

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 065 669

②1 N° d'enregistrement national : 17 53640

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : B 32 B 3/28 (2017.01), B 32 B 3/12, 7/14, 15/00, 23/00, 29/08, B 31 D 3/02

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 26.04.17.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.11.18 Bulletin 18/44.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : SAS ENGINEERING COMPOSITE 3D  
Société par actions simplifiée — FR.

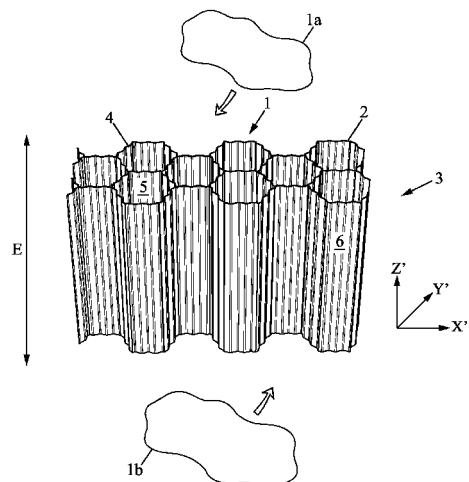
⑦② Inventeur(s) : BRUN FREDERIC.

⑦③ Titulaire(s) : SAS ENGINEERING COMPOSITE 3D  
Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

⑤④ PROCÉDE DE REALISATION D'UNE AME DE MATERIAU STRUCTURAL SANDWICH ET AME.

⑤⑦ Une âme de matériau structural sandwich dans un état compact comporte un sandwich de feuilles comprenant au moins deux feuilles superposées. L'âme est apte à être placée dans un état expansé dans lequel le sandwich de feuilles est étiré selon la direction d'épaisseur de feuilles pour former une structure alvéolée. Chaque feuille du sandwich de feuilles présente des ondulations spatialement périodiques. Une période spatiale des ondulations est strictement inférieure à une période spatiale des bandes adhésives disposées sur les feuilles. Un reste de la division euclidienne de la période spatiale des bandes adhésives par la période spatiale des ondulations est strictement supérieur à zéro.



FR 3 065 669 - A1



PROCEDE DE REALISATION D'UNE AME DE MATERIAU STRUCTURAL  
SANDWICH ET AME

La présente est relative aux procédés de réalisation  
5 d'âmes de matériau structural sandwich, et aux âmes de  
matériau structural sandwich obtenues par de tels procédés.

Les matériaux structuraux sandwich sont généralement  
composés de deux peaux externes solidarisiées sur les faces  
opposées d'une âme. Ladite âme est faite de telle sorte  
10 qu'elle possède une forte résistance structurale à la  
compression et à la flexion tout en conservant un poids  
minimal. Ces matériaux structuraux possèdent de nombreuses  
applications par exemple dans le domaine de l'aéronautique  
ou de l'automobile.

15 Parmi ces matériaux, les plus connus sont ceux  
comportant une âme en nid d'abeille. Ces âmes sont  
constituées de feuilles mises en forme puis fixées ensemble  
à des points précis pour constituer un réseau d'alvéoles de  
profil hexagonal, parfois déformé, qui s'étendent  
20 perpendiculairement audites peaux externes.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE

On connaît du document US 5 431 980 des âmes de  
25 matériaux structuraux qui peuvent être utilisées pour créer  
des parois à la fois rigides, légères et courbes.

Pour ce faire, le document prévoit notamment une âme de  
matériau structural qui comporte des alvéoles en forme de  
nid d'abeille, lesquelles alvéoles présentent des côtés  
30 avec des formes particulières, du type avec des formes  
ondulées, des dessins en demi-cercle etc.

Les âmes sont réalisées à partir de bandes ondulées  
superposées les unes sur les autres, et reliées  
ponctuellement les unes aux autres par des zones de  
35 fixation. Les bandes ondulées présentant un motif répété

sur toute leur longueur, et le motif comprend une zone plate en alternance avec une zone ondulée. Les zones plates de chaque bande ondulée sont fixées en alternance soit à une zone plate d'une bande ondulée supérieure soit à une zone plate d'une bande ondulée inférieure. Par ailleurs, l'âme de matériau est déployable entre un état compact et un état déployé par expansion des bandes ondulées superposées suivant une direction perpendiculaire à la direction desdites bandes ondulées superposées.

10 Ladite âme peut être réalisée dans une grande variété de matières constitutives dont par exemple des métaux comme de l'aluminium.

Alternativement, on peut réaliser une telle âme en matériaux non-métalliques comme de la cellulose.

15

#### RÉSUMÉ

La présente a pour objectif de proposer une âme de matériau structural sandwich présentant en particulier des caractéristiques mécaniques améliorées, une densité réduite et/ou un coût réduit.

Selon un aspect, une âme de matériau structural sandwich dans un état compact comportant un sandwich de feuilles comprenant au moins deux feuilles superposées, lesdites feuilles s'étendant chacune sensiblement selon un plan d'extension et étant superposées selon une direction d'épaisseur sensiblement perpendiculaire au plan d'extension, l'âme étant apte à être placée dans un état expansé dans lequel le sandwich de feuilles est étiré selon la direction d'épaisseur de feuilles pour former une structure alvéolée, l'âme étant telle que deux feuilles superposées du sandwich de feuilles adhèrent l'une à l'autre par une pluralité de bandes adhésives intercalées entre les deux feuilles et adhérant à chacune desdites deux

feuilles superposées, lesdites bandes adhésives étant orientées selon une première direction du plan d'extension et étant juxtaposées périodiquement sur les feuilles selon une deuxième direction du plan d'extension perpendiculaire à la première direction, lesdites bandes adhésives ayant une période spatiale P2 dans la deuxième direction, l'âme étant **caractérisé en ce que** : chaque feuille du sandwich de feuilles présente des ondulations dans la direction d'épaisseur, les ondulations étant spatialement périodiques dans la deuxième direction, en ce que la période spatiale des ondulations est strictement inférieure à la période spatiale des bandes adhésives, et en ce qu'un reste de la division euclidienne de la période spatiale des bandes adhésives par la période spatiale des ondulations est strictement supérieur à zéro.

Dans des modes de réalisation particuliers, l'âme peut comporter en outre une ou plusieurs des dispositions suivantes :

- ledit reste de la division euclidienne de la période spatiale des bandes adhésives par la période spatiale des ondulations est supérieur à un dixième de la période spatiale des ondulations, de préférence supérieur à un cinquième de la période spatiale des ondulations ;
- les ondulations s'étendent sensiblement dans la première direction ;
- les ondulations sont disposées de manière continue sur chaque feuille du sandwich de feuilles, en particulier à l'endroit desdites bandes adhésives ;
- lesdites bandes adhésives présentent une largeur de bande selon la deuxième direction supérieure à la période spatiale des ondulations, de sorte que, dans la deuxième direction, chaque bande adhésive couvre

plus d'une ondulation d'une feuille à laquelle ladite bande adhésive adhère ;

- 5 • les ondulations ont une forme générale de zigzags, en particulier dans laquelle lesdits zigzags présentent des sommets en pointe avec un angle de sommet prédéfini, en particulier un angle supérieur à 10 degrés et inférieur à 60 degrés ;
- 10 • placée dans l'état expansé pour former la structure alvéolée, ladite structure alvéolée comprend des cellules de forme générale sensiblement hexagonale, et chacune des parois desdites cellules est ondulée par les ondulations des feuilles du sandwich de feuilles ;
- 15 • deux parois de ladite structure alvéolée, appartenant respectivement à deux cellules adjacentes et étant orientées selon des plan d'orientation respectifs sensiblement identiques, présentent des ondulations respectives respectivement déphasées l'une par rapport à l'autre ; et
- 20 • le sandwich de feuilles est un sandwich de feuilles métalliques ou de cellulose.

Selon un aspect, un procédé de réalisation d'une âme de matériau structural comportant les étapes de :  
25 Fournir au moins deux feuilles ondulées selon une direction d'épaisseur de feuille, au moins une des deux feuilles ayant une pluralité de bandes adhésives orientées selon une première direction d'un plan d'extension des feuilles, les ondulations ayant une période spatiale d'ondulation dans  
30 une deuxième direction du plan d'extension, la deuxième direction étant perpendiculaire à la première direction ;  
et Empiler lesdites au moins deux feuilles pour obtenir un sandwich de feuilles tel que deux feuilles superposées du sandwich de feuilles adhèrent l'une à l'autre par la

pluralité de bandes adhésives, la pluralité de bandes adhésives étant intercalées entre les deux feuilles et juxtaposées périodiquement selon la deuxième direction, lesdites bandes adhésives ayant une période spatiale dans la deuxième direction, la période spatiale des ondulations étant strictement inférieure à la période spatiale des bandes adhésives, et un reste de la division euclidienne de la période spatiale des bandes adhésives par la période spatiale des ondulations est strictement supérieur à zéro.

10

Dans des modes de réalisation particuliers, le procédé peut comporter en outre une ou plusieurs des dispositions suivantes :

- l'étape de fournir lesdites au moins deux feuilles comprend les étapes de :
  - o Disposer la pluralité de bandes adhésives sur au moins une bande continue de matériau ;
  - o Découper ladite bande continue pour former lesdites au moins deux feuilles ; et
  - o Former les ondulations périodiques dans lesdites au moins deux feuilles ;
- les ondulations périodiques sont formées pour s'étendre dans la première direction ;
- lesdites au moins deux feuilles sont métalliques et les étapes du procédé sont effectuées séquentiellement dans l'ordre suivant :
  - o Disposer la pluralité de bandes adhésives sur la bande continue de matériau de sorte à ce que la première direction soit sensiblement selon une direction de largeur de la bande continue ;
  - o Couper la bande continue pour former lesdites au moins deux feuilles de telle sorte que deux feuilles successivement découpées dans la bande continue présentent un décalage de phase des

30

- bandes adhésives dans la deuxième direction l'une par rapport à l'autre, en particulier un décalage de phase sensiblement égal à la moitié de la période spatiale des bandes adhésives ; et
- 5       o Former les ondulations périodiques dans lesdites au moins deux feuilles pour fournir lesdites au moins deux feuilles ; et
- o Empiler lesdites au moins deux feuilles pour former le sandwich de feuilles).
- 10       • les ondulations périodiques sont formées pour s'étendre dans la première direction ;
- lesdites au moins deux feuilles sont faites au moins partiellement de cellulose, et l'étape de fournir lesdites au moins deux feuilles comprend les
- 15       étapes de :
- o Former les ondulations sur une première bande continue de matériau dont une première desdites au moins deux feuilles est extraite, et former les ondulations sur un deuxième bande continue de
- 20       matériau, distincte de la première bande continue, dont une deuxième desdites au moins deux feuilles est extraite, la première direction étant une direction sensiblement d'une longueur de la bande continue;
- 25       o Disposer périodiquement des bandes adhésives sur la première bande continue et des bandes adhésives sur la deuxième bande continue, les bandes adhésives de la première bande continue étant déphasées dans la deuxième direction par
- 30       rapport à celles de la deuxième bande, en particulier un décalage de phase sensiblement égal à la moitié de la période spatiale des bandes adhésives ; et
- o Couper et empiler la première bande continue et
- 35       la deuxième bande continue de façon à former le

sandwich de feuilles comprenant la première feuille et la deuxième feuille.

#### AVANTAGES

5

Avoir un reste de la division euclidienne de la période spatiale des bandes adhésives par la période spatiale des ondulations strictement supérieur à zéro, permet un renforcement structurel de la structure alvéolée que l'âme  
10 forme dans son état expansé, ainsi présentant un meilleur ratio performance / masse volumique, tant du point de vue de la compression, du cisaillement (indépendamment du sens) que de l'absorption d'énergie.

Dans les procédés de l'art antérieur, seules certaines  
15 valeurs entières du ratio entre la période spatiale des bandes adhésives par la période spatiale des ondulations étaient accessibles. La présente invention vise notamment à faire varier ledit ratio de manière continue et non pas discrète comme antérieurement ce qui permet tout d'abord de  
20 moduler de manière importante le rapport poids/résistance mécanique et en conséquence, au choix, d'augmenter significativement la résistance mécanique à poids constant, ou de réduire significativement le poids à résistance mécanique constante.

25

Par ailleurs, le procédé de fabrication est simplifié par l'absence de contrainte de multiplicité entière entre la période spatiale des bandes adhésives et la période spatiale des ondulations. La gestion technique de faire  
30 coïncider le pas de l'ondulation avec le pas d'impression des bandes adhésives est supprimé, ce qui rend compatible cette technique avec différentes tailles de cellules et différentes épaisseurs de feuilles ou feuillets, sans avoir à gérer aucun décalage du motif dû à des variations.  
35 Cette technique permet donc de diminuer l'outillage



nécessaire à la réalisation d'une gamme complète de nid d'abeille.

Enfin, la non multiplicité entière entre la période spatiale des bandes adhésives et la période spatiale des ondulations rend possible la réalisation de structures alvéolées ondulées de petite taille de cellule, jusqu'ici impossible à produire en raison de la difficulté de gérer à petite échelle la coïncidence du motif d'ondulation avec le motif d'impression des bandes adhésives.

#### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Pour pouvoir être exécutée, l'invention est exposée de façon suffisamment claire et complète dans la description suivante qui est, en plus, accompagnée de dessins dans lesquels :

- La figure 1 est une vue schématique d'une portion d'un exemple d'âme de matériau structural, vue en perspective et sensiblement de dessus, lorsque l'âme est en état expansé,
- La figure 2 est une vue schématique d'élévation plane de l'âme de la figure 1,
- La figure 3 est une vue schématique en perspective de l'âme de la figure 1, lorsque l'âme est en état compact,
- la figure 4 montre les étapes d'un exemple de d'un procédé de réalisation d'une âme de matériau structural sandwich telle que l'âme de la figure 1,
- la figure 5 illustre un détail d'une étape de dépôt d'adhésif du procédé de la figure 4,
- la figure 6 illustre un détail d'une étape de déformation procédé de la figure 4, et

- la figure 7 montre les étapes d'un autre exemple de procédé de réalisation d'une âme de matériau structural sandwich telle que l'âme de la figure 1.

5

## DESCRIPTION DETAILLEE

Dans la description qui suit, les termes « inférieur », « supérieur », « haut », « bas » etc... sont utilisés en référence aux dessins pour une plus grande facilité de compréhension. Ils ne doivent pas être compris comme étant des limitations de la portée de l'invention.

Les figures 1 et 2 illustrent une âme 1 en état expansé telle qu'elle le serait lors de son emploi. La figure 3 montre l'âme 1 en état compact, avant son expansion. L'état compact est celui qu'a l'âme 1 avant emploi, par exemple, lors du transport de l'âme 1.

L'âme 1 s'étend sensiblement suivant des directions d'extension d'âme X', Y' et est destinée à être comprise entre une surface supérieure 1a et une surface inférieure 1b, aussi appelées peaux, opposées selon une direction d'épaisseur d'âme Z', pour constituer un matériau structural sandwich 3.

Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, l'âme 1 comporte quatre feuilles 2. L'âme 1 de matériau structural n'est cependant pas limitée à la présence d'une quantité particulière de feuilles 2, et, selon les applications et spécifications désirées, l'âme 1 pourrait comporter plus ou moins de feuilles 2 sans sortir du cadre de l'invention.

Les feuilles 2 peuvent être faites de différents matériaux. Par exemple, les feuilles 2 pourraient être faites de matériau métallique ou de cellulose. Pour le cas de matériau en cellulose, il se pourrait qu'afin d'obtenir une âme de matériau structural sandwich 1 d'une résistante donnée, on imprègne les feuilles 2 avec une résine durcie.

L'âme 1, en état expansé révèle une structure alvéolée 4 comportant une pluralité de cellules 5 juxtaposées les unes aux autres pour former un réseau périodique de dimensions arbitraires.

5 Par « cellule », on entend ainsi par exemple une maille élémentaire dudit réseau périodique.

Par « structure alvéolée », on entend que la structure 4, bien que formée de feuilles 2 originellement planes, est une structure tridimensionnelle, les feuilles 2 étant  
10 assemblées et mises en forme par expansion pour former une structure de dimensions arbitraires, majoritairement composée de vide entre les feuilles 2, et présentant pour autant des caractéristiques de résistance mécanique élevées.

15 Chaque cellule 5 comporte une pluralité de faces 6. Par exemple dans le cas des figures 1 à 3, les cellules 5 sont hexagonales et ont six faces 6.

Les cellules 5 peuvent former, comme illustré dans l'exemple des figures 1 et 2, un réseau d'alvéoles  
20 hexagonales régulières. Il se pourrait aussi que les cellules 5 forment un réseau de cellules autre qu'hexagonales, par exemple, trapézoïdales, et/ou que les cellules ne soient pas régulières.

Par « alvéole », on entend ainsi une structure  
25 tridimensionnelle dont une section présente une forme fermée sur elle-même, en particulier un hexagone, dans le cas d'une alvéole d'un réseau de type « nid d'abeille ».

Le réseau périodique formé par la juxtaposition des cellules 5 peut ainsi être un réseau de type nid d'abeille.

30 Dans un tel réseau avec des alvéoles hexagonales, les cellules 5 peuvent être juxtaposées de telle sorte que chaque face 6 d'une cellule 5 constitue une face 6 de deux alvéoles adjacentes.

La structure alvéolée 4 forme ainsi un réseau compact  
35 et résistant, avantageusement un réseau en «nid d'abeille».

Plus précisément comme illustré sur la figure 3, la structure alvéolée 4 comprend un sandwich de feuilles 7 comportant au moins une première feuille 8 et une deuxième feuille 9. Dans l'exemple de la figure 3, le sandwich de  
5 feuilles 7 comprend quatre feuilles. Il est cependant envisagé que le sandwich de feuilles 7 pourrait contenir un nombre divers de feuilles selon les applications envisagées.

Les première et deuxième feuilles 8, 9 s'étendent  
10 respectivement sensiblement suivant des directions d'extension X, Y. Elles sont mises en forme selon une direction d'épaisseur de feuille Z, sensiblement perpendiculaire aux directions d'extension X, Y, de sorte que le sandwich de feuilles 7 soit étiré selon la direction  
15 d'épaisseur de feuille Z pour former la structure alvéolée 4.

Les directions d'extension X, Y et d'épaisseur de feuille Z ne sont usuellement pas colinéaires respectivement avec les directions d'extension de l'âme X',  
20 Y' et d'épaisseur d'âme Z' mais pivotées de 90°, de sorte que les directions d'extension X, Y sont respectivement colinéaires avec une directions d'extension d'âme X' et la direction d'épaisseur d'âme Z', tandis que la direction d'épaisseur de feuille Z est colinéaire avec une direction  
25 d'extension de l'âme Y'.

L'âme de matériau structural sandwich 1 est en particulier telle que la première et la deuxième feuille 8,9 comportent au moins une portion avec des motifs en débord périodiques, comme par exemple des ondulations 11.  
30 Dans l'exemple des figures 1 à 3, les feuilles 8, 9 sont entièrement ondulées. Il se pourrait que seulement une partie plus ou moins grande, continue ou pas, des feuilles 8, 9 soit déformée en ondulations.

Les ondulations 11 peuvent avoir plusieurs formes. Par  
35 exemple, les ondulations 11 peuvent être plus ou moins

courbées que celles représentées dans les figures. Selon l'exemple des figures 1 à 3, les ondulations ont une forme générale de zigzag. En particulier les zigzags peuvent former des sommets en pointe avec un angle  $A$  de sommet prédéfini. Dans un exemple particulier, l'angle des sommets des zigzags est un angle supérieur à 10 degrés et inférieur à 60 degrés.

Les ondulations 11 sont formées par déformation des feuilles 8, 9 dans un sens d'épaisseur de feuille  $Z$ . La forme donnée aux ondulations 11 peut être unidimensionnelle. Des ondulations unidimensionnelles sont telles qu'elles ont une élongation dans une direction privilégiée. Dans l'exemple des figures 1 à 3, une première direction  $L1$  d'élongation des ondulations 11 est parallèle à une largeur  $La$  des feuilles 8, 9. Ceci pourrait être le cas pour une âme 1 faite en aluminium, par exemple. Cependant, il est envisagé que la première direction  $L1$  pourrait ne pas être parallèle à la largeur  $La$  des feuilles 8, 9. Par exemple, la première direction  $L1$  pourrait être parallèle à une longueur  $Lo$  des feuilles 8, 9. Ceci pourrait être le cas pour une âme 1 faite en papier (i.e. en cellulose). Dans un autre exemple, la première direction  $L1$  pourrait être à un angle non nul avec la longueur  $Lo$  et la largeur  $La$  des feuilles 8, 9. Les ondulations 11 pourraient être bidimensionnelles, ou en biais par rapport à la largeur  $La$  des feuilles 8, 9.

La première et la deuxième feuille 8, 9 adhèrent en outre l'une à l'autre par l'intermédiaire d'une pluralité de bande adhésives 13. Les bandes adhésives 13 sont intercalées entre les deux feuilles 8, 9. Les bandes adhésives 13 se trouvent selon une direction d'épaisseur  $Z$  entre la première et la deuxième feuille 8, 9.

Par « bande », on entend une répartition de produit adhésif entre deux feuilles superposées, selon une direction d'élongation, de façon continue ou par

intermittence, et ayant une largeur prédéterminée. Le terme « bande d'adhésif » inclut non exclusivement un trait ou ligne d'adhésif ou même un ensemble de points de colle s'étendant dans une direction d'élongation.

5 Dans l'exemple des figures 1 et 3, les bandes adhésives 13 sont unidimensionnelles et s'étendent (ou sont orientées) dans la première direction  $L_1$ , parallèle à la largeur  $L_a$  des feuilles 8, 9, c'est-à-dire dans une direction de l'élongation des ondulations 11. Il se  
10 pourrait cependant que les bandes adhésives 13 ne soient pas parallèles à la largeur  $L_a$  des feuilles 8, 9. Par exemple, les bandes adhésives 13 pourraient s'étendre dans une direction parallèle à une longueur  $L_o$  des feuilles 8, 9. Dans un autre exemple, bandes adhésives 13 pourraient  
15 s'étendre à un angle non nul, préférentiellement pas perpendiculaire, avec la longueur  $L_o$  et la largeur  $L_a$  des feuilles 8, 9.

Dans l'exemple montré aux figures 1 à 3, la direction d'élongation des bandes adhésives 13 est sensiblement  
20 parallèle à une direction d'élongation des ondulations 11. Il se pourrait cependant que les bandes adhésives 13 soient à un angle non-nul (mais non égal à 90 degrés) avec les ondulations 11. Par exemple, lorsque les ondulations 11 sont disposées en biais par rapport aux côtés des feuilles  
25 8, 9, alors que les bandes d'adhésif 13 sont parallèles à un côté des feuilles 8, 9. Dans un autre exemple, les ondulations 11 pourraient être bidimensionnelles.

Dans le cas des figures 1 à 3, les bandes adhésives 13 ont une largeur  $D$  (figure 3). La largeur  $D$  est constante  
30 d'une bande à l'autre et entre bandes adhésives 13 de feuilles 2 différentes. Avoir des bandes adhésives 13 de même largeur  $D$  à l'intérieur d'une même feuille et entre feuilles du sandwich de feuilles 7 permet de réaliser un maillage régulier de la structure alvéolée 4. Il est  
35 cependant envisagé que les bandes adhésives 13 puissent

être non identiques en largeur  $D$  à l'intérieur d'un sandwich de feuilles 7. Comme va être expliqué plus en détails ci-dessous, la largeur  $D$  peut être choisie en fonction des ondulations des feuilles 8, 9. La largeur  $D$  est choisie pour qu'elle contienne plusieurs ondulations 11.

Les ondulations 11 sont périodiques de période spatiale  $P_1$ . Par « période », on entend que les ondulations 11 ont un motif qui se répète au moins selon une direction. Dans le cas illustré à la figure 3, la période spatiale  $P_1$  des ondulations 11 est une distance, selon la direction  $X$  crête à crête des ondulations 11 reproductibles. La direction  $X$  est une direction perpendiculaire à la direction d'élongation des ondulations 11. Ainsi pour des ondulations unidimensionnelles qui ont une direction d'élongation sensiblement parallèle à une direction d'élongation des bandes adhésives 13, une direction de calcul de période des ondulations 11 peut être une direction perpendiculaire à la direction d'élongation des ondulations 11. La direction de calcul de la période spatiale  $P_1$  des ondulations 11 est aussi utilisée pour calculer une période spatiale  $P_2$  des bandes adhésives 13, tel que décrit ci-dessous. Quelle que soit la direction choisie pour le calcul des périodes, une même direction est choisie pour déterminer la période spatiale  $P_1$  des ondulations 11 et la période spatiale  $P_2$  des bandes adhésives 13.

Pour des ondulations 11 en biais par rapport aux bandes adhésives 13, la période spatiale  $P_1$  des ondulations 11 peut être déterminée par rapport à une coupe dans les feuilles 8, 9 selon un plan perpendiculaire à une direction d'élongation des bandes adhésives 13, lequel plan s'entend selon une direction de largeur des bandes adhésives 13. Une autre façon de calculer la période spatiale  $P_1$  dans le cas des ondulations 11 en biais par rapport aux bandes adhésives 13 serait de la déterminer

selon une direction perpendiculaire à la direction d'élongation des ondulations 11, et d'utiliser cette direction pour calculer la période spatiale P2 des bandes adhésives 13.

5 Les bandes adhésives 13 sont disposées périodiquement sur chacune des feuilles 8, 9. C'est-à-dire qu'elles sont espacées d'une distance constante. La distance entre deux bandes adhésives consécutives 13a, 13b (bord à bord) constitue une période spatiale P2 des bandes adhésives 13.

10 Une autre façon de mesurer la période serait de calculer la distance entre les centres de bandes consécutives dans une direction perpendiculaire à la direction d'élongation des bandes, c'est-à-dire dans une deuxième direction L2 perpendiculaire à la première direction L1.

15 La période spatiale P1 des ondulations 11 et la période spatiale P2 des bandes adhésives 13 sont choisies telles que la période spatiale P1 des ondulations 11 est strictement inférieure à la période spatiale P2 des bandes adhésives 13. De plus, un reste de la division euclidienne

20 de la période spatiale P2 des bandes adhésives 13 par la période spatiale P1 des ondulations 11 soit strictement supérieur à zéro. En d'autres termes, pour chaque feuille 8, 9 une période spatiale P2 des bandes adhésives 13 n'est pas un multiple entier d'une période spatiale P1 des

25 ondulations 11.

Ainsi, pour l'exemple illustré à la figure 3, les bandes adhésives 13 commencent dans la deuxième direction L2 à des endroits différents (illustrés par points Pt1 et Pt2 sur la figure 3) de la période spatiale P1 des

30 ondulations 11, et ceci pour au moins deux bandes adhésives 13 consécutives.

Le fait que la période spatiale P2 des bandes adhésives 13 ne soit pas un multiple entier d'une période spatiale P1 des ondulations 11 permet de s'affranchir de la contrainte,

35 lors du procédé de fabrication, que les bandes adhésives 13



soient posées à des endroits identiques de la période spatiale P1 des ondulations 11. Ainsi, l'ondulation donnée à la feuille 2 n'est plus en relation avec une taille de la cellule 5 désirée, ce qui permet de simplifier le processus de fabrication. De plus, l'affranchissement de la multiplicité entre la période P1 des ondulations 11 et la période P2 des bandes adhésives 13 permet de pouvoir former des âmes 1 avec un nombre accru de possibilités de taille de cellules 5 et d'ondulations 11.

10 Selon un exemple, le reste de la division euclidienne de la période spatiale P2 des bandes adhésives 13 par la période spatiale P1 des ondulations 11 est supérieur à un dixième de la période spatiale P1 des ondulations 11. Selon un autre exemple, le reste de la division euclidienne de la période spatiale P2 des bandes adhésives 13 par la période spatiale P1 des ondulations 11 est supérieur à un cinquième de la période spatiale P1 des ondulations 11.

Il est envisagé que pour certains matériaux, une résine pourrait être disposée et réticulée sur une portion ou l'entièreté de la structure alvéolée 4. De cette façon, la résine forme une pluralité de ménisques permettant de rigidifier les motifs en débord et ainsi d'augmenter la résistance à la traction et à la compression de l'âme de matériau structural sandwich 1, en particulier selon les directions d'extension d'âme X' et Y'.

Deux exemples de procédés pour réaliser une telle âme de matériau structural sandwich 1 vont maintenant être décrits en se référant plus particulièrement aux figures 4 à 7.

La figure 4 en relation avec les figures 5 et 6 illustre des étapes d'un tel procédé 99 applicable particulièrement aux matériaux métalliques, et donnant un matériau tel qu'illustré aux figures 1 et 3. La figure 7

illustre des étapes d'un tel procédé 99 applicable particulièrement aux matériaux contenant de la cellulose.

5 Tel que présenté sur la figure 4, le procédé 99 de réalisation d'une âme de matériau structural sandwich 1 comporte tout d'abord une première étape 100 de fourniture d'une bande de matériau 15. Le matériau pour ce procédé 99 est préférablement métallique.

10 Plus précisément, la bande de matériau 15 peut s'étendre sensiblement suivant des directions d'extension X, Y comprenant une direction d'extension longitudinale X et une direction d'extension transversale Y. La bande de matériau 15 est initialement sensiblement lisse, c'est-à-dire qu'elle ne comporte pas les ondulations 11. Cependant  
15 il se pourrait que la bande de matériau 15 soit précontrainte. Selon un exemple de précontrainte, la bande de matériau 15 est imprimée dans son épaisseur de motifs arrondis de faible amplitude par rapport à ceux par la suite imprimés.

20 La bande de matériau 15 peut présenter une largeur définie, par exemple sensiblement égale à l'épaisseur E (illustré à la figure 1) souhaitée pour l'âme 1, selon la direction d'extension transversale Y, par exemple comprise entre quelques centimètres et quelques mètres. La bande de  
25 matériau 15 peut par ailleurs présenter une longueur nettement plus importante selon la direction d'extension longitudinale X, par exemple de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. La bande de matériau 15 peut ainsi être enroulée sur elle-même autour de la direction  
30 d'extension transversale Y, de sorte à former un rouleau 20 de bande qui soit déroulé au fur et à mesure de la fabrication de l'âme de matériau structural sandwich 1.

Dans une deuxième étape 200 du procédé 99, on dispose la pluralité de bandes adhésives 13 sur la bande de matériau 15.

5 Les bandes adhésives 13 peuvent par exemple s'étendre sensiblement selon la direction d'extension transversale Y, c'est-à-dire perpendiculairement à une direction de déroulement de la bande 15.

10 Préférentiellement, on dispose sur la bande de matériau 15 une pluralité de bandes adhésives 13 agencées de façon périodique, en particulier de façon périodique selon la direction d'extension longitudinale X. A cette fin, la bande de matériau 15 peut être pressée entre deux rouleaux de dépôt d'adhésif 21a, 21b.

15 Comme illustré à la figure 5, la surface de contact de l'un ou des deux rouleaux de dépôt d'adhésif 21a, 21b peut en particulier comporter une ou plusieurs arrivées d'adhésif 22 permettant une amenée d'adhésif à l'endroit des surfaces de contact des rouleaux de dépôt d'adhésif 21a, 21b avec la bande de matériau 15.

20 Les bandes adhésives 13 sont disposées sur la bande de matériau 15 avant une déformation de la bande 15 (ondulations), étape décrite ci-après.

25 L'adhésif est choisi de façon à être dans un état non activé (c'est-à-dire non collant) afin de prévenir un dépôt d'adhésif sur les rouleaux de mise en forme 18, 19, décrits ci-après. L'adhésif pourra être activé plus tard, au moment de l'assemblage de plusieurs feuilles 2 pour former le sandwich de feuilles 7.

30 Dans une troisième étape 300 de découpage de la bande 15, on découpe la bande de matériau 15 pour former une pluralité de feuilles 2. On forme en particulier la première feuille 8 et la deuxième feuille 9. A cette fin, comme illustré sur la figure 6, on peut découper la bande

15 selon la direction d'extension transversale Y, pour former des feuilles 2 sensiblement rectangulaires.

Plus précisément, on découpe la bande de matériau 15 à une longueur prédéterminée de sorte que les bandes  
5 d'adhésif 13 soient déphasées (ou en décalage de phase  $\phi$ ) entre deux feuilles consécutives. C'est-à-dire on découpe à un endroit autre qu'à la moitié de la période des bandes, entre deux bandes.

Par « déphasées » on entend, que sur deux feuilles 2  
10 consécutives prises dans la bande 15 lorsque celles-ci sont superposées, les bandes adhésives 13 sont décalées d'une feuille à l'autre selon la direction d'épaisseur de feuille Z. les bandes adhésives 13 sont déphasées entre deux feuilles consécutives, lorsque superposées, les bandes  
15 adhésives 13 ne s'alignent pas suivant la direction d'épaisseur de feuille.

Le déphasage  $\phi$  peut se trouver entre deux feuilles consécutives et se répéter ainsi par groupe de deux feuilles, ou bien entre trois ou plus feuilles  
20 consécutives.

Le déphasage  $\phi$  peut être choisi tel qu'il soit d'une moitié de la période spatiale  $P_2$  ( $\phi=P_2/2$ ) des bandes adhésives 13.

Ainsi, lorsque l'âme 1 sera fabriquée les cellules 5  
25 adjacentes et étant orientées selon des plan d'orientation respectifs sensiblement identiques présenteront des ondulations 11 respectives respectivement déphasées l'une par rapport à l'autre. Les cellules 5 de l'âme 1 présenteront des ondulations différentes les unes par rapport aux autres, au moins entre cellules adjacentes.  
30 Ainsi, même si les bandes adhésives 13 sont disposées de façon périodique de sorte à créer des cellules de tailles égales, leur forme sera différente d'une cellule à l'autre.

Dans une quatrième étape 400 de déformation ou d'ondulation, on déforme au moins une portion de chaque feuille 8, 9 selon la direction d'épaisseur de feuille Z, sensiblement perpendiculaire aux directions d'extension X, Y. On obtient ainsi une portion ou une entièreseté ondulée de feuille 8, 9.

Comme représenté sur la figure 6, on peut, à cette fin, comprimer la feuille 8, 9 entre deux rouleaux de mise en forme 18, 19 dont les surfaces de contact avec la feuille 8, 9 présentent une pluralité de motifs gravés 18a, 19a. Les motifs gravés 18a, 19a sont par exemple des zigzags afin de former les ondulations 11 en forme de zigzags.

La portion déformée de la feuille 8, 9 obtenue présente ainsi une pluralité de motifs en débord, sous forme d'ondulations, chaque motif en débord s'étendant sensiblement hors du plan d'extension XY formé par les directions d'extension X, Y.

Selon un exemple, les motifs en débord sont des motifs unidimensionnels selon la direction d'extension transversale Y. Les motifs en débord sont par exemple des ondulations ayant une forme générale en zigzag dans une section selon un plan XZ perpendiculaire à la direction d'extension transversale Y.

Alternativement, les motifs en débord peuvent être des motifs bidimensionnels s'étendant selon les directions d'extension longitudinale X et transversale Y.

Comme on peut le voir sur la figure 4, la totalité des surfaces de contact des rouleaux de mise en forme 18, 19 avec les feuilles 2 peut être recouverte de motifs gravés 18a, 19a, de sorte que la bande 15, une fois pressée entre les rouleaux 18 et 19, est ondulée sur toute son extension longitudinale, sans partie lisse résiduelle. Dans l'exemple des figures, la portion ondulée constitue ainsi la totalité de la feuille 2.

Dans ce mode de réalisation, on peut obtenir une structure alvéolée 4 dont la totalité de chaque feuille 2 est ondulée.

Alternativement, les surfaces de contact des rouleaux de mise en forme 18, 19 avec les feuilles 8, 9 peuvent comporter des parties lisses entre des motifs gravés 18a, 19a, de sorte que les feuilles 2, une fois pressées entre les rouleaux 18 et 19, présentent des parties lisses résiduelles.

10

Dans une cinquième étape 500 de superposition des feuilles, également illustrée sur la figure 4, on superpose les feuilles 2 les unes aux autres selon la direction d'épaisseur de feuille Z pour obtenir le sandwich de feuilles 7. Ainsi, en particulier on superpose la première et la deuxième feuille 8, 9 l'une à l'autre.

Plus précisément, la première et la deuxième feuille 8, 9 peuvent respectivement comporter une pluralité de bandes adhésives 13 s'étendant respectivement selon la direction d'extension transversale Y. On peut alors superposer la première feuille 8 à la deuxième feuille 9, et le déphasage  $\phi$  induit à l'étape de découpage va entraîner une alternance, selon la direction d'extension longitudinale X, des bandes adhésives 13 respectives des première et deuxième feuilles 8, 9. Lors du superposage des feuilles 2, les motifs en débord 14 coopèrent entre eux puisque le même motif d'ondulation a été appliqué à chacune des feuilles 8, 9.

Les étapes 100, 200, 300, 400 et 500 sont préférentiellement réalisées séquentiellement dans cet ordre.

Une sixième étape 600 de pressage du sandwich de feuilles (non illustrée) comprend le pressage du sandwich

de feuilles 7 selon la direction d'épaisseur de feuille Z. On peut disposer à cette fin le sandwich de feuilles 7 à plat dans une presse apte à comprimer le sandwich de feuilles 7 selon la direction d'épaisseur de feuille Z. Cette sixième étape 600 du procédé 99 permet ainsi de faire adhérer entre elles les feuilles 2 adjacentes à l'endroit des bandes adhésives 13 de sorte à ce que le sandwich de feuilles 7 forme une structure unique et solidaire.

Au cours de cette étape 600, on peut en outre chauffer le sandwich de feuilles 7 en particulier pour activer les bandes adhésives 13.

Dans un mode de réalisation avantageux de l'étape 600, les surfaces de la presse en contact avec le sandwich de feuilles 7 peuvent comporter des motifs gravés similaires aux ondulations 11 des feuilles 2 du sandwich de feuilles 7. De cette façon, l'étape de presse permet une adhésion optimale des feuilles 2 entre elles.

Au cours d'une septième étape 700 d'étirage du sandwich, on étire, selon la direction d'épaisseur de feuille Z, le sandwich de feuilles 7 obtenu après l'étape de pressage 600 pour former la structure alvéolée 4 illustrée sur la figure 1.

A cette fin, il est par exemple possible de fixer deux supports d'étirage, respectivement sur une extrémité supérieure 7a et une extrémité inférieure 7b du sandwich de feuilles 7 opposées selon la direction d'épaisseur de feuille Z. Les deux supports d'étirage sont ensuite déplacés et éloignés l'un de l'autre, selon la direction d'épaisseur de feuille Z, de sorte à espacer l'une de l'autre les extrémités supérieures 7a et inférieures 7b du sandwich de feuilles 7 pour étirer ledit sandwich 7 et former une structure alvéolée 4.

La structure alvéolée 4 ainsi obtenue comporte la pluralité de cellules 5, chaque cellule 5 comportant la

pluralité de faces 6, et notamment plusieurs faces doubles, chaque face double étant constituée par deux feuilles 2 collées ensemble par une bande adhésive 13. La pluralité de faces 6 comporte également une ou plusieurs face unique  
5 constituée par une unique feuille 2.

Selon la disposition des bandes adhésives 13, on peut alors obtenir différentes configurations pour la structure alvéolée 4.

Ainsi, dans le mode de réalisation illustré sur la  
10 figure 1, dans lequel les bandes adhésives 13 liant des feuilles 2 adjacentes sont alternées selon la direction d'extension longitudinale X, l'étape d'étirage 700 permet d'obtenir une structure alvéolée 4 de type « nid d'abeille », avec des alvéoles, formées par le réseau de  
15 cellules 5, de forme sensiblement hexagonale. Chaque cellule 5 comporte dans ce mode de réalisation cinq faces 6, dont quatre faces uniques reliées entre elles deux à deux par une face double.

Les alvéoles du réseau formé par les cellules 5  
20 présentent ainsi une forme de prisme comportant une base située dans un plan perpendiculaire XZ à la direction d'extension transversale Y, et s'étendant selon ladite direction d'extension transversale Y. Les alvéoles du réseau formé par les cellules 5 présentent en particulier  
25 une forme de prisme hexagonal dans l'exemple des figures 1 et 2.

Selon la distance d'étirage, ledit prisme hexagonal peut être régulier ou bien être étiré ou comprimé selon la direction d'épaisseur de feuille Z.

30 Cette septième étape 700 du procédé 99, peut en outre comporter, selon le matériau, une cuisson de la structure alvéolée 4 ou de dépôt de résine. Pour cela on dispose (par exemple par trempage) la résine au moins sur la portion ondulée de cellule 5 de la structure alvéolée 4, puis, au



cours d'une étape de réticulation, on réticule la résine pour obtenir une structure alvéolée résinée.

En référence maintenant à la figure 7, un autre exemple de procédé 999 de réalisation d'une âme 1 de matériau structural va être décrit. Le procédé 999 est particulièrement adapté pour des âmes 1 faites au moins en partie de cellulose, comme par exemple du papier ou du carton. Le procédé est préférentiellement effectué dans l'ordre ci-dessous :

Une première étape 1100 du procédé 999 consiste en la fourniture d'une bande de matériau 115. Le matériau 115 pour ce procédé 999 est préférentiellement fait au moins en partie de cellulose.

Plus précisément, la bande de matériau 115 peut s'étendre sensiblement suivant des directions d'extension X, Y comprenant une direction d'extension longitudinale X et une direction d'extension transversale Y. La bande de matériau 115 est sensiblement lisse, c'est-à-dire qu'elle ne comporte pas d'ondulations. Cependant il se pourrait que la bande de matériau 115 soit précontrainte.

La bande de matériau 115 peut présenter une largeur définie, par exemple sensiblement égale à une longueur souhaitée pour l'âme 1, selon la direction d'extension transversale Y, par exemple comprise entre quelques centimètres et quelques mètres. La bande de matériau 115 peut par ailleurs présenter une largeur nettement plus petite selon la direction d'extension longitudinale X, par exemple entre quelques centimètres et quelques mètres, pour former une épaisseur de l'âme 1. La bande de matériau 115 peut ainsi être enroulée sur elle-même autour de la direction d'extension transversale Y, de sorte à former un rouleau 120 de bande déroulé au fur et à mesure de la fabrication de l'âme de matériau structural sandwich 1.

Dans une deuxième étape 1200 de déformation ou d'ondulation, on déforme au moins une portion de la bande de matériau 115 selon la direction d'épaisseur de feuille Z, sensiblement perpendiculaire aux directions d'extension X, Y. L'ondulation peut être effectuée en passant la bande 5 115 entre deux rouleaux de mise en forme 118, 119, similaires aux rouleaux 18, 19 décrits plus haut, dont les surfaces de contact avec la bande présentent une pluralité de motifs gravés, par exemple des zigzags, afin de former 10 les ondulations 111. Les motifs imprimés à une bande de matériau cellulose, telle que la bande 115, peuvent être différents de ceux imprimés à une bande de matériau métallique, telle que la bande 15. Les motifs en débord peuvent être uni- or bidirectionnels, tel que décrits ci- 15 dessus. De même les rouleaux 118, 119 peuvent être entièrement ou seulement partiellement recouverts de motifs 118a, 118b tel que décrit ci-dessus pour fournir une bande 115 entièrement ondulée ou seulement partiellement ondulée. L'étape 1200 peut être faite telle que les ondulations 20 s'étendent selon une longueur de la bande 115, comme illustré à la figure 7.

Dans une troisième étape 1300 du procédé 999, on 25 dispose la pluralité de bandes adhésives 113 sur la bande de matériau 115.

Les bandes adhésives 113 peuvent par exemple s'étendre sensiblement selon la direction X, c'est-à-dire parallèlement à une direction de déroulement de la bande 30 115. Les bandes adhésives 113 peuvent être, par exemple, des traits de colle déversés sur la bande 115 en continu par une ou plusieurs clarinettes 121. Le procédé 999 peut avoir au moins deux lignes de production en parallèle avec la bande 115 et une bande identique 115', et la (ou les) 35 clarinettes 121, 121' d'une ligne sont décalées suivant la

direction Y par rapport à l'autre ligne de production. Ainsi lorsque les bandes de matériau 115, 115' de chaque ligne de production sont collées l'une à l'autre, il y a un déphasage  $\phi$  des bandes adhésives 113, 113' suivant la direction transversale Y. Il se pourrait qu'il y ait plus que deux lignes de production en parallèle.

Dans une quatrième étape 1400 du procédé 999, on empile, en faisant coïncider les bords, les deux bandes 115, 115' imprégnées des bandes adhésives 113, 113' de chaque ligne de production de façon à coller les bandes de matériau 115, 115' entre elles et former un assemblage 116. Tel que décrit ci-dessus, les bandes adhésives 113, 113' sont alors déphasées entre deux bandes 115, 115' empilées.

Dans une cinquième étape 1500, l'assemblage 116 est découpé, par exemple, par un massicot, et sont empilées par groupes de deux les unes aux autres afin de former le sandwich de feuilles 7.

N'importe quel des procédés 99, 999 de réalisation d'un matériau structural sandwich ci-dessus peut aussi comprendre une dixième étape d'adjonction des peaux 1a, 1b, comportant l'adjonction d'une surface supérieure et/ou d'une surface inférieure sur l'âme 1, de sorte en particulier à fermer les ouvertures des cellules 5 de la structure alvéolée.

La surface supérieure et la surface inférieure constituent ainsi les peaux 1a, 1b externes à l'âme 1 permettant de protéger les ouvertures des cellules 5 et donc de constituer un matériau structural sandwich résistant.

REVENDEICATIONS

1. **Ame** (1) de matériau structural sandwich dans un état compact comportant un sandwich de feuilles (7) comprenant au moins deux feuilles (8, 9) superposées, lesdites feuilles s'étendant chacune sensiblement selon un plan d'extension (XY) et étant superposées selon une direction d'épaisseur (Z) sensiblement perpendiculaire au plan d'extension (XY), l'âme (1) étant apte à être placée dans un état expansé dans lequel le sandwich de feuilles (7) est étiré selon la direction d'épaisseur (Z) de feuilles pour former une structure alvéolée (4),

l'âme (1) étant telle que deux feuilles (8, 9) superposées du sandwich de feuilles (7) adhèrent l'une à l'autre par une pluralité de bandes adhésives (13) intercalées entre les deux feuilles (8, 9) et adhérant à chacune desdites deux feuilles superposées, lesdites bandes adhésives (13) étant orientées selon une première direction (L1) du plan d'extension (XY) et étant juxtaposées périodiquement sur les feuilles selon une deuxième direction (L2) du plan d'extension (XY) perpendiculaire à la première direction (L1), lesdites bandes adhésives (13) ayant une période spatiale P2 dans la deuxième direction (L2),

l'âme (1) étant **caractérisé en ce que :**

chaque feuille du sandwich de feuilles (7) présente des ondulations (11) dans la direction d'épaisseur (Z), les ondulations (11) étant spatialement périodiques dans la deuxième direction (L2),

en ce que la période spatiale (P1) des ondulations (11) est strictement inférieure à la période spatiale (P2) des bandes adhésives (13),  
et en ce qu'un reste de la division euclidienne de la période spatiale (P2) des bandes adhésives (13) par la

période spatiale (P1) des ondulations (11) est strictement supérieur à zéro.

2. Ame (1) de matériau structural compacte selon la  
5 revendication 1, dans laquelle ledit reste de la division  
euclidienne de la période spatiale (P2) des bandes  
adhésives (13) par la période spatiale (P1) des ondulations  
(11) est supérieur à un dixième de la période spatiale (P1)  
des ondulations (11), de préférence supérieur à un  
10 cinquième de la période spatiale (P1) des ondulations (11).

3. Ame (1) de matériau structural compacte selon l'une  
quelconque des revendications 1 et 2, dans laquelle les  
ondulations (11) s'étendent sensiblement dans la première  
15 direction (L1).

4. Ame (1) de matériau structural compacte selon l'une  
quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle les  
ondulations (11) sont disposées de manière continue sur  
20 chaque feuille du sandwich de feuilles (7), en particulier  
à l'endroit desdites bandes adhésives (13).

5. Ame (1) de matériau structural compacte selon l'une  
quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle lesdites  
25 bandes adhésives (13) présentent une largeur de bande selon  
la deuxième direction (L2) supérieure à la période spatiale  
(P1) des ondulations (11), de sorte que, dans la deuxième  
direction (L2), chaque bande adhésive (13) couvre plus  
d'une ondulation (11) d'une feuille (2) à laquelle ladite  
30 bande adhésive (13) adhère.

6. Ame (1) de matériau structural compacte selon l'une  
quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle les  
ondulations (11) ont une forme générale de zigzags, en  
35 particulier dans laquelle lesdits zigzags présentent des

sommets en pointe avec un angle (A) de sommet prédéfini, en particulier un angle (A) supérieur à 10 degrés et inférieur à 60 degrés.

5 7. Ame (1) de matériau structural selon l'une  
quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle, placée  
dans l'état expansé pour former la structure alvéolée (4),  
ladite structure alvéolée (4) comprend des cellules (5) de  
forme générale sensiblement hexagonale, et chacune des  
10 parois desdites cellules (5) est ondulée par les  
ondulations (11) des feuilles (2) du sandwich de feuilles  
(7).

8. Ame (1) de matériau structural compacte selon la  
15 revendication 7, dans laquelle deux parois de ladite  
structure alvéolée (4), appartenant respectivement à deux  
cellules (5) adjacentes et étant orientées selon des plan  
d'orientation respectifs sensiblement identiques,  
présentent des ondulations (11) respectives respectivement  
20 déphasées l'une par rapport à l'autre.

9. Ame (1) de matériau structural compacte selon l'une  
quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle le  
sandwich de feuilles (7) est un sandwich de feuilles  
25 métalliques ou de cellulose.

10. Procédé (99, 999) de réalisation d'une âme de  
matériau structural comportant les étapes de :

Fournir au moins deux feuilles (8, 9) ondulées  
30 selon une direction d'épaisseur (Z) de feuille, au moins  
une des deux feuilles (8, 9) ayant une pluralité de bandes  
adhésives (13) orientées selon une première direction (L1)  
d'un plan d'extension (XY) des feuilles (2), les  
ondulations (11) ayant une période spatiale (P1)  
35 d'ondulation (11) dans une deuxième direction (L2) du plan

d'extension (XY), la deuxième direction (L2) étant perpendiculaire à la première direction (L1) ; et

Empiler lesdites au moins deux feuilles (8,9) pour obtenir un sandwich de feuilles (7) tel que deux feuilles (8, 9) superposées du sandwich de feuilles (7) adhérent l'une à l'autre par la pluralité de bandes adhésives (13), la pluralité de bandes adhésives (13) étant intercalées entre les deux feuilles (8, 9) et juxtaposées périodiquement selon la deuxième direction (L2), lesdites bandes adhésives (13) ayant une période spatiale (P2) dans la deuxième direction (L2), la période spatiale (P1) des ondulations (11) étant strictement inférieure à la période spatiale (P2) des bandes adhésives (13), et un reste de la division euclidienne de la période spatiale (P2) des bandes adhésives (13) par la période spatiale (P1) des ondulations (11) est strictement supérieur à zéro.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'étape de fournir lesdites au moins deux feuilles (8, 9) comprend les étapes de :

- a. Disposer la pluralité de bandes adhésives (13) sur au moins une bande continue de matériau (15) ;
- b. Découper ladite bande continue (15) pour former lesdites au moins deux feuilles (8, 9) ; et
- c. Former les ondulations (11) périodiques dans lesdites au moins deux feuilles (8, 9).

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel les ondulations (11) périodiques sont formées pour s'étendre dans la première direction (L1).

13. Procédé selon la revendication 10, dans lequel lesdites au moins deux feuilles (8, 9) sont métalliques et les étapes du procédé sont effectuées séquentiellement dans l'ordre suivant :

- a. Disposer la pluralité de bandes adhésives (13) sur la bande continue de matériau (15) de sorte à ce que la première direction (L1) soit sensiblement selon une direction de largeur de la bande continue (15);
- 5 b. Couper la bande continue (15) pour former lesdites au moins deux feuilles (8, 9) de telle sorte que deux feuilles (8, 9) successivement découpées dans la bande continue (15) présentent un décalage de phase ( $\phi$ ) des bandes adhésives (13) dans la deuxième direction (L2) l'une par rapport à l'autre, en particulier un décalage de phase
- 10 ( $\phi$ ) sensiblement égal à la moitié de la période spatiale (P2) des bandes adhésives (13) ; et
- c. Former les ondulations (11) périodiques dans lesdites au moins deux feuilles (8, 9) pour fournir
- 15 lesdites au moins deux feuilles (8, 9); et
- d. Empiler lesdites au moins deux feuilles (8, 9) pour former le sandwich de feuilles (7).
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel les
- 20 ondulations (11) périodiques sont formées pour s'étendre dans la première direction (L1).
15. Procédé selon la revendication 10, dans lequel lesdites au moins deux feuilles sont faites au moins
- 25 partiellement de cellulose, et l'étape de fournir lesdites au moins deux feuilles comprend les étapes de :
- a. Former les ondulations (111) sur une première bande continue de matériau (115a) dont une première desdites au moins deux feuilles est extraite, et former les ondulations
- 30 (111) sur un deuxième bande continue de matériau (115b), distincte de la première bande continue, dont une deuxième desdites au moins deux feuilles est extraite, la première direction étant une direction sensiblement d'une longueur de la bande continue;



- b. Disposer périodiquement des bandes adhésives (113) sur la première bande continue (115a) et des bandes adhésives sur la deuxième bande continue (115b), les bandes adhésives (113) de la première bande continue (115a) étant  
5 déphasées dans la deuxième direction (L2) par rapport à celles de la deuxième bande (115b), en particulier un décalage de phase ( $\phi$ ) sensiblement égal à la moitié de la période spatiale (P2) des bandes adhésives (13); et
- c. Couper et empiler la première bande continue (115a)  
10 et la deuxième bande continue (115b) de façon à former le sandwich de feuilles (7) comprenant la première feuille (8) et la deuxième feuille (9).

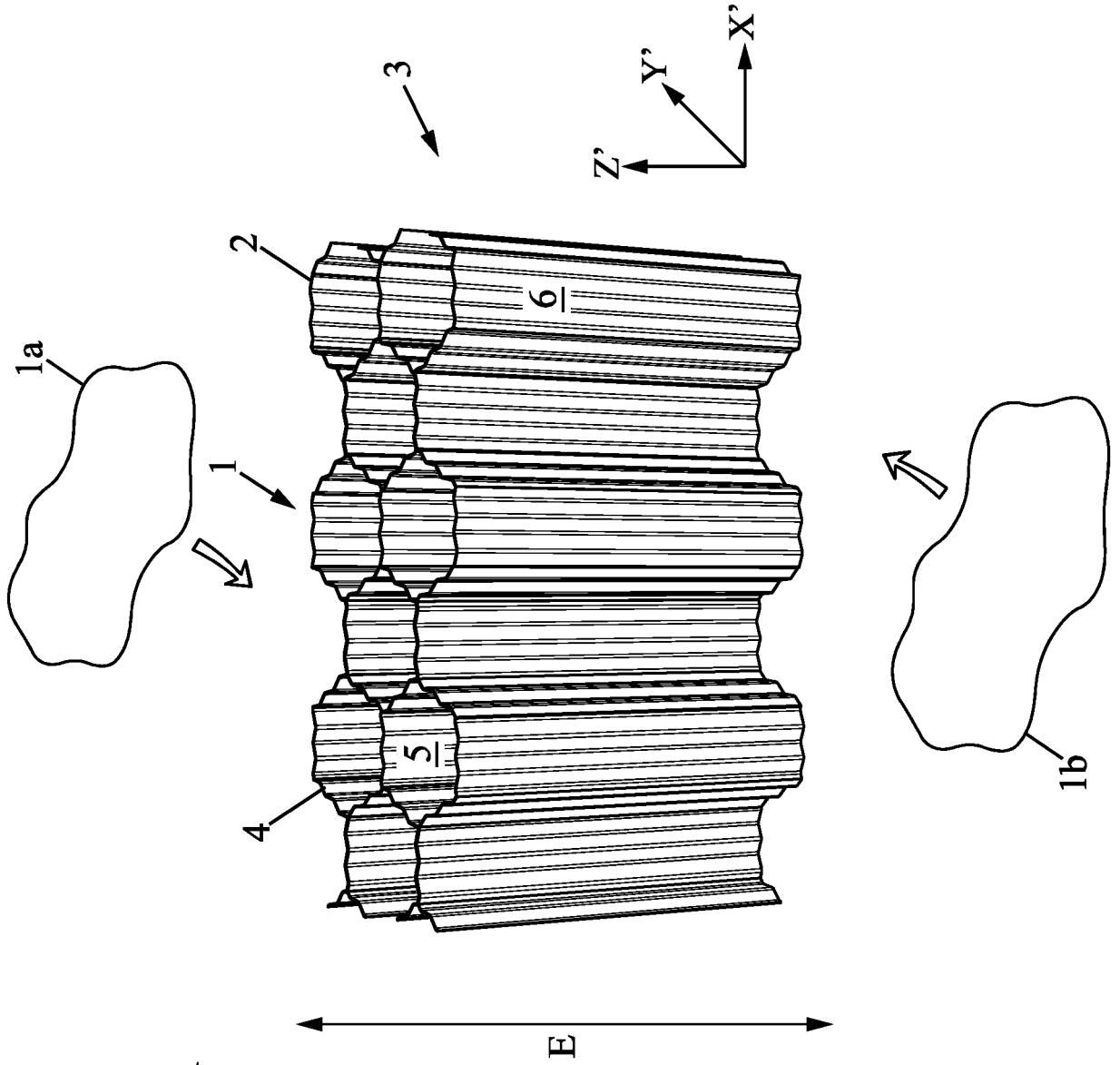


FIG. 1

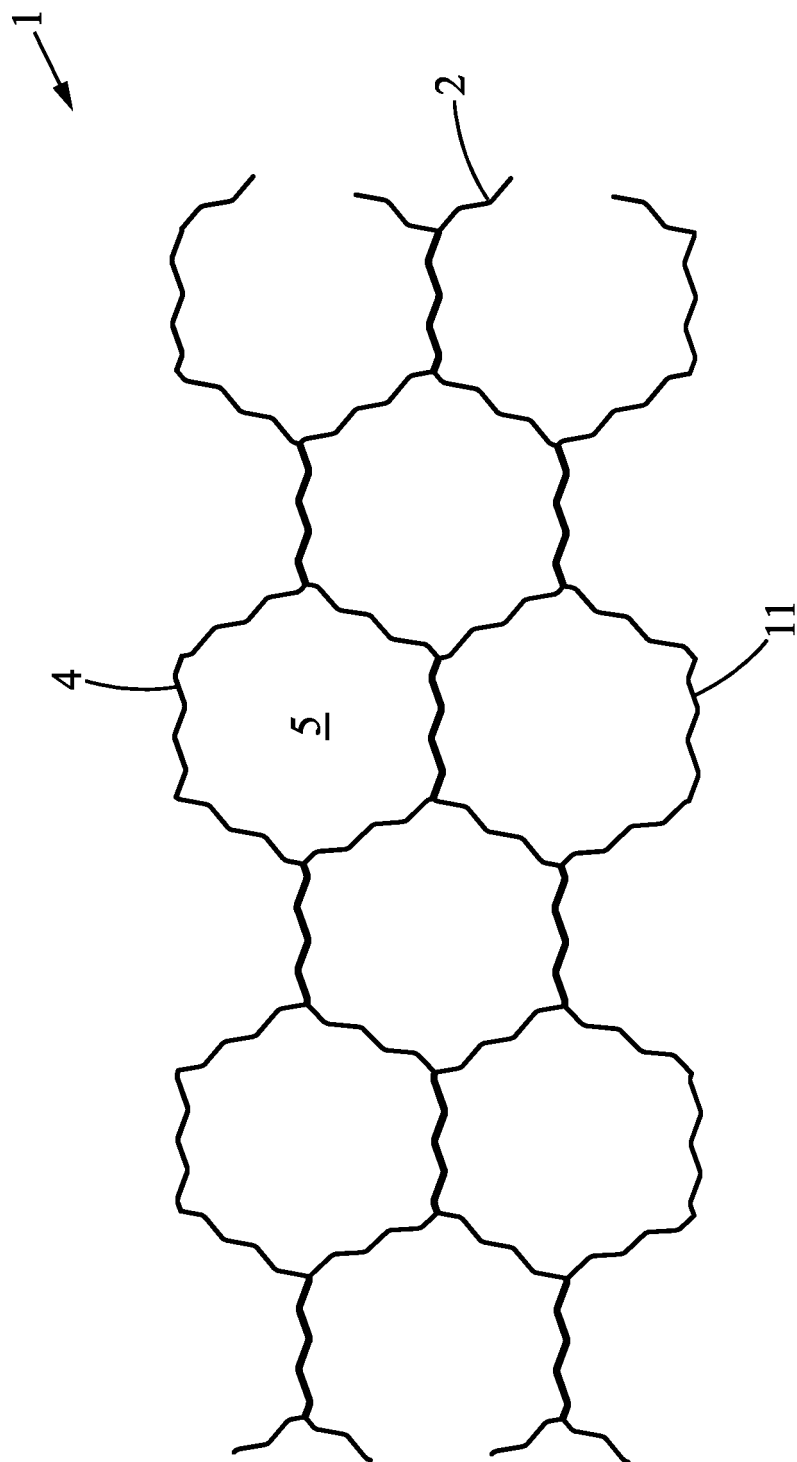


FIG. 2

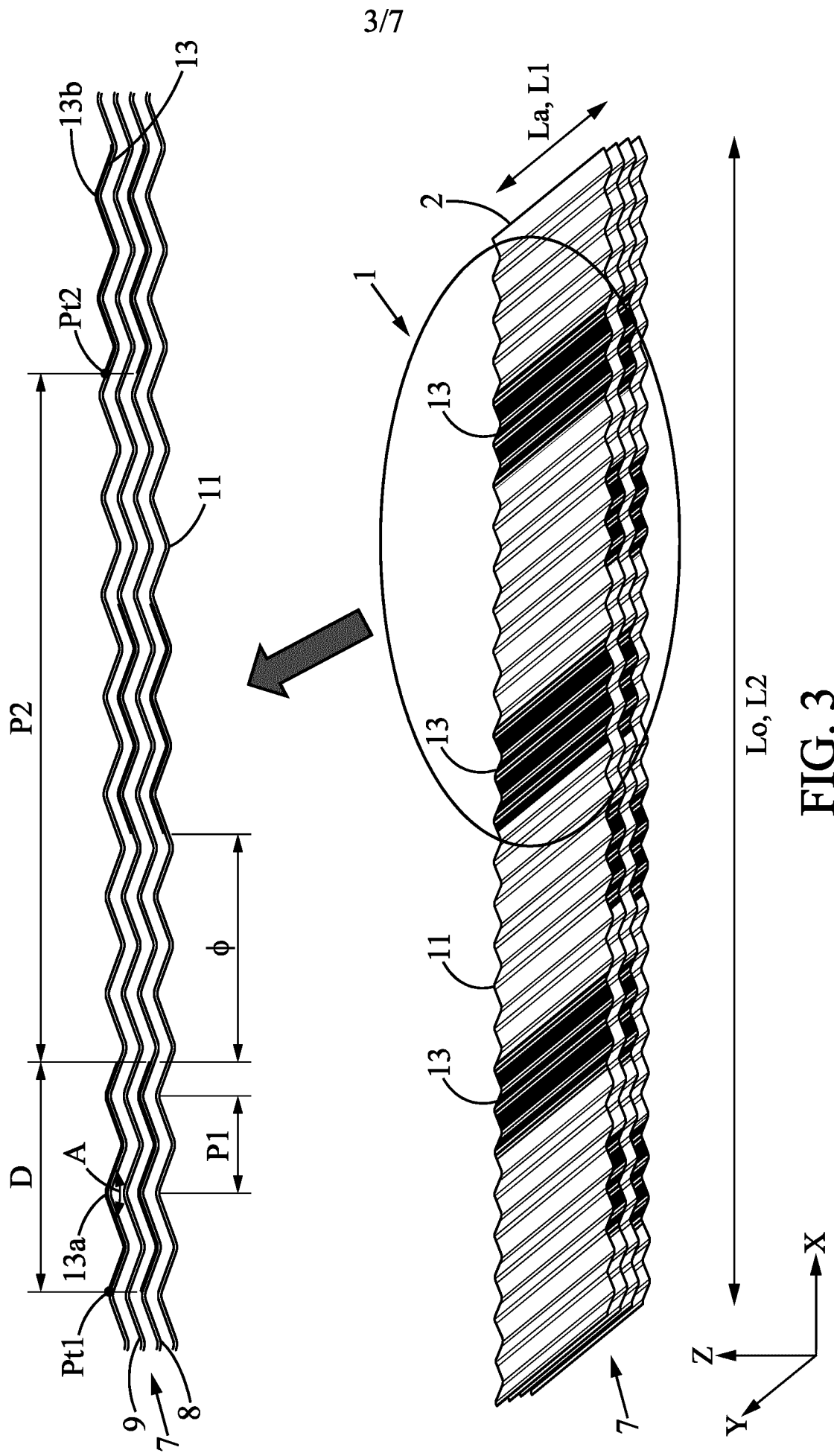


FIG. 3

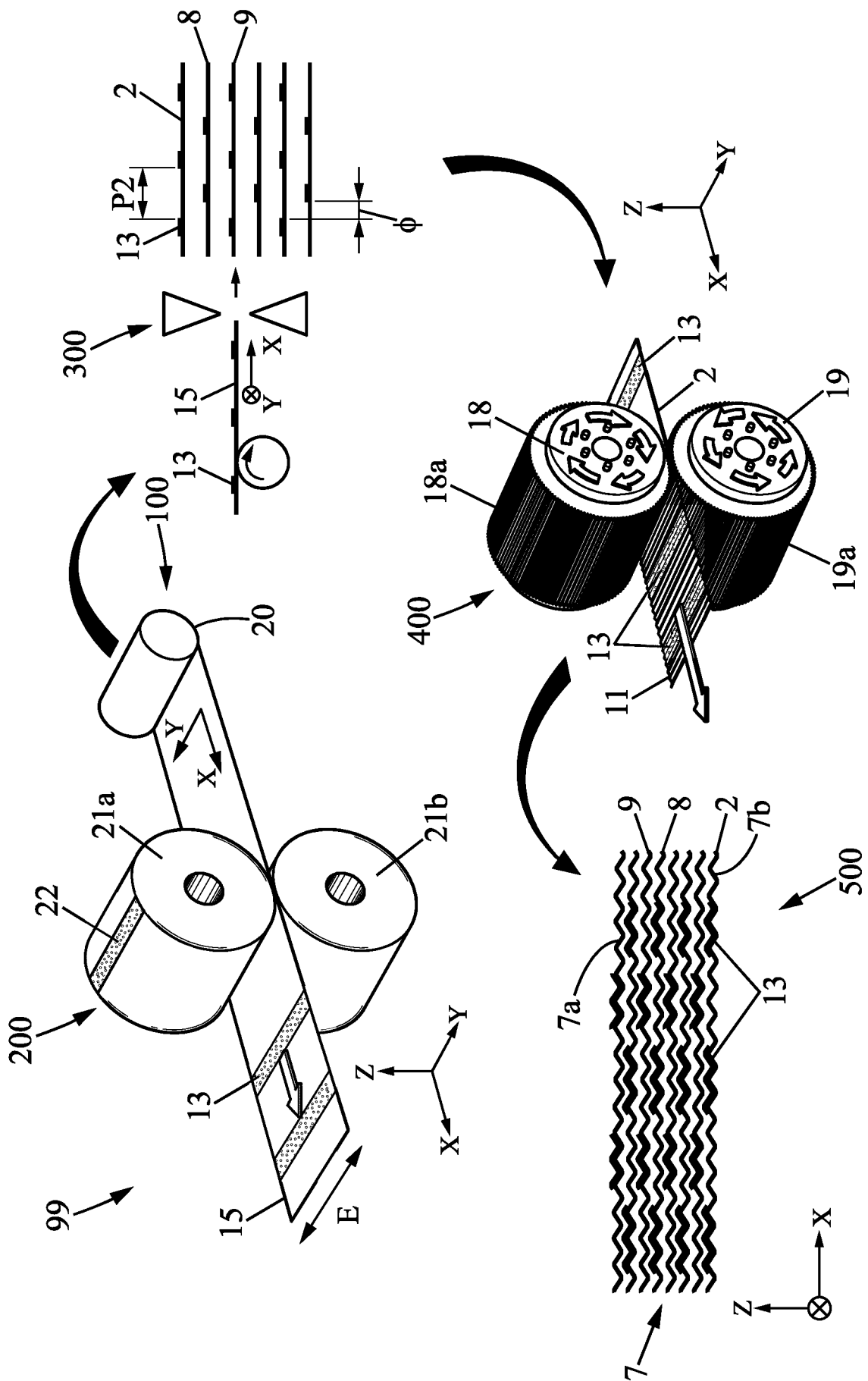


FIG. 4

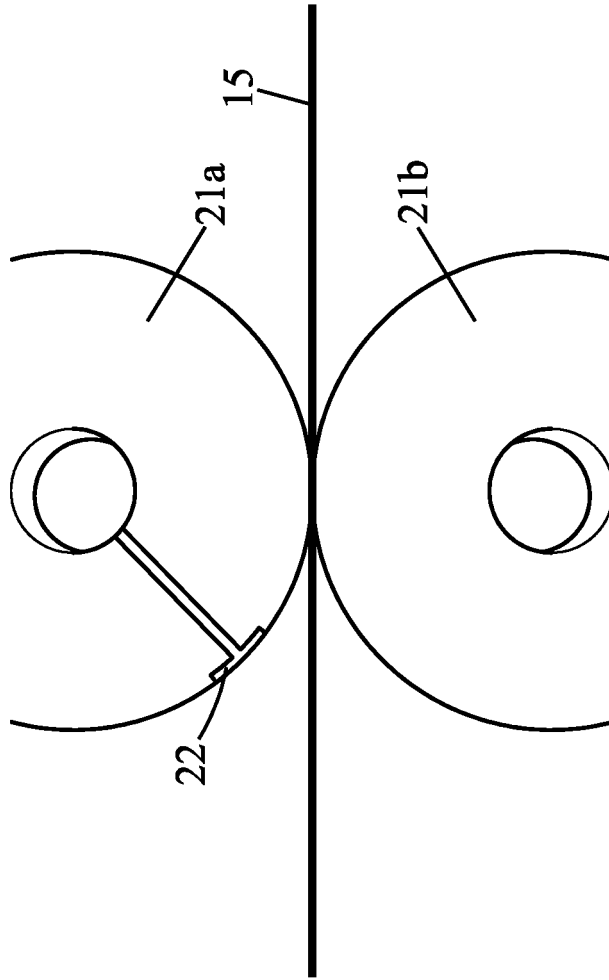


FIG. 5

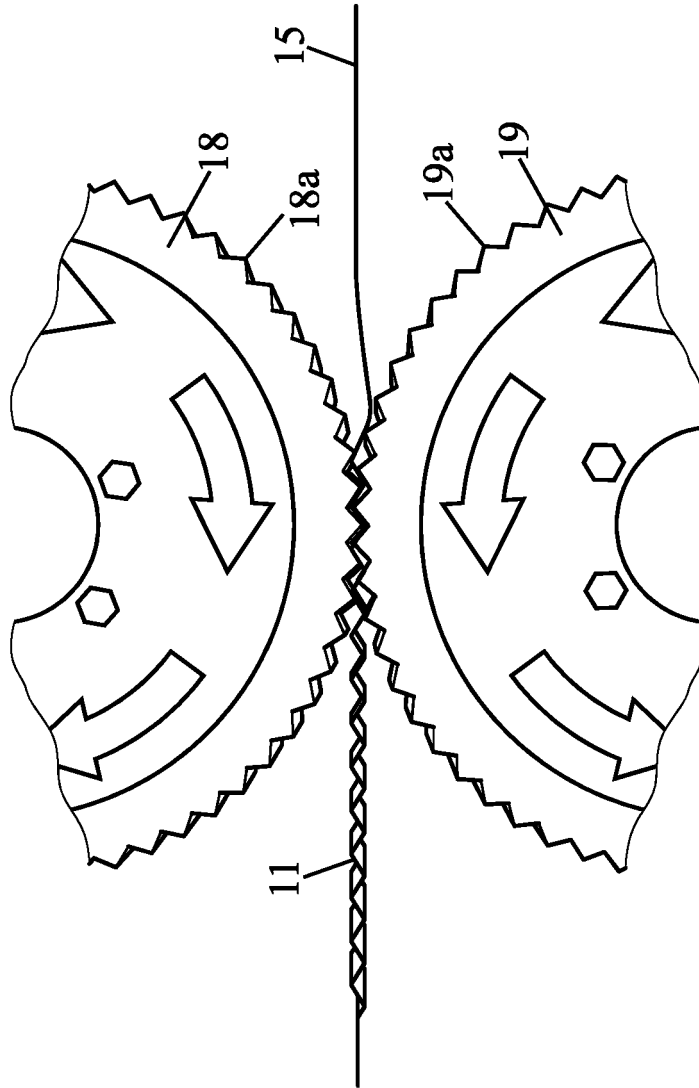


FIG. 6

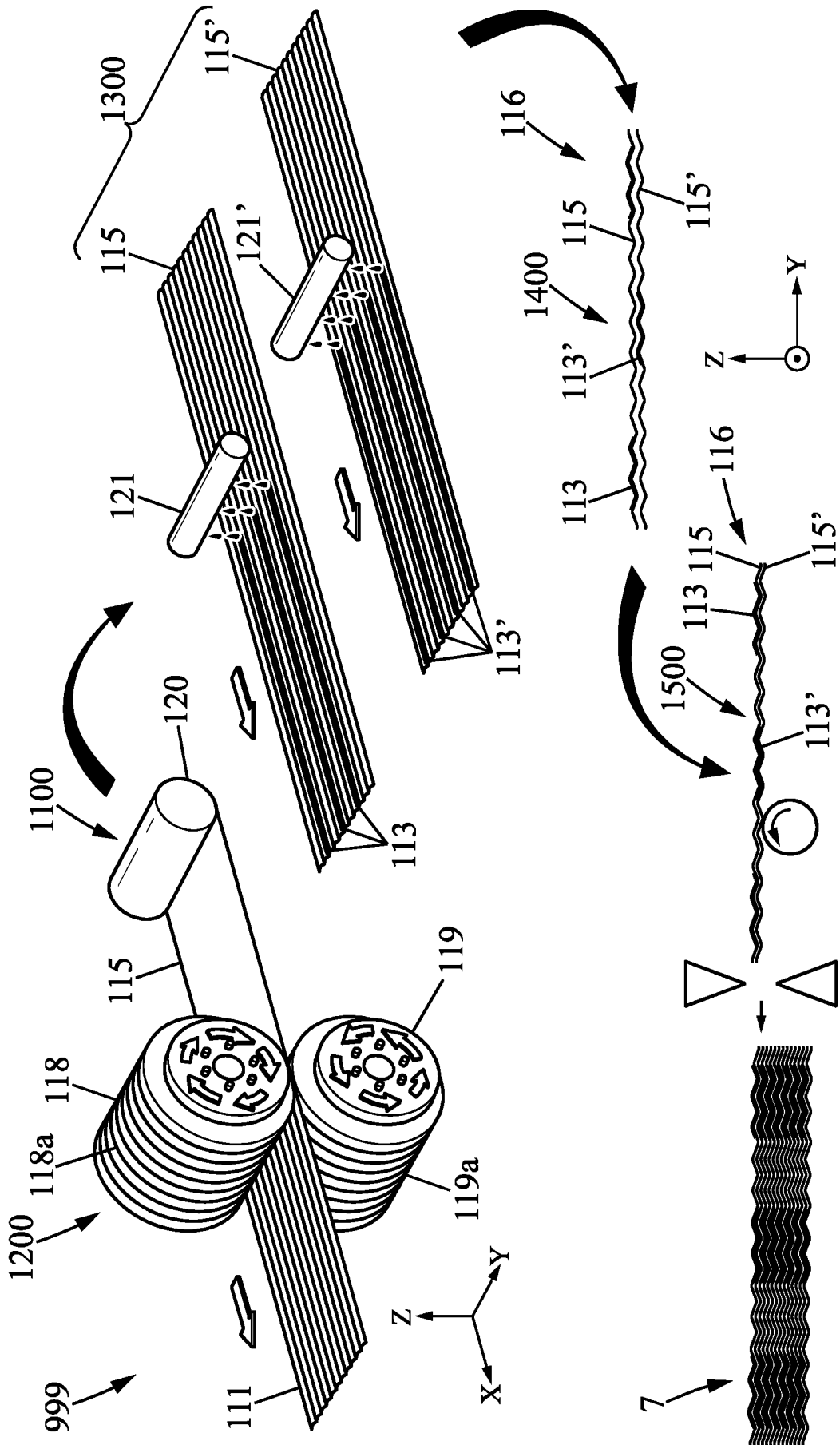


FIG. 7





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 837747  
FR 1753640

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 3 016 315 A1 (BRUN FREDERIC [FR]) 17 juillet 2015 (2015-07-17) * le document en entier * -----	1-15	B32B3/28 B32B3/12 B32B7/14 B32B15/00
A,D	US 5 431 980 A (MCCARTHY DANIEL J [US]) 11 juillet 1995 (1995-07-11) * le document en entier * -----	1-15	B32B23/00 B32B29/08 B31D3/02
A	FR 1 279 306 A (SUD AVIATION) 22 décembre 1961 (1961-12-22) * le document en entier * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B32B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 novembre 2017		Sony, Odile	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1753640 FA 837747**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-11-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 3016315	A1	17-07-2015	EP	3094486 A1	23-11-2016
			FR	3016315 A1	17-07-2015
			US	2016332410 A1	17-11-2016
			WO	2015107295 A1	23-07-2015
-----					
US 5431980	A	11-07-1995	US	5431980 A	11-07-1995
			WO	9417993 A1	18-08-1994
-----					
FR 1279306	A	22-12-1961	AUCUN		
-----					