



(11)

EP 3 387 357 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
02.09.2020 Bulletin 2020/36

(51) Int Cl.:
F28F 3/12 ^(2006.01) **F28F 13/00** ^(2006.01)
F28F 21/08 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16819612.9**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2016/053235

(22) Date de dépôt: **07.12.2016**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2017/098141 (15.06.2017 Gazette 2017/24)

(54) **PROCEDE DE REALISATION D'UN DISPOSITIF FLUIDIQUE A MOUSSE METALLIQUE**
HERSTELLUNGSVERFAHREN EINER FLÜSSIGKEITSVORRICHTUNG MIT METALLSCHAUM
METHOD OF MANUFACTURE OF A FLUID DEVICE WITH A METAL FOAM

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **GUY, Serge**
38500 Voiron (FR)
- **PLUCHON, Christian**
38500 Voiron (FR)

(30) Priorité: **09.12.2015 FR 1562049**

(74) Mandataire: **Constellium - Propriété Industrielle**
C-TEC Constellium Technology Center
Propriété Industrielle
Parc Economique Centr'Alp
725, rue Aristide Bergès
CS10027
38341 Voreppe (FR)

(43) Date de publication de la demande:
17.10.2018 Bulletin 2018/42

(73) Titulaire: **C-Tec Constellium Technology Center**
38341 Voreppe (FR)

(72) Inventeurs:

- **MATHIER, Vincent**
1180 Rolle (CH)
- **GIRARD, Jérôme**
38000 Grenoble (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 2 118 328 DE-U1-202011 110 243
JP-A- S60 162 195

EP 3 387 357 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] Le domaine de l'invention est celui des dispositifs fluidiques comportant un canal formé dans un boîtier, dans lequel se situe un milieu poreux à pores ouverts en un matériau métallique appelé mousse métallique. L'invention s'applique par exemple en tant qu'échangeur de chaleur assurant le transfert thermique entre un composant disposé contre une paroi du boîtier, par exemple un composant électronique de puissance ou un composant du domaine automobile ou nucléaire, et un fluide caloporteur circulant dans le canal et traversant la mousse métallique. L'invention peut également s'appliquer au domaine de la filtration de fluide.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] On connaît des échangeurs de chaleur, également appelés dissipateurs thermiques, se présentant sous la forme d'un dispositif fluidique comportant un canal, formé dans un boîtier, qui s'étend entre des orifices d'entrée et de sortie. Le boîtier peut alors comporter une paroi principale, dite paroi d'échange thermique, dont la face interne participe à délimiter le canal et la face externe forme un support pour recevoir un composant à refroidir, par exemple un composant électronique. Enfin, il est prévu qu'un fluide caloporteur, liquide ou gazeux, s'écoule dans le canal pour recevoir puis évacuer la chaleur produite par le composant électronique.

[0003] Dans le but d'augmenter la surface d'échange thermique avec le fluide caloporteur, un milieu poreux à pores ouverts formant un réseau fluidique tridimensionnel peut être disposé dans le canal de manière à être en contact avec la paroi d'échange.

[0004] DE 20 2011 110 243 décrit un dispositif fluidique, comportant: un boîtier comprenant un canal délimité par des parois, dont une première paroi principale, le canal s'étendant entre deux orifices, dits d'entrée et de sortie; et un milieu poreux à pores ouverts en un matériau métallique, dit mousse métallique, situé dans le canal entre lesdits orifices d'entrée et de sortie, la mousse métallique et ladite première paroi principale étant réalisées d'un seul tenant et en un même matériau, et la mousse métallique présentant une distribution spatiale aléatoire des pores.

[0005] Le document WO2004/079792 décrit un exemple d'un tel dispositif fluidique échangeur de chaleur. Un canal est délimité en partie par un boîtier et comporte un milieu poreux à pores ouverts apte à être traversé par un fluide caloporteur. Une paroi principale d'échange thermique du boîtier présente une face externe contre laquelle est disposé un composant à refroidir, et une face interne en contact avec ce milieu poreux. Dans cet exemple, le milieu poreux est un réseau régulier de billes assemblées les unes aux autres, fixé aux faces internes du canal par l'intermédiaire d'un matériau de brasage.

[0006] Il serait cependant souhaitable de pouvoir disposer d'un dispositif fluidique présentant un coefficient de transfert thermique amélioré, ce coefficient étant relatif au transfert thermique entre la paroi principale d'échange thermique destinée à recevoir un composant à refroidir et le fluide caloporteur circulant dans le canal. Ce coefficient de transfert thermique est également appelé coefficient d'échange global.

[0007] Il serait également souhaitable de pouvoir disposer, plus généralement, d'un dispositif fluidique présentant, en fonctionnement, une tenue mécanique améliorée, préservant ainsi les propriétés d'écoulement du fluide dans le canal et, le cas échéant, les propriétés de transfert thermique entre la paroi principale d'échange thermique et le fluide caloporteur.

[0008] Il existe par ailleurs un besoin de pouvoir disposer d'un procédé simplifié de réalisation d'un dispositif fluidique présentant l'une et/ou l'autre de ces améliorations.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0009] L'invention a pour objectif de remédier au moins en partie aux inconvénients de l'art antérieur, et plus particulièrement de proposer un procédé de réalisation d'un dispositif fluidique comportant un canal dans lequel est situé un matériau poreux à pores ouverts, présentant une tenue mécanique améliorée et, le cas échéant, un coefficient d'échange global amélioré.

[0010] Pour cela, l'objet de l'invention est un procédé de réalisation d'un dispositif fluidique selon la revendication 1.

[0011] Selon l'invention, la mousse métallique et ladite première paroi principale sont réalisées d'un seul tenant et en un même matériau, et la mousse métallique présente une distribution spatiale aléatoire des pores.

[0012] Certains aspects préférés mais non limitatifs de ce dispositif fluidique sont les suivants :

De préférence, la mousse métallique présente une surface spécifique comprise entre 200m²/m³ et 1500m²/m³, une porosité comprise entre 65% et 85%, et une taille moyenne des pores comprise entre 2mm et 8mm.

[0013] La section droite des orifices d'entrée et de sortie peut présenter une surface inférieure à celle de la section droite du canal.

[0014] Le boîtier peut comporter une seconde paroi principale opposée à la première paroi principale, délimitant en partie le canal, la mousse métallique et ladite seconde paroi principale étant en outre réalisées d'un seul tenant et en un même matériau.

[0015] Le boîtier peut comporter une seconde paroi principale opposée à la première paroi principale délimitant en partie le canal, ladite seconde paroi principale étant une paroi rapportée, fixée de manière étanche à une paroi latérale du boîtier.

[0016] Le boîtier peut comporter une paroi latérale s'étendant entre la première paroi principale et une se-

conde paroi principale opposée à la première paroi, et délimitant le canal de manière circonférentielle, la mousse métallique et ladite paroi latérale étant en outre réalisées d'un seul tenant et en un même matériau.

[0017] Les orifices d'entrée et de sortie peuvent déboucher dans des chambres creuses du canal situées de part et d'autre de la mousse métallique suivant un axe longitudinal du canal.

[0018] Selon un mode de réalisation, le dispositif fluide peut comporter :

- une première mousse métallique réalisée d'un seul tenant avec ladite première paroi principale et en un même matériau, et
- une seconde mousse métallique réalisée d'un seul tenant avec une seconde paroi principale opposée à la première paroi, et en un même matériau,
- lesdites première et seconde mousses métalliques étant assemblées l'une à l'autre par l'intermédiaire d'un collecteur fluide comportant au moins un conduit de collection s'étendant entre deux extrémités d'entrée débouchant au niveau desdites première et seconde mousses métalliques et une extrémité de sortie débouchant au niveau de l'orifice de sortie.

[0019] Les première et seconde parois principales, les première et seconde mousses métalliques et le collecteur peuvent présenter un profil sensiblement circulaire, les parois principales et le collecteur étant assemblés de manière étanche à une paroi latérale circonférentielle du boîtier.

[0020] L'orifice d'entrée peut présenter une diamètre adapté à permettre l'introduction d'un fluide de part et d'autre du collecteur de manière à pouvoir s'écouler dans les première et seconde mousses métalliques avant de rejoindre les extrémités d'entrée du conduit de collection.

[0021] La forme de la préforme poreuse peut être parallélépipédique, circulaire ou toute autre forme géométrique. Elle peut comporter des parois latérales et des parois supérieures et inférieures.

[0022] La préforme peut être disposée dans une empreinte d'un moule et maintenue à distance d'une face interne d'une chape du moule, l'espace séparant ladite face interne et la préforme étant destinée à former la première paroi principale.

[0023] La préforme peut être maintenue dans un profilé creux ; de manière préférée, au moins une paroi latérale de ladite préforme est en contact avec au moins une face intérieure des parois dudit profilé creux. Ledit profilé creux dans lequel est disposée la préforme peut être inséré dans une empreinte d'un moule. Au moins une face inférieure ou supérieure de la préforme est maintenue à distance d'une face interne d'une chape du moule. De manière préférée, lors de l'étape de moulage, les parois du profilé sont partiellement ou totalement fondues. De manière préférée, le dispositif fluide présente au moins une paroi de la mousse métallique en contact avec une paroi du profilé. De manière préférée, au moins une

partie des parois du profilé et une partie de la mousse métallique sont en continuité métallurgique dû au mélange du métal liquide injecté pour fabriquer la mousse avec le métal fondu du profilé.

5 **[0024]** La préforme peut être intercalée longitudinalement entre deux noyaux, lesdits noyaux étant destinés à former des chambres creuses du canal.

10 **[0025]** Chaque noyau peut comporter une deuxième partie destinée à former un orifice d'entrée ou de sortie, ladite deuxième portion s'étendant à partir d'une première partie destinée à former l'une desdites chambres creuses du canal.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

15 **[0026]** D'autres aspects, buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée suivante de formes de réalisation préférées de celle-ci, donnée à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1a est une vue schématique en coupe longitudinale et en perspective d'un dispositif fluide dans lequel la mousse métallique est réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec les parois du boîtier qui délimitent transversalement le canal ; la figure 1b est une vue schématique de dessous du dispositif fluide représenté sur la figure 1a ; et la figure 1c illustre différentes valeurs de surface spécifique de la mousse métallique pour différentes valeurs de porosité et de taille moyenne de pores ;
- les figures 2a à 2e représentent des étapes d'un procédé de réalisation du dispositif fluide selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 3 est une vue schématique en perspective d'un dispositif fluide selon un deuxième mode de réalisation, dans lequel l'une des parois principales délimitant le canal forme un capot rapporté ;
- 20 - les figures 4a à 4f représentent des étapes d'un procédé de réalisation du dispositif fluide selon le deuxième mode de réalisation ;
- la figure 5 est une vue schématique en perspective d'un dispositif fluide selon un troisième mode de réalisation, dans lequel deux mousses métalliques, réalisées chacune d'un seul tenant et en un même matériau avec des parois principales, sont assemblées l'une à l'autre par un collecteur fluide.
- La figure 6a est une vue schématique de dessous selon un quatrième mode de réalisation, dans lequel les parois latérales du dispositif fluide comprennent un profilé. La Figure 6b correspond à la vue en coupe selon l'axe A-A du dispositif selon le quatrième mode de réalisation.
- 25 - Les figures 7a et 7e représentent les étapes d'un procédé de réalisation du dispositif selon le quatrième mode de réalisation.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0027] Sur les figures et dans la suite de la description, les mêmes références représentent les éléments identiques ou similaires. De plus, les différents éléments ne sont pas représentés à l'échelle de manière à privilégier la clarté des figures.

[0028] Dans la suite de la description, les termes « sensiblement », « approximativement », « environ », « de l'ordre de » s'entendent « à 10% près ». Par ailleurs, les termes « compris entre ... et ... » et « allant de ... à ... » signifient que les bornes sont incluses, sauf mention contraire. Les bornes s'entendent également « à 10% près ».

[0029] L'invention porte sur un procédé de réalisation d'un fluide comportant un canal dans lequel un fluide est destiné à s'écouler, le canal étant délimité par les parois d'un boîtier. A l'intérieur du canal se situe un milieu poreux à pores ouverts apte à être traversé par le fluide. Le milieu poreux est appelé par la suite mousse métallique (*metallic foam*, en anglais). Selon l'invention, la mousse métallique et au moins une première paroi principale du boîtier délimitant en partie le canal sont réalisées en un même matériau métallique et d'un seul tenant.

[0030] Le dispositif fluide peut trouver diverses applications, par exemple dans le domaine des échangeurs de chaleur ou dans celui de la filtration. Dans la suite de la description, et à titre purement illustratif, le dispositif fluide forme un échangeur de chaleur adapté à dissiper la chaleur produite par un composant, par exemple un composant électronique de puissance, celui-ci étant disposé contre une paroi du dispositif fluide. D'autres types de composants peuvent être refroidis par un tel échangeur de chaleur, par exemple des composants automobiles ou nucléaires. Le fluide caloporteur destiné à s'écouler dans le canal 3 du dispositif fluide peut être liquide ou gazeux.

[0031] Le dispositif fluide comporte, situé à l'intérieur du canal, une mousse métallique se présentant sous la forme d'un milieu poreux solide à pores ouverts. Ce milieu poreux forme donc un réseau tridimensionnel de pores interconnectés. La mousse métallique est réalisée en un matériau métallique solide tel que, par exemple, de l'aluminium ou un alliage d'aluminium, par exemple un alliage du type AlSi7MgO,6, mais tout autre type d'alliage de moulage présentant une bonne coulabilité peut être utilisé. D'autres matériaux peuvent aussi être utilisés tels que, par exemple, les alliages de zinc, de cuivre, les fontes, les aciers...

[0032] Selon l'invention, la mousse métallique présente un réseau de pores répartis spatialement de manière aléatoire. Par répartition spatiale aléatoire, on entend que l'agencement mutuel des pores est sensiblement aperiodique et ne présente sensiblement pas de direction privilégiée : l'orientation des pores dans la matrice est aléatoire. Un tel réseau de pores se distingue ainsi des réseaux réguliers de billes tels que celui décrit dans

l'exemple de l'art antérieur mentionné précédemment.

[0033] De plus, selon l'invention, la mousse métallique et au moins une première paroi principale du boîtier délimitant au moins en partie le canal sont réalisées en un même matériau métallique et d'un seul tenant. Par « réalisées d'un seul tenant et en un même matériau », on entend que la mousse métallique et la première paroi principale sont réalisées de manière monolithique, c'est-à-dire en une seule pièce, la liaison mécanique étant assurée par la continuité métallurgique du matériau métallique formant ces deux pièces, coulées ensemble en une seule et même opération. On comprend ainsi qu'en étant réalisées d'un seul tenant et en un même matériau métallique, la mousse métallique est assemblée à la première paroi principale sans la présence d'une couche intermédiaire de fixation, telle qu'une couche d'un matériau de brasure ou de soudure, située à l'interface entre la mousse métallique et la première paroi principale.

[0034] La mousse métallique peut présenter une porosité supérieure ou égale à 10%, par exemple comprise entre 60% et 90%, et de préférence comprise entre 65% et 85%. La porosité s'entend comme le rapport entre le volume cumulé des pores sur le volume total de la mousse métallique.

[0035] Par ailleurs, les pores peuvent présenter une taille moyenne millimétrique. La taille moyenne des pores peut être, par exemple, comprise entre 1mm et 10mm, voire entre 2mm et 8mm. La taille moyenne s'entend comme la moyenne, par exemple arithmétique, de la dimension maximale moyenne et de la dimension minimale moyenne des pores. La dimension maximale moyenne est la moyenne des dimensions maximales des pores et la dimension minimale moyenne est la moyenne des dimensions minimales des pores. De manière préférée, les pores ont une taille similaire. Le terme similaire s'entend en ce que les pores ont une dimension comprise entre +/-10% d'une valeur. De façon préférée cette valeur peut être comprise entre 1 mm et 10 mm, et de façon encore plus préférée entre 2 mm et 8 mm.

[0036] En outre, la mousse métallique peut présenter une surface spécifique comprise entre 200m²/m³ et 1500m²/m³. Par surface spécifique, on entend la superficie réelle de la surface des pores, autrement dit, la surface développée de la mousse, sur le volume total de la mousse métallique. Elle peut être estimée de manière classique par tomographie aux rayons X.

[0037] Comme il est décrit par la suite, la mousse métallique peut être réalisée à base d'aluminium, par un procédé de moulage comportant une étape de coulée au cours de laquelle a lieu une infiltration d'une préforme destructible. Cette préforme peut être réalisée en un matériau à base de pâte à sel, tel que le décrit par exemple le document EP2118328, voire en un matériau à base de silicone comme le décrit par exemple le document FR2992660.

[0038] Dans cette application d'échangeur de chaleur, la première paroi principale 10 est de préférence une paroi d'échange thermique dont la face externe présente

une surface adaptée à recevoir un composant à refroidir. Par face externe, on entend une face de la paroi opposée à la face interne orientée vers le canal 3.

[0039] La figure 1a est une vue schématique en coupe longitudinale et en perspective d'un dispositif fluïdique 1 et la figure 1b est une vue de dessous, schématique en coupe longitudinale, du dispositif fluïdique 1 représenté sur la figure 1a.

[0040] Dans cet exemple, comme il est explicité par la suite, le dispositif fluïdique 1 comporte un canal 3 qui s'étend suivant un axe longitudinal sensiblement rectiligne. Par ailleurs, la mousse métallique 30 est réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec les parois principales 10, 20 délimitant transversalement le canal 3.

[0041] On définit ici un repère orthonormé tridimensionnel (X,Y,Z), où le plan (X,Y) est sensiblement parallèle au plan des parois principales 10, 20 du dispositif fluïdique 1, l'axe Z étant orienté suivant une direction sensiblement orthogonale au plan (X,Y). Ainsi, les termes « vertical » et « verticalement » s'étendent comme étant relatifs à une orientation suivant l'axe Z, et les termes « inférieur » et « supérieur » s'étendent comme étant relatifs à un positionnement suivant l'axe Z.

[0042] On définit la longueur du canal 3 comme la distance, ici suivant l'axe X, entre deux orifices d'entrée 4A et de sortie 4B ; la largeur du canal 3 comme la distance, suivant l'axe Y, entre deux faces internes opposées l'une à l'autre d'une paroi latérale 40 du canal 3 ; et la hauteur du canal 3 comme la distance, suivant l'axe Z, entre les deux faces internes 11, 21 des parois principales 10, 20.

[0043] Le dispositif fluïdique 1 comporte un boîtier 2 formé de parois dont les faces internes délimitent un canal 3. Le boîtier 2 est ici formé de deux parois principales 10, 20 opposées l'une à l'autre suivant l'axe Z, et d'une paroi latérale 40 reliant de manière circonférentielle les parois principales 10, 20 l'une à l'autre, c'est-à-dire suivant le périmètre du canal 3. Les faces internes des différentes parois, c'est-à-dire les faces orientées vers le canal 3, délimitent ensemble le canal 3.

[0044] Dans cet exemple, les première et seconde parois principales 10, 20 sont sensiblement planes et parallèles l'une à l'autre. Elles présentent chacune une face interne 11, 21 et une face externe 12, 22, opposées l'une à l'autre, sensiblement planes. Elles sont reliées l'une à l'autre de manière étanche par la paroi latérale 40. Dans cet exemple, la première paroi principale 10 forme une paroi d'échange de chaleur avec un composant à refroidir, et présente une surface de sa face externe 12 sensiblement plane dans le but de recevoir le composant à refroidir.

[0045] Le boîtier 2 présente ici un profil, dans le plan (X,Y), de forme rectangle, mais d'autres formes sont possibles, par exemple circulaire ou ovale, voire carrée ou polygonale. Le canal 3 présente ici une forme générale de parallélépipède aplati. Autrement dit, le canal présente une hauteur inférieure à sa largeur et à sa longueur, permettant ainsi d'optimiser la surface d'échange entre le fluïde caloporteur et la première paroi principale 10

d'échange thermique.

[0046] Le boîtier 2 comporte des orifices traversants qui débouchent dans le canal 3, et forment des orifices d'entrée 4A et de sortie 4B. Ils sont agencés suivant l'axe longitudinal du canal 3 de manière à permettre l'introduction et l'évacuation du fluïde caloporteur dans le canal 3. Dans cet exemple, les orifices d'entrée 4A et de sortie 4B sont formés au travers de la même seconde paroi principale 20, et sont destinés à recevoir des extrémités de conduits fluïdiques (non représentés) d'alimentation et d'évacuation du fluïde caloporteur. En variante, les orifices 4A, 4B peuvent être disposés au niveau de la première paroi principale 10, voire au niveau de la paroi latérale 40. Par ailleurs, la section droite des orifices 4A, 4B présente une surface inférieure à celle d'une section droite du canal 3. Par section droite, on entend une section suivant un plan orthogonal à l'axe longitudinal de l'élément considéré.

[0047] Le dispositif fluïdique 1 comporte en outre une mousse métallique 30, située dans le canal 3 entre les orifices d'entrée 4A et de sortie 4B. Elle se présente sous la forme d'un bloc poreux à pores ouverts répartis spatialement de manière aléatoire, qui remplit ici une partie du canal 3. Plus précisément, la mousse métallique 30 remplit la surface d'une section droite du canal 3, dans le plan (Y,Z), et s'étend longitudinalement suivant l'axe X sur une partie du canal 3. Ainsi, elle est en contact avec une partie des faces internes des parois principales 10, 20 et latérale 40, de sorte que le fluïde caloporteur, s'écoulant dans le canal 3 entre les orifices d'entrée 4A et de sortie 4B, traverse nécessairement la mousse métallique 30.

[0048] La mousse métallique 30 est réalisée en un même matériau et d'un seul tenant avec la première paroi principale 10, et, dans cet exemple, avec la seconde paroi principale 20 et la paroi latérale 40. Ainsi, la mousse métallique 30 et les parois principales 10, 20 et latérale 40 du boîtier 2 forment une seule pièce, monolithique, réalisée en un même matériau. On comprend donc que la mousse métallique 30 n'est pas fixée aux dites parois par une couche intermédiaire de fixation tel qu'une couche d'un matériau de brasure ou de soudure mais que la liaison mécanique est assurée par une continuité métallurgique formée par le matériau métallique de la mousse métallique et des dites parois, coulées ensemble en une seule et même opération.

[0049] Dans cet exemple, la mousse métallique 30 est située entre deux chambres creuses, dites d'entrée 5A et de sortie 5B, et ne s'étend donc pas sur toute la longueur du canal 3. La chambre d'entrée 5A, dans laquelle débouche l'orifice d'entrée 4A, est délimitée par les parois du boîtier 2 et une face libre dite amont 31A de la mousse métallique 30. La chambre de sortie 5B, dans laquelle débouche l'orifice de sortie 4B, est délimitée par les parois du boîtier 2 et une face libre dite aval 31B de la mousse métallique 30.

[0050] Ainsi, par le fait que la première paroi principale 10 et la mousse métallique 30 sont réalisées d'un seul

tenant et en un même matériau d'une part, et que la mousse métallique 30 forme un réseau de pores ouverts spatialement répartis de manière aléatoire d'autre part, on améliore les propriétés de transfert thermique du dispositif fluide 1, et notamment le coefficient d'échange global. De plus, on améliore également la tenue mécanique du dispositif fluide 1, ce qui permet de préserver les propriétés fluidiques et thermiques du dispositif 1 en fonctionnement.

[0051] En effet, la fixation de la mousse métallique 30 à la première paroi principale 10 est assurée par la continuité métallurgique entre ces deux pièces et n'est donc pas réalisée au moyen d'une couche intercalaire d'un matériau de soudure ou de brasure, un tel matériau étant susceptible de présenter une conductivité thermique inférieure à celle du matériau métallique de la première paroi principale 10 et de la mousse métallique 30. On améliore donc les propriétés de transfert thermique du dispositif fluide 1, et notamment le coefficient d'échange global h_g du dispositif. Par coefficient d'échange global h_g , ou coefficient de transfert thermique global, on entend le coefficient quantifiant le flux d'énergie qui traverse la première paroi principale 10 et la mousse métallique 30, provenant du composant à refroidir jusqu'au fluide caloporteur. Ce coefficient dépend notamment du coefficient d'échange h_p de la première paroi principale 10 et du coefficient h_m de la mousse métallique 30, et d'une manière générale, de toute couche intermédiaire éventuelle située entre la première paroi principale 10 et la mousse métallique 30. Le coefficient d'échange se définit classiquement comme le rapport $\Delta Q/S \cdot \Delta T$ où ΔQ est l'énergie thermique transférée, S la surface d'échange, et ΔT la différence de température de part et d'autre de la surface d'échange. L'absence ici d'une telle couche intermédiaire de brasure ou de soudure permet donc de ne pas dégrader la valeur du coefficient d'échange global du dispositif fluide 1, ce qui se traduit par une optimisation des propriétés de transfert thermique du dispositif fluide 1.

[0052] Les propriétés de transfert thermique du dispositif fluide 1 sont en outre améliorées par le fait que les pores ouverts de la mousse métallique sont spatialement répartis de manière aléatoire. Le fluide caloporteur s'écoule alors dans la mousse métallique 30 sans présenter de direction d'écoulement privilégiée, ce qui tend à améliorer le transfert thermique entre le dispositif fluide 1 et le fluide caloporteur.

[0053] Par ailleurs, la tenue mécanique du dispositif fluide 1 est améliorée dans la mesure où l'absence de couche intermédiaire de brasure ou de soudure entre la mousse métallique 30 et la première paroi principale 10, et ici entre la mousse et les autres parois du boîtier, conduit à une meilleure résistance mécanique vis-à-vis d'une éventuelle concentration des contraintes mécaniques à l'interface entre la mousse métallique 30 et les parois du boîtier. En effet, les conditions opératoires du dispositif fluide 1 en fonctionnement, notamment en pression et/ou en température, peuvent générer des con-

traintes mécaniques venant se concentrer à l'interface entre la mousse métallique 30 et la ou les parois en contact avec cette dernière. Lorsqu'une couche intermédiaire de brasure ou de soudure est présente, la concentration des contraintes peut provoquer un décollement de la paroi vis-à-vis de la mousse métallique 30. Ce décollement peut alors entraîner une dégradation des propriétés d'écoulement du fluide dans la mousse métallique 30, et, le cas échéant, une dégradation des propriétés de transferts thermiques.

[0054] De plus, un tel dispositif fluide 1, dont la première paroi principale 10 et la mousse métallique 30 sont réalisées d'un seul tenant et en un même matériau, peut être obtenu par un procédé de réalisation simplifié, dont un exemple est décrit maintenant.

[0055] Par ailleurs, la mousse métallique 30 présente avantageusement une porosité allant de 65% à 85% environ et une taille moyenne de pores comprise entre 2mm et 8mm environ. Il est avantageux que les pores aient une dimension similaire comprise entre 2 mm et 8 mm. Les inventeurs ont en effet constaté qu'une telle mousse métallique 30 à pores ouverts et spatialement répartis de manière aléatoire présente alors une surface spécifique particulièrement importante, allant de 200m²/m³ à 1500m²/m³ environ, ce qui augmente fortement les propriétés de transfert thermique du dispositif fluide 1.

[0056] La figure illustre des valeurs de surface spécifique de la mousse métallique 30 en fonction de la porosité et de la taille moyenne des pores, ces valeurs de surface spécifique étant obtenues à partir de mesures par tomographie aux rayons X. Il en ressort que pour une porosité ϵ comprise entre 65% et 85% environ, la surface spécifique S_p augmente fortement, allant de 200m²/m³ environ pour une taille moyenne de pores de 8mm environ, à 1500m²/m³ environ pour une taille moyenne de pores de 2mm environ. A titre illustratif, la surface spécifique de la mousse métallique 30 est de l'ordre de 630m²/m³ pour une porosité de 73,9% environ et une taille moyenne de pores de l'ordre de 5mm. La surface spécifique peut augmenter à 1490 m²/m³ pour une porosité de 72,4% environ et une taille moyenne de pores de l'ordre de 2mm. La présence dans le canal 3 d'une mousse métallique 30 présentant ces hautes valeurs de surface spécifique permet d'augmenter sensiblement les propriétés de transfert thermique du dispositif fluide 1.

[0057] Les figures 2a à 2e illustrent différentes étapes d'un exemple de procédé de réalisation du dispositif fluide 1 selon le premier mode de réalisation tel qu'illustré sur la figure 1a. Le dispositif fluide 1 est réalisé ici par une technique de moulage de type « basse pression » comportant une étape d'infiltration d'une préforme simultanément à la coulée du métal liquide.

[0058] Le moulage du type « basse pression » est une technique dans laquelle on applique une force de pression, ici une surpression, à la surface d'un métal liquide situé dans un four alimentant le moule, de manière à provoquer la remontée du métal liquide dans le moule

ainsi que son infiltration dans la préforme. De manière alternative, on peut appliquer une dépression dans le moule de sorte que le métal liquide subisse une force de dépression dite d'aspiration provoquant le remplissage du moule ainsi que son infiltration dans la préforme. Les valeurs de pression utilisées sont adaptées à ce que le métal liquide s'infiltré dans les interstices de la préforme de manière à obtenir *in fine* la mousse métallique 30 voulue.

[0059] Ces techniques de moulage, appliquées à une préforme en pâte à sel ou en un matériau à base de silicone, sont adaptées à la réalisation de mousse métallique à pores ouverts répartis spatialement de manière aléatoire et pouvant atteindre des hautes valeurs de surface spécifique. Les inventeurs ont constaté que d'autres techniques de moulage, par exemple le moulage par gravité, ne permettent pas de réaliser des mousses métalliques présentant ces caractéristiques.

[0060] Lors d'une première étape (figure 2a), on réalise une pièce 50 formée d'une préforme 51 assemblée à deux noyaux 53A, 53B disposés de part et d'autre de la préforme 51. Les deux noyaux 53A, 53B sont au contact des deux faces transversales 52A, 52B opposées l'une à l'autre de la préforme 51, dite faces amont et aval.

[0061] Chaque noyau 53A, 53B comporte ici une première partie 54A, 54B destinée à former la chambre d'entrée 5A ou de sortie 5B, qui s'étend suivant l'axe longitudinal de la préforme 51. Elle présente ici une épaisseur suivant l'axe Z sensiblement égale à celle de la préforme 51, et un profil dans le plan (X,Y) sensiblement triangulaire à sommet arrondi. Chaque noyau 53A, 53B comporte en outre une deuxième partie 55A, 55B, destinée à former l'orifice d'entrée 4A ou de sortie 4B, qui s'étend à partir de la première partie 54A, 54B de manière sensiblement orthogonale au plan principal (X,Y) de la préforme 51. Enfin, chaque noyau 53A, 53B comporte une troisième partie 56A, 56B, destinée à assurer le maintien de la pièce 50 dans une position dite suspendue vis-à-vis des faces internes d'un moule 60, qui s'étend dans le prolongement de la deuxième partie 55A, 55B. Les noyaux 53A, 53B sont destructibles et peuvent être réalisés en sable aggloméré typiquement par de la résine.

[0062] La préforme 51 est destinée à former la mousse métallique 30. Elle peut être réalisée à partir de pâte à sel conformément au procédé décrit dans le document EP2118328 ou à partir d'un matériau à base de silicone conformément au procédé décrit dans le document FR2992660. A titre illustratif, la préforme 51 est réalisée en élastomère de silicone suivant le procédé décrit dans le document FR2992660. On réalise tout d'abord des éléments distincts d'élastomère de silicone, de taille millimétrique, par exemple par extrusion puis découpage. Ces éléments sont ensuite agglomérés à l'aide d'un liant puis l'ensemble obtenu est polymérisé dans une boîte à noyaux dont l'empreinte définit les dimensions finales désirées de la préforme 51. Après déboîtement puis évacuation des solvants éventuels, on obtient une préforme 51 poreuse à interstices interconnectés en élastomère

de silicone.

[0063] Lors d'une deuxième étape (figures 2b), la pièce 50 est placée dans un moule 60, par exemple un moule en sable, et plus précisément dans l'empreinte 65 du moule dont les dimensions définissent les dimensions désirées du boîtier 2. Le moule 60 est formé de deux parties 61, 63, dites chapes, qui, lorsqu'elles sont en contact, délimitent ensemble l'empreinte 65, à savoir la cavité intérieure du moule 60 dans laquelle est placée la pièce 50. Le moule 60 comporte en outre un conduit d'alimentation 66 pour l'introduction du métal liquide dans l'empreinte 65.

[0064] Dans cet exemple, la chape supérieure 63 présente une face interne 64 qui entoure en partie la pièce 50 sans la contacter. L'espace séparant la chape supérieure 63 de la pièce 50 est destinée à former la première paroi principale 10 et une partie de la paroi latérale 40. Par ailleurs, la chape inférieure 61 présente une face interne 62 qui entoure en partie la pièce 50, l'espace séparant la chape 61 de la pièce 50 est destinée à former la seconde paroi principale 20 ainsi qu'une partie de la paroi latérale 40. Cet espace est traversé par les deuxièmes parties 55A, 55B des noyaux destinées à former les orifices d'entrée 4A et de sortie 4B.

[0065] Par ailleurs, la pièce 50, et plus particulièrement la préforme 51 et les premières parties 54A, 54B des noyaux, sont maintenues à distance des faces internes du moule 60 par l'engagement des troisièmes parties 56A, 56B des noyaux dans des logements prévus dans la face interne 62 de la chape inférieure 61.

[0066] De préférence, préalablement à son insertion dans l'empreinte 65, la pièce 50 est préchauffée à une température pouvant être de l'ordre de 80°C à 250°C, par exemple à 150°C environ.

[0067] Lors d'une troisième étape, on procède à la coulée du métal liquide dans l'empreinte 65 du moule 60 selon le procédé dit de « basse pression ». L'alliage le plus couramment utilisé est du type AISi7Mg0.6, mais tout autre type d'alliage de moulage présentant une bonne coulabilité peut être utilisé. La température peut être de l'ordre de 800°C à 820°C. Le métal liquide remplit ainsi le conduit d'alimentation 66 puis remplit l'empreinte 65 du moule 60 mise en surpression, typiquement de 700 mbar à 1.5 bar. Le métal s'infiltré également dans les interstices de la préforme 51 en élastomère de silicone, et entoure également la préforme 51 et les noyaux 53A, 53B.

[0068] Lors d'une quatrième étape (figures 2c et 2d), après solidification et refroidissement, on décoche le moule 60 et on retire la pièce moulée 57. Après ébarbage et usinage de la pièce moulée 57, et élimination de la poudre restante de silice, on obtient le dispositif fluïdique 1 représenté sur la figure 2e.

[0069] A titre purement illustratif, la mousse métallique 30 présente une longueur de 105mm, une largeur de 50mm pour une épaisseur de 10mm à 35mm. Elle présente une porosité de l'ordre de 70% à 75% à pores ouverts et répartis spatialement de manière aléatoire. La

première paroi principale 10 présente une épaisseur de 2mm environ et la seconde paroi principale 20 une épaisseur de 5mm environ. Les orifices d'entrée 4A et de sortie 4B peuvent présenter un diamètre de l'ordre de 5 à 15mm. La surface spécifique de la mousse métallique peut être ajustée en fonction de la taille moyenne des pores et de la porosité, ces paramètres étant adaptés lors la fabrication de la préforme, notamment via les dimensions des éléments agglomérés d'élastomère de silicone.

[0070] En variante, comme mentionné précédemment, la réalisation du dispositif fluide 1 peut être effectuée par une technique de moulage du type « basse pression » comportant l'infiltration d'une préforme à base de pâte à sel préalablement obtenue selon le procédé décrit dans le document EP2118328.

[0071] Le procédé comporte des étapes identiques ou similaires à celles décrites en référence aux figures 2a à 2e.

[0072] Il s'en distingue en ce que, lors d'une première étape, on réalise la préforme 51 par mélange de particules de sel broyées, d'un liant organique thermo-dégradable, et d'un agent mouillant. On obtient ainsi une préforme 51 en pâte à sel poreuse à interstices interconnectés. Une étape d'élimination de l'agent mouillant, de décomposition du liant et de durcissement de la préforme 51 peut être effectuée, notamment par une étape de cuisson de la préforme 51 à une température de l'ordre de 100°C, suivie d'une étape de pyrolyse à une température de l'ordre de 500°C.

[0073] Lors d'une deuxième étape, on met en place, dans l'empreinte 65 du moule 60, la pièce 50 formée de la préforme 51 et des noyaux 53A, 53B, cette pièce 50 étant de préférence préchauffée à une température par exemple de 600°C.

[0074] Lors d'une troisième étape, on procède à la coulée du métal liquide à une température de l'ordre de 750°C avec une mise en surpression typiquement de 700 mbar à 1.5 bar. L'alliage le plus couramment utilisé est du type AISi7Mg0.6, mais tout autre type d'alliage de moulage présentant une bonne coulabilité peut être utilisé.

[0075] Lors de cette étape de coulée, de manière concomitante à la formation des parois 10, 20, 40 du boîtier, le métal liquide s'infiltré dans les interstices interconnectés de la préforme 51 de manière à former la mousse métallique 30.

[0076] Lors d'une quatrième étape, après solidification et refroidissement, on retire la pièce moulée 57 de l'empreinte 65 du moule 60 et on élimine le sel de la préforme 51 par un solvant. Après ébarbage et usinage de la pièce moulée, on obtient le dispositif fluide 1 illustré sur la figure 2e. La mousse métallique forme un réseau de pores ouverts répartis spatialement de manière aléatoire. Comme mentionné précédemment, la surface spécifique de la mousse métallique peut être ajustée en fonction de la taille moyenne des pores et de la porosité, ces paramètres étant adaptés lors la fabrication de la préforme,

notamment via les dimensions des particules agglomérées de pâte à sel.

[0077] Ainsi, le procédé de réalisation du dispositif fluide 1 est simplifié dans la mesure où la réalisation de la mousse métallique 30 et de la première paroi principale 10 en un seul tenant et en un même matériau est effectuée lors d'une seule et même étape de coulée du métal liquide, cette étape permettant le moulage du boîtier 2 et l'infiltration de la préforme 51. On évite ainsi toute étape d'usinage du boîtier pour former le canal 3, ainsi que toute étape de fixation de la mousse métallique 30 à la première paroi principale 10 par l'intermédiaire d'une couche de fixation, par exemple une couche de brasure.

[0078] Cet exemple de procédé est ici particulièrement avantageux dans la mesure où la mousse métallique 30 est également réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec la seconde paroi principale 20 et avec la paroi latérale 40, et que la mousse métallique obtenue forme un réseau de pores ouverts à répartition spatiale aléatoire. La tenue mécanique du dispositif fluide 1 et le coefficient d'échange global en sont améliorés.

[0079] La figure 3 est une vue schématique en perspective d'un dispositif fluide 1 à mousse métallique 30 selon un second mode de réalisation.

[0080] Le dispositif fluide 1 se distingue du dispositif fluide 1 décrit précédemment en référence aux figures 1a et 1b en ce que la mousse métallique 30 est réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec la première paroi principale 10 et la paroi latérale 40, la seconde paroi principale 20 étant une paroi rapportée formant un capot pour le canal 3.

[0081] Ainsi, le boîtier 2 comporte un canal 3 délimité transversalement par la première paroi principale 10 et par la paroi latérale 40. Les parois sont ici réalisées d'un seul tenant et en un même matériau. La mousse métallique 30 est située dans le canal 3 entre les deux chambres d'entrée 5A et de sortie 5B.

[0082] Le boîtier 2 comporte une seconde paroi principale 20 qui se présente sous forme d'une paroi rapportée dont la fixation à la paroi latérale 40 du boîtier 2 permet de fermer transversalement le canal 3 de manière étanche. Elle comporte deux orifices traversants, dits d'entrée 4A et de sortie 4B, qui débouchent respectivement dans la chambre d'entrée 5A et dans la chambre de sortie 5B. De manière alternative, les orifices d'entrée 4A et de sortie 4B peuvent être réalisés, non pas au niveau du capot rapporté, mais au niveau de la paroi latérale 40 voire au niveau de la première paroi principale 10.

[0083] Le capot rapporté 20 peut être fixé à la paroi latérale 40 du boîtier 2 au niveau de sa face supérieure de contact 43, ainsi que, de préférence, à la mousse métallique 30. La fixation peut être réalisée de manière étanche par une couche intermédiaire d'un matériau de brasure (non représentée). Ainsi, la fixation et l'étanchéité est obtenue entre le capot rapporté 20 d'une part, et la paroi latérale 40 du boîtier 2 et, le cas échéant, la mousse métallique 30 d'autre part.

[0084] Le canal 3 et la mousse métallique 30 présen-

tent ici une forme générale et des dimensions identiques ou similaires à celles décrites précédemment en référence aux figures 1a et 1b, et ne sont pas décrites à nouveau ici.

[0085] Les figures 4a à 4f illustrent des étapes d'un exemple de procédé de réalisation du dispositif fluide 1 selon le second mode de réalisation.

[0086] Lors d'une première étape, on réalise, d'une manière identique ou similaire aux procédés décrits précédemment, une préforme 51 poreuse à interstices interconnectés en un matériau en pâte à sel ou en élastomère de silicone. Par ailleurs, on ne prévoit pas ici d'assembler des noyaux à la préforme 51 comme dans la pièce 50 décrite en référence à la figure 2a.

[0087] Lors d'une deuxième étape, comme le montre la figure 4a, on prépare un moule 60 à deux chapes 61, 63 dont la chape inférieure 61 est similaire ou identique à la chape supérieure des figures 2b et 2c. Par ailleurs, la chape supérieure 63 comporte des noyaux 53A, 53B sous forme de portions en saillie vis-à-vis d'une face interne 64, ces noyaux étant destinées à former les chambres d'entrée 5A et de sortie 5B. Ces noyaux sont montés mobiles en translation vis-à-vis de la chape supérieure 63 de manière à former des mors d'un étau permettant de maintenir la préforme 51 dans une position dite suspendue lors du moulage.

[0088] Plus précisément, les mors sont espacés l'un de l'autre d'une distance sensiblement égale à la longueur de la préforme 51, et sont disposées de part et d'autre d'une surface 64c de la face interne 64 de la chape supérieure 63, celle-ci étant destinée à être au contact de la préforme 51.

[0089] Comme le montre la figure 4b, on dispose la préforme 51 au contact de la surface de contact 64c, de sorte que les faces amont et aval de la préforme 51 soient au contact respectif des mors. Ceux-ci exercent une force de maintien sur la préforme 51 permettant de maintenir celle-ci en position, sans engendrer une compression de la préforme 51 susceptible de modifier sa porosité.

[0090] Lors d'une troisième étape (figure 4c), le moule 60 est fermé par mise en contact mutuel des chapes supérieure 63 et inférieure 61. La préforme 51 est maintenue dans une position suspendue vis-à-vis de la face interne 62 de la chape inférieure 61, cet espace étant destiné à former notamment la première paroi principale 10. Un espace latéral entre les mors et la face interne 62 de la chape inférieure 61 est destiné à la formation de la paroi latérale 40 du boîtier 2.

[0091] On procède ensuite à la coulée du métal liquide par le biais du conduit d'alimentation 66, de sorte que le métal remplit l'empreinte 65 du moule 60 et donc l'espace séparant la face interne 62 de la préforme 51 d'une part, et des mors d'autre part. Dans le même temps, le métal s'infiltré dans les interstices de la préforme 51. Cette étape est similaire ou identique à celle décrite précédemment en référence à la figure 2b.

[0092] Dans la mesure où la préforme 51 est au contact

de la surface de contact 64c de la chape supérieure 63, la seconde paroi principale 20 du boîtier 2 n'est pas réalisée lors de cette étape.

[0093] Lors d'une quatrième étape (figures 4d et 4e), après solidification et refroidissement, on décoche le moule 60 et on retire la pièce moulée 57. Le boîtier 2 comporte ainsi la mousse métallique 30 réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec la première paroi principale 10 et avec la paroi latérale 40 délimitant le canal 3.

[0094] On procède ensuite à l'élimination de la silice ou de la pâte à sel restante. Cette étape est simplifiée dans la mesure où le canal 3 ne présente pas une section transversale fermée et délimitée par les différents parois du boîtier 2. On a en effet accès au canal 3 et à la mousse métallique 30 par une ouverture formée par l'absence de la seconde paroi principale 20.

[0095] Lors d'une dernière étape (figure 4f), après ébarbage et usinage de la pièce moulée 57, on dépose une couche d'un matériau de brasure dans la zone de contact entre le capot rapporté 20 et la paroi latérale 40, ainsi que dans la zone de contact entre le capot rapporté 20 et la face libre de la mousse métallique 30. On ferme le canal 3 à l'aide du capot rapporté et on place le dispositif fluide 1 ainsi obtenu dans un four à brasage.

[0096] La figure 5 est une vue éclatée et en perspective d'un dispositif fluide 1 selon le troisième mode de réalisation. Dans cet exemple, le dispositif fluide 1 est formé d'un boîtier 2 de profil transversal sensiblement circulaire. Il comporte une paroi latérale 40 délimitant le canal 3 dans le plan (X,Y) et deux parois principales 10, 20 opposées délimitant le canal 3 suivant l'axe Z.

[0097] Dans cet exemple, les deux parois principales 10, 20 sont fixées à la paroi latérale 40 de manière étanche par une couche de brasure (non représentée). Alternativement, au moins l'une des parois principale 10, 20 peut être réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec la paroi latérale 40.

[0098] Chaque paroi principale 10, 20 est réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec une mousse métallique 30-1, 30-2. Les mousses métalliques 30-1, 30-2 peuvent présenter un diamètre égal ou inférieur à celui des parois principales 10, 20.

[0099] Les deux parois principales 10, 20 munies des mousses métalliques respectives 30-1, 30-2 sont assemblées l'une à l'autre suivant l'axe Z par l'intermédiaire d'un collecteur fluide 6 intercalé entre les deux mousses métalliques 30-1, 30-2. Le collecteur 6 présente un volume plein de forme cylindrique, d'un diamètre sensiblement égal à celui des parois principales 10, 20, et est assemblé de manière étanche à la paroi latérale 40. Le collecteur 6 comporte un conduit de collection qui s'étend entre deux extrémités d'entrée 7A et une extrémité de sortie 7B. Les extrémités d'entrée 7A débouchent l'une et l'autre sur les faces supérieure et inférieure, opposées l'une à l'autre, du collecteur 6, et font donc face aux mousses métalliques 30-1, 30-2, et sont positionnées de préférence au centre du collecteur 6. L'extrémité de sortie

7B débouche sur la face circonférentielle du collecteur 6.

[0100] Ainsi, le canal 3 est formé d'une partie inférieure délimitée entre la première paroi principale 10 et la face inférieure du collecteur 6 et contenant la mousse métallique 30-1, et une partie supérieure délimitée entre la

seconde paroi principale 20 et la face supérieure du collecteur 6 et contenant la mousse métallique 30-2. Le canal 3 se poursuit par le conduit de collection qui relie les deux parties du canal 3 jusqu'à l'extrémité de sortie 7B. **[0101]** Le boîtier 2 comporte en outre un orifice d'entrée 4A et un orifice de sortie 4B du canal 3 positionnés au niveau de la paroi latérale 40 du boîtier 2, destinés à permettre l'alimentation du fluide dans les deux parties inférieure et supérieure du canal 3, et l'évacuation du fluide provenant de l'extrémité de sortie 7B du conduit de collection. L'orifice d'entrée 4A présente une dimension transversale adaptée à permettre l'introduction du fluide à la fois dans les deux parties du canal 3, de sorte que le fluide s'écoule au-travers des deux mousses métalliques 30-1, 30-2 et reçoit la chaleur provenant de l'une ou l'autre, ou des deux parois principales 10, 20. Le fluide s'écoule ensuite dans le conduit de collection à partir des extrémités d'entrée 7A jusqu'à l'extrémité de sortie 7B. L'orifice de sortie 4B est positionné en regard de l'extrémité de sortie 7B du conduit de collection, de sorte que le fluide puisse être directement évacué sans circuler à nouveau dans les parties inférieure et supérieure du canal 3.

[0102] Le procédé de réalisation de ce dispositif fluide 1 peut être réalisé de manière similaire aux procédés de réalisation décrits précédemment. Ainsi, chaque paroi principale 10, 20 peut être réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec la mousse métallique 30-1, 30-2 correspondante, par un procédé de moulage à basse pression avec une étape d'infiltration d'une préforme 51 en pâte à sel ou à base de silicone, cette étape d'infiltration étant concomitante à la coulée de moulage. L'assemblage des parois 10, 20, 40 et du collecteur 6 peut être réalisé par brasage.

[0103] Un dispositif obtenu selon l'invention, et de manière préférée par le troisième mode de réalisation décrit précédemment, permet d'obtenir une performance thermique similaire aux produits connus, avec une perte de pression plus faible, d'un facteur au moins supérieur à 2, de manière préférée 5 et de manière encore plus préférée 7. Un tel dispositif permet ainsi par exemple d'utiliser des pompes de circulation de fluide moins puissantes.

[0104] La figure 6a est une vue schématique en vue de dessous d'un dispositif fluide à mousse métallique selon un quatrième mode de réalisation. Dans ce quatrième mode de réalisation, le dispositif fluide 1 se distingue des dispositifs fluide 1 décrits précédemment aux figures 1a, 1b et 3 en ce que la mousse métallique 30 est réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec la première paroi principale 10 (Fig 6b). La paroi latérale 40 comprend les parois d'un profilé creux 70. Optionnellement, la mousse métallique 30 est

réalisée d'un seul tenant et en un même matériau avec la seconde paroi principale 20 (Fig 6b), opposée à la paroi principale 10.

[0105] Ce quatrième mode de réalisation se distingue des modes de réalisation précédemment décrits par le fait que la préforme 51 destinée à former la mousse métallique 30 est maintenue dans un profilé creux 70. L'utilisation d'un profilé 70 facilite la manipulation de la préforme et son positionnement dans le moule 60. Il peut être avantageux que les dimensions du profilé 70 soient adaptées de telle sorte que les faces externes des parois du profilé soient en contact avec les parois latérales de l'empreinte 65 du moule et constituent les faces latérales du boîtier 2. De manière préférée l'épaisseur des parois du profilé est comprise entre 1 mm et 5 mm, ou de manière encore plus préférée entre 2 mm et 3 mm.

[0106] Les figures 7a à 7e illustrent des étapes d'un exemple de procédé de réalisation du dispositif fluide 1 selon le quatrième mode de réalisation.

[0107] Lors d'une première étape (Fig 7b), on réalise une pièce 80 formée d'un profilé creux 70' et d'une pièce 50'. La pièce 50' est constituée d'une préforme 51' assemblée à deux noyaux 53A', 53B' disposés de part et d'autre de la préforme 51' comme dans le premier mode de réalisation (Fig 7a). La préforme 51' est destinée à former la mousse métallique 30. Elle peut être obtenue à partir de pâte à sel ou de silicone. La pièce 50' s'intègre dans une chambre du profilé creux 70'. Dans l'exemple tel que décrit, le profilé creux 70' présente une seule chambre. Les faces latérales de la préforme 51' sont en contact avec les parois intérieures de la chambre du profilé 70'.

[0108] Les étapes suivantes sont alors similaires à celles précédemment décrites des modes de réalisation premier ou deuxième, selon le type de boîtier désiré. Dans une seconde étape, la pièce 80 est ensuite mise en place dans l'empreinte 65' du moule 60'. Le moule 60' est constitué de deux parties 61' et 66'. Cette pièce 80 est de préférence préchauffée (Fig 7c). Lors d'une troisième étape, on procède à la coulée du métal liquide dans l'empreinte 65' du moule 60'. Lors d'une quatrième étape, après solidification et refroidissement (Fig 7d), on décoche le moule 60' et on retire la pièce moulée 57'. Après ébarbage et usinage de la pièce moulée 57', et élimination des résidus de la préforme 51', on obtient le dispositif fluide 1 représenté sur la figure 7e.

[0109] Il est avantageux d'éviter le mouillage des parois extérieures du profilé creux 70 par le métal liquide. Cela peut être réalisé via la conception du moule ou par un autre moyen tel que l'utilisation d'un joint résistant au métal liquide.

[0110] Ce quatrième mode de réalisation permet la réalisation d'un boîtier 2 dont les deux parois principales et la mousse métallique 30 sont obtenues d'un seul tenant si on utilise les noyaux 55A, 55B, 56A et 56B tel que décrit dans le premier mode de réalisation ou la réalisation d'un boîtier 2 dont une seule paroi principale et la mousse métallique 30 sont obtenues d'un seul tenant tel

décrit dans le second de réalisation

[0111] L'utilisation d'un profilé dont les parois sont partiellement fondues lors de l'étape de coulée est particulièrement avantageuse. En effet, cette fusion locale peut permettre une liaison métallurgique entre la mousse et le profilé et ainsi induire une continuité métallurgique entre la mousse et le profilé et permettre une performance thermique optimale. Il peut ainsi être avantageux d'utiliser un profilé en aluminium.

[0112] Des modes de réalisation particuliers viennent d'être décrits. Différentes variantes et modifications apparaîtront à l'homme du métier.

[0113] Ainsi, le dispositif fluïdique peut ne pas comporter de chambres d'entrée situées de part et d'autre de la mousse métallique. Les orifices d'entrée et de sortie traversent une paroi du boîtier et débouchent alors directement au niveau de la mousse métallique.

[0114] Le dispositif fluïdique peut comporter des structurations situées au niveau des faces externes des parois du boîtier, ces structurations pouvant améliorer la dissipation de chaleur émise par le composant à refroidir. Ces structurations peuvent, à titre illustratif, se présenter sous la forme d'ailettes de refroidissement.

[0115] Le dispositif fluïdique peut être soumis à un traitement thermique afin d'améliorer sa résistance mécanique et/ou sa conductibilité thermique. Cette étape de traitement thermique peut être réalisée après le démoulage, avant ou après l'usinage de la pièce moulée. Il peut par exemple consister en un traitement de mise en solution et trempe, optionnellement suivi d'un revenu.

[0116] Le dispositif fluïdique peut être soumis à un traitement de surface afin d'améliorer sa résistance à la corrosion ou sa tenue à l'abrasion ou toute autre propriété nécessaire à l'utilisation du dispositif.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'un dispositif fluïdique (1), comportant :
 - un boîtier (2) comprenant un canal (3) délimité par des parois, dont une première paroi principale (10), le canal (3) s'étendant entre deux orifices, dits d'entrée (4A) et de sortie (4B) ;
 - un milieu poreux à pores ouverts en un matériau métallique, dit mousse métallique (30), situé dans le canal (3) entre lesdits orifices d'entrée (4A) et de sortie (4B) ;
 - une mousse métallique (30)
 - dans lequel on réalise la mousse métallique (30) et la première paroi principale (10) par moulage de telle sorte à ce que ladite mousse métallique (30) et ladite première paroi principale (10) soient réalisées d'un seul tenant et en un même matériau, lors d'une même étape de coulée d'un matériau métallique dans un moule (60), au cours de laquelle a lieu une infiltration,

par ledit matériau métallique, d'une préforme poreuse (51) destructible située dans une empreinte (65) du moule, ladite étape de coulée étant effectuée par l'application d'une force de pression à la surface dudit matériau métallique de manière à provoquer sa remontée dans le moule (60) et son infiltration dans la préforme (51), ladite préforme (51) étant réalisée en pâte à sel ou à base de silicone de telle sorte que la mousse métallique (30) présente une distribution spatiale aléatoire des pores .

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la préforme (51) est disposée dans une empreinte (65) d'un moule (60) et maintenue à distance d'une face interne (62, 64) d'une chape du moule (60), l'espace séparant ladite face interne (62, 64) et la préforme (51) étant destinée à former la première paroi principale (10).
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 dans lequel une paroi latérale de ladite préforme (51) est en contact avec au moins une face intérieure des parois d'un profilé creux (70).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer fluïdischen Vorrichtung (1), welche aufweist:
 - ein Gehäuse (2) mit einem Kanal (3), der durch Wände, die eine erste Hauptwand (10) umfassen, begrenzt ist, wobei sich der Kanal (3) zwischen zwei Öffnungen erstreckt, der Einlassöffnung (4A) und der Auslassöffnung (4B);
 - ein offenporiges poröses Medium aus einem metallischen Material, Metallschaum (30) genannt, das sich in dem Kanal (3) zwischen der Einlassöffnung (4A) und der Auslassöffnung (4B) befindet;
 - einen Metallschaum (30);
 - wobei der Metallschaum (30) und die erste Hauptwand (10) durch Gießen so hergestellt werden, dass der Metallschaum (30) und die erste Hauptwand (10) einstückig und aus demselben Material gefertigt sind, und zwar während desselben Gießschritts, bei dem ein metallisches Material in eine Form (60) gegossen wird und bei dem ein Eindringen des metallischen Materials in eine zerstörbare poröse Vorform (51) erfolgt, die sich in einem Hohlraum (65) der Form befindet, wobei der Gießschritt durch Aufbringen einer Druckkraft auf die Oberfläche des metallischen Materials durchgeführt wird, um sein Aufsteigen in der Form (60) und sein Eindringen in die Vorform (51) herbeizuführen, wobei die Vorform (51) aus einer Paste auf

Salz- oder Silikonbasis besteht, so dass der Metallschaum (30) eine zufällige räumliche Porenverteilung aufweist.

profile (70).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Vorform (51) in einem Hohlraum (65) einer Form (60) angeordnet und in Abstand von einer Innenfläche (62, 64) einer Abdeckung der Form (60) gehalten wird, wobei der Raum zwischen der Innenfläche (62, 64) und der Vorform (51) dazu bestimmt ist, die erste Hauptwand (10) zu bilden. 5
10
3. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem eine Seitenwand der Vorform (51) mit mindestens einer Innenfläche der Wände eines Hohlprofils (70) in Kontakt ist. 15

Claims

1. A method for producing a fluidic device (1), including: 20
 - a case (2) comprising a channel (3) delimited by walls, including a first main wall (10), the channel (3) extending between two orifices, called inlet (4A) and outlet (4B) orifices; 25
 - a porous medium with open pores made of a metallic material, called metal foam (30), located in the channel (3) between said inlet (4A) and outlet (4B) orifices; 30
 - a metal foam (30)
 - wherein the metal foam (30) and the first main wall (10) are produced by moulding such that said metal foam (30) and said first main wall (10) are made in one piece and from the same material, during the same step of casting a metallic material into a mould (60), during which an infiltration, by said metallic material, of a destructible porous preform (51) located in a mould cavity (65) takes place, said casting step being carried out by the application of a pressure force on the surface of said metallic material so as to cause it to rise into the mould (60) and to be infiltrated into the preform (51), said preform (51) being produced in salt paste or based on silicone such that the metal foam (30) has a random spatial distribution of the pores. 35
40
45
2. The method according to claim 1, wherein the preform (51) is disposed in the cavity (65) of a mould (60) and kept at a distance from an inner face (62, 64) of a yoke of the mould (60), the space separating said inner face (62, 64) and the preform (51) being intended to form the first main wall (10). 50
55
3. The method according to any one of claims 1 or 2 wherein a side wall of said preform (51) is in contact with at least one inner face of the walls of a hollow

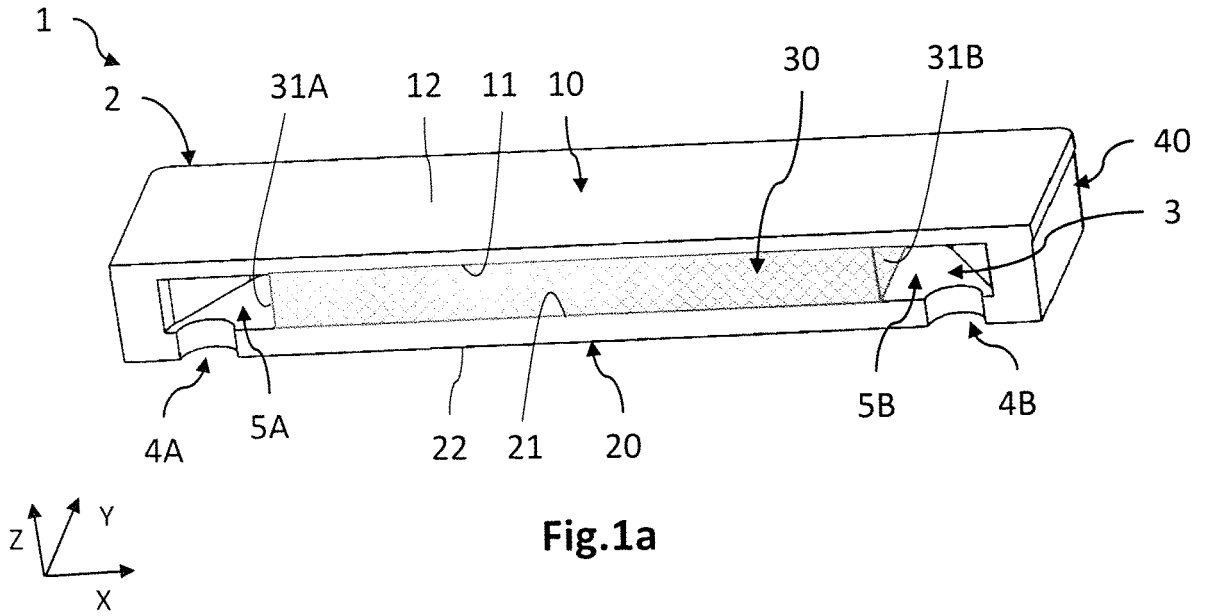


Fig.1a

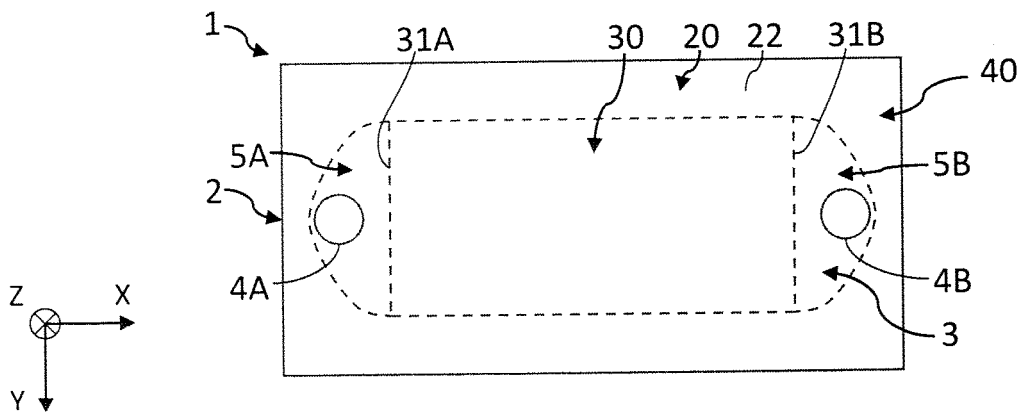


Fig.1b

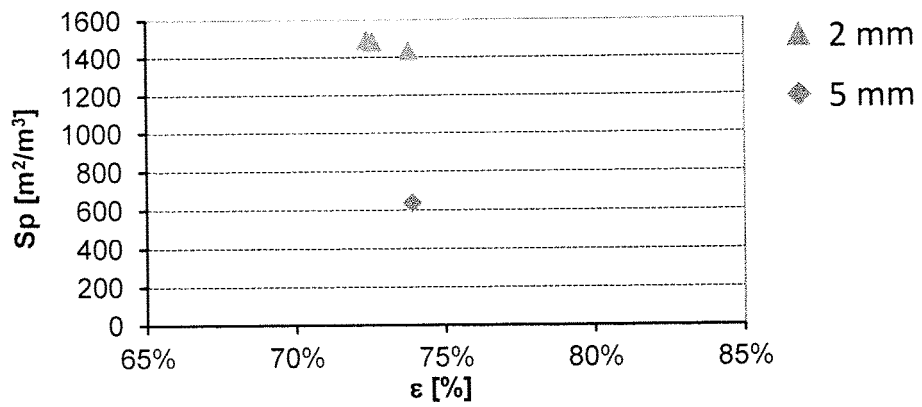
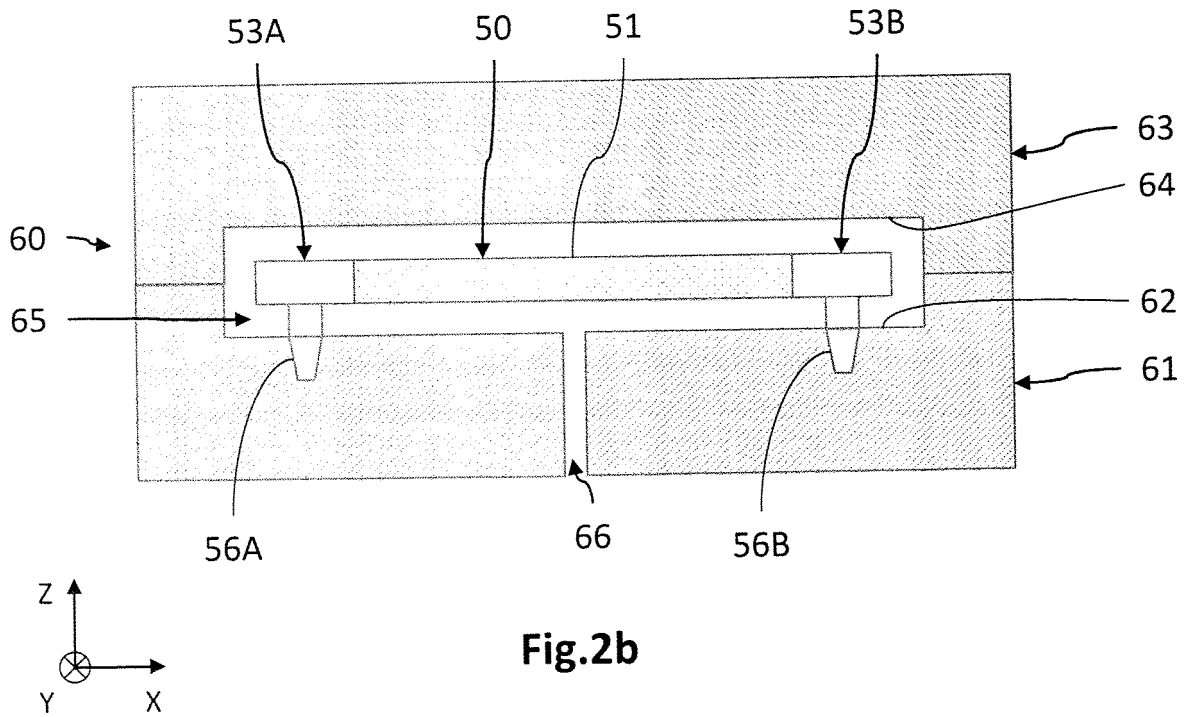
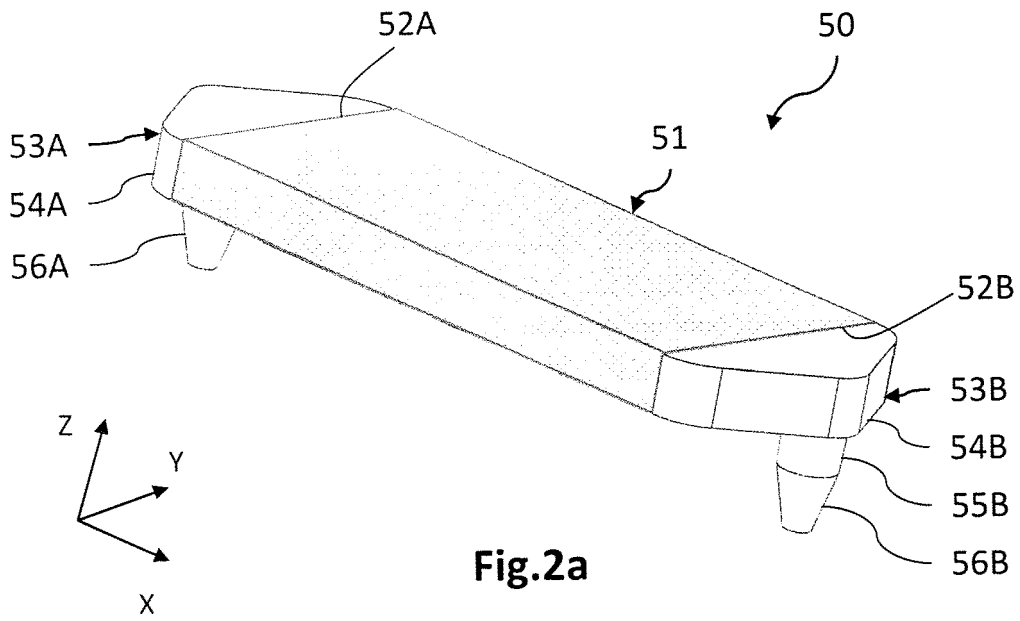


Fig.1c



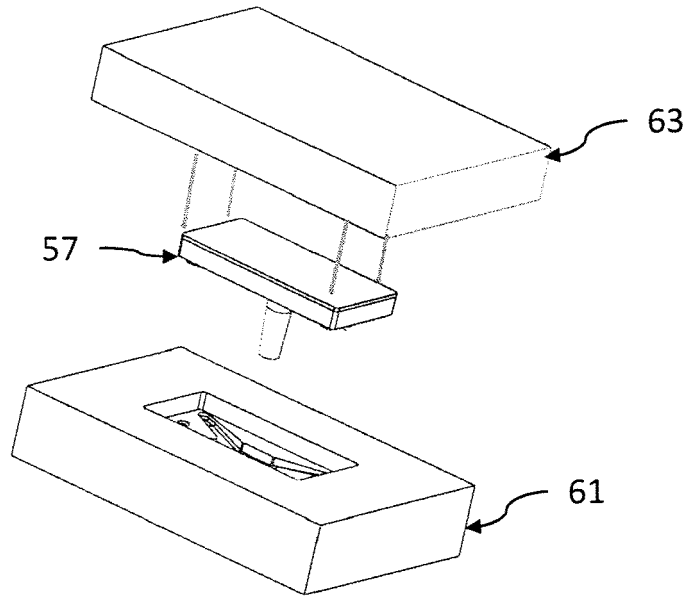


Fig. 2c

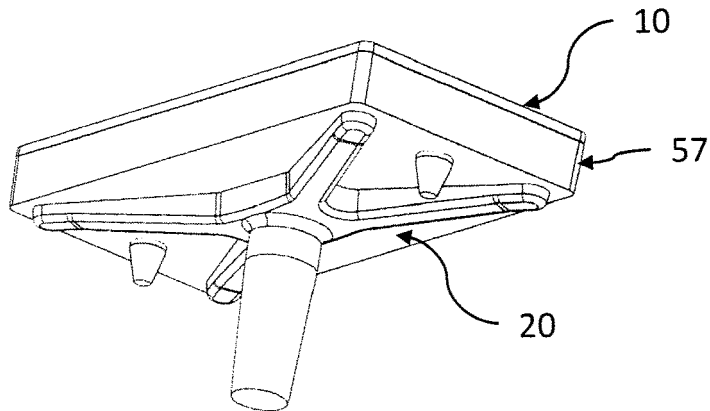


Fig. 2d

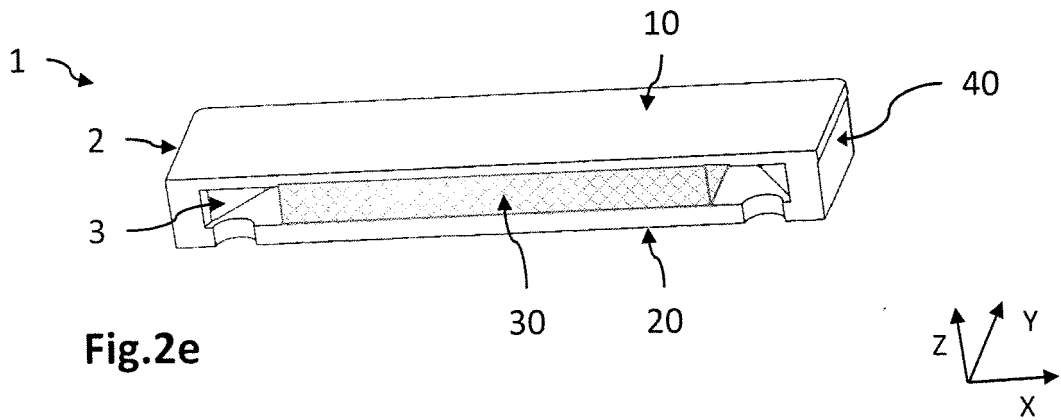


Fig. 2e

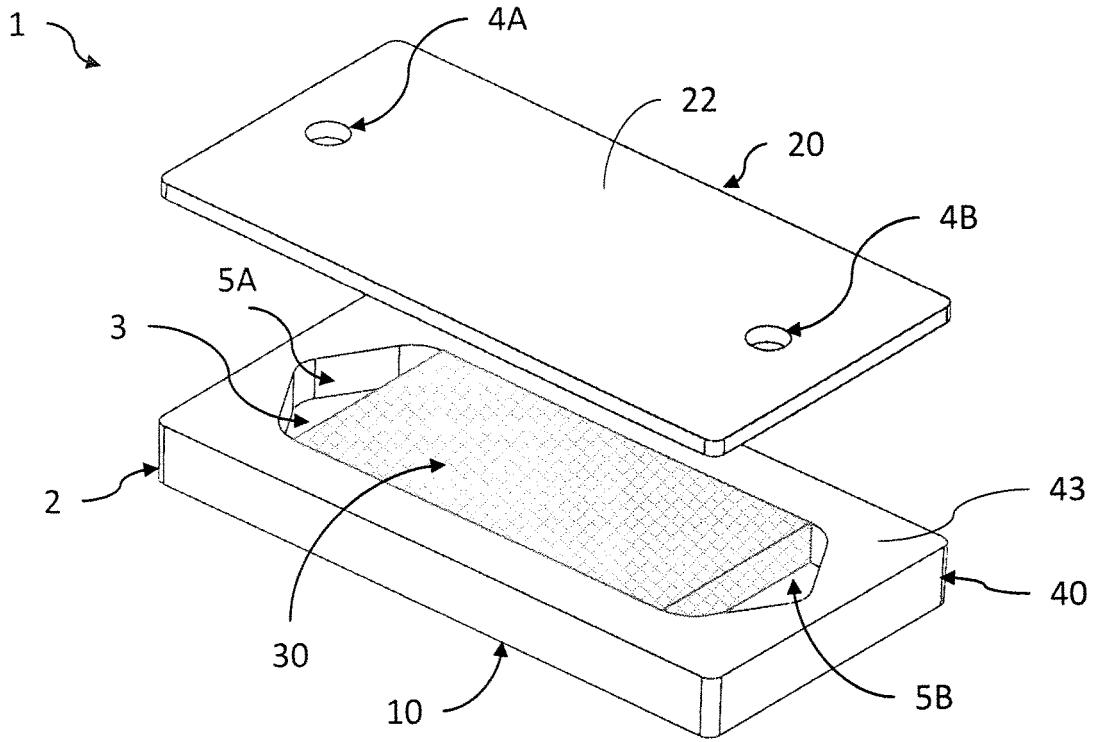


Fig.3

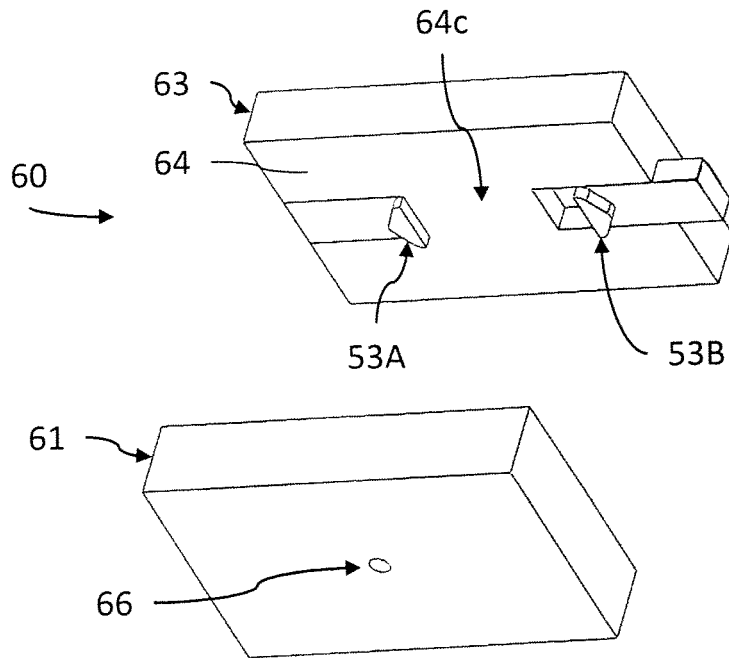


Fig.4a

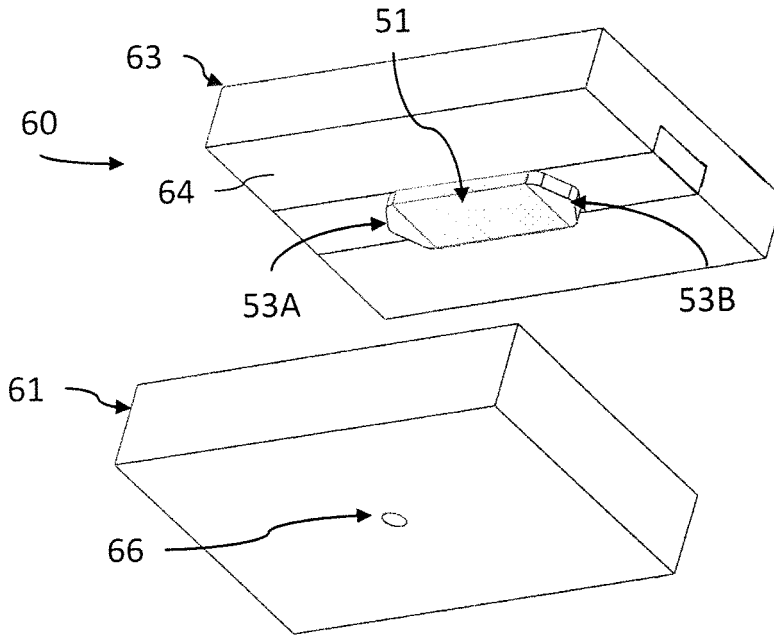


Fig.4b

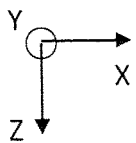
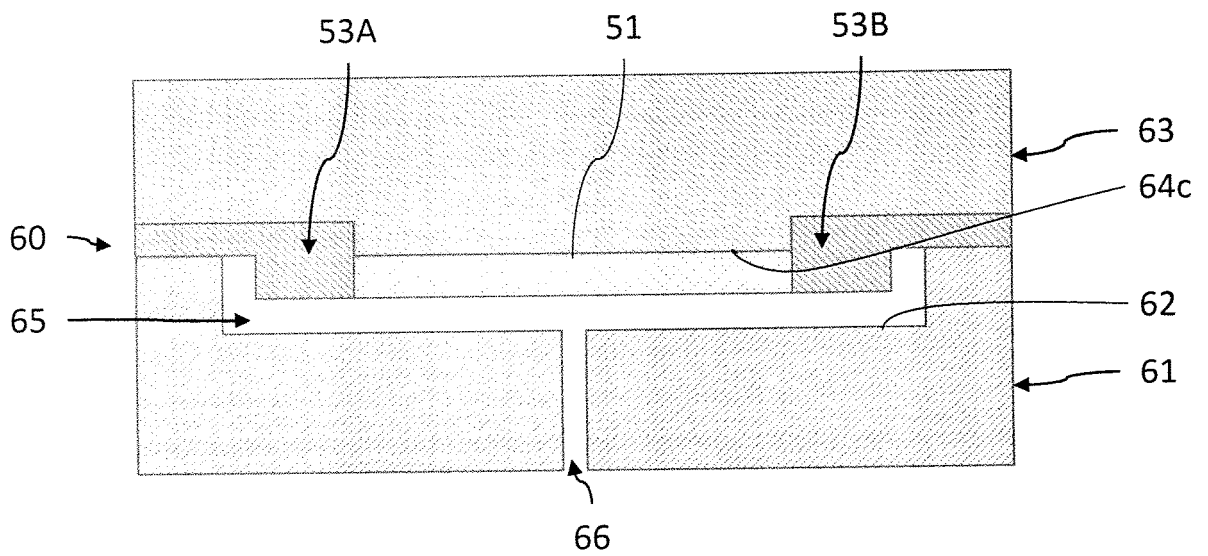


Fig.4c

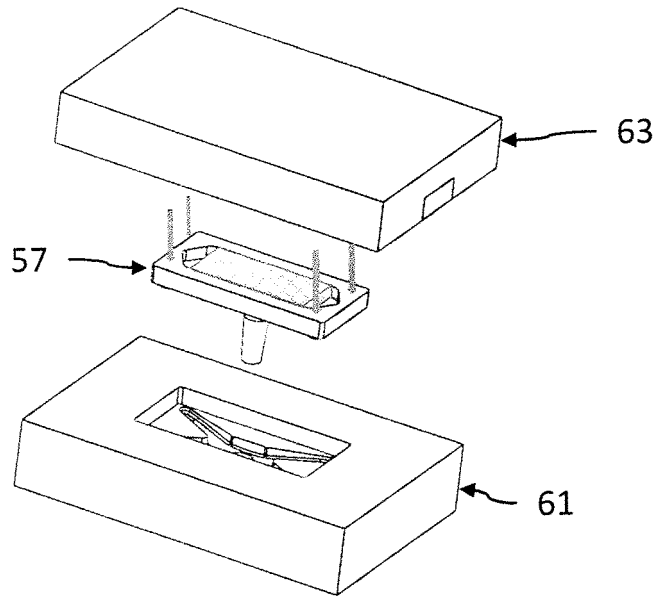


Fig.4d

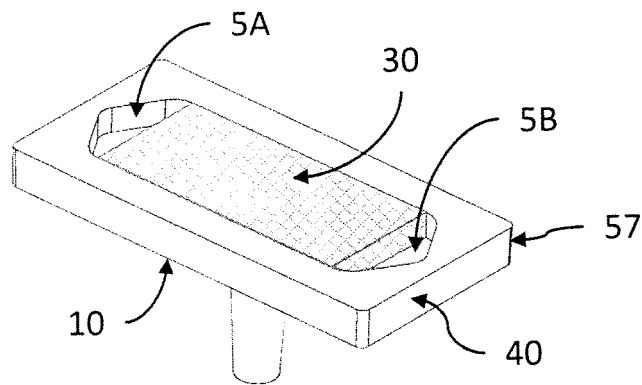


Fig.4e

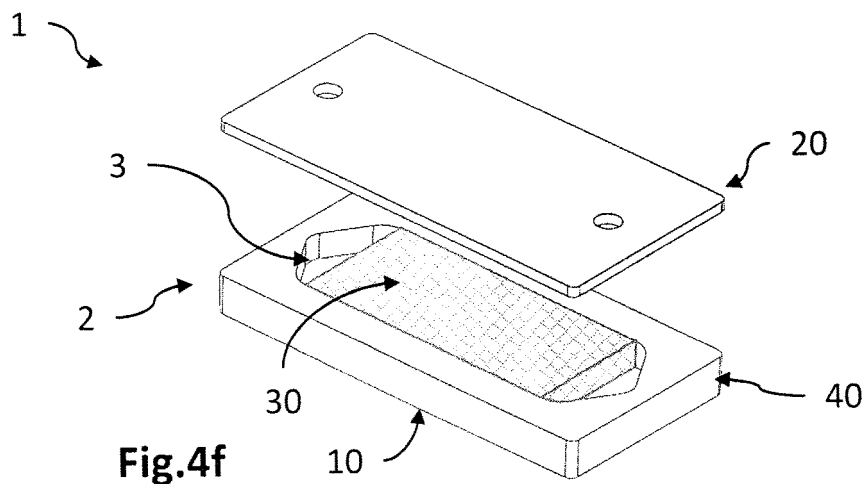


Fig.4f

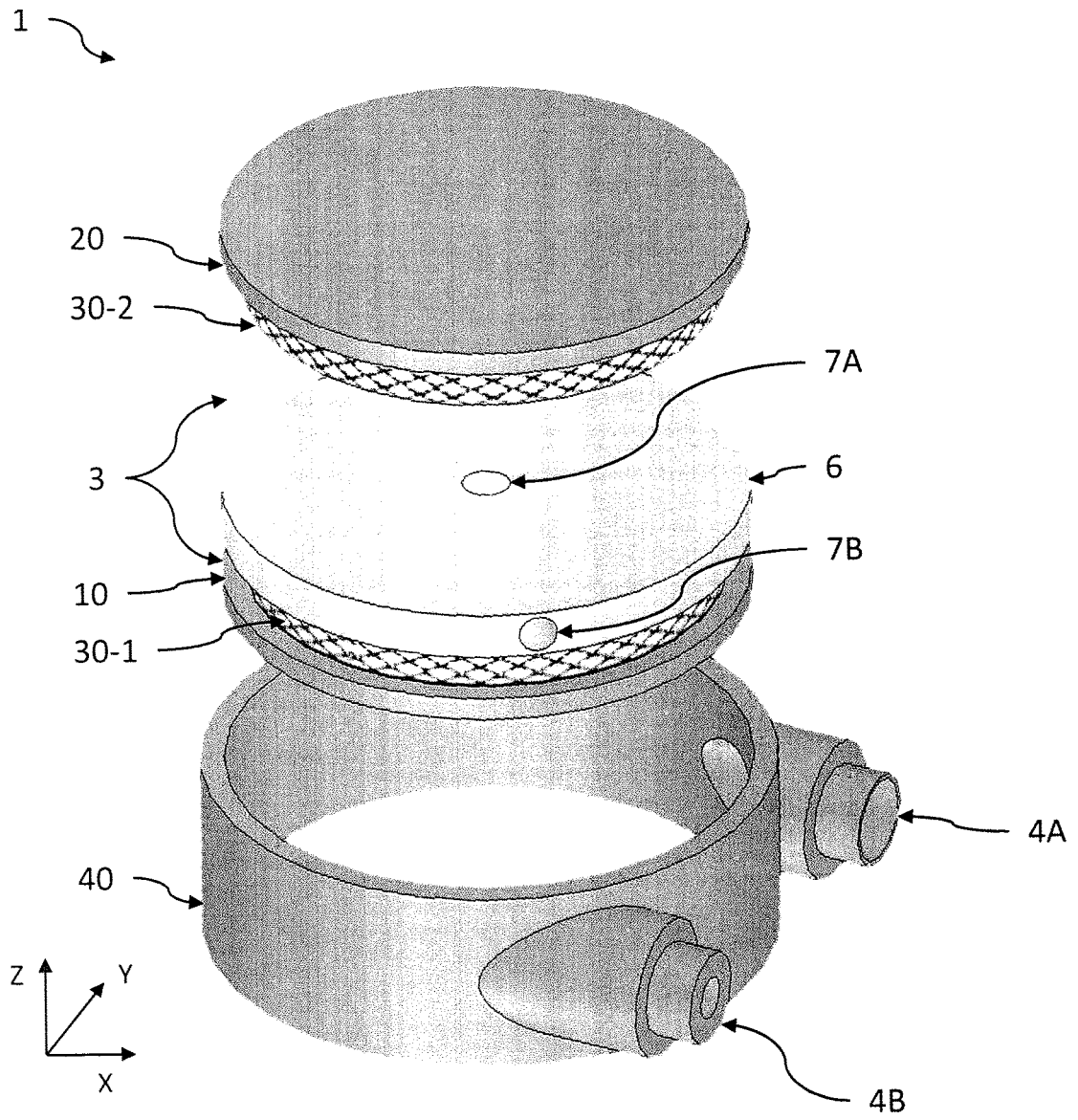


Fig.5

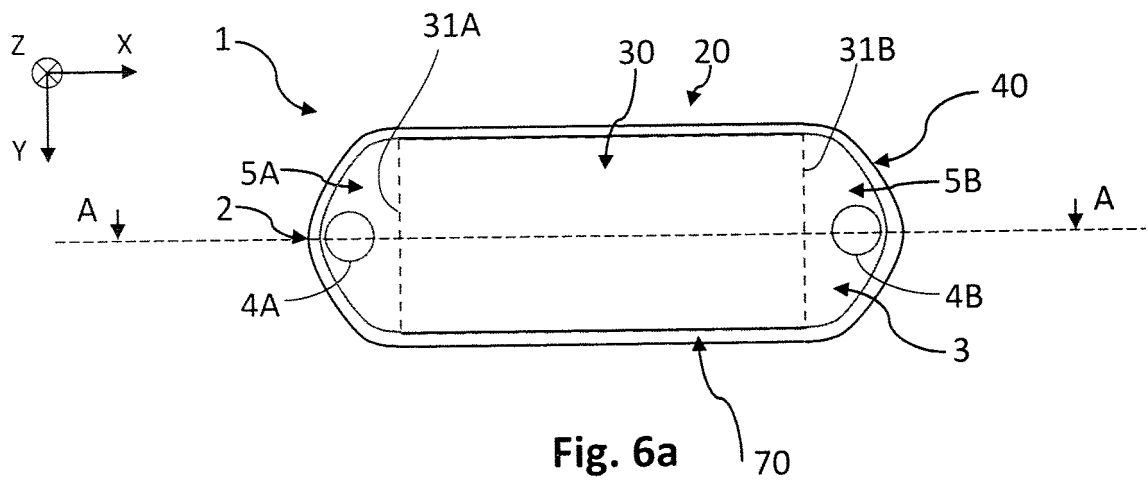


Fig. 6a

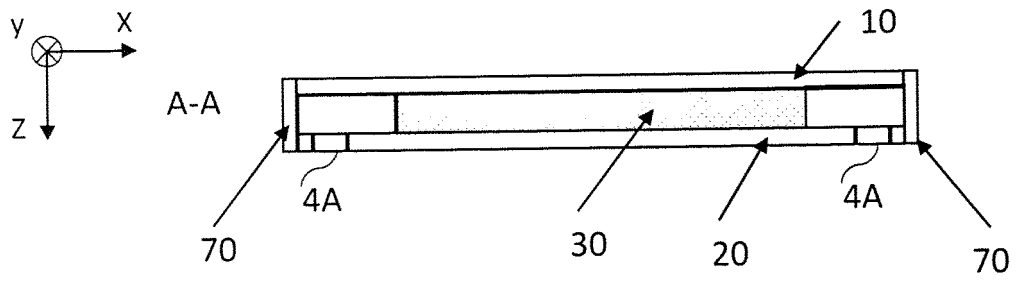


Fig. 6b

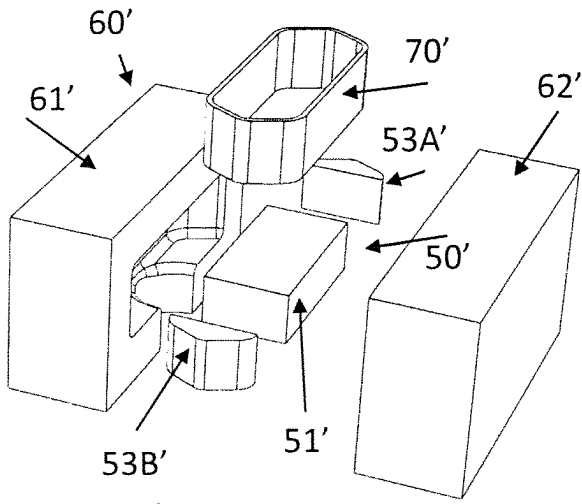


Fig. 7a

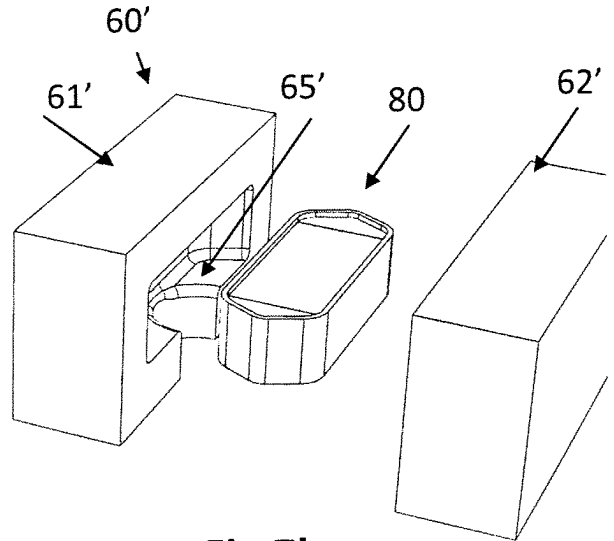


Fig. 7b

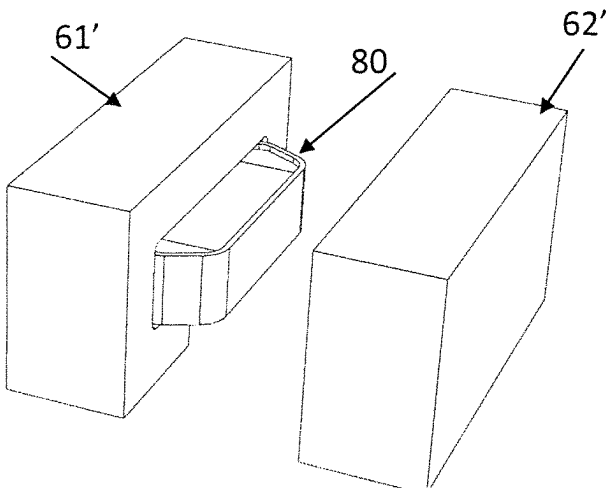


Fig. 7c

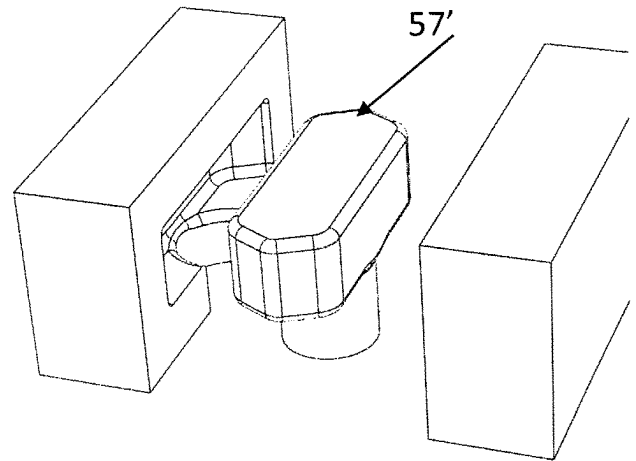


Fig. 7d

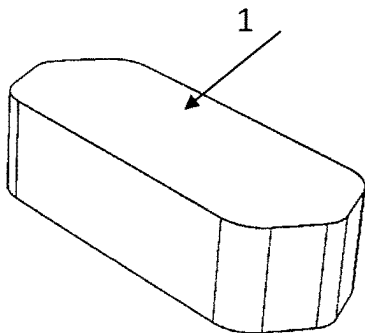


Fig. 7e

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- DE 202011110243 [0004]
- WO 2004079792 A [0005]
- EP 2118328 A [0037] [0062] [0070]
- FR 2992660 [0037] [0062]