8 à 12,
20

[Fig.14] la figure 14 est une vue schématique en coupe de plusieurs alvéoles ayant des puits de formes différentes, qui peuvent être réalisées par le procédé selon l'invention,

[Fig.15] la figure 15 est une vue schématique de dessous d'une alvéole à puits, et montre le collage du puits central de cette alvéole,
25

[Fig.16a-16c] la figure 16a est une vue schématique de dessous d'une alvéole à puits, et montre le collage des parois périphériques de cette alvéole, avec des replis périphériques par l'intérieur des cellules, comme ceux de la figure 7a, et les figures 16b et 16c sont des vues en coupe d'un
30 ensemble d'alvéoles sans les puits avec des replis périphériques par l'extérieur comme à la figure 7b,

[Fig.17] la figure 17 est une vue similaire à celle de la figure 4 et montre une variante de réalisation de la feuille, et

[Fig.18] la figure 18 est une vue similaire à celle de la figure 4 et montre une autre variante de réalisation de la feuille.

5 Description détaillée de l'invention

La figure 1 montre de manière très schématisée un ensemble propulsif 10 pour un aéronef, tel qu'un avion, cet ensemble propulsif 10 comportant une turbomachine et une nacelle. La turbomachine est par exemple à double flux et comprend un générateur de gaz 12 entouré par la nacelle 14. Une turbine du générateur de gaz 12 entraîne en rotation une soufflante 16 à l'intérieur de la nacelle 14.

Le flux d'air 17 qui pénètre dans l'ensemble propulsif 10 et traverse la soufflante 16 est canalisé par la nacelle 14 et se divise ensuite en un flux primaire 18 qui s'écoule dans le générateur de gaz 12, et en un flux secondaire 20 qui s'écoule dans une veine annulaire 22 formée entre le générateur de gaz 12 et la nacelle 14.

Pour limiter la propagation du bruit de l'ensemble propulsif 10, notamment issu de la soufflante 16, vers l'extérieur, et réduire ainsi les nuisances sonores, il est connu de prévoir des panneaux acoustiques 24 sur les parois au contact du flux d'entrée d'air 17 et du flux secondaire 20. De tels panneaux 24 peuvent ainsi être montés sur la nacelle 14 autour de la soufflante 16 ou du générateur de gaz 12, sur le générateur de gaz 12, etc.

La figure 2 montre une structure de panneau acoustique 24. Le panneau 24 comprend une première peau acoustique 26 qui est acoustiquement perméable et de préférence microperforée (c'est-à-dire comportant des perforations ou microperforations), une couche alvéolaire 28, et une seconde peau 30 pleine. La couche 28 est intercalée entre les peaux 26, 30 et comporte des alvéoles 32 en communication fluidique avec des perforations 34 de la première peau 26.

Les alvéoles 32, en général en forme de nid d'abeilles, forment des cavités résonnantes du type résonateurs de Helmholtz, dont le fonctionnement est

bien connu par l'homme du métier. De façon connue, les perforations 34 forment des cols des cavités résonantes formées par les alvéoles 32. De façon également connue, les alvéoles 32 ne sont liées qu'à une des deux peaux 26 ou 30. La peau non liée étant à proximité immédiate de la face des alvéoles 32 en vis-à-vis.

La présente invention propose un procédé de fabrication d'un panneau acoustique. La particularité de ce panneau est que les alvéoles de sa couche alvéolaire comprennent des cônes ou puits centraux.

La figure 3 montre un panneau acoustique 24' de ce type. Chacune des alvéoles 32 comprend des parois périphériques 36 qui définissent la cavité résonante C de l'alvéole 32. A l'intérieur de cette cavité C est disposé un puits central 38 qui partage la cavité résonante C en deux espaces distincts, respectivement supérieur 40 et inférieur 42. Ces deux espaces 40, 42 communiquent entre eux par l'extrémité 38a de plus petite dimension (transversale) du puits 38, qui est ouverte. Le puits 38 a ainsi une forme tronquée et a par exemple une forme générale tronconique ou pyramidale tronquée. L'extrémité 38b de plus grande dimension (transversale) du puits 38 est reliée à l'extrémité supérieure 36a des parois périphériques 36 de l'alvéole 32. Dans le cas d'un panneau sandwich, les extrémités supérieures 36a des alvéoles 32 sont reliées à la peau 26 et leurs extrémités inférieures 36b sont reliées à la peau 30, les extrémités inférieures 38a des puits 38 étant à distance de la peau 30. Cette distance est par exemple comprise entre 1 et 5mm.

Le procédé de fabrication selon l'invention comprend une étape de fabrication de la couche alvéolaire 28 dont les alvéoles 32 comprennent des puits centraux 38, et une étape d'assemblage du panneau acoustique 24' dans laquelle au moins une des peaux 26, 30 est fixée à la couche alvéolaire 28.

L'étape de fabrication de la couche alvéolaire 28 comprend au moins, pour une ou plusieurs de ces alvéoles 28 :

- a) une sous étape de préparation d'une feuille 50, et
- b) une sous étape de pliage de cette feuille 50 de façon à former l'alvéole 32 ainsi que son puits 38, ou à former les alvéoles 32 ainsi que leurs puits 38.

La figure 4 montre un mode de réalisation d'une feuille 50 préparée à la sous
5 étape a). Par définition, la feuille 50 est un élément fin et plat. Cette feuille doit être pliée et a donc une épaisseur lui permettant d'être pliée.

Avantageusement, la feuille 50 a une épaisseur inférieure ou égale à 300µm, préférentiellement inférieure à 150µm, et plus préférentiellement inférieure à 90µm.

10 La feuille 50 est par exemple un feillard métallique en aluminium, titane ou Inconel®. La feuille 50 est par exemple un feillard organique ou un film polymère ou thermoplastique choisi parmi : PAI, PI, PEI, PET, PEEK, etc. La feuille 50 est par exemple en papier, par exemple en Nomex® ou Kevlar®, voir en tissu très fin (par exemple en fibres de verre).

15 La feuille peut être enduite avec un produit ou une résine, par exemple phénolique.

Une feuille 50 peut être utilisée pour fabriquer une alvéole 32 et donc chaque alvéole 32, ou une feuille 50 peut être utilisée pour fabriquer plusieurs alvéoles 32 voire toutes alvéoles 32 d'un panneau acoustique 24'.

20 Dans le cas de la figure 4, la feuille 50 est utilisée pour fabriquer une seule alvéole 32.

La feuille 50 de la figure 4 peut avoir dès l'origine la forme particulière représentée dans cette figure. En variante, cette forme particulière peut être obtenue par découpe de la feuille 50, et en particulier de la périphérie de la
25 feuille 50.

La feuille 50 présente un motif M particulier qui est propre à la forme de l'alvéole 32 qui doit être obtenue, et du puits 38 qui doit être obtenu.

La forme ou le motif M de la feuille 50 a un contour périphérique circulaire ou polygonal. Ce motif M comprend essentiellement deux parties, une partie
30 centrale 52 ayant un axe central A, et une partie périphérique 54 s'étendant autour de l'axe A et de la partie centrale 52.

La feuille 50 de la figure 4 peut également comprendre des lignes 56, 58 de découpe et de pliage. Les lignes 56 sont des lignes de découpes et forment le contour périphérique du motif M comme évoqué dans ce qui précède. Les lignes 58 sont des lignes de pliage qui peuvent être présentes sur la feuille
5 50 à l'origine ou bien dessinées ou imprimées sur cette feuille 50. C'est également le cas des lignes de découpe 56.

On constate que la partie centrale 52 comprend une étoile 60 à plusieurs branches 62 et de préférence à au moins cinq branches 62. Elle en a six dans l'exemple représenté. Les branches 62 sont réparties radialement
10 autour de l'axe A et sont identiques. Elles sont à distance circonférentielle les unes des autres. Dans l'exemple représenté, chacune des branches 62 a une forme générale trapézoïdale dont la petite base est située du côté de l'axe A et la grande base est située du côté radialement opposé.

Au niveau de l'axe A, la feuille 50 comprend une zone centrale 68 qui est
15 reliée aux petites bases des branches 62. Dans l'exemple représenté, cette zone centrale 68 est hexagonale. En variante, elle pourrait avoir une forme différente et par exemple circulaire.

La partie périphérique 54 du motif M forme un anneau 63 autour de l'étoile 60. Cet anneau 63 comprend des secteurs 64 qui s'étendent dans le
20 prolongement radial des branches 62 de l'étoile 60. Ces secteurs 64 sont répartis radialement autour de l'axe A, comme les branches 62, et il y a autant de secteurs 64 que de branches 62.

Entre les branches 62 et les secteurs 64, la feuille 50 comprend des portions 66 de forme générale triangulaire dont la pointe est orientée vers l'axe A.

25 De manière générale, la feuille 50 comprend donc, en plus de la zone centrale 68, deux autres zones. Une zone annulaire interne Zint (destinée à former le puits 38 de l'alvéole 32) s'étend autour de la zone 68 et comprend les six branches 62 qui sont à l'intérieur du dodécagone formé par les lignes 52. Une zone annulaire externe Zext (destinée à former les parois 36 de
30 l'alvéole 32) s'étend autour de la zone interne précitée.

On constate à la figure 4 que les lignes de pliage 58 s'étendent tout autour des branches 62 et des secteurs 64. On constate également que chacune des portions 66 est séparée en deux par une ligne de pliage 58 qui a une orientation radiale vis-à-vis de l'axe A.

5 La figure 5 montre la feuille 50 de la figure 4 qui a subi une découpe ainsi qu'un prépliage. Une première découpe a ici permis de retirer la zone centrale 68. Cette zone centrale devient ainsi un trou. Dans une variante non représentée, la partie centrale 68 peut être conservée et micro perforée pour former un septum acoustiquement perméable (micro perforé ou poreux).

10 Dans encore une autre variante non représentée, la partie centrale 68 est retirée et un septum poreux est installé fixé aux parois du puits.

Un second ensemble de découpes (optionnelles) a aussi permis de retirer une partie 70 des portions 66 qui se retrouvent chacune séparées en deux morceaux 66a, 66b. Les parties 70 retirées des portions 66 sont situées sur
15 une circonférence centrée sur l'axe A et passant sensiblement au niveau des jonctions entre les secteurs 64 et les branches 62. C'est-à-dire que les parties 70 sont situées à la jonction entre les zones Zint et Zext précitées. Les morceaux 66a sont ainsi situés entre les branches 62 de l'étoile 60, et les morceaux 66b sont situés entre les secteurs 64 de l'anneau. Les
20 morceaux 66a, 66b sont chacun traversés par une des lignes de pliage 58, 59.

Le retrait des parties 70 peut permettre de limiter les interférences parties pliées de la feuille 50, lors du pliage. Elles peuvent avoir n'importe quelle forme. Préférentiellement, les contours des parties 70 retirées sont des
25 quadrilatères dont deux lignes sont les prolongements (ou extensions) des lignes qui délimitent la partie centrale 52 ou la zone interne Zint (entre les branches 62 et les secteurs 64) vers la ligne de pliage 58, 59 médiane à deux secteurs adjacents, et deux lignes ont un angle correspondant à l'angle que forme la branche interne 62 avec la verticale après formage complet de
30 l'alvéole 32. Cet angle permet aux replis entre deux branches 62 adjacentes de ne pas buter sur les secteurs 64.

En alternative à ce retrait, la matière peut être conservée nécessitant alors des replis additionnels entre les contours maximum.

Le prépliage permet de commencer à plier la feuille 50 selon les lignes de pliage 58, 59. Certaines lignes de pliage 58, 59, comme c'est le cas des
5 lignes 58 situées au niveau des portions 66, sont destinées à subir un pliage rentrant, alors que les autres lignes de pliage 58, 59 qui délimitent les branches 62 et les secteurs 64 sont destinées à subir des pliages sortants. Les pliages rentrants sont par exemple orientés vers le bas (ou vers une face inférieure de la feuille 50), et les pliages sortants sont orientés du côté
10 opposé et par exemple vers le haut (ou vers une face supérieure de la feuille 50).

Les figures 6 et 7a montrent l'alvéole 32 à la fin de la sous étape b), après pliage. La figure 6 est une vue de dessus et on aperçoit le puits central 38 qui est formé par les branches 62 de l'étoile 60. On aperçoit aussi les
15 extrémités 38a, 38b du puits central 38, dont l'extrémité 38b qui est reliée à l'extrémité 36a des parois périphériques de l'alvéole 32, à la jonction entre les branches 62 de l'étoile 60 et les secteurs 64 de l'anneau 63, c'est-à-dire au niveau des lignes de pliage 58 entre eux.

La figure 7a est une vue de dessous et on aperçoit la cavité résonante C
20 définie par les parois périphériques 36 de l'alvéole 32 et dans laquelle est située le puits central 38. Les parois périphériques 36 de l'alvéole 32 sont définies par les secteurs 64 de l'anneau 63.

Le procédé peut ensuite comprendre une étape de collage de l'alvéole 32 afin de figer sa forme, notamment entre les faces adjacentes des morceaux
25 66a, comme entre les faces adjacentes des morceaux 66b, voir de ces derniers avec l'un des secteurs 64 de l'anneau 63.

Dans une variante (non représentée), les replis formés par les morceaux 66a, 66b peuvent, dans le cas de cône simple, être repliés vers l'intérieur du puits.

30 Dans le premier ou le second cas, ils peuvent également être rabattus contre une des face 62 adjacente au repli.

Dans une variante illustrée à la figure 7b, les replis formés par les morceaux 66a, 66b sont effectués à l'extérieur des parois 64.

De manière générale, les replis permettent de rigidifier les alvéoles et donc le panneau acoustique.

5

Une alvéole 32 peut ensuite être utilisée seule ou en association de plusieurs alvéoles notamment par juxtaposition de parois 36 de différentes alvéoles les unes contre les autres, pour former une plaque multi-alvéoles propre à être intégrée dans entre deux peaux et former un panneau acoustique.

- 10 La figure 8 montre un autre mode de réalisation d'une âme alvéolaire multicellules à partir d'une feuille 50 qui comprend ici plusieurs motifs M liés les uns aux autres et organisés par exemple sous forme matricielle, en colonne et lignes. Dans l'exemple représenté, la feuille 50 n'est pas entièrement représentée et comprend au moins dix motifs M dont certains
- 15 partiels. La feuille 50 est donc apte à être utilisée pour réaliser au moins dix alvéoles 32 en un seul tenant. Les motifs M sont solidaires les uns des autres et donc les alvéoles 32 sont destinées à rester solidaires les unes des autres. Les motifs M de la feuille 50 sont ici tous identiques et sont similaires à ceux décrits dans ce qui précède. Les motifs M sont solidaires les uns des autres
- 20 par les secteurs 64 des anneaux 63, chacun des secteurs 64 étant relié par une ligne de pliage 72 à un secteur 64 d'un motif M adjacent. On comprend dès lors que les secteurs 64 d'un motif M sont tous reliés à des motifs M adjacents et donc que chaque motif M est relié à six autres motifs M. Dit autrement, le nombre de branches 62 de l'étoile 60 définit le nombre de
- 25 motifs M auxquels chaque motif M est relié.

- La figure 9 représente une partie de la feuille 50 de la figure 8 après une étape de découpe comprenant cinq motifs M entiers et une partie d'un sixième motif, tous reliés ensemble. Les zones centrales 68 et les parties 70 évoquées dans ce qui précède ont été découpées. Dans ce mode de
- 30 réalisation, des parties 74 situées entre les portions 66 de motifs M ont également été retirées. Ces parties 74 ont une forme générale triangulaire

car elles se retrouvent à l'intersection de trois motifs M adjacents. En variante, ces parties 74 pourraient avoir une autre forme, par exemple circulaire. En autre variante encore, on pourrait se limiter à réaliser trois découpes partant de chaque ligne de pliage 72. Et se rejoignant, par exemple
5 au point d'intersection entre les prolongements des lignes 72 entourant une partie 74 (découpes à trois branches équilibrées, mais on peut placer l'intersection où on veut dans cette zone). Les matières de chaque partie 74 ainsi séparée pourront être repliées avec les morceaux 66b précédents ou en replis additionnels.

10 La figure 10 montre la feuille 50 après prépliage. La figure 11 montre la feuille 50 après pliage. Les figures 12 et 13 montrent la feuille 50 après pliage complet et collage des replis, respectivement vues de dessus et de dessous. La figure 14 montre que les formes des alvéoles 32 et en particulier de leurs puits 38 ne sont pas limitatives et peuvent être quelconques dans la mesure
15 où le pliage selon l'invention peut permettre de créer de nombreuses formes géométriques.

De la gauche vers la droite à la figure 14, il y a respectivement :

- X1) un puits central 38 tronconique simple, le tronc de cône s'étendant directement dans la cavité résonante depuis l'extrémité de l'alvéole 32,
- 20 X2) un puits central 38 bi-tronconique ou à double pente, et donc ayant deux troncs de cône successifs ayant par exemple des angles respectifs de 30 et 60°,
- X3) un puits central 38 dont l'extrémité 38a forme un prisme droit à base hexagonale ou circulaire (ce motif étant celui illustré à travers les figures 9 à
25 13,
- X4) un puits central 38 comportant un tronc de cône relié à l'extrémité 36a de l'alvéole 32 par un prisme droit à base hexagonale ou circulaire, ainsi le cône ne prend pas naissance au sommet de la cellule mais en retrait,
- X5) un puits central 38 à pente évolutive et ayant par exemple un angle de
30 cône qui varie de 15° à 90°, et

X6) un puits central 38 qui combine les caractéristiques des puits centraux X3 et X4 (ce motif étant celui défini par la figure 18).

Les figures 15 et 16 illustrent des zones Z1, Z2 de collage de la feuille 50 lors de la sous étape c) précitée.

- 5 Dans la figure 15, les morceaux 66a situés entre les branches 62 de l'étoile 60 sont pliés selon chaque ligne de pliage 58 et sont rabattues et collés l'un sur l'autre. Ces morceaux 66a sont alors situés dans l'espace inférieur 42 de la cavité résonante C. Dans la figure 15, ils sont représentés s'étendant radialement vers l'extérieur du puits depuis les lignes de pliage 58. En
10 alternative, ils peuvent s'étendre radialement vers l'intérieur du puits depuis les lignes de pliage 58, d'autant plus aisément que les lignes de pliage 58 sont rectilignes.

- Dans la figure 16a, les morceaux 66b situés entre les secteurs 64 de l'anneau 63 sont pliés selon chaque ligne de pliage 58 et sont rabattus et
15 collés l'un sur l'autre. Ces morceaux 66b sont également situés dans l'espace inférieur 42 de la cavité C intérieure de l'alvéole 32. Dans la figure 16a, ils sont rabattus et collés le long de chaque paroi 64, comme dans l'exemple de cellule unitaire de la figure 7a.

- Dans les figures 16b et 16c, les morceaux 66b situés entre les secteurs 64
20 de l'anneau 63 sont pliés selon chaque ligne de pliage 58 et sont rabattus et collés l'un sur l'autre. Ces morceaux 66b sont cette fois situés à l'extérieur de la cavité C de chaque alvéole 32, comme dans l'exemple de cellule unitaire de la figure 7b. Ils sont repliés le long de chaque paroi 64 entre deux parois 64 de deux alvéoles adjacentes.

- 25 Pour limiter l'encombrement des cavités C par les morceaux 66a, 66b pliés et collés, ces derniers peuvent être découpées avant ou après collage. Par ailleurs, ces morceaux 66a, 66b pourraient être pliés et collés dans l'espace supérieur 40 de la cavité C, plutôt que dans son espace inférieur 42.

- Le procédé peut en outre comprendre, pendant ou après la sous étape c),
30 une étape de fixation des alvéoles 32 entre elles, cette étape de fixation étant réalisée par agrafage, rivetage, poinçonnage, collage ou soudure. Les parois

périphériques des alvéoles 32 peuvent par exemple être fixées les unes autres.

Les morceaux 66a peuvent également être collés voir soudés (si le matériau s'y prête) contre une branche 62 adjacente.

- 5 Les morceaux 66b pliés et collés peuvent également être rabattus et fixés sur les parois périphériques des alvéoles 32 (c'est-à-dire les secteurs 64 de l'anneau 63) par collage, agrafage ou poinçonnage, voire soudage.

- Les morceaux 66b pliés peuvent être encore repliés additionnellement pour qu'ils prennent moins de longueur le long des parois périphériques des
10 alvéoles 32 (c'est-à-dire les secteurs 64 de l'anneau 63).

- Le procédé peut également comprendre une sous étape de perçage d'orifices de drainage 80 dans le puits central 38 de l'alvéole 32 ou de chaque alvéole, par exemple à proximité de son extrémité 38b, comme illustré schématiquement à la figure 12, ou encore dans les parois périphériques des
15 alvéoles 32 (c'est-à-dire les secteurs 64 de l'anneau 63).

Le procédé peut également comprendre une sous étape d'enduction de la feuille. Cette sous étape peut être réalisée avant la sous étape a), ou après la sous étape b) ou c).

- 20 La figure 17 illustre une variante de réalisation de la feuille 50, qui permet de réaliser des alvéoles 32 avec des puits centraux 38 de forme différente. Chaque puits central 38 est un type de celui illustré à la figure 14 en référence X3 et comprend une extrémité inférieure 38a de forme générale hexagonale. Les cloisons périphériques 38a1 de cette extrémité inférieure 38a sont
25 obtenues grâce à des extrémités radialement internes des branches 62 qui ont chacune une forme générale carrée ou rectangulaire. Le reste des branches 62 a une forme générale trapézoïdale dont la petite base est reliée à cette forme carrée ou rectangulaire.

- La figure 17 montre également les zones Z1, Z2 précitées de collage,
30 respectivement sur les morceaux 66a situés entre les branches 62 de l'étoile 60, et sur les morceaux 66b situés entre les secteurs 64 de l'anneau 63.

La figure 18 illustre une autre variante de réalisation de la feuille 50, qui permet de réaliser des alvéoles 32 avec des puits centraux 38 de forme différente.

- 5 Le procédé selon l'invention peut être entièrement réalisé à la main par un ou des opérateurs. En variante, ses sous étapes pourraient être au moins en partie automatisée.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un panneau acoustique (24') pour un ensemble propulsif (10) d'aéronef, ce panneau comportant des première et
5 seconde peaux (26, 30) et une couche alvéolaire (28) intercalée entre les première et seconde peaux (26, 30), la première peau (26) étant acoustiquement perméable et la couche alvéolaire (28) comportant des alvéoles (32) en communication fluide avec des perforations (34) de la première peau (26), chacune de ces alvéoles (32) comportant un puits
10 central (38) entouré par des parois périphériques (36) de l'alvéole (32), le procédé comprenant une étape de fabrication de la couche alvéolaire (28) et une étape d'assemblage du panneau (24'),
l'étape de fabrication de la couche alvéolaire (28) comprenant au moins, pour une ou plusieurs des alvéoles (32) de cette couche alvéolaire (28) :
- 15 a) une sous étape de préparation d'une feuille (50), lors de laquelle la feuille (50) est découpée, et
b) une sous étape de pliage de cette feuille (50) de façon à former l'alvéole (32) ainsi que son puits (38), ou à former les alvéoles (32) ainsi que leurs puits (38),
- 20 caractérisé en ce que la découpe de la feuille (50) à l'étape a) permet de définir un ou plusieurs motifs (M), le ou chaque motif (M) correspondant à une alvéole (32) à former et comprenant une étoile (60) à plusieurs branches (62) ainsi qu'un anneau (63) s'étendant autour de l'étoile (60) et relié à ces branches (62), l'étoile (60) étant destinée à former le puits central (38) d'une
25 alvéole (32), et l'anneau (63) étant destiné à former les parois périphériques (36) de l'alvéole (32),
en ce que les branches (62) de l'alvéole (32) sont reliées entre elles par des premiers morceaux (66a), et l'anneau (63) comprend des secteurs (64) qui sont reliés entre eux par des seconds morceaux (66b),
30 et en ce que les premiers et seconds morceaux (66a) sont traversés par des lignes de pliage (58, 59) pour former des replis de rigidification.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la feuille (50) est découpée suivant des lignes de découpe (56) préalablement ajoutées sur la feuille (50), de préférence avant la sous étape a) ou au début de la sous étape a).
- 5 3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la feuille (50) découpée comprend plusieurs motifs (M) disposés à côté les uns des autres de manière matricielle.
4. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel les motifs (M) sont reliés les uns aux autres par lesdits secteurs (64).
- 10 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la découpe de la feuille (50) comprend la découpe et le retrait de portions non utiles de la feuille (50).
6. Procédé selon la revendication 4, dans lequel les portions non utiles sont des portions situées à l'intérieur des motifs (M) et/ou entre les motifs
- 15 (M).
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel les portions non utiles sont des portions centrales des motifs (M) et des portions (70) situées entre les premiers et secondes morceaux (66a, 66b)
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le
- 20 ou chaque motif (M) a un contour périphérique circulaire ou polygonal.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, lors de la sous étape a), la feuille (50) est prépliée après avoir été découpée.
10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la feuille (50) est prépliée suivant des lignes de pliage (58) préalablement ajoutées sur la
- 25 feuille (50), de préférence avant la sous étape a) ou au début de la sous étape a).
11. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel, lors de la sous étape b), la feuille (50) est davantage pliée.
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel il
- 30 comprend, après la sous étape b), une sous étape supplémentaire c) de

collage et/ou de soudage entre elles de certaines parties de la feuille (50), et en particulier des premiers et seconds morceaux (66a, 66b).

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel, lors de la sous étape c), des côtés des branches (62) de chaque étoile (60) sont collés entre eux, et/ou des côtés des parois périphériques (36) de chaque alvéole (32) sont collés entre eux.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une seule des première et seconde peaux (26, 30) est fixée à la couche alvéolaire (28).

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel les première et seconde peaux (26, 30) sont toutes les deux fixées à la couche alvéolaire (28).

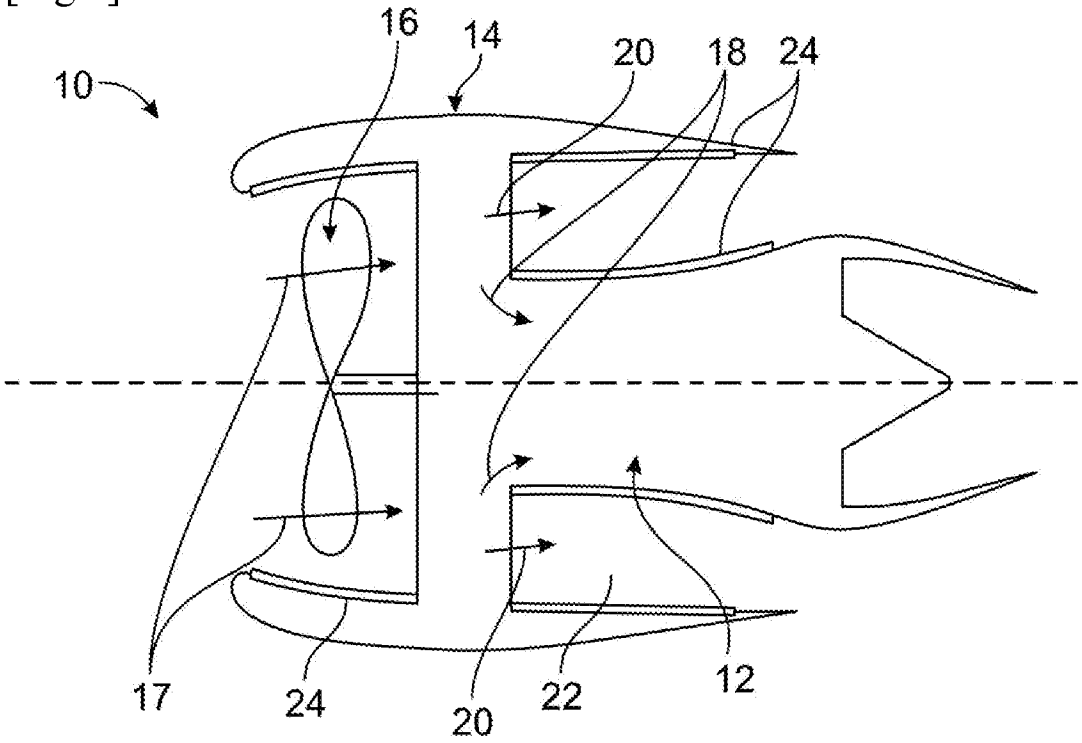
16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les replis de chacun des premiers et seconds morceaux (66a, 66b) comprennent des faces en regard qui sont appliquées et collées l'une sur l'autre.

17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les replis de chacun des premiers et seconds morceaux (66a, 66b) sont en saillie à l'intérieur de l'alvéole ou des alvéoles (32).

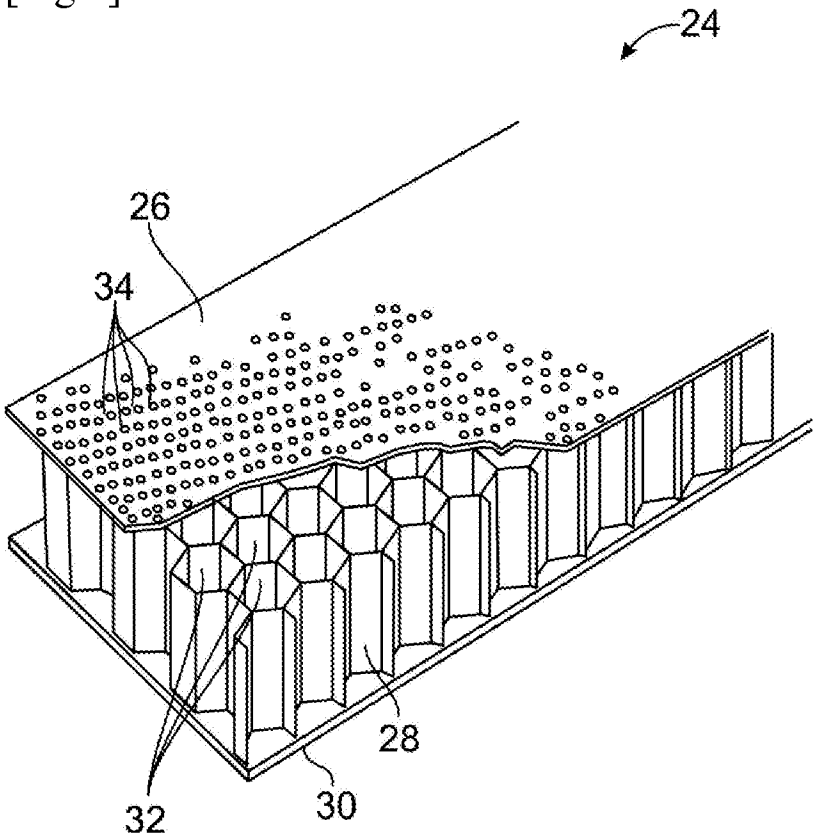
18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, dans lequel les replis de chacun des premiers et seconds morceaux (66a, 66b) sont rabattus contre des faces de l'alvéole ou des alvéoles (32).

19. Panneau acoustique (24') pour un ensemble propulsif (10) d'aéronef, ce panneau (24') étant fabriqué par un procédé selon l'une des revendications précédentes et comportant des replis de rigidification qui s'étendent au niveau des côtés du puits central (38) de l'alvéole ou de chacune des alvéoles (32), et des replis de rigidification qui s'étendent au niveau des parois périphériques (36) de l'alvéole ou de chacune des alvéoles (32).

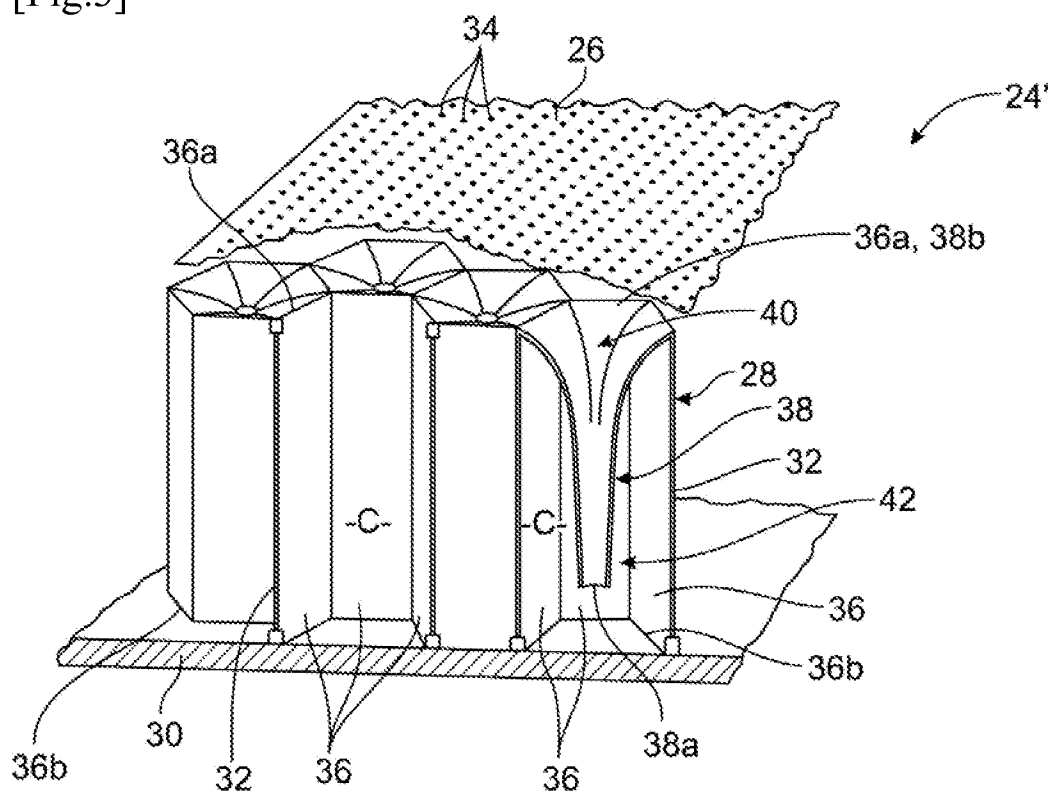
[Fig.1]



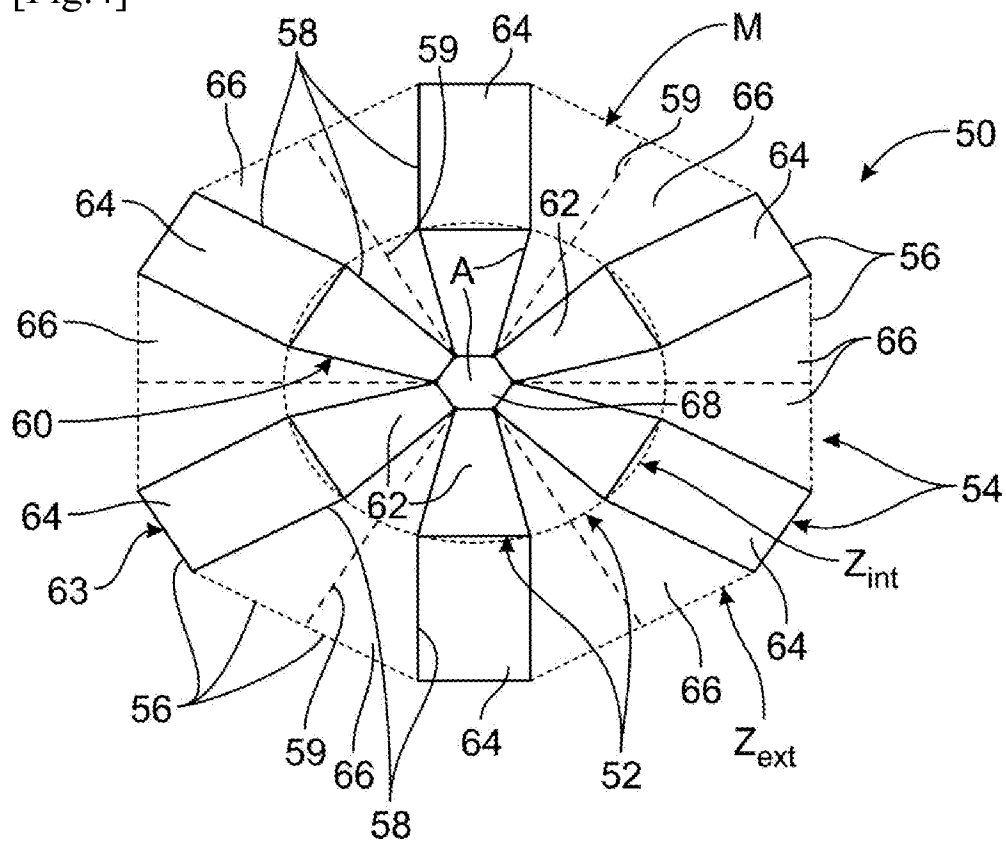
[Fig.2]



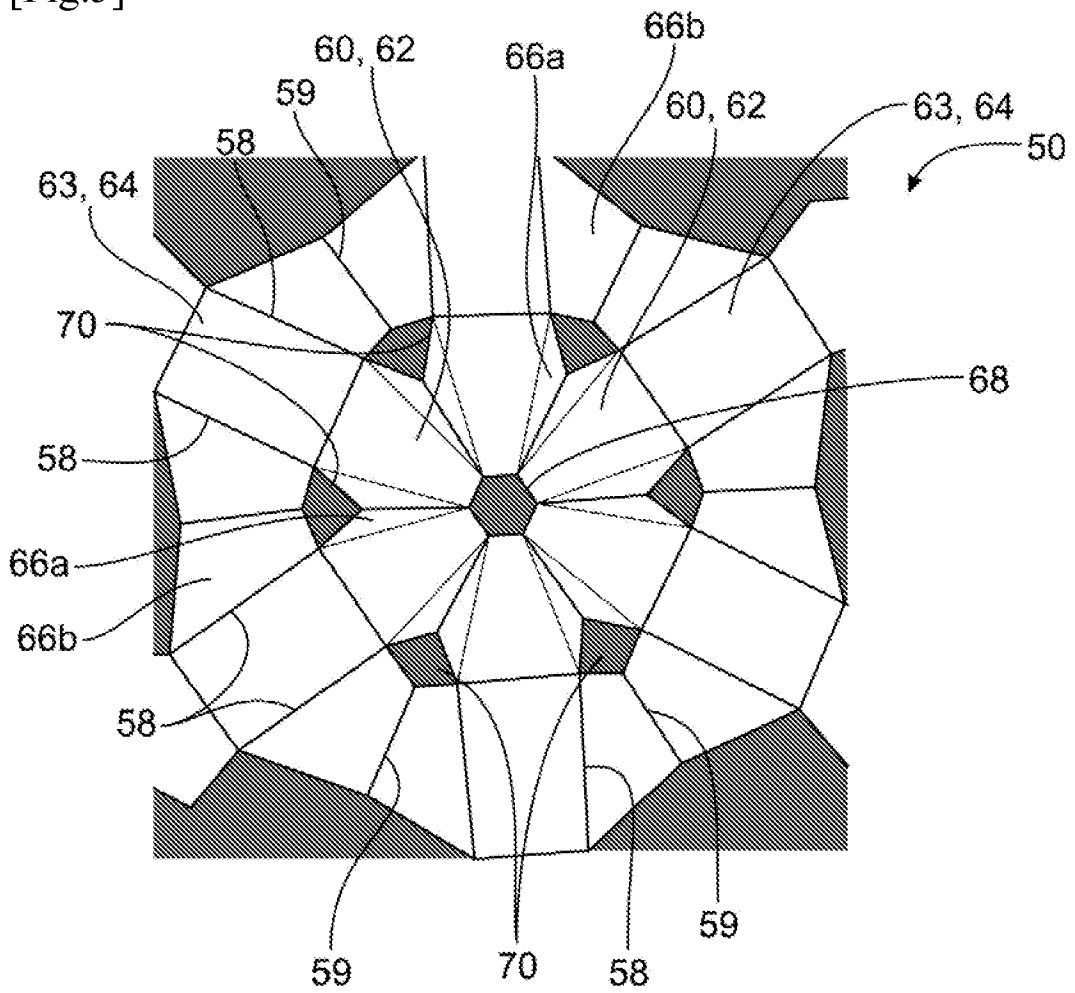
[Fig.3]



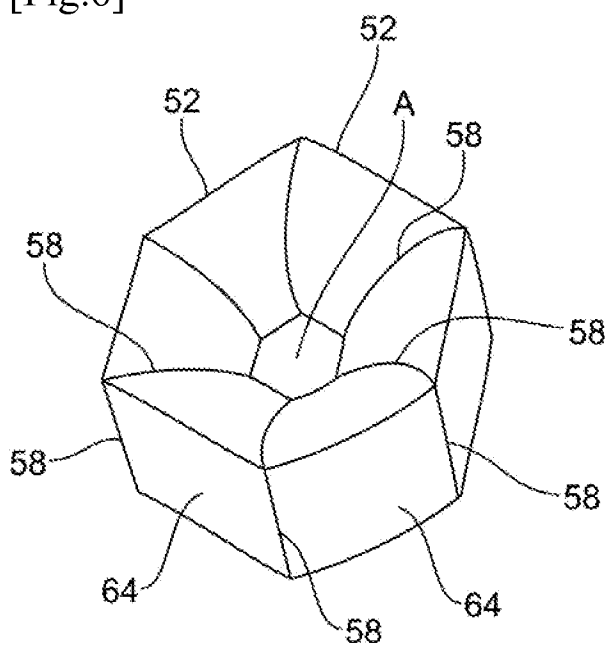
[Fig.4]



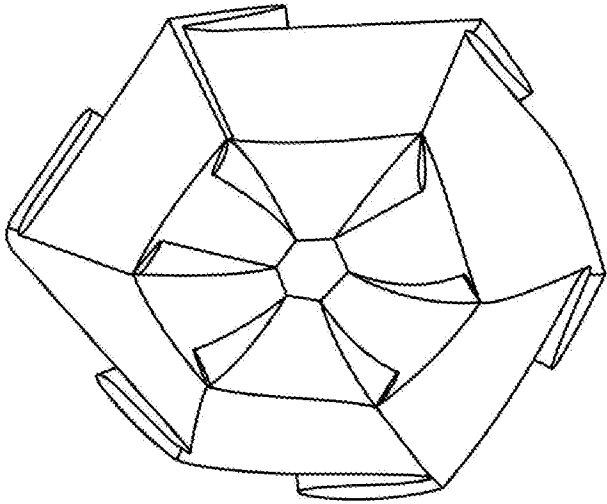
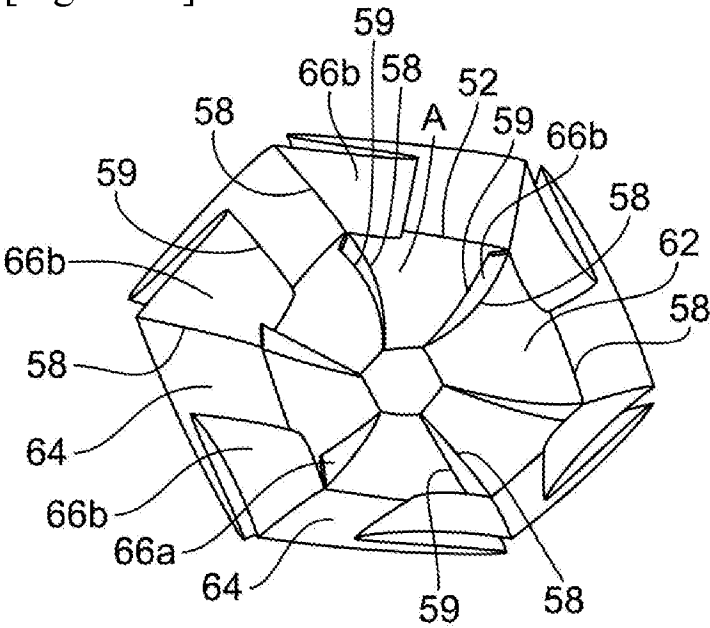
[Fig.5]



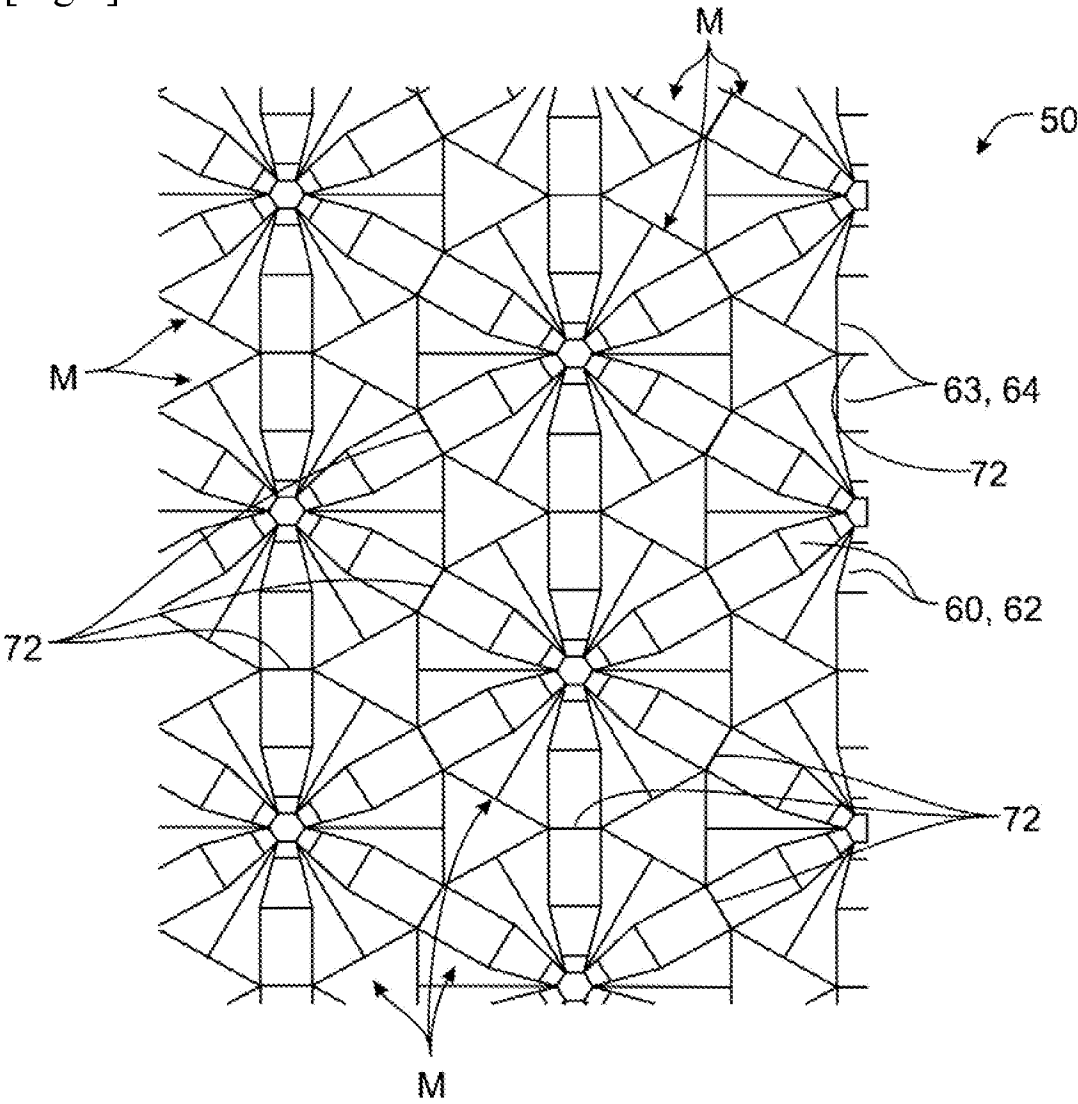
[Fig.6]



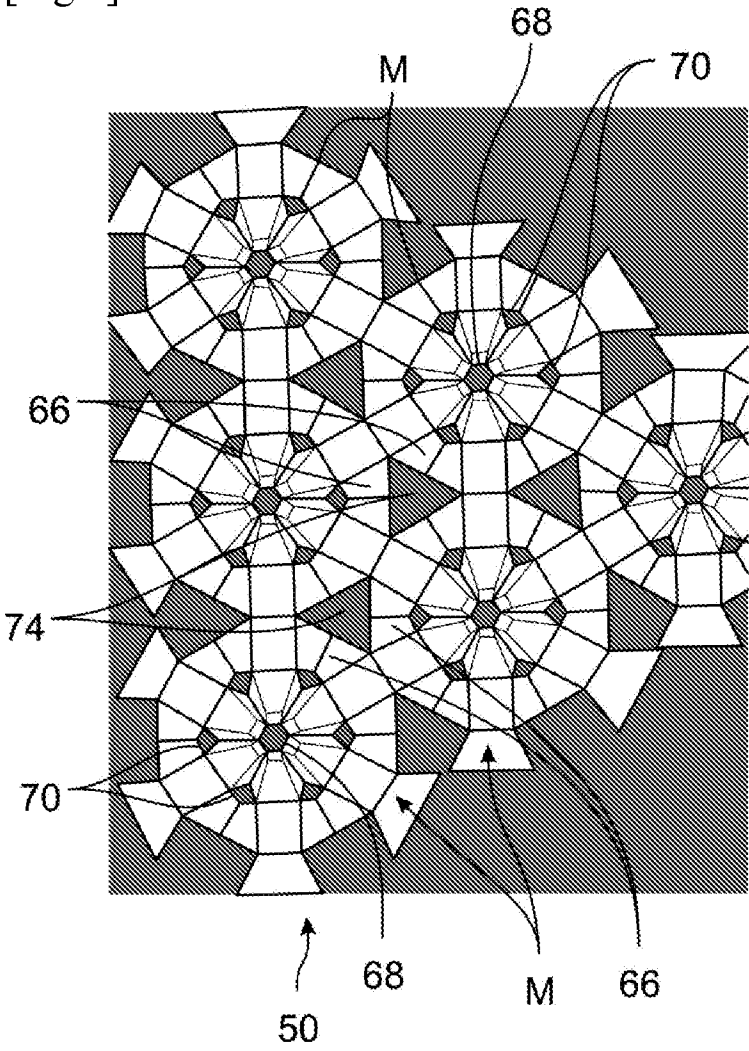
[Fig.7a-7b]



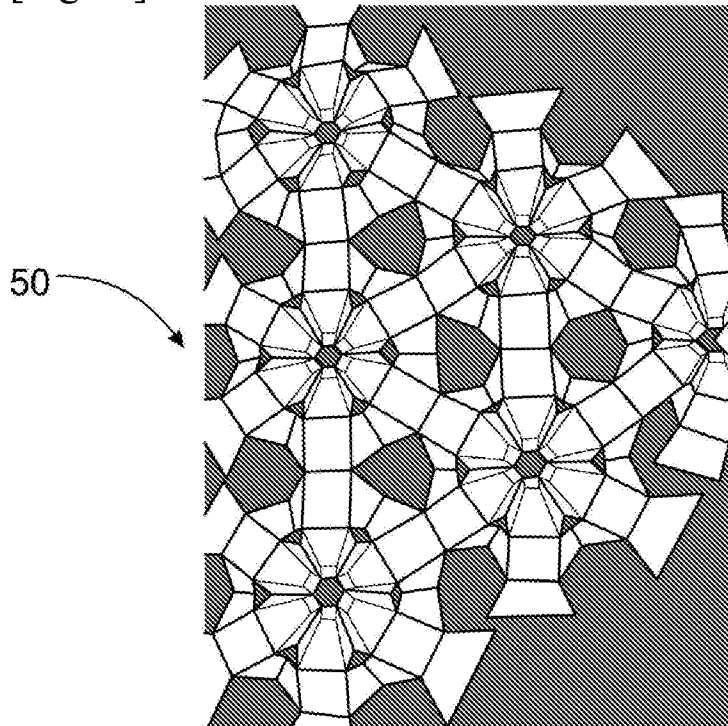
[Fig.8]



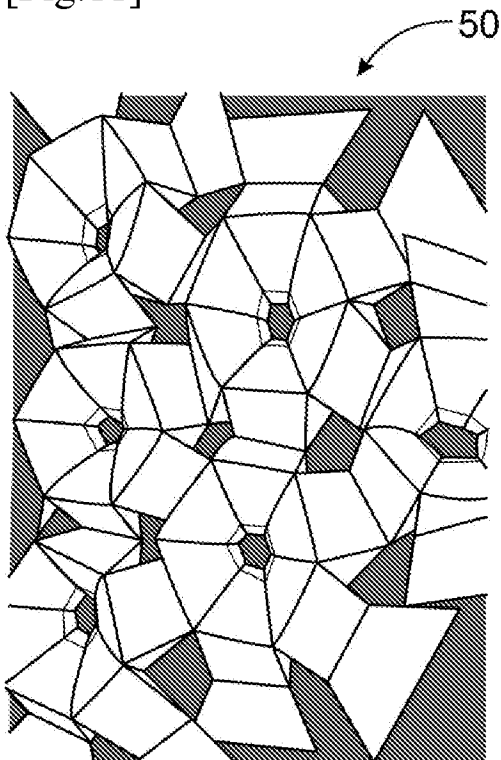
[Fig.9]



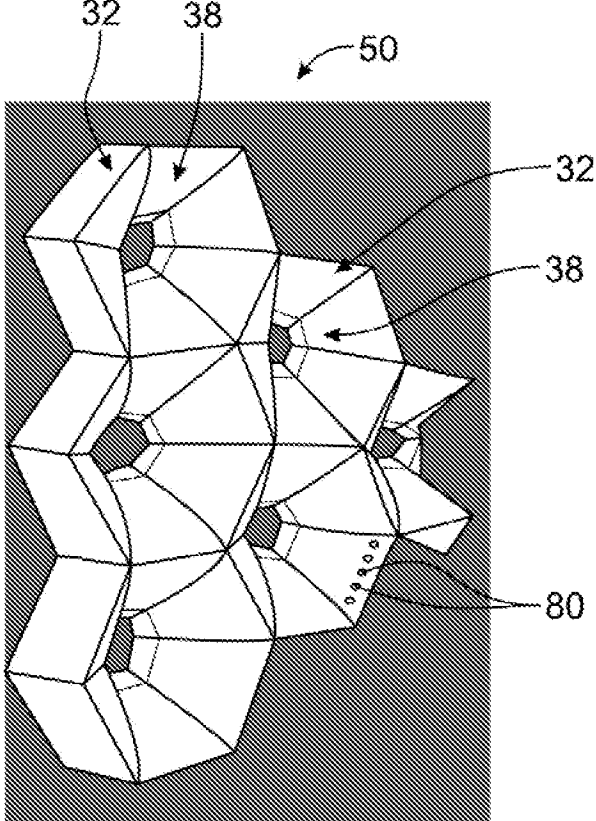
[Fig.10]



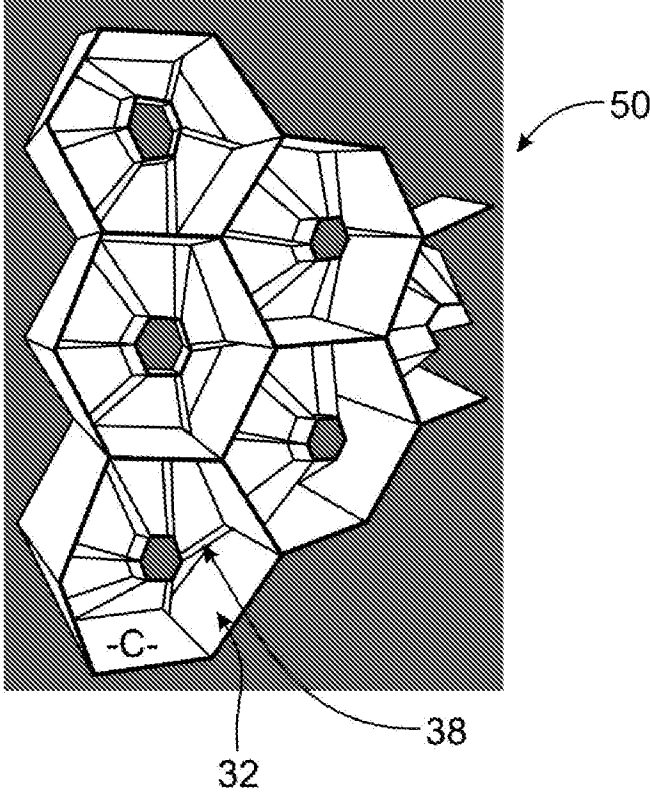
[Fig.11]



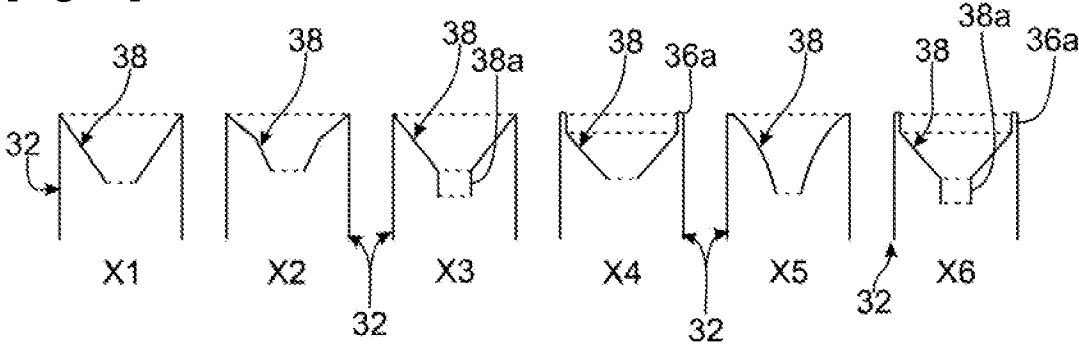
[Fig.12]



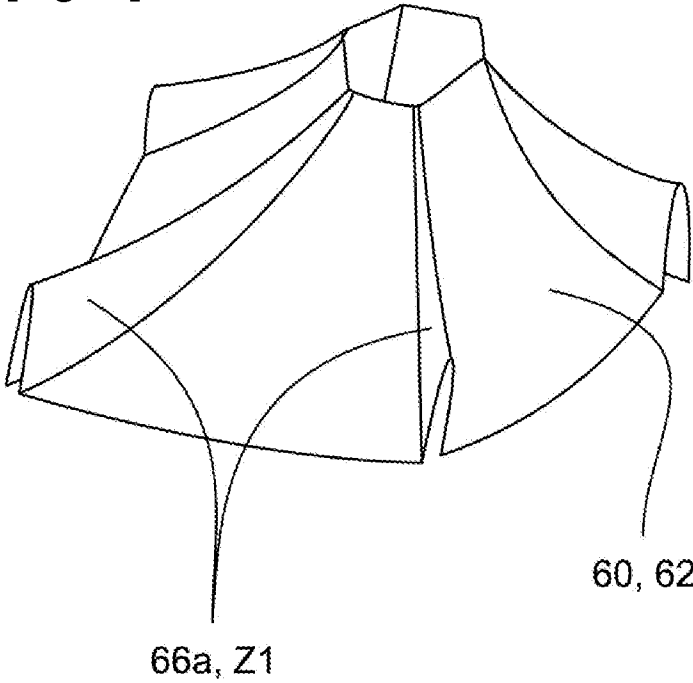
[Fig.13]



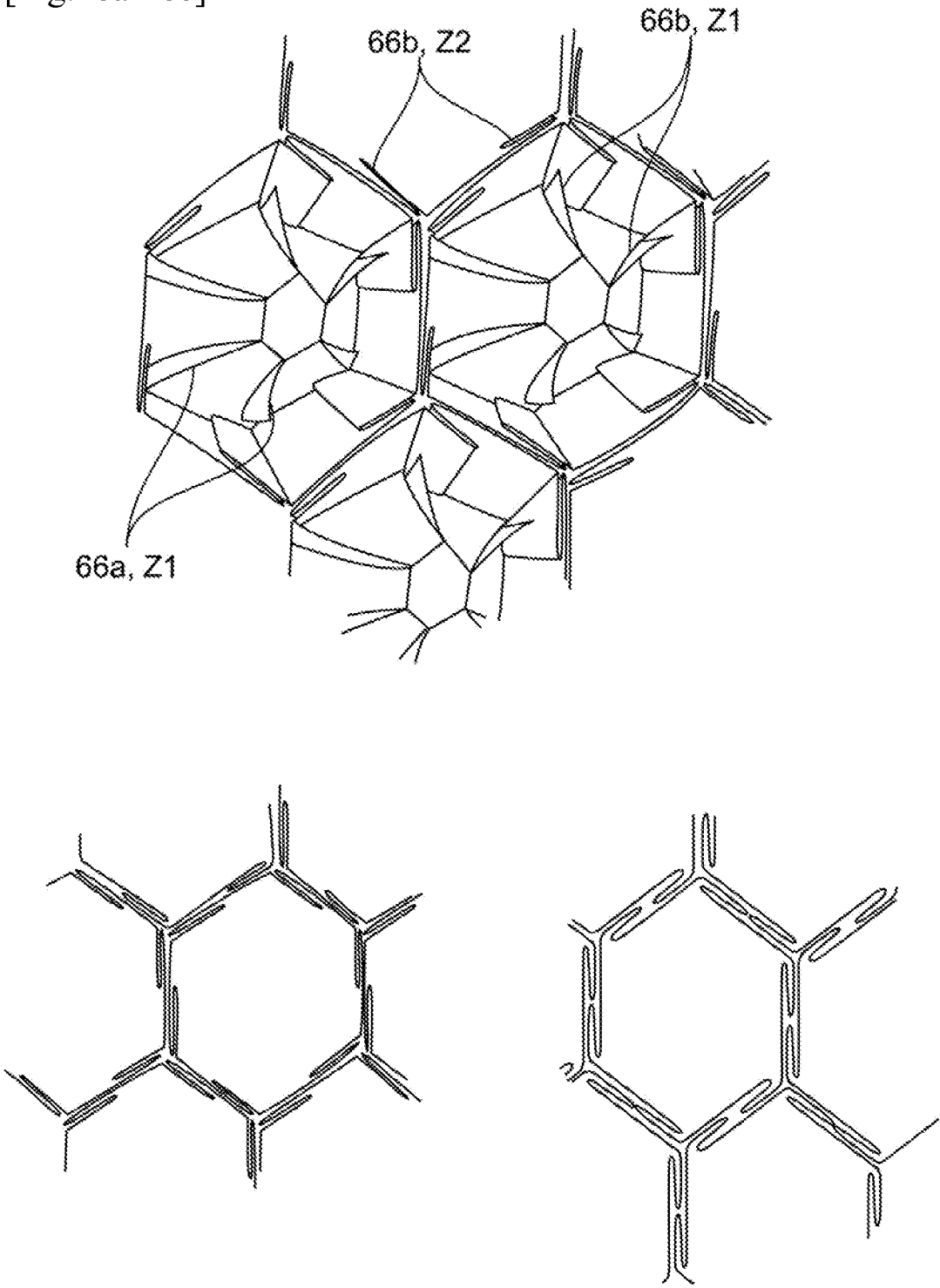
[Fig.14]



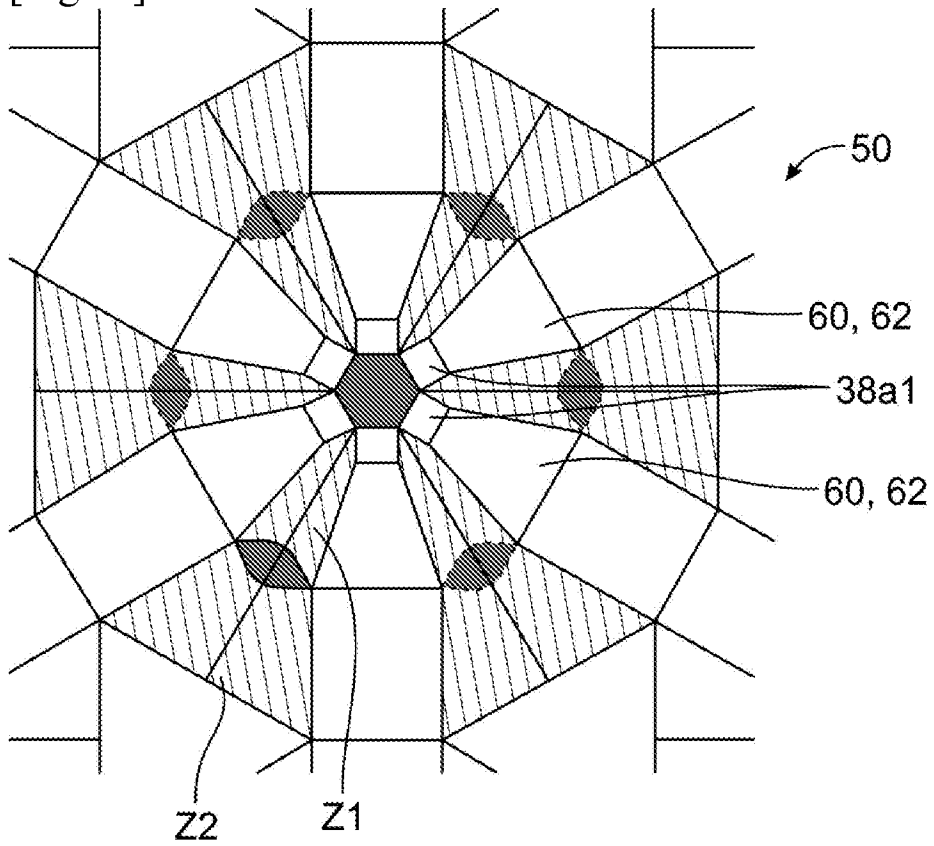
[Fig.15]



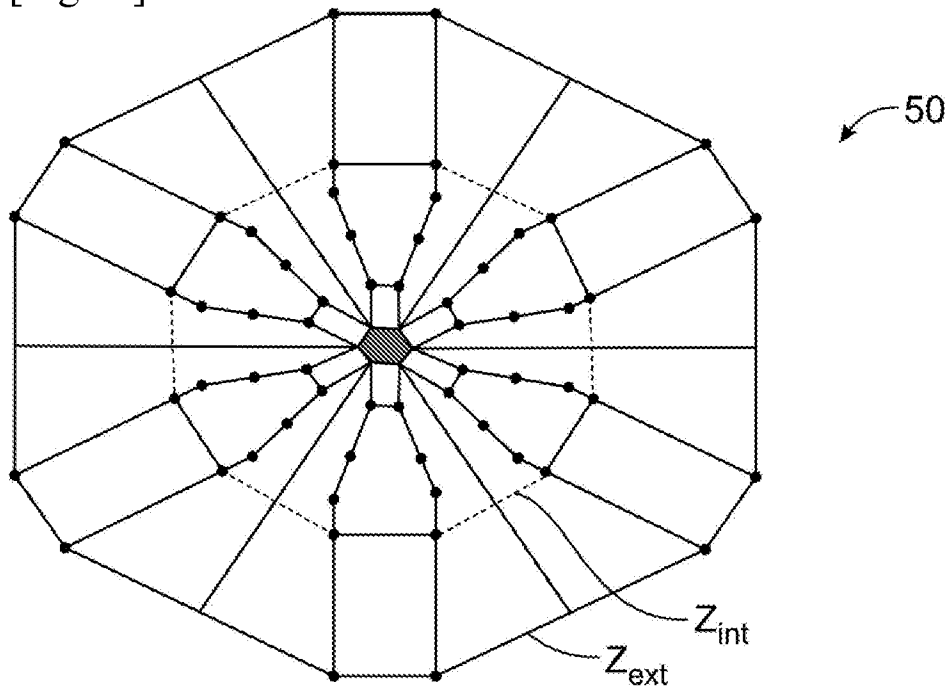
[Fig.16a-16c]



[Fig.17]



[Fig.18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2024/050393

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G10K 11/172**(2006.01)i; **F02K 1/82**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G10K; F02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2022199064 A1 (QUESADA MARC W [US] ET AL) 23 June 2022 (2022-06-23) paragraphs [0001], [0060], [0070]; figures 2,3,8-11,14	1-19
A	FR 3123385 A1 (SAFRAN [FR]) 02 December 2022 (2022-12-02) paragraphs [0040], [0053]; claim 17; figure 2	1-19
A	FR 3123755 A1 (SAFRAN [FR]) 09 December 2022 (2022-12-09) figure 7A	1-19
A	US 2020165975 A1 (BROCHARD WOLFGANG [FR] ET AL) 28 May 2020 (2020-05-28) claim 1; figures 4-15	1-19
A	US 2020017189 A1 (KRUCKENBERG TERESA [US]) 16 January 2020 (2020-01-16) paragraph [0067] - paragraph [0070]; claim 1	1-19
A	US 11059559 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 13 July 2021 (2021-07-13) claim 1	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 May 2024

Date of mailing of the international search report

06 June 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Lorne, Benoît

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2024/050393

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2022199064	A1	23 June 2022	EP	4020461	A1	29 June 2022
				US	2022199064	A1	23 June 2022
FR	3123385	A1	02 December 2022	FR	3123385	A1	02 December 2022
				WO	2022248790	A1	01 December 2022
FR	3123755	A1	09 December 2022	CN	117501357	A	02 February 2024
				EP	4352722	A1	17 April 2024
				FR	3123755	A1	09 December 2022
				WO	2022258921	A1	15 December 2022
US	2020165975	A1	28 May 2020	CN	111232226	A	05 June 2020
				EP	3660295	A1	03 June 2020
				FR	3088848	A1	29 May 2020
				US	2020165975	A1	28 May 2020
US	2020017189	A1	16 January 2020	EP	3594936	A1	15 January 2020
				US	2020017189	A1	16 January 2020
US	11059559	B2	13 July 2021	CN	110230541	A	13 September 2019
				EP	3537429	A1	11 September 2019
				US	2019270504	A1	05 September 2019

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G10K11/172 F02K1/82 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G10K F02K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO - Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2022/199064 A1 (QUESADA MARC W [US] ET AL) 23 juin 2022 (2022-06-23) alinéas [0001], [0060], [0070]; figures 2,3,8-11,14 -----	1 - 19
A	FR 3 123 385 A1 (SAFRAN [FR]) 2 décembre 2022 (2022-12-02) alinéas [0040], [0053]; revendication 17; figure 2 -----	1 - 19
A	FR 3 123 755 A1 (SAFRAN [FR]) 9 décembre 2022 (2022-12-09) figure 7A -----	1 - 19
A	US 2020/165975 A1 (BROCHARD WOLFGANG [FR] ET AL) 28 mai 2020 (2020-05-28) revendication 1; figures 4-15 ----- - / - -	1 - 19
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 27 mai 2024		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 06/06/2024
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Lorne, Benoît

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2020/017189 A1 (KRUCKENBERG TERESA [US]) 16 janvier 2020 (2020-01-16) alinéa [0067] - alinéa [0070]; revendication 1 -----	1 - 19
A	US 11 059 559 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 13 juillet 2021 (2021-07-13) revendication 1 -----	1 - 19

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2024/050393

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2022199064 A1	23-06-2022	EP 4020461 A1	29-06-2022
		US 2022199064 A1	23-06-2022
FR 3123385 A1	02-12-2022	FR 3123385 A1	02-12-2022
		WO 2022248790 A1	01-12-2022
FR 3123755 A1	09-12-2022	CN 117501357 A	02-02-2024
		EP 4352722 A1	17-04-2024
		FR 3123755 A1	09-12-2022
		WO 2022258921 A1	15-12-2022
US 2020165975 A1	28-05-2020	CN 111232226 A	05-06-2020
		EP 3660295 A1	03-06-2020
		FR 3088848 A1	29-05-2020
		US 2020165975 A1	28-05-2020
US 2020017189 A1	16-01-2020	EP 3594936 A1	15-01-2020
		US 2020017189 A1	16-01-2020
US 11059559 B2	13-07-2021	CN 110230541 A	13-09-2019
		EP 3537429 A1	11-09-2019
		US 2019270504 A1	05-09-2019