

(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  
13 novembre 2008 (13.11.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2008/135655 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
**B01J 19/32** (2006.01)    **B01D 53/18** (2006.01)  
**B01D 3/26** (2006.01)    **B01J 19/02** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2008/000366

(22) Date de dépôt international : 19 mars 2008 (19.03.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0702070                      20 mars 2007 (20.03.2007)    FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **IFP**  
[FR/FR]; 1 et 4, avenue de Bois-Préau, F-92852 Rueil Mal-  
maison Cedex (FR). **SNECMA PROPULSION SOLIDE**  
[FR/FR]; Les 5 Chemins, F-33187 Le Haillan Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **ALIX,**  
**Pascal** [FR/FR]; 3, lotissement du Plateau, F-38150

Roussillon (FR). **BESSETTES, Rémi** [FR/FR]; 7, lot La  
Chataigneraie, F-33370 Tresses (FR). **DUMONT, Charles**  
[FR/FR]; 2, rue Garrot, F-33380 Lacanau de Mios (FR).  
**MAUMUS, Jean-Pierre** [FR/FR]; 34, avenue Mirabeau,  
F-33160 Saint Medard en Jalles (FR). **RAYNAL, Ludovic**  
[FR/FR]; 39, rue Berthelot, F-69600 Oullins (FR).

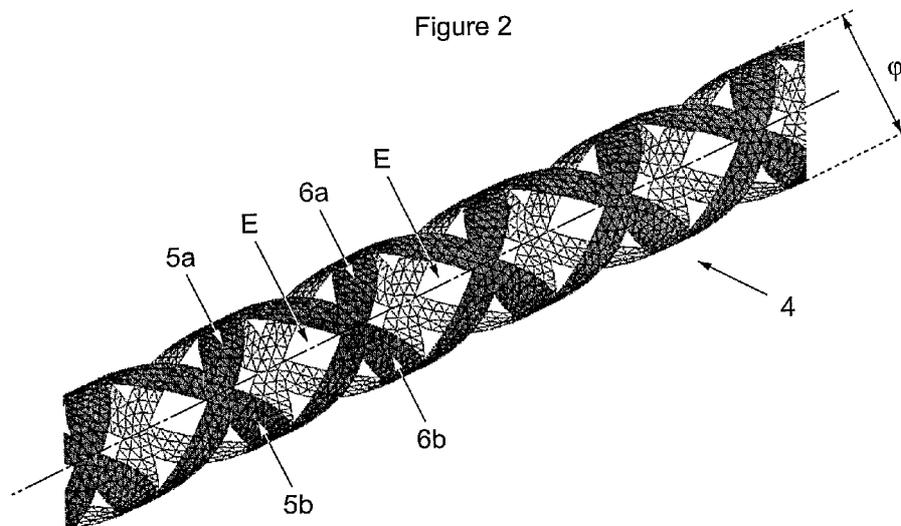
(74) Représentant commun : **IFP**; 1 et 4, avenue de Bois-  
Préau, F-92852 Rueil Malmaison Cedex (FR).

(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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,  
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,  
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,  
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL,  
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: PACKING STRUCTURE FOR A FLUID CONTACTING COLUMN AND PRODUCTION METHOD THEREOF

(54) Titre : STRUCTURE DE GARNISSAGE POUR COLONNE DE MISE EN CONTACT DE FLUIDES ET MÉTHODE DE  
FABRICATION



(57) Abstract: The invention relates to a packing structure intended for a fluid contacting column. The packing structure forms a column including an ordered arrangement of bundles of tubes having a diameter of between 5 and 50 mm. The walls of the tubes contain holes arranged so as to promote the circulation and mixing of the fluids in the structure. Said holes are disposed in rectangles having sides measuring between 2 and 45 mm and each of said holes occupies an area greater than 2 mm<sup>2</sup>.

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/135655 A1



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

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

---

(57) **Abrégé :** La structure de garnissage selon l'invention est destinée à équiper une colonne de mise en contact de fluides. La structure de garnissage forme un volume comportant un agencement ordonné de faisceaux de tubes de diamètre compris entre 5 et 50 mm. Les parois desdits tubes comportent des orifices disposés de manière à favoriser la circulation et le mélange des fluides dans ladite structure. Les orifices sont inscrits dans des rectangles dont les côtés mesurent entre 2 et 45 mm et chacun desdits orifices s'étend sur une aire supérieure à 2 mm<sup>2</sup>.

## **STRUCTURE DE GARNISSAGE POUR COLONNE DE MISE EN CONTACT DE FLUIDES ET MÉTHODE DE FABRICATION**

5           La présente invention concerne le domaine des équipements de mise en contact de fluides.

Les colonnes de mise en contact ont pour but de mettre en contact des fluides afin de réaliser des transferts de matière ou de chaleur entre les  
10 fluides. Ce type d'équipement de mise en contact de fluide est largement utilisé pour réaliser des opérations de distillation, de rectification, d'absorption, d'échange de chaleur, d'extraction, de réaction chimique, etc.

Les colonnes de mise en contact sont généralement constituées d'une enceinte munie d'éléments de mise en contact interne favorisant l'échange  
15 entre les fluides. En général, la colonne permet de mettre en contact intime une phase gazeuse ascendante avec une phase liquide descendante, ou inversement. Dans la colonne, les fluides peuvent circuler à co-courant ou à contre-courant. Les éléments de mise en contact qui augmentent la surface de contact entre les fluides, peuvent être des plateaux, un garnissage structuré,  
20 c'est-à-dire la juxtaposition de plusieurs éléments unitaires identiques ou non, agencés de manière ordonnée, par exemple des feuillets ondulés, ou un garnissage en vrac, c'est-à-dire des empilements anarchiques d'éléments unitaires, par exemple des anneaux, des spirales.

Le document EP 0 449 040 décrit des éléments de garnissage internes permettant de mieux gérer les échanges entre les fluides, de repousser les limites de blocage de circulation des fluides tout en présentant des résistances accrues aux agressions chimiques ou à la corrosion.

5 Dans les applications des colonnes de mises en contact de fluide, notamment la distillation ou l'absorption réactive nécessitant le lavage d'un fluide par une solution absorbante, par exemple la désacidification d'un gaz naturel ou la décarbonatation des fumées de combustion, il est primordial de disposer des meilleurs éléments de mise en contact qui présentent une surface  
10 de contact maximum tout en limitant la perte de charge dans la colonne.

Ainsi, la présente invention propose une structure de garnissage interne d'une colonne de mise en contact de fluide bien adaptée aux applications de distillation et d'absorption réactive, qui permet notamment  
15 d'augmenter la surface d'échange entre les fluides en limitant l'augmentation de la perte de charge.

De manière générale, l'invention décrit une structure de garnissage  
20 d'une colonne de mise en contact de fluides, ladite structure formant un volume comportant un agencement ordonné de faisceaux de tubes de diamètre compris entre 5 et 50 mm, les parois desdits tubes comportant des orifices disposés de manière à favoriser la circulation et le mélange des fluides dans ladite structure, lesdits orifices étant inscrits dans des rectangles dont les  
25 côtés mesurent entre 2 et 45 mm et chacun desdits orifices s'étendant sur une aire supérieure à 2 mm<sup>2</sup>.

Selon l'invention, le rapport entre l'aire des orifices et l'aire de la partie pleine d'un tube peut être compris entre 10% et 90%.

L'espace entre deux orifices peut ne pas excéder deux fois le diamètre du tube.

Les tubes peuvent comporter un tissage d'au moins deux, de préférence quatre, rubans enroulés suivant deux, de préférence quatre, hélices croisées s'étendant selon un même axe et un même diamètre, de préférence deux desdites hélices croisant les deux autres hélices, lesdits rubans étant distants les uns des autres de manière à former lesdits orifices. Les rubans peuvent comporter au moins l'un des matériaux suivants : du carbone qui est figé par dépôt de carbone, du métal, de la céramique, un matériau thermoplastique, et un matériau thermodurcissable.

Selon l'invention, chaque faisceau de tubes peut comprendre deux tubes respectivement orientés suivant deux directions.

Alternativement, chaque faisceau de tubes peut comprendre quatre tubes respectivement orientés suivant quatre directions. Lesdits quatre tubes peuvent être respectivement orientés suivant les quatre directions d'un cube.

La structure de garnissage selon l'invention peut être utilisée dans un procédé de distillation.

La structure de garnissage selon l'invention peut également être mise en oeuvre dans un procédé d'absorption réactive tel que la capture de dioxyde de carbone en post-combustion et le traitement du gaz naturel.

L'invention décrit également une méthode de fabrication d'une structure de garnissage d'une colonne de mise en contact de fluides, dans laquelle on effectue les étapes suivantes :

- a) on fabrique des tubes de diamètre compris entre 5 et 50 mm, les parois desdits tubes comportant des orifices disposés de manière à favoriser la circulation et le mélange des fluides dans ladite structure, lesdits

orifices étant inscrits dans des rectangles dont les côtés mesurent entre 2 et 45 mm et chacun desdits orifices s'étendant sur une aire supérieure à 2 mm<sup>2</sup>,

- 5 b) on construit un assemblage ordonné desdits tubes en juxtaposant des faisceaux de tubes,
- c) on effectue une liaison des tubes au niveau de leur portion de contact,
- d) on usine l'assemblage ordonné de manière à former la structure de garnissage adaptée aux dimensions internes d'une colonne de mise en contact.

10

A l'étape a), on peut enrouler autour d'un cylindre des rubans, par exemple des mèches, des fils ou des feuillards, de matériau composite selon au moins deux hélices croisées en laissant des espaces entre les rubans de manière à former lesdits orifices entre les rubans. Les rubans peuvent  
15 comporter au moins l'un des matériaux suivants : des fibres de carbone qui sont figées par dépôt de carbone, du métal, un matériau thermoplastique, un matériau thermodurcissable.

A l'étape b), les faisceaux de tubes peuvent s'étendre selon deux  
20 directions, ou bien selon quatre directions.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris et apparaîtront clairement à la lecture de la description faite ci-après en se référant aux dessins parmi lesquels :

25

- la figure 1 représente un élément tubulaire de garnissage, selon l'invention,
- les figures 1a, 1b et 1c représentent différents exemples de forme d'orifices pratiqués dans les éléments tubulaires de garnissage,

- la figure 2 représente un mode de réalisation particulier d'un élément de garnissage selon l'invention,
- les figures 3 et 4 schématisent des garnissages structurés à base d'éléments tubulaires orientés dans deux directions,
- 5 - les figures 5 à 8 schématisent des garnissages structurés à base d'éléments tubulaires orientés dans quatre directions,
- la figure 9 schématise une colonne de mise en contact.

10 La figure 1 représente un élément tubulaire 1 composant le motif de base d'un garnissage structuré selon l'invention. L'élément 1 est constitué d'une paroi en forme de tube de diamètre  $\theta$  pourvue d'orifices ou trous T. Selon l'invention, on choisit les dimensions des orifices T et du diamètre  $\theta$  de manière à optimiser les circulations et la mise en contact des fluides. Le

15 diamètre  $\theta$  de l'élément tubulaire 1 est compris entre 5 et 50 mm de manière à optimiser l'aire géométrique par unité de volume d'un garnissage structuré composé de tels tubes. Ces dimensions permettent de développer suffisamment d'aire géométrique par unité de volume, tout en maintenant une faible perte de charge.

20 On choisit l'aire minimum des orifices T supérieure à  $2 \text{ mm}^2$ , de préférence  $4 \text{ mm}^2$  de manière à ce que le film liquide qui s'écoule à l'intérieur des tubes puisse être cassé par un flux de gaz qui traverse les orifices. En effet, si la taille des orifices T est inférieure à  $2 \text{ mm}^2$ , le film liquide qui circule sur la paroi interne d'un tube risque de boucher par capillarité ces orifices. Les

25 orifices présentant une surface supérieure à  $2 \text{ mm}^2$  permet le passage des phases gazeuses et liquides d'un tube à l'autre, et d'assurer ainsi un bon contact et un bon mélange. Dans l'application du garnissage selon l'invention à l'absorption réactive, on préfère utiliser des tubes munis d'orifices dont l'aire est supérieure à  $4 \text{ mm}^2$ , voir  $8 \text{ mm}^2$ . En effet, en général, les fluides mis en

contact dans une colonne d'absorption réactive circulent à grande vitesse, typiquement à des vitesses comprises entre 1m/s et 2 m/s. De ce fait, on prévoit des orifices plus grand afin de fragmenter le film liquide en circulation à la paroi des tubes.

5 Les orifices T sont inscrits dans des rectangles de longueur L et de largeur l comprises entre 2 et 45 mm, de préférence entre 3 et 20 mm. Autrement dit, un orifice doit toucher les quatre côtés d'un rectangle de longueur L et de largeur l. Par contre, la forme d'un orifice T peut être quelconque, tant qu'il reste inscrit dans un rectangle de dimensions L et l. Les  
10 figures 1a, 1b et 1c proposent différents exemples, non limitatifs, de forme d'orifices T inscrits dans des rectangles de longueur L et de largeur l. Sur la figure 1a, l'orifice a une forme sensiblement circulaire. Sur la figure 1b, l'orifice présente une forme d'ellipse. Sur la figure 1c, l'orifice approche une forme de losange. Le fait d'inscrire les orifices dans des rectangles de  
15 dimensions L et l permet d'imposer une dimension minimum entre les bords des orifices afin de provoquer la cassure du film liquide circulant sur la paroi des tubes du garnissage.

Les orifices T sont disposés de manière ordonnée ou aléatoire. De préférence, les orifices T sont disposés de manière régulière de manière à  
20 obtenir des caractéristiques d'échanges homogènes le long de l'élément 1. De préférence, l'espace entre deux orifices n'excède pas 2 fois la valeur du diamètre  $\theta$ . On peut choisir le nombre d'orifices de manière à ce que l'élément 1 comporte entre 10% et 90% d'ouverture, c'est-à-dire que le rapport entre l'aire des orifices et l'aire de la partie pleine du tube soit compris entre  
25 10% et 90%, une excellente valeur de ce rapport étant comprise entre 25% et 50%.

Les orifices T tels que définis ci-dessus, ouvrent des voies de communication au fluide entre l'intérieur et l'extérieur de l'élément 1 afin

d'optimiser le mélange entre les phases, donc le contact et la redistribution entre les phases, circulant dans un garnissage structuré composé d'éléments 1.

Les parois de l'élément 1 peuvent être réalisées avec tout type de matériau, par exemple en carbone/carbone, c'est-à-dire une structure en fibres de carbone figée par dépôt de carbone, en céramique, en métal, en matière polymère, en matériau thermoplastique ou en matériau thermodurcissable. Les orifices T peuvent être obtenus par retrait de matière, par exemple par usinage ou perçage. L'élément 1 peut être obtenu par moulage, par exemple d'un matériau polymère, par formage, ou tout autre procédé.

10

La figure 2 représente un mode particulier de réalisation de l'élément 1 de la figure 1, par tressage de rubans. L'élément tubulaire 4 de la figure 2 est réalisé par tissage de rubans, par exemple des mèches, des fils, des feuillards, épousant une forme tubulaire. Plus précisément, un ruban 5a est enroulé, en formant une hélice, autour d'un tube de diamètre  $\varphi$ . Un deuxième ruban 5b est également enroulé, en formant une hélice, autour du même tube, en étant croisé par rapport au ruban 5a. On choisit l'épaisseur des rubans et le pas des hélices de manière à ce qu'il subsiste des espaces E entre les rubans. De préférence, le pas de l'hélice 5a est identique au pas de l'hélice 5b. Les espaces E jouent le même rôle que les orifices T de la figure 1. Les définitions géométriques des espaces E et du diamètre  $\varphi$  sont respectivement identiques aux orifices T et au diamètre  $\varphi$  décrits en référence à la figure 1.

Sur la figure 2, en outre, l'élément de garnissage comporte deux rubans supplémentaires 6a et 6b, enroulés selon des hélices respectivement identiques à celles des rubans 5a et 5b et décalées axialement. Ainsi, les espaces E sont sensiblement en forme de losange dont les côtés sont matérialisés par les rubans 5a, 5b, 6a et 6b.

Sans sortir du cadre de l'invention, on peut réaliser des éléments tubulaires 4 en faisant varier différents paramètres, par exemple le nombre de

rubans, l'épaisseur et la largeur des rubans, le pas de l'hélice d'enroulement, voire effectuer des enroulements de rubans selon des hélices à pas variable.

Une fois l'enroulement de rubans effectué, on fige la structure de rubans tissés, par exemple par une technique décrite dans le document  
5 EP 0 499 040, par traitement thermique, par imprégnation de résine, par collage ou par toute autre technique. On peut utiliser une résine cokéfiante et infiltrable, telle qu'une résine phénolique et on réticule la résine par traitement thermique.

Par exemple, les rubans sont des mèches en fibres de verre ou de  
10 carbone, éventuellement enduites d'un matériau thermodurcissable.

La figure 3 représente un assemblage d'éléments tubulaires selon l'invention pour réaliser un garnissage interne d'une colonne de mise en contact de fluide. Sur la figure 3, les éléments tubulaires sont disposés  
15 alternativement selon deux directions matérialisées par les axes XX' et YY'. On dispose une première couche de tubes 8 orientés dans la même direction que l'axe XX'. Les axes des tubes 8 de la première couche sont situés sensiblement dans un même plan de manière à former une couche plane. Un tube 8 est en contact avec les tubes 8 adjacents selon des lignes droites. Puis,  
20 on dispose une deuxième couche de tubes 9 orientés selon la direction de l'axe YY', cette deuxième couche étant empilée sur la première couche de tubes 8. Puis on empile une troisième couche de tube sur la deuxième couche, les tubes de cette troisième couche étant orientés dans la direction de l'axe XX'. Et ainsi de suite, on empile des couches de tubes en alternant l'orientation des tubes  
25 jusqu'à obtenir un bloc compact aux dimensions souhaitées tel que représenté par la figure 4.

La figure 8 représente un autre assemblage d'éléments tubulaires selon l'invention, les tubes étant disposés suivant quatre directions distinctes.

L'agencement détaillé de cet assemblage est décrit en référence aux figures 5, 6 et 7. La figure 5 illustre un faisceau de quatre tubes 20a à 20d, chacun disposé suivant l'une des quatre directions d'assemblage D20a à D20d. Les quatre directions D20a à D20d dans lesquelles les tubes sont assemblés correspondent ici respectivement aux quatre diagonales d'un cube (ou quatre hauteurs/arrêtes d'un tétraèdre régulier), à ceci près que les tubes ne s'entrecoupent pas au niveau de l'intersection des diagonales au centre du cube, mais se croisent au voisinage de ce point.

La construction de l'assemblage ordonné peut débuter par exemple en répétant la disposition de la figure 5, c'est à dire en disposant suivant un axe de construction XX', correspondant au point d'entrecroisement des quatre tubes d'un faisceau, un nouveau faisceau de tubes 20a à 20d disposé dans le même ordre que le faisceau précédent, et ainsi de suite. On obtient ainsi, comme représenté sur la figure 6, un début d'assemblage ordonné formé d'une première rangée 100a de faisceaux de tubes 20a à 20d alignés suivant l'axe. On forme ainsi un entrecroisement de quatre réseaux de tubes 11 à 14 qui s'étendent chacun dans un plan orienté suivant une des quatre directions d'assemblage des tubes dans un faisceau. Les tubes de chaque réseau sont espacés les uns des autres par une distance permettant le passage (entrecroisement) des tubes des autres réseaux.

Lorsqu'on a atteint le nombre désiré de faisceaux dans la rangée 100a, on superpose ensuite plusieurs séries de rangées de faisceaux suivant des axes parallèles à l'axe XX' de manière à remplir le volume libre autour de la rangée 100a. La figure 7 illustre la disposition d'une rangée supplémentaire 110b de faisceaux selon un nouvel axe parallèle à l'axe de construction XX'. On complète ensuite de la même façon le volume libre de part et d'autre de la rangée 110a, typiquement jusqu'à l'extrémité des tubes de la rangée 100a, de manière à obtenir dans ce volume une structure tridimensionnelle formée de tubes respectivement disposés suivant quatre directions.

Dans les assemblages de tubes décrits en référence aux figures 4 et 8, les tubes sont liés entre eux au niveau des portions de contact entre tubes. La liaison peut être réalisée par un procédé chimique ou mécanique, par exemple, à l'aide d'un matériau thermodurcissable, par soudage, par dépôt de carbone.

Les blocs de garnissage structurés décrits en référence aux figures 4 et 8 peuvent être usinés aux dimensions et à la forme de la colonne de mise en contact. En général, les colonnes de mise en contact comporte une enceinte cylindrique. Dans ce cas, on usine l'assemblage ordonné de tube pour obtenir une structure de garnissage qui présente une forme cylindrique qui peut être introduite dans l'enceinte cylindrique de la colonne de manière à occuper un maximum d'espace dans la colonne et offrir ainsi une surface d'échange optimale. Pour les colonnes de grand diamètre, on effectue une juxtaposition de plusieurs blocs. Les blocs situés à la périphérie interne de la parois sont usinés pour être adaptés à la forme cylindrique de la colonne. L'usinage des blocs formés par l'assemblage des éléments tubulaires est très délicat compte tenu de la forte porosité intrinsèque à la construction. Selon la nature des matériaux, on emploie des techniques particulières d'usinage pour éviter le flambage des éléments ou l'effondrement de la structure.

La figure 9 représente une colonne de mise en contact 30 constituée d'une enceinte cylindrique 31 fermée par les pièces de fond 32 et 33. Un fluide, par exemple du gaz, est introduit en fond de la colonne par le conduit 34. Un autre fluide, par exemple du liquide, est introduit en tête de la colonne par le conduit 35. Ces deux fluides entrent en contact dans l'espace situé entre les alimentations de la colonne par les conduits 34 et 35. Pour améliorer la mise en contact et favoriser le transfert de matière et de chaleur, la colonne 30 est pourvue de garnissage sur la hauteur H pouvant atteindre plusieurs dizaines

de mètres. Selon l'invention, le garnissage est composé de tubes décrits en référence aux figures 1 ou 2 et disposés par exemple selon les arrangements décrits en référence aux figures 4 ou 8. De préférence, selon l'invention, on utilise un garnissage composé de plusieurs blocs B1, B2, B3 et B4 dans  
5 lesquels les tubes sont orientés différemment d'un bloc à l'autre. Par exemple, le garnissage est composé d'une alternance de blocs composés de tubes orientés selon des directions formant des angles supérieurs à  $45^\circ$  par rapport à l'horizontal et des blocs composés de tubes orientés selon des directions formant des angles inférieurs à  $45^\circ$  par rapport à l'horizontal. Par exemple, les  
10 tubes d'un bloc sont disposés selon des directions perpendiculaires par rapport aux blocs adjacents. De plus, on peut limiter la hauteur  $h$  d'un bloc à une valeur limite, par exemple comprise entre 50 et 500 mm, et de préférence entre 100 et 400 mm pour l'introduction des blocs dans l'enceinte cylindrique lors de l'assemblage de la colonne. Cette alternance d'orientation des tubes des  
15 différents blocs associée à une hauteur limitée de chacun des blocs évite de concentrer le liquide sur la paroi interne de l'enceinte 31, ce qui provoquerait une chute de l'aire de contact.

Le garnissage interne de colonne de mise en contact selon la présente  
20 invention permet d'obtenir d'excellents résultats dans les opérations de distillation, notamment pour la fabrication des dérivés fluorés nécessitant des distillations en présence de HF (acide fluorhydrique) ou la distillation de certains acides organiques, tel l'acide formique ou l'acide acétique. Il est également particulièrement bien adapté aux applications d'absorption  
25 réactive, notamment la capture de dioxyde de carbone en post-combustion et le traitement du gaz naturel, par mise en contact avec une solution liquide absorbante.

L'exemple numérique présenté ci-après permet de comparer un garnissage composé de tubes continus, c'est-à-dire sans orifices, disposés selon l'arrangement de la figure 4 et le même garnissage composé de tubes selon l'invention, c'est-à-dire avec des ouvertures. Les résultats ont été obtenus en effectuant des calculs numériques au moyen du logiciel de simulation numérique des écoulements Fluent.

On a déterminé la perte de charge d'un gaz circulant à travers le garnissage pour différentes vitesses superficielles de gaz  $V_{sg}$  (1m/s et 2m/s). Ces vitesses superficielles sont calculées en rapportant le débit de gaz à la section totale de la colonne de mise en contact.

Les simulations ont été réalisées pour déterminer les pertes de charge suivantes :

- 1) Pertes de charge  $DP_{pref}$  pour un garnissage composé de tube continu sans ouvertures (diamètre 10 mm).
- 2) Pertes de charge  $DP$  pour un garnissage de géométrie identique au cas 1), excepté que les tubes comportent des ouvertures (diamètre 10 mm ; orifices en forme de losange de 12 mm de long sur 9 mm de large ; surface d'un orifice environ  $60 \text{ mm}^2$  ; espacement entre deux orifices 3 mm, taux d'ouverture 46%).

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous donnent le rapport  $DP/DP_{pref}$ .

Taux d'ouverture	$V_{sg}$ (m/s)	$DP/DP_{pref}$
Garnissage avec tube ouvert 46 %	1	0,598
	2	0,728

On constate qu'en ouvrant les tubes (taux d'ouverture de 46%), on diminue de 30 à 40% la perte de charge.

## REVENDICATIONS

5           1) Structure de garnissage d'une colonne de mise en contact de fluides, ladite structure formant un volume comportant un agencement ordonné de faisceaux de tubes de diamètre compris entre 5 et 50 mm, les parois desdits tubes comportant des orifices disposés de manière à favoriser la circulation et le mélange des fluides dans ladite structure, lesdits orifices étant inscrits dans  
10 des rectangles dont les côtés mesurent entre 2 et 45 mm et chacun desdits orifices s'étendant sur une aire supérieure à 2 mm<sup>2</sup>.

          2) Structure de garnissage selon la revendication 1, dans laquelle le rapport entre l'aire des orifices et l'aire de la partie pleine d'un tube est  
15 compris entre 10% et 90%.

          3) Structure de garnissage selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle l'espace entre deux orifices n'excède pas deux fois le diamètre du tube.

20           4) Structure de garnissage selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle lesdits tubes comporte un tissage d'au moins deux rubans enroulés suivant deux hélices croisées s'étendant selon un même axe et un même diamètre, lesdits rubans étant distants les uns des autres de manière à former lesdits orifices.

25

          5) Structure de garnissage selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle les rubans comportent au moins l'un des matériaux suivants : du carbone qui est figé par dépôt de carbone, du métal, de la céramique, un matériau thermoplastique, et un matériau thermodurcissable.

6) Structure de garnissage selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle chaque faisceau comprend deux tubes respectivement orientés suivant deux directions.

5

7) Structure de garnissage selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle chaque faisceau comprend quatre tubes respectivement orientés suivant quatre directions.

10

8) Structure de garnissage selon la revendication 7, dans laquelle lesdits quatre tubes sont respectivement orientés suivant les quatre directions d'un cube.

15

9) Utilisation de la structure de garnissage selon l'une des revendications 1 à 8, dans un procédé de distillation.

20

10) Utilisation de la structure de garnissage selon l'une des revendications 1 à 8, dans un procédé d'absorption réactive tel que la capture de dioxyde de carbone en post-combustion et le traitement du gaz naturel.

11) Méthode de fabrication d'une structure de garnissage d'une colonne de mise en contact de fluides, dans laquelle on effectue les étapes suivantes :

25

- a) on fabrique des tubes de diamètre compris entre 5 et 50 mm, les parois desdits tubes comportant des orifices disposés de manière à favoriser la circulation et le mélange des fluides dans ladite structure, lesdits orifices étant inscrits dans des rectangles dont les côtés mesurent entre 2 et 45 mm et chacun desdits orifices s'étendant sur une aire supérieure à 2 mm<sup>2</sup>,

- b) on construit un assemblage ordonné desdits tubes en juxtaposant des faisceaux de tubes,
- c) on effectue une liaison des tubes au niveau de leur portion de contact,
- d) on usine l'assemblage ordonné de manière à former la structure de garnissage adaptée aux dimensions internes d'une colonne de mise en contact.

12) Méthode de fabrication selon la revendication 11, dans laquelle à l'étape a), on enroule autour d'un cylindre des rubans, par exemple des mèches, des fils ou des feuilards, de matériau composite selon au moins deux hélices croisées en laissant des espaces entre les rubans de manière à former lesdits orifices entre les rubans.

13) Méthode de fabrication selon la revendication 12, dans laquelle les rubans comportent au moins l'un des matériaux suivants : des fibres de carbone qui sont figées par dépôt de carbone, du métal, un matériau thermoplastique, un matériau thermodurcissable.

14) Méthode de fabrication selon l'une des revendications 11 à 13, dans laquelle à l'étape b) les faisceaux de tubes s'étendent selon deux directions.

15) Méthode de fabrication selon l'une des revendications 11 à 13, dans laquelle à l'étape b) les faisceaux de tubes s'étendent selon quatre directions.

Figure 1

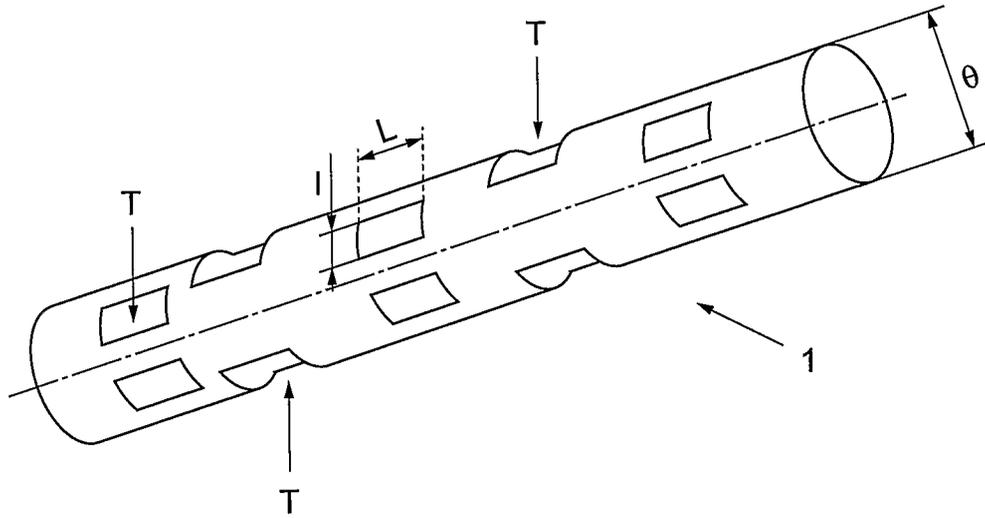
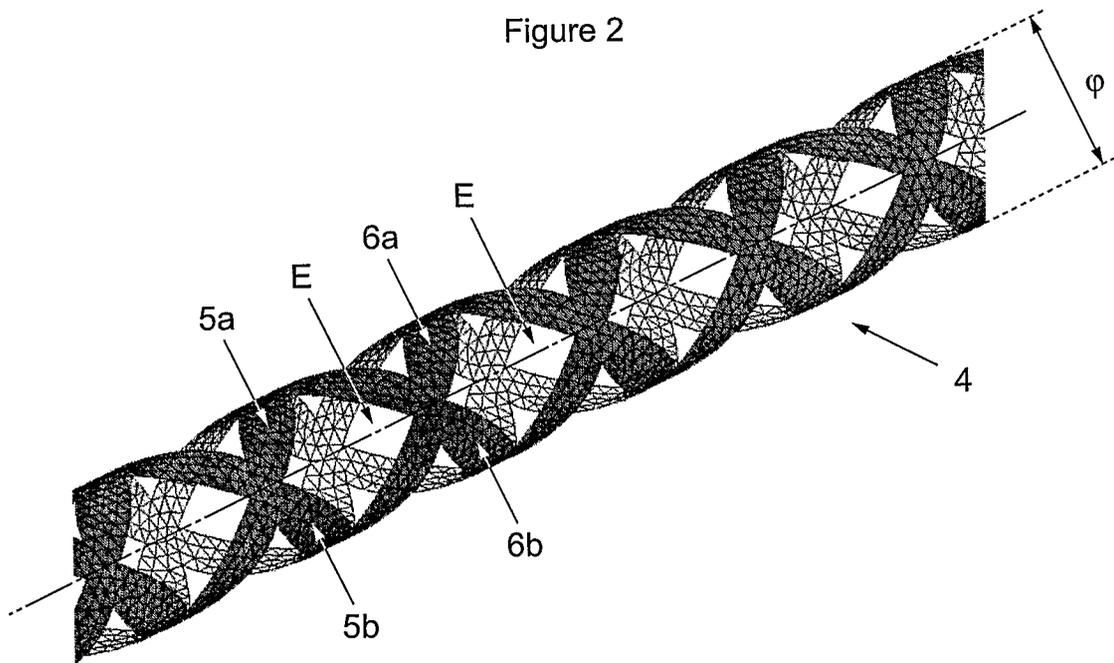


Figure 2



2 / 7

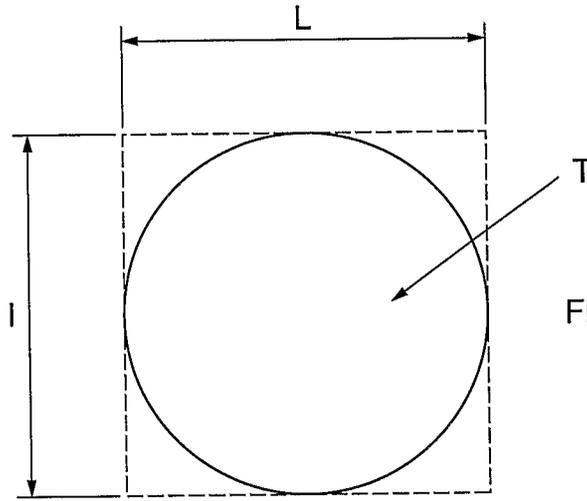


Figure 1a

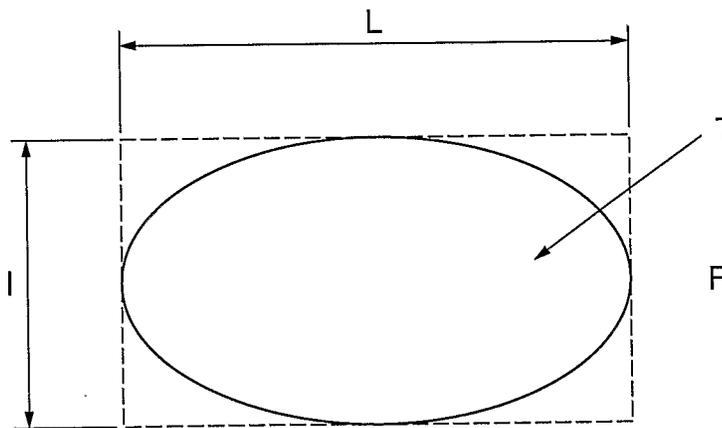


Figure 1b

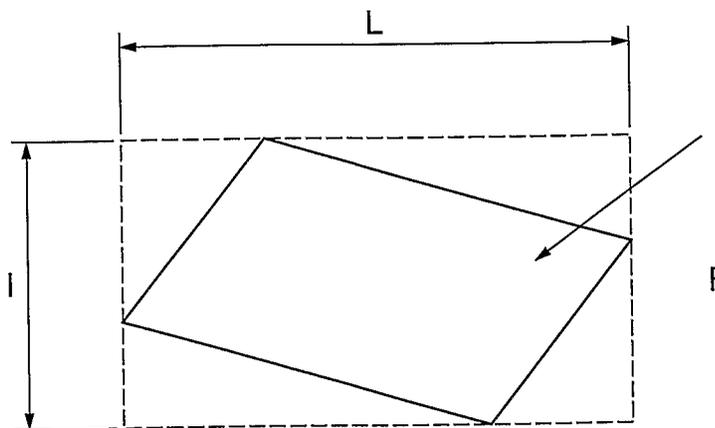


Figure 1c

Figure 3

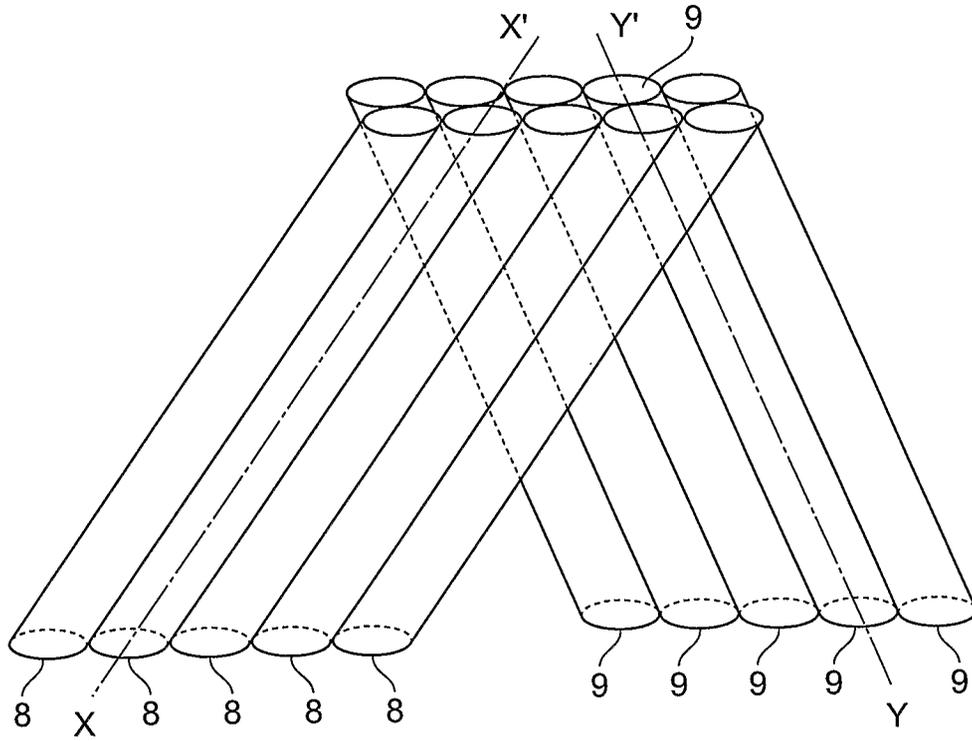
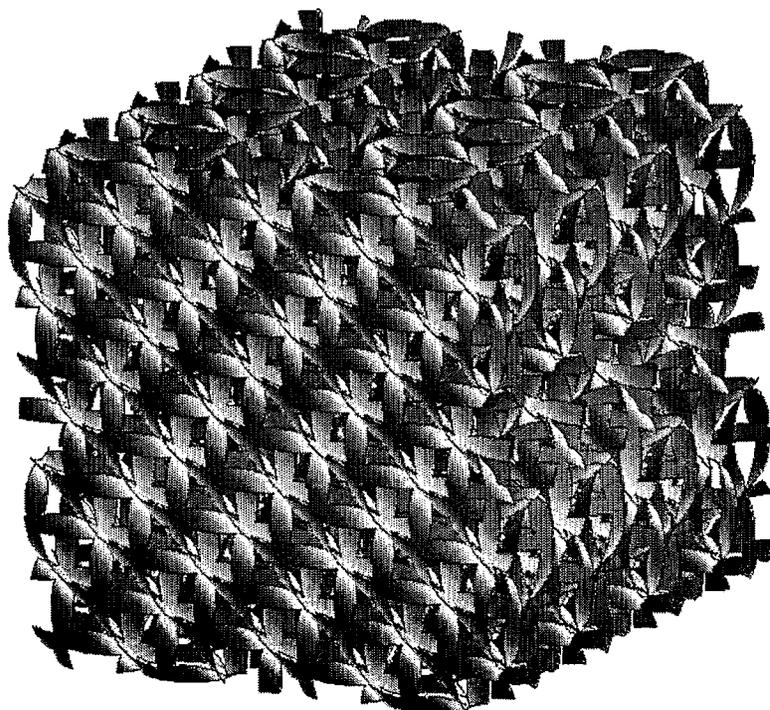


Figure 4



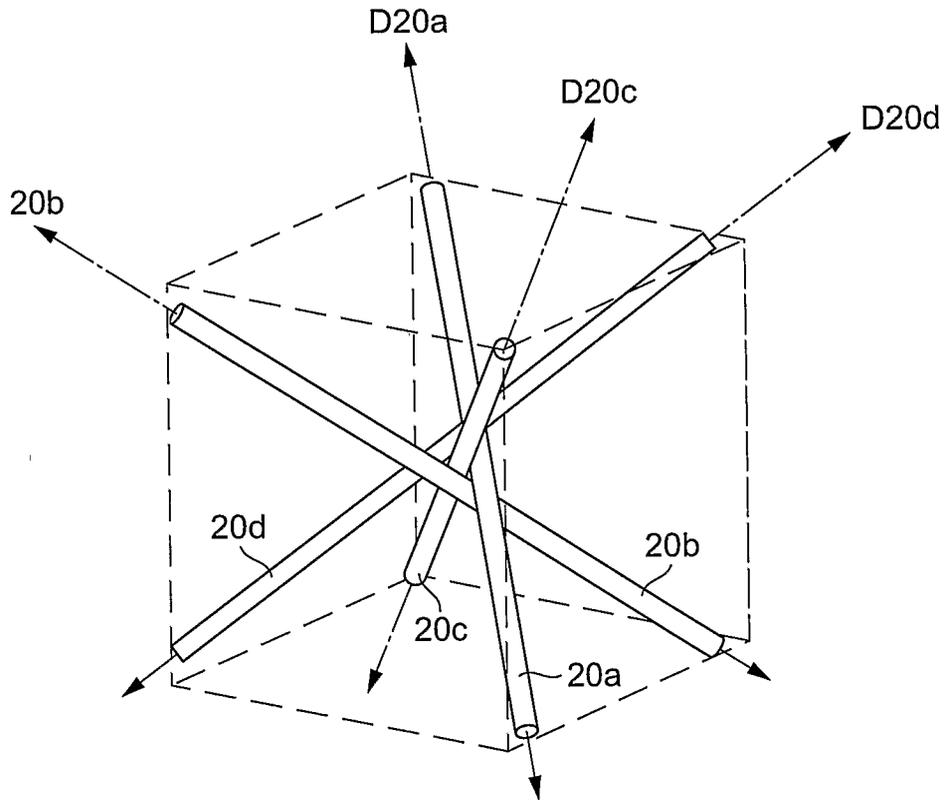


Figure 5

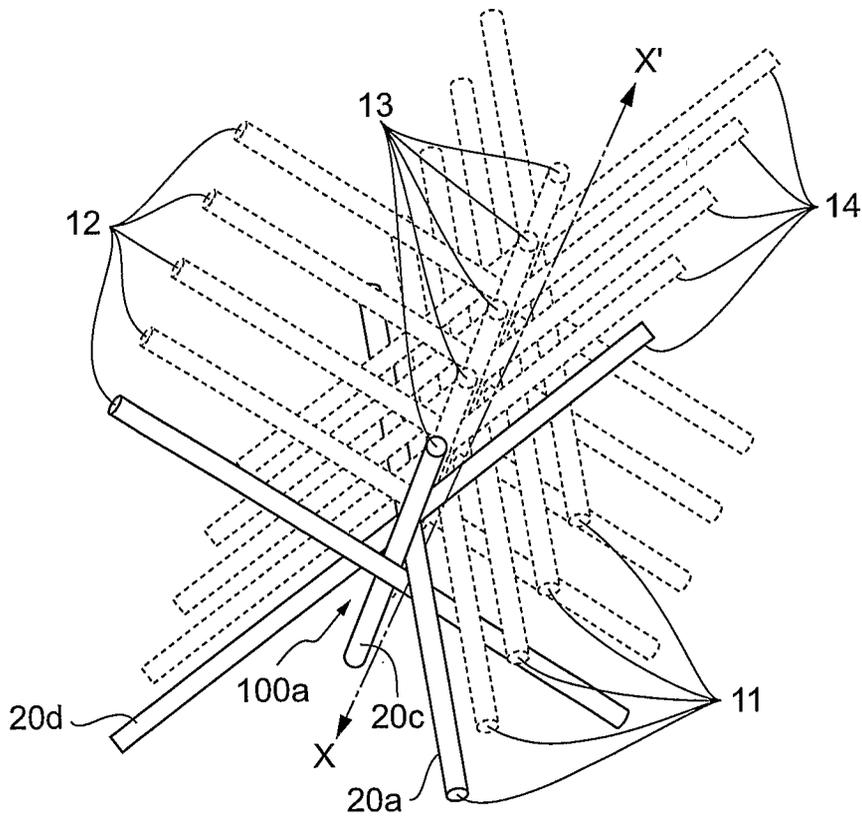


Figure 6

Figure 7

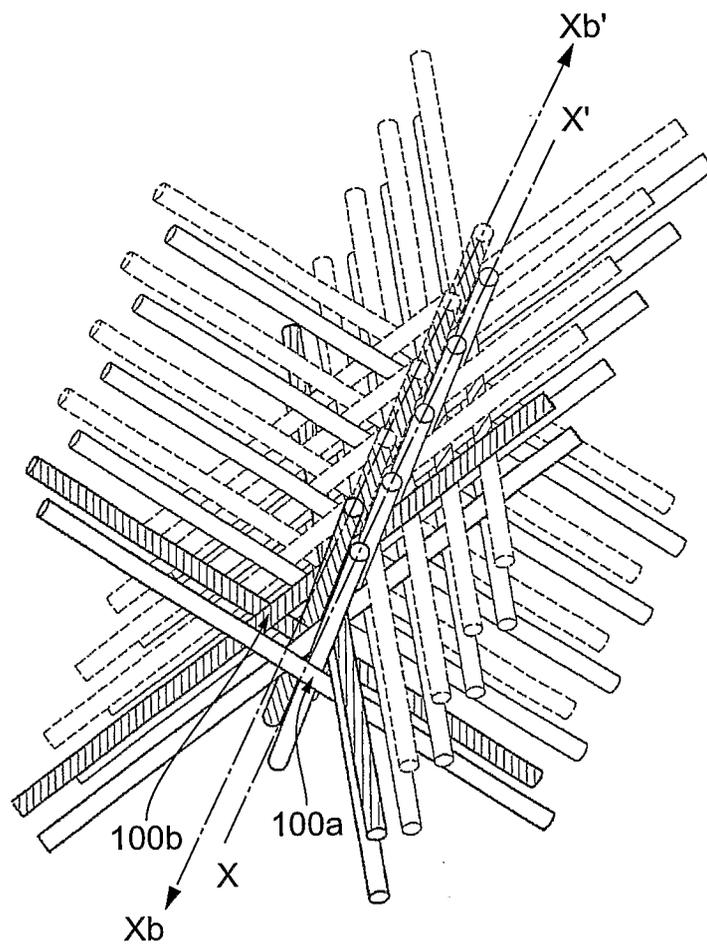


Figure 8

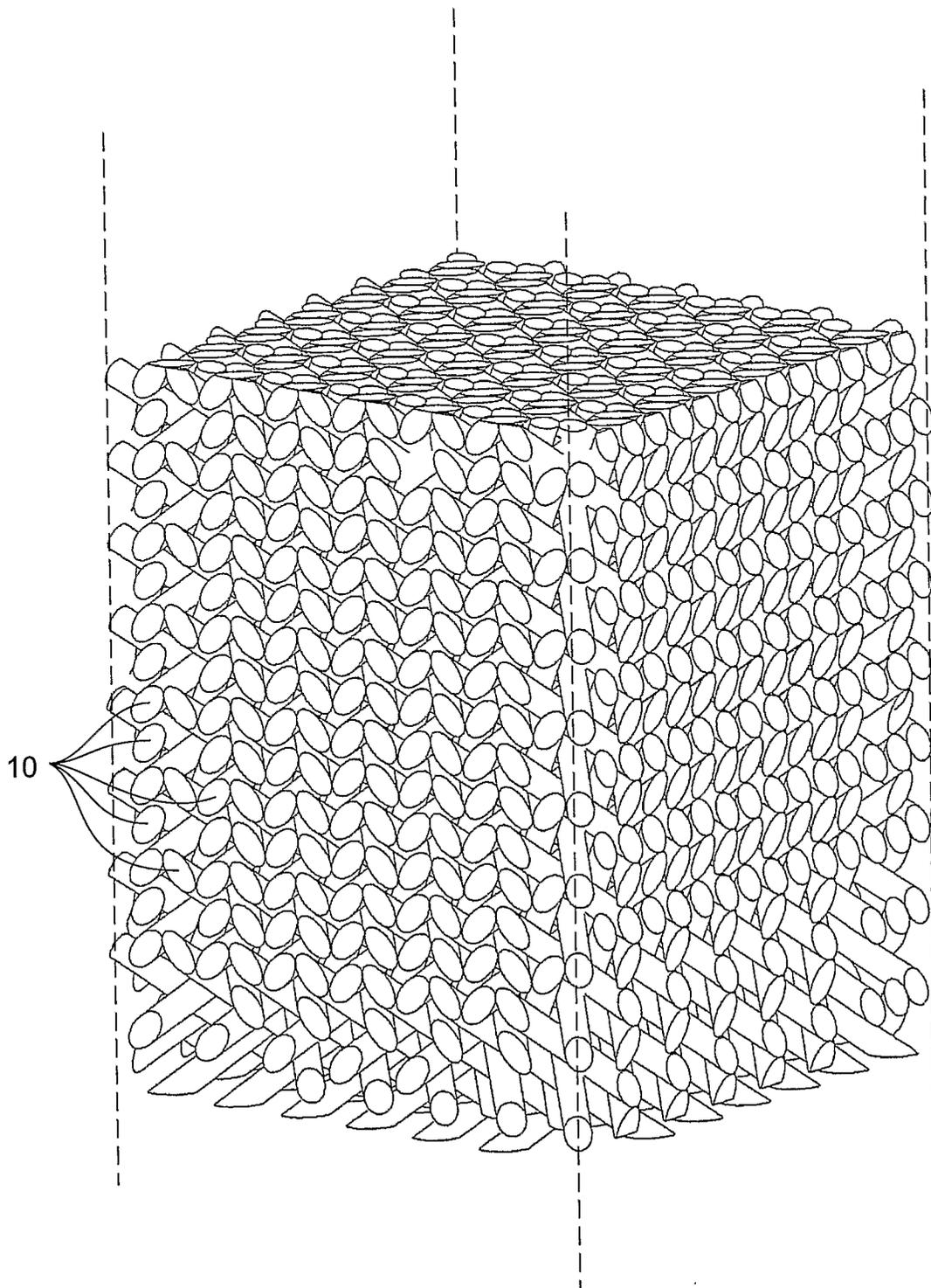
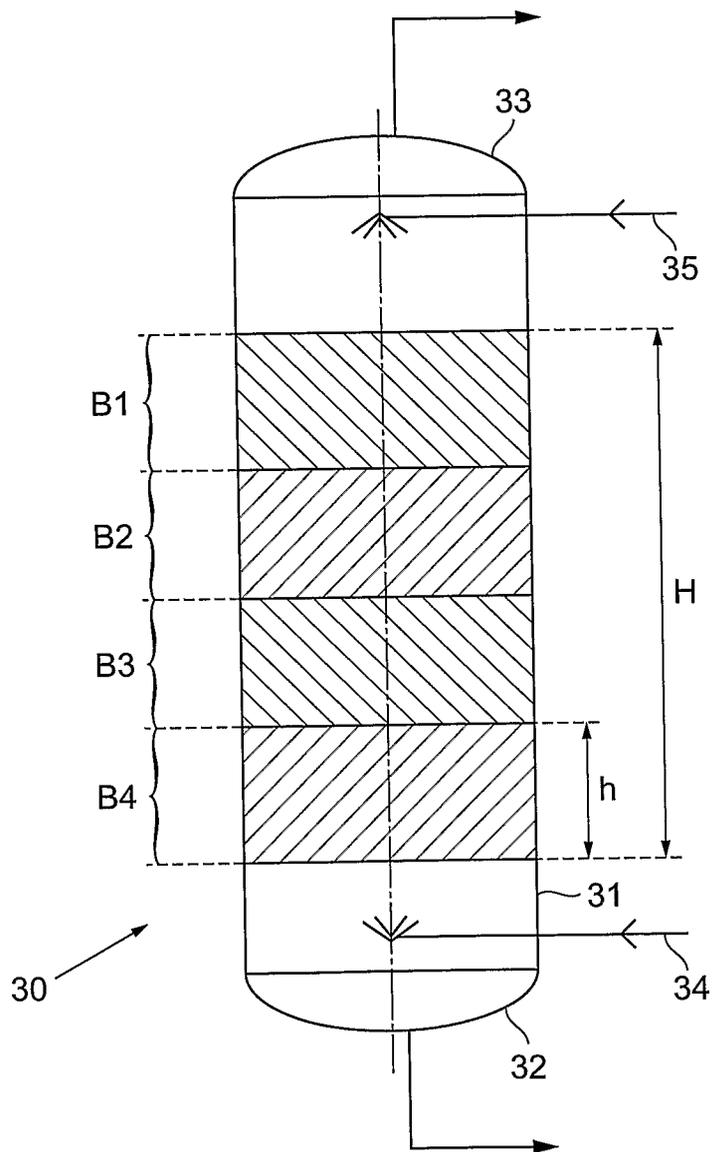


Figure 9



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/FR2008/000366

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B01J19/32 B01D3/26  
 ADD. B01D53/18 B01J19/02

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)  
 B01J

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 1 193 405 A (JULIUS MONTZ APPBAU) 3 November 1959 (1959-11-03) page 2, paragraph 5; figure 2 page 3; figures 5-8	1-15
X	US 5 225 116 A (MENZEL KNUT [DE] ET AL) 6 July 1993 (1993-07-06) abstract column 1, line 5 - line 22 column 2, line 57 - line 60 column 3, line 54 - column 4, line 8; figures 4-6	1-15
X	CN 1 095 966 A (ZHANG YOUZHONG [CN]) 7 December 1994 (1994-12-07) the whole document figures 4-6	1-15
	-/--	

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 document 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.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 septembre 2008

Date of mailing of the international search report

01/10/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Thomasson, Philippe

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2008/000366

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1 076 384 A (LI QUNZHU [CN]) 22 September 1993 (1993-09-22) the whole document	1-15
P,X	FR 2 892 644 A (SNECMA PROPULSION SOLIDE SA [FR]) 4 May 2007 (2007-05-04) the whole document	1-15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2008/000366

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 1193405	A	03-11-1959	DE 1102701 B 23-03-1961
			GB 843045 A 04-08-1960
			US 2981665 A 25-04-1961
US 5225116	A	06-07-1993	AU 651183 B2 14-07-1994
			AU 1389692 A 15-10-1992
			DE 4111451 A1 15-10-1992
			EP 0508223 A1 14-10-1992
			ES 2056674 T3 01-10-1994
			ZA 9202353 A 30-12-1992
CN 1095966	A	07-12-1994	NONE
CN 1076384	A	22-09-1993	NONE
FR 2892644	A	04-05-2007	DE 102006035725 A1 03-05-2007
			US 2007096347 A1 03-05-2007

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°  
PCT/FR2008/000366

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
 INV. B01J19/32 B01D3/26  
 ADD. B01D53/18 B01J19/02

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)  
**B01J**

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, WPI Data**

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 1 193 405 A (JULIUS MONTZ APPBAU) 3 novembre 1959 (1959-11-03) page 2, alinéa 5; figure 2 page 3; figures 5-8	1-15
X	US 5 225 116 A (MENZEL KNUT [DE] ET AL) 6 juillet 1993 (1993-07-06) abrégé colonne 1, ligne 5 - ligne 22 colonne 2, ligne 57 - ligne 60 colonne 3, ligne 54 - colonne 4, ligne 8; figures 4-6	1-15
X	CN 1 095 966 A (ZHANG YOUZHONG [CN]) 7 décembre 1994 (1994-12-07) le document en entier figures 4-6	1-15
	----- -/--	

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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
22 septembre 2008	01/10/2008

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, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Thomasson, Philippe</p>
---	--

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2008/000366

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	CN 1 076 384 A (LI QUNZHU [CN]) 22 septembre 1993 (1993-09-22) le document en entier -----	1-15
P, X	FR 2 892 644 A (SNECMA PROPULSION SOLIDE SA [FR]) 4 mai 2007 (2007-05-04) le document en entier -----	1-15

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2008/000366

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 1193405	A	03-11-1959	DE 1102701 B	23-03-1961
			GB 843045 A	04-08-1960
			US 2981665 A	25-04-1961
US 5225116	A	06-07-1993	AU 651183 B2	14-07-1994
			AU 1389692 A	15-10-1992
			DE 4111451 A1	15-10-1992
			EP 0508223 A1	14-10-1992
			ES 2056674 T3	01-10-1994
			ZA 9202353 A	30-12-1992
CN 1095966	A	07-12-1994	AUCUN	
CN 1076384	A	22-09-1993	AUCUN	
FR 2892644	A	04-05-2007	DE 102006035725 A1	03-05-2007
			US 2007096347 A1	03-05-2007