

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

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

3 087 375

②1 N° d'enregistrement national : **18 59685**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 29 C 33/38** (2019.01), G 01 D 11/30, G 05 B 19/409

①2

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 OUTILLAGE INSTRUMENTE PAR FABRICATION ADDITIVE FONCTIONNALISEE.

②2 Date de dépôt : 19.10.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 24.04.20 Bulletin 20/17.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 14.01.22 Bulletin 22/02.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement public —FR et CIRTES SRC —FR.

⑦2 Inventeur(s) : BARLIER CLAUDE, FENDLER
MANUEL et PELAINGRE CYRIL.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement public, CIRTES SRC.

⑦4 Mandataire(s) : BREVALEX Société à responsabilité
limitée.

FR 3 087 375 - B1



OUTILLAGE INSTRUMENTE PAR FABRICATION ADDITIVE FONCTIONNALISEE

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE ET ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEUR

5 La présente demande a trait au domaine de l'outillage industriel, des machines-outils, de la mise en forme de matériaux et des pièces mécanique en général. Il concerne plus particulièrement celui des moules, notamment les moules de plasturgie pour mettre en forme des matériaux polymères.

10 Dans un procédé de mise en forme de matériau utilisant un moule, il est utile de pouvoir connaitre de manière précise le cycle thermique (température, vitesse de montée et de descente) à laquelle la matière moulée est soumise au niveau de la surface d'accueil.

Pour cela, on peut vouloir intégrer au moule un ou plusieurs capteurs, notamment de température, par exemple sous forme de thermocouples, que l'on insère dans la structure du moule par perçage.

15 Le nombre de perçages réalisés et, par conséquent, de thermocouples que l'on peut intégrer, est généralement limité car les perçages ont tendance à affaiblir la structure du moule.

20 D'autre part, du fait que le perçage ne peut la plupart du temps ne s'effectuer qu'en ligne droite, les possibilités d'agencement du capteur sont généralement limitées.

Par ailleurs, l'intégration de thermocouples par perçage nécessite de prendre des précautions afin de ne pas altérer certaines parties sensibles et en particulier ne pas déformer la surface d'accueil.

25 Il se pose donc le problème de réaliser un moule instrumenté amélioré vis-à-vis d'inconvénients mentionnés ci-dessus.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Selon un aspect, la présente demande concerne un moule présentant au moins une empreinte sur laquelle une matière est destinée à être disposée pour prendre la forme de cette empreinte et comportant une surface d'accueil de matière, le moule étant formé d'un assemblage d'une pluralité de strates, ledit moule intégrant, dans ledit assemblage de strates, un ou plusieurs capteurs.

Un moule en strates permet d'intégrer des capteurs sans avoir à réaliser de perçage, le ou les capteurs pouvant être intégrés, en particulier dès la conception, dans un logement inter-strates ou entre deux strates ou sur au moins une strate.

Parmi les capteurs peut figurer au moins un capteur de température et/ou au moins un capteur de pression. De tels capteurs peuvent permettre d'assurer le contrôle du déroulement d'un procédé de moulage et d'adapter des paramètres de ce procédé en fonction des mesures récoltées par le ou les capteurs. De tels capteurs peuvent être également utilisées afin d'assurer le suivi de la structure du moule.

Selon un mode de réalisation, lesdits un ou plusieurs capteurs peuvent être intégrés à une zone appelée zone dite « de détection » d'un support flexible, la zone de détection étant agencée entre au moins une première strate parmi lesdites strates et au moins une deuxième strate parmi lesdites strates, ladite première strate étant disposée sur ladite deuxième strate. Lesdits un ou plusieurs capteurs peuvent être agencés sous la surface d'accueil de matière. Au moyen d'un tel support flexible on peut instrumenter un moule de topographie complexe en particulier au niveau de sa surface d'accueil de matière.

Avantageusement, le support peut être en matériau polymère.

Selon une possibilité de mise en œuvre, lesdits un ou plusieurs capteurs peuvent être formés au moins partiellement d'une encre conductrice ou semi-conductrice. On réalise ainsi des capteurs à l'encombrement limité et qui peuvent s'insérer aisément dans un espace inter-strates.

Dans ce cas ladite zone de détection peut être agencée contre une face inférieure de ladite première strate, ladite face inférieure étant opposée à une face supérieure de ladite première strate, ladite face supérieure de ladite première strate

formant au moins une région de ladite surface d'accueil de matière. Ainsi, le ou les capteurs sont placés au plus près de la surface d'accueil de matière à une distance correspondant sensiblement à l'épaisseur d'une strate, et qui peut dépendre des phénomènes à observer.

5 Avantageusement, le support flexible comporte au moins une zone dite « de connexion » intégrant une ou plusieurs pistes conductrices connectés auxdits un ou plusieurs capteurs, ladite zone de connexion réalisant un angle α non-nul avec ladite zone de détection. Typiquement, ladite zone de connexion s'étend contre une face latérale de ladite deuxième strate.

10 De par la flexibilité du support on facilite la connexion et le transfert de signaux de mesure vers une autre partie du moule voire à l'extérieur du moule.

Cette zone de connexion peut s'étendre jusque sous la base du moule, notamment lorsqu'on souhaite établir une connexion entre le ou les capteurs et un dispositif électronique situé sous le moule.

15 L'assemblage peut comporter une base pourvue d'une cavité pour accueillir un circuit électronique, ladite zone de connexion s'étendant en outre sous ladite base et étant agencée de sorte à connecter au moins une desdites pistes conductrices (à un élément conducteur dudit circuit électronique).

20 Le circuit électronique peut être doté d'au moins un étage de pilotage d'une ou plusieurs vannes de régulation d'un réseau fluidique, le réseau fluidique étant muni d'un ou plusieurs canaux s'étendant dans l'assemblage de strates.

25 Selon un autre mode de réalisation, on peut prévoir d'intégrer le ou les capteurs au niveau d'une strate de l'assemblage, par exemple sur la face supérieure d'une strate. Dans le cas où le capteur est disposé sur une strate, il peut être sous forme d'un dispositif imprimé ou sérigraphié sur cette strate.

Selon un autre aspect, la présente demande concerne un procédé de réalisation d'un moule comprenant des étapes consistant à :

- prévoir un ensemble de pièces élémentaires formant chacune une strate,

- assembler les pièces élémentaires, en intercalant entre deux strates, au moins un ou plusieurs capteurs, en particulier de température et/ou de pression, les capteurs étant avantageusement disposés sur un support flexible tel qu'un support polymère.

5 Selon un autre aspect, la présente demande concerne un procédé de réalisation d'un moule comprenant des étapes consistant à :

- prévoir un ensemble de pièces élémentaires formant chacune une strate, au moins une strate étant munie sur une face d'un ou plusieurs capteurs de température et/ou de pression, puis

10 - assembler les pièces élémentaires.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

15 - les figures 1A-1C servent à illustrer un exemple de moule strato-conçu instrumenté forme de strates assemblées et apte à intégrer au moins un capteur de mesure, en particulier de température et/ou de pression ou tout autre capteur capable de mesurer une grandeur physique, à un emplacement inter-strates ;

20 - la figure 2 donne une vue éclatée de l'ensemble de strates formant le moule instrumenté ;

- la figure 3 sert à illustrer un réseau fluidique intégré au moule et doté de canaux formés dans des strates et dans des passages entre strates de l'assemblage;

25 - la figure 4 sert à illustrer un exemple de support flexible intégrant un ou plusieurs capteurs de mesure et qui est apte à être inséré entre des pièces élémentaires d'un moule formé d'un assemblage de pièces élémentaires ;

- la figure 5 sert à illustrer un exemple de zone de détection du support flexible munie de capteurs et reproduisant la forme d'une région d'accueil du moule ;

- la figure 6 sert à illustrer un exemple d'agencement d'une zone de connexion du support flexible permettant de transmettre des signaux issus des capteurs à l'extérieur du moule ;

5 - la figure 7 sert à illustrer un agencement particulier de zone active du support flexible ;

- les figures 8A-8B servent à illustrer une connexion du support des capteurs à un circuit électronique externe au moule et qui peut être logé sous celui-ci ;

10 - la figure 9 donne une vue éclatée d'une variante de moule instrumenté formé d'un assemblage de strates et muni de capteurs réalisés directement sur une strate;

En outre, dans la description ci-après, des termes qui dépendent de l'orientation du dispositif tels qu'« horizontal », « vertical », « latérale », « sous », « sur » s'appliquent en considérant que la structure est orientée de la façon illustrée sur les figures.

15 Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

20 **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

On se réfère à présent aux figures 1A-1C montrant une pièce mécanique apte à remplir une fonction de moule 1 et représentée respectivement selon une vue de dessus, une vue de profil et une vue en perspective. Le moule 1 comporte, à l'opposé de sa base 2, au moins une empreinte sur laquelle une matière est destinée à être disposée typiquement sous forme pâteuse, liquide ou pulvérulente, cette matière étant amenée à prendre, en se solidifiant, en durcissant ou en s'agglomérant, la forme de cette empreinte. Le moule 1 comporte ici au moins une empreinte creuse 3a, 3b avec des plans inclinés par rapport à sa base.

25

Selon un exemple de réalisation particulier, le moule 1 peut trouver une application dans le domaine de la plasturgie et peut permettre la fabrication d'éléments en matériau polymère. Le moule 1 peut être prévu pour permettre de donner forme à une feuille de plastique que l'on chauffe à une température par exemple de l'ordre de 70° avant d'être plaquée sur le moule 1. Le moule 1 peut être en métal, par exemple tel que l'aluminium.

Le moule 1 a ici la particularité, comme sur la figure 2, d'être formé d'un assemblage de plusieurs pièces élémentaires 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, appelées « strates », qui sont superposées et intègre dans cet assemblage, un ou plusieurs capteurs de mesure (non représentés sur ces figures). Les strates 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 peuvent être sous formes d'éléments de formes complémentaires empilés, certains de ces éléments pouvant avoir l'aspect d'une couche ou d'une plaque structurée. Les strates 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 sont assemblées par le biais d'un moyen de fixation par exemple de type colle ou soudure et/ou d'éléments de maintien solidaire tels que par exemple des inserts traversant les strates de l'assemblage et assurant un lien entre les strates ou bien de renforts assurant un maintien latéral de l'assemblage.

L'épaisseur des strates dépend de la nature du matériau à base duquel elles sont formées et des propriétés mécaniques requises. Typiquement lorsque les strates sont en métal tel que de l'aluminium, on peut prévoir une épaisseur de strate de l'ordre de 0,1 mm ou supérieure.

Le moule 1 peut en particulier avoir été formé par un procédé de type « stratoconception® » tel que décrit par exemple dans le document FR2673302, WO00/31599 ou dans les documents WO2004/034165A1, WO2006/128983.

Dans ce type de procédé, on part d'un modèle numérique du moule sous forme d'un fichier d'échange obtenu à partir d'un fichier de conception assistée par ordinateur, par exemple à un format STL (pour « **ST**ereo-Lithography ») typiquement utilisé dans les logiciels de Fabrication Additive.

Par le biais d'un logiciel adapté, par exemple le logiciel Stratoconcept®, on génère, une décomposition du modèle du moule en une série de modèles élémentaires de pièces élémentaires. La décomposition peut être réalisée par calcul et en

choisissant par exemple comme paramètres d'entrée pour un utilisateur : le ou les plans de décomposition notamment définies par le biais d'axes de tranchage, le ou les pas de décomposition, ainsi que la technique d'assemblage des pièces élémentaires.

5 À partir des modèles élémentaires, on fabrique ensuite individuellement les pièces élémentaires, par exemple par une technique de découpe 3D de matière telle que la découpe laser, l'usinage par micro-fraisage, tout autre technique de découpe ou bien par moulage.

10 On assemble ensuite les pièces élémentaires fabriquées afin de reconstituer le moule. Le maintien solidaire des pièces peut être réalisé en particulier au moyen d'une technique choisie parmi les techniques suivantes non limitatives: collage, vissage, brasage, soudage diffusion, de compression isostatique à chaud (CIC, en anglais HIP pour « Hot Isostatic Pressing »), moulage. On peut également aider la solidarisation ou mettre en œuvre cette solidarisation des pièces élémentaires en utilisant des éléments de maintien traversant tels que des inserts ou des éléments de maintien externes tels que
15 des renforts ou des pontets de maintien agencés sur des bords latéraux de l'empilement de strates.

L'assemblage du moule 1 en strates élémentaires permet de faciliter la réalisation d'un ou plusieurs canaux de circulation de fluide ou d'évents, d'orientations diverses, les canaux pouvant former un ensemble réalisant au moins un réseau fluidique
20 qui s'étend dans l'assemblage. Un exemple d'un tel réseau 51 est illustré sur la figure 3, et comporte des canaux 5a, 5c, 5b situés à différents niveaux de l'ensemble de strates, certains canaux 5a, 5c horizontaux s'entendant dans l'exemple illustré sensiblement parallèlement à la base 2, tandis qu'un ou plusieurs canaux verticaux 5b peuvent être prévus pour relier deux à deux des canaux horizontaux 5a, 5c situés dans différents plans.

25 Le ou les canaux peuvent être formés au moins partiellement par des trous ou tranchées traversant une ou plusieurs strate et/ou de renforcements ou busages prévus au niveau de la face supérieure ou inférieure d'une strate, voire de la face latérale d'une ou plusieurs strates. L'assemblage du moule en strates élémentaires permet également de réaliser des canaux 5d avec des formes particulières et en particulier
30 présentant une ou plusieurs courbures. Le réseau 51 de canaux peut comporter un

premier circuit ou ensemble de canaux servant à réaliser une régulation thermique de moule ainsi qu'un deuxième circuit ou ensemble de canaux permettant de réaliser une dépression en un ou plusieurs points. On met en œuvre une telle dépression par exemple lorsque la matière à former est une feuille de matériau polymère que l'on souhaite bien plaquer contre le moule 1 afin d'épouser la forme de la surface d'accueil.

Pour permettre notamment de contrôler un procédé de moulage et en particulier de thermoformage mis en œuvre à l'aide du moule 1, on instrumente ce moule 1 à l'aide d'un ou plusieurs capteurs permettant de mesurer une grandeur physique. Le moule 1 peut être pourvu en particulier d'au moins un capteur de température et/ou d'au moins un capteur de pression intégré(s) dans l'assemblage multi-strates, et en particulier situé entre deux strates de cet assemblage. La réalisation du moule 1 en strates élémentaires permet de manière avantageuse, de réaliser l'intégration de capteurs sans perçage. Il est donc possible de prévoir une pluralité de capteurs sans fragiliser le moule 1. Lorsque le moule 1 est prévu avec un réseau fluidique, une telle intégration de capteurs est également réalisée sans risquer d'altérer ce réseau.

Dans l'exemple d'assemblage illustré sur la figure 2, la structure de mesure est formée d'un support (représenté de manière schématique par un plan P_i) muni de capteurs et qui s'étend entre deux strates 1.3, 1.4 empilées. Une première strate 1.4 comporte ainsi une face inférieure 33 (non visible sur la figure 2) contre laquelle la structure de mesure s'étend et une face supérieure 31, opposée à la face inférieure 33 et dotée d'une région 32 formant une surface d'accueil 31 de matière à mouler ou thermoformer, encore appelée « surface de moulage ». La structure de mesure est ainsi agencée sur une deuxième strate 1.3 située juste sous la première strate 1.4 destinée à être en contact avec la matière à mouler. On place donc ici le ou les capteurs de température et/ou de pression au plus près de la surface d'accueil de matière, typiquement à une distance de la surface d'accueil de l'ordre de l'épaisseur d'une strate, cette épaisseur pouvant être inférieure à 5 mm. On réalise une détection au plus près de l'interface matière/surface d'accueil ce qui permet de réaliser un contrôle plus précis du procédé de thermoformage. Afin d'améliorer la précision de mesure, on peut prévoir plusieurs capteurs de pression et de

température sous la surface d'accueil du moule, en particulier selon un maillage ou une disposition matricielle de capteurs.

Les capteurs sont avantageusement intégrés à un support 102 flexible, autrement dit un support souple et susceptible de lui permettre d'épouser une forme non plane, en particulier de sorte à pouvoir épouser un rayon de courbure inférieur à 2,5mm.

Le support flexible 102 est en un matériau élastique typiquement à base de matériau polymère(s) tel que par exemple du polyéthylène Naphtalate (PEN). Le support 102 a une épaisseur e qui peut être comprise par exemple entre 0,05 mm et 1 mm, de préférence entre 0,1 mm et 0,3 mm, par exemple de l'ordre de 250 μm . Un tel support 102 se conforme à des topographies non planes diverses et peut ainsi s'adapter à un moule ayant une surface d'accueil de matière de forme complexe.

Dans l'exemple de réalisation illustré sur les figures 4 et 5, le support 102 flexible muni de capteurs comporte une zone de détection 104 de forme particulière, ici annulaire, qui correspond sensiblement à la forme d'une zone d'accueil 3b de matière du moule 1.

La zone de détection 104 est dans cet exemple munie à la fois de capteurs de pression 112, et de capteurs de température 111 répartis selon un pas donné sur la région annulaire. Le ou les capteurs ainsi que des pistes conductrices 123, 125 de connexion des capteurs, peuvent être formés au moins partiellement par une encre conductrice déposée par exemple par le biais de technique de sérigraphie, ou de jet d'encre, sur le support flexible typiquement en matériau polymère. Des capteurs réalisés avec une telle technique ont un encombrement réduit. Par exemple les capteurs 111, 112 sont formés d'une encre conductrice de type pâte époxy chargée aux particules d'argent. Le capteur de température 111 peut être par exemple réalisé tel que dans le document « Temperature sensor realized by inkjet printing process on flexible substrate », M.D. Dankoco, G.Y. Tesfay, E. Benevent, M. Bendahan, *Materials, Science & Engineering B*, 205 (2016) 1-5], tandis que le capteur de pression 112 peut être par exemple formé de la manière décrite dans le document « Low-Cost Thin and Flexible Screen-Printed Pressure

Sensor », Daniel Gräbner, Marcel Tintelott, Gerrit Dumstorff and Walter Lang, Proc Eurosensors, 6, (2017),616.

Le positionnement de la zone de détection 104 et des capteurs 111, 112 par rapport au réseau fluidique 51 et au relief de l'assemblage, est typiquement prévu lors de la modélisation numérique du moule, par exemple en utilisant un module spécifique d'un outil logiciel tel qu'évoqué précédemment.

Dans l'exemple de réalisation illustré sur les figures 6 et 7 donnant une vue partielle en perspective du moule 1 instrumenté, la zone de détection 104 de forme annulaire est positionnée en fonction de l'agencement de canaux de refroidissement 5e, 5f, 5g, et est prévue dans cet exemple particulier autour d'un canal fluidique 5h de forme circulaire.

Pour permettre une récupération de signaux issus des capteurs de la zone de détection 104 vers un circuit électronique de traitement on peut prévoir qu'au moins une zone de connexion du support flexible intégrant une ou plusieurs pistes conductrices, soit recourbée et réalise un angle α non-nul, dans l'exemple illustré de l'ordre de 90° avec ladite zone de détection 104.

Dans le cas illustré où la zone de détection 104 du support flexible 102 est située sous et contre une strate appelée première strate (dont une face inférieure est représentée par une ligne 133) et une strate appelée deuxième strate (dont une face supérieure est représentée par une ligne 134), la zone de connexion 106 s'étendant dans l'assemblage contre une face latérale de cette deuxième strate. Une telle forme courbe de la zone de connexion 106 permet de faciliter une transmission de signaux issus des capteurs hors du moule et par exemple en direction d'un circuit de traitement qui peut être situé sous la base 2 du moule 1.

Dans l'exemple illustré sur les figures 8A-8B donnant respectivement une vue en perspective du moule 1 disposé sur un support S et une vue de dessous du moule 1, une cavité 23 étant prévue au niveau de la base 2 du moule 1 pour permettre d'accueillir un circuit électronique C1. Le circuit électronique C1 logé dans la cavité 23 est typiquement doté d'un étage de traitement de signaux issus du ou des capteurs avec par exemple des fonctions de mise en forme des signaux, amplification, filtrage, conversion

analogique numérique. Le circuit électronique C1 est avantageusement également doté d'un étage de pilotage Ei d'actionneurs, en particuliers d'actionneurs électriques d'une ou plusieurs vanes de régulation de fluide dans le réseau fluide évoqué précédemment. Le circuit électronique C1 se présente typiquement sous forme d'une carte. Le réseau
5 fluide peut inclure un réseau de refroidissement par exemple dans lequel circule de l'eau, et un réseau d'aspiration. Le réseau d'aspiration peut déboucher en surface et aider au plaquage de la matière mise en forme sur le moule.

Instrumenter le moule 1 permet d'assurer un meilleur contrôle du procédé de mise en forme. Le moule instrumenté et associé au circuit électronique C1 est
10 ainsi susceptible de former un ensemble actif et autonome capable d'agir sur les conditions de moulage. Certains paramètres notamment du réseau fluide de refroidissement du moule 1 sont susceptibles d'être adaptés en fonction des mesures des capteurs par exemple à l'aide d'un logiciel de pilotage embarqué dans le circuit électronique C1. On peut également agir sur les paramètres du réseau d'aspiration et
15 modifier cette aspiration afin d'agir sur le plaquage de la matière à mouler.

Au travers de ce logiciel, il est également possible d'établir une communication entre le moule 1 et un dispositif extérieur, notamment une machine de production.

Outre un pilotage dynamique des paramètres du procédé de moulage
20 (par exemple par contrôle de la température, pilotage des vanes de fluide caloporteur ou d'air, pilotage de vanes de vide) en fonction de mesures effectuées par le ou les capteurs intégrés, une instrumentation du moule 1 peut être également prévue afin d'assurer un suivi des caractéristiques de ce dernier. Des mesures issues du moule 1 peuvent être ainsi destinées ou transmises à un dispositif de télémaintenance du moule
25 pour permettre de suivre, éventuellement à distance, l'évolution des paramètres physiques du moule 1, dont la déformation en insérant des capteurs ou jauges de déformation. Les capteurs de déformation peuvent être réalisés dans une technologie identique à celle des capteurs de pression, seule la lecture de la valeur mesurée par le capteur étant alors différente.

Un suivi du plan de charge du moule, de son taux d'occupation, de sa localisation, de sa durée de vie en recueillant des mesures issues du ou des capteurs peut être notamment opéré. On peut exploiter des données de mesures issues des capteurs à des fins de maintenance du moule et surveiller des dérives éventuelles.

5 Le circuit électronique C1 de traitement qui, dans cet exemple, est logé sous le moule 1 instrumenté peut être associé à un dispositif D de commande numérique externe de machines de production voire être relié à un réseau extérieur, par exemple par le biais de liaisons sans-fil permettant de contrôler le moule à distance. Un tel système peut permettre d'améliorer la gestion de l'outillage disponible au sein d'une
10 usine.

En variante de l'exemple de réalisation la zone de détection (104) étant agencée sur une strate (1.3) parmi lesdites strates.

Une variante d'assemblage est illustrée sur la figure 9 et prévoit cette fois d'intégrer une zone de détection directement sur une strate du moule en strates 1.1,
15 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8. Pour cette variante, le moule 1 intègre ainsi des capteurs de mesure de paramètre(s) physique(s), en particulier de pression et/ou de température sur une face d'une strate 1.3. Dans ce cas, le ou les capteurs peuvent être réalisés par exemple par impression ou par sérigraphie sur cette strate ou utilisant une technique semblable à celle décrite précédemment pour le support souple.

20

REVENDEICATIONS

1. Moule (1) présentant au moins une empreinte (3a, 3b) sur laquelle une matière est destinée à être disposée pour prendre la forme de cette empreinte et
5 comportant une surface d'accueil de matière, le moule étant-formé d'un assemblage d'une pluralité de strates (1.1,...,1.8), ledit moule intégrant, dans l'assemblage de strates, un ou plusieurs capteurs (111, 112) de mesure, lesdits un ou plusieurs capteurs étant intégrés à une zone (104) appelée zone de détection,

caractérisé en ce que la zone de détection (104) est une zone d'un
10 support (102) flexible disposé dans ledit assemblage entre au moins une première strate (1.4) parmi lesdites strates et au moins une deuxième strate (1.3) parmi lesdites strates, ou en ce que ladite zone de détection (104) est disposée entre au moins une première strate (1.4) parmi lesdites strates et au moins une deuxième strate (1.3) parmi lesdites strates, ladite zone de détection (104) étant disposée sur ladite deuxième strate.

2. Moule selon la revendication 1, dans lequel ladite zone de détection (104) est agencée contre une face inférieure (33) de ladite première strate (1.4), ladite face inférieure étant opposée à une face supérieure (31) de ladite première strate, ladite face supérieure de ladite première strate formant au moins une région de ladite surface
20 d'accueil de matière, lesdits un ou plusieurs capteurs étant disposés sous la surface d'accueil de matière.

3. Moule selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le support (102) flexible comporte au moins une zone (106) dite de connexion intégrant une ou
25 plusieurs pistes conductrices (123, 125) connectés auxdits un ou plusieurs capteurs, ladite zone de connexion (106) réalisant un angle α non-nul avec ladite zone de détection (104), ladite zone de connexion (106) s'étendant contre une face latérale de ladite deuxième strate.

4. Moule selon la revendication 3, dans lequel l'assemblage comporte une base (2) opposée à ladite surface d'accueil, ladite base étant pourvue d'une cavité (8) pour accueillir un circuit électronique (C1), ladite zone de connexion s'étendant en outre sous ladite base (2) et étant agencée de sorte à connecter au moins une desdites pistes conductrices (123, 125) à un élément conducteur dudit circuit électronique.

5. Moule selon la revendication 4, dans lequel ledit circuit électronique est doté d'au moins un étage (Ei) de pilotage d'une ou plusieurs électrovannes de régulation d'au moins un réseau fluidique, le réseau fluidique étant muni d'un ou plusieurs canaux (51) s'étendant dans l'assemblage de strates

6. Moule selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le support (102) est en matériau polymère.

7. Moule selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel lesdits un ou plusieurs capteurs sont formés au moins partiellement d'une encre conductrice.

8. Moule selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel parmi lesdits capteurs (111, 112) figure un ou plusieurs capteurs de température (111) et/ou un ou plusieurs capteurs (112) de pression.

9. Procédé de réalisation d'un moule selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant les étapes suivantes :

- prévoir un ensemble de pièces élémentaires formant chacune une strate, puis

- assembler les pièces élémentaires, en intercalant entre deux strates, au moins un support flexible tel qu'un support polymère, le support flexible étant muni d'un ou plusieurs capteurs de température et/ou de pression.

10. Procédé de réalisation d'un moule selon la revendication 1 comprenant les étapes suivantes :

- prévoir un ensemble de pièces élémentaires formant chacune une strate, au moins une strate étant munie sur une face d'un ou plusieurs capteurs de température et/ou de pression, puis
- assembler les pièces élémentaires.

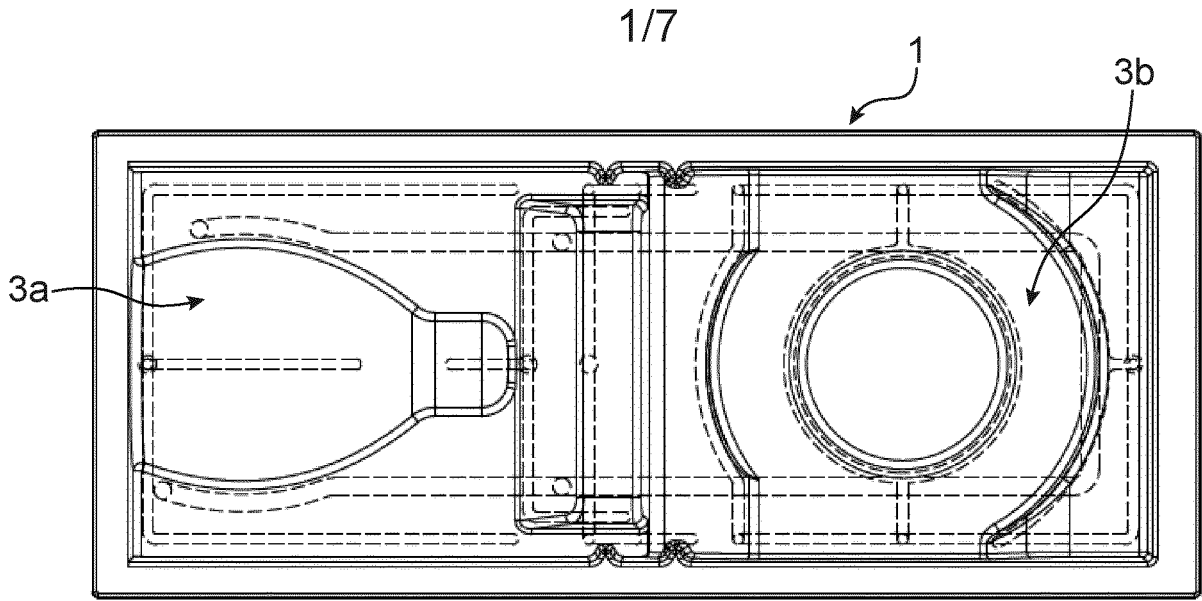


FIG.1A

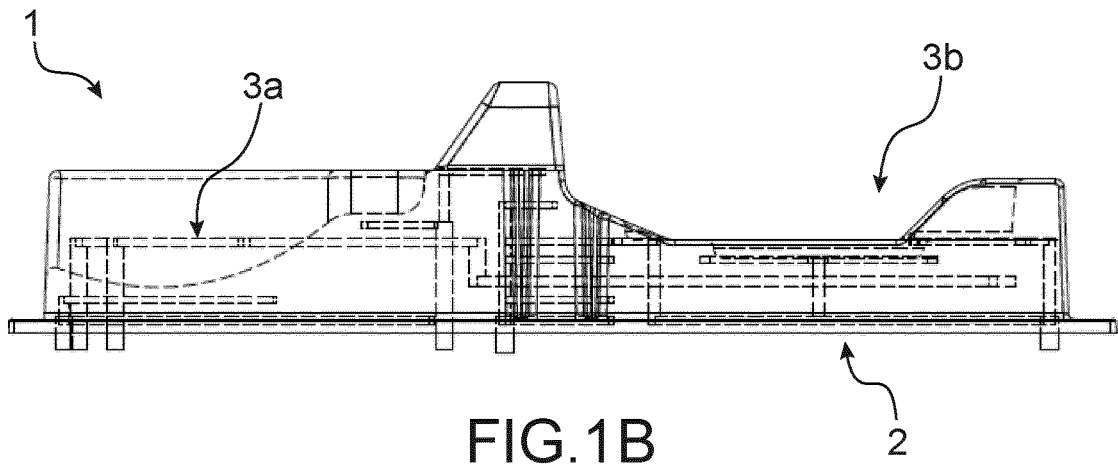


FIG.1B

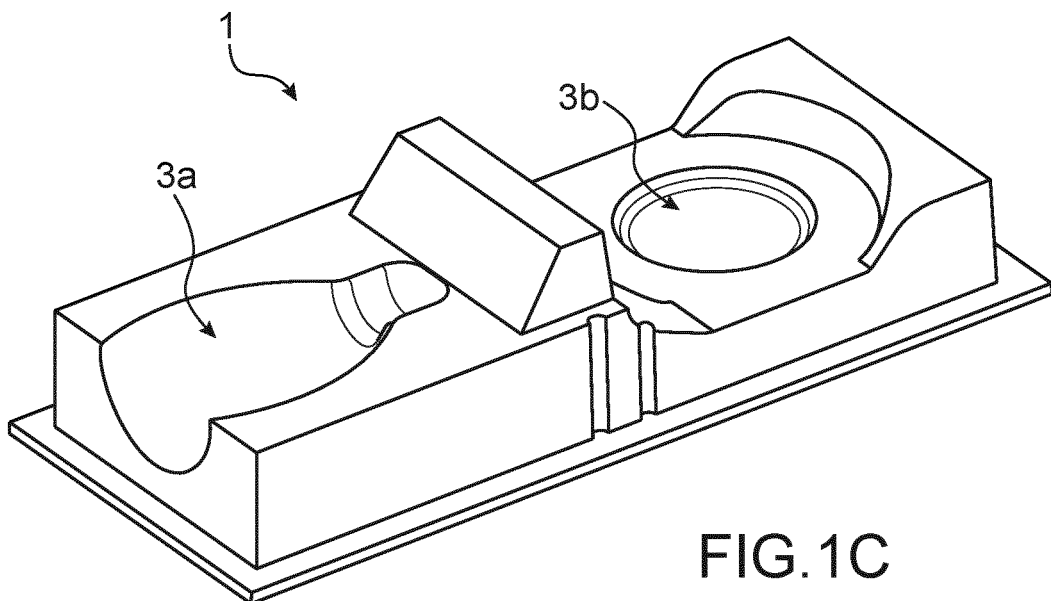


FIG.1C

2/7

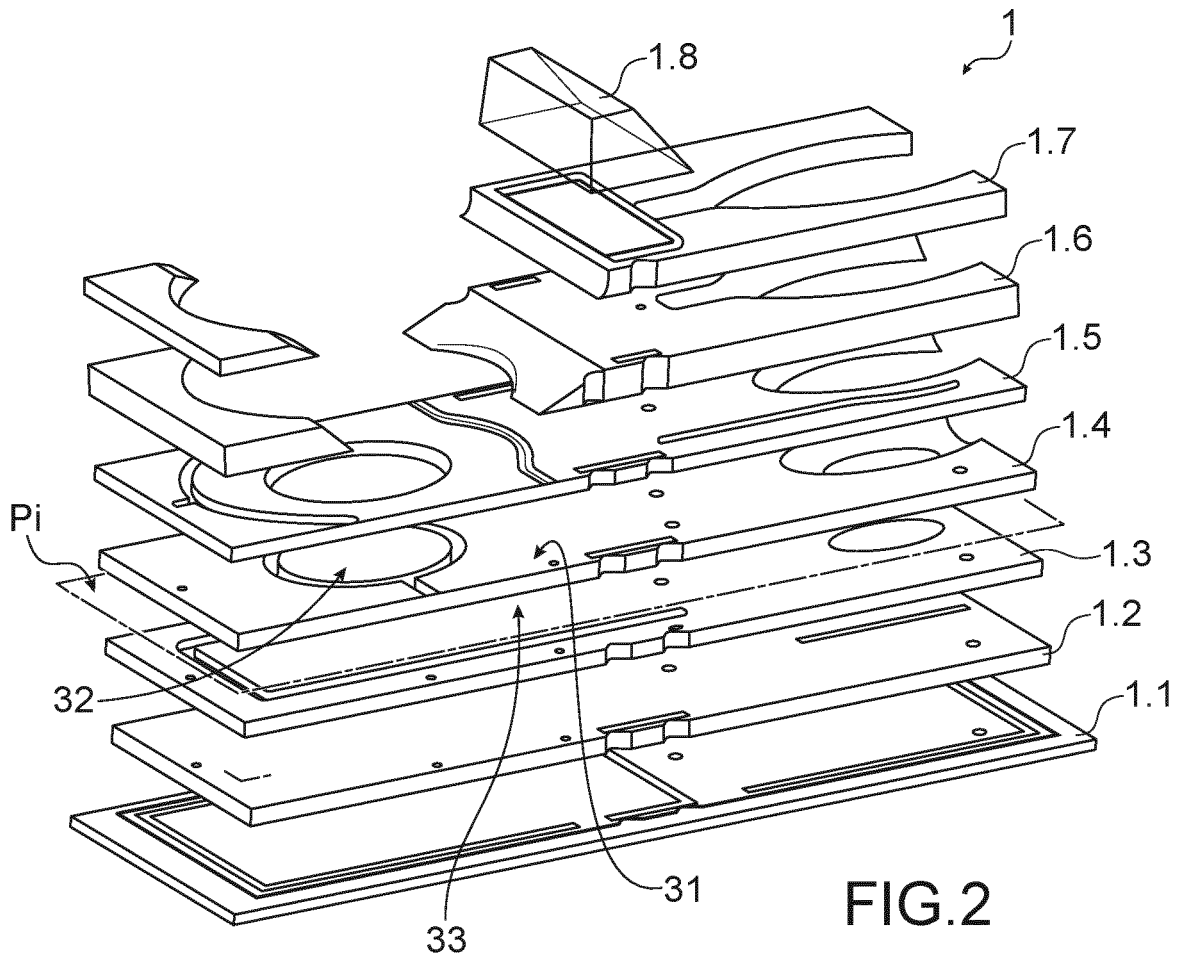


FIG. 2

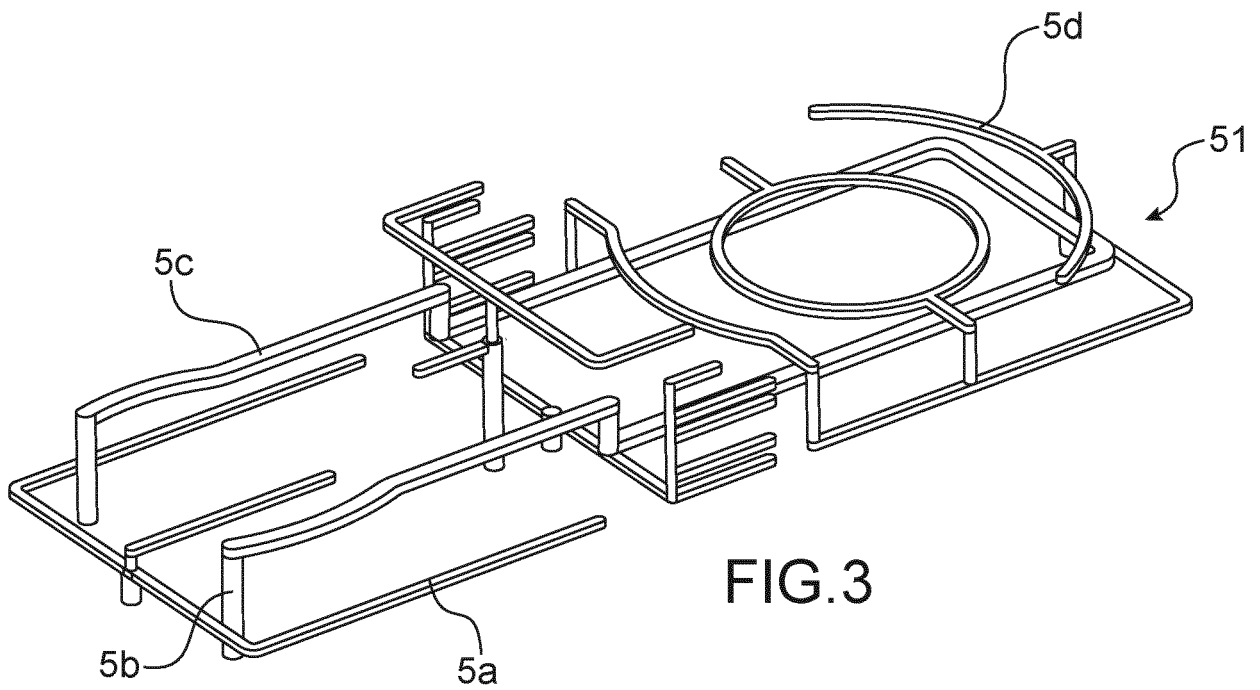


FIG. 3

3/7

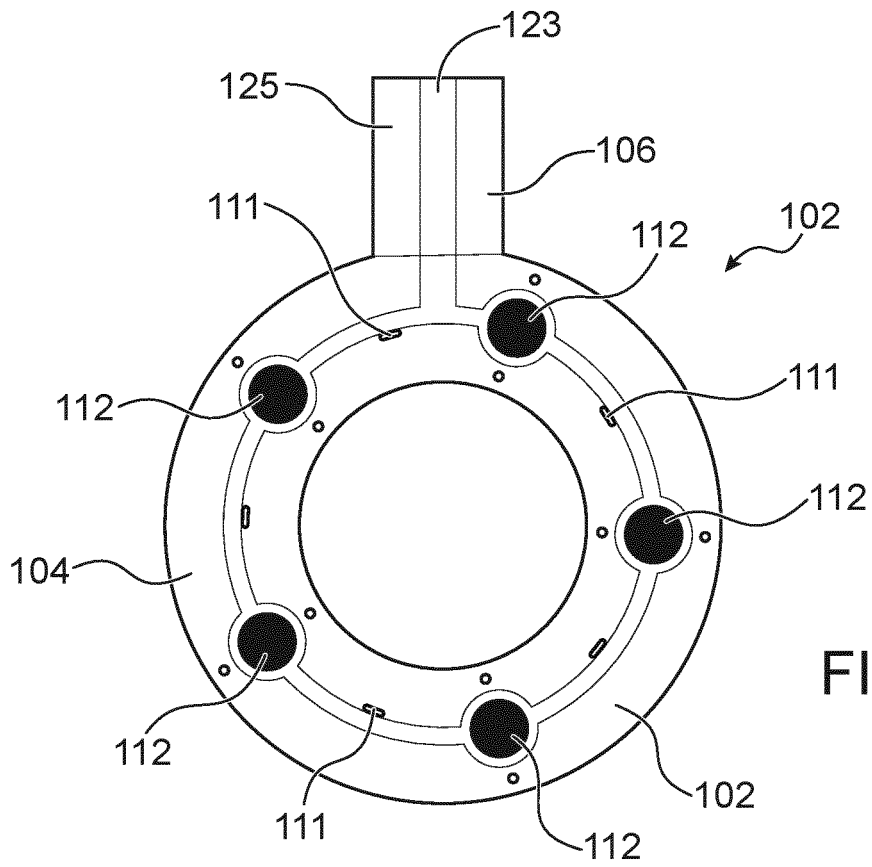


FIG. 4

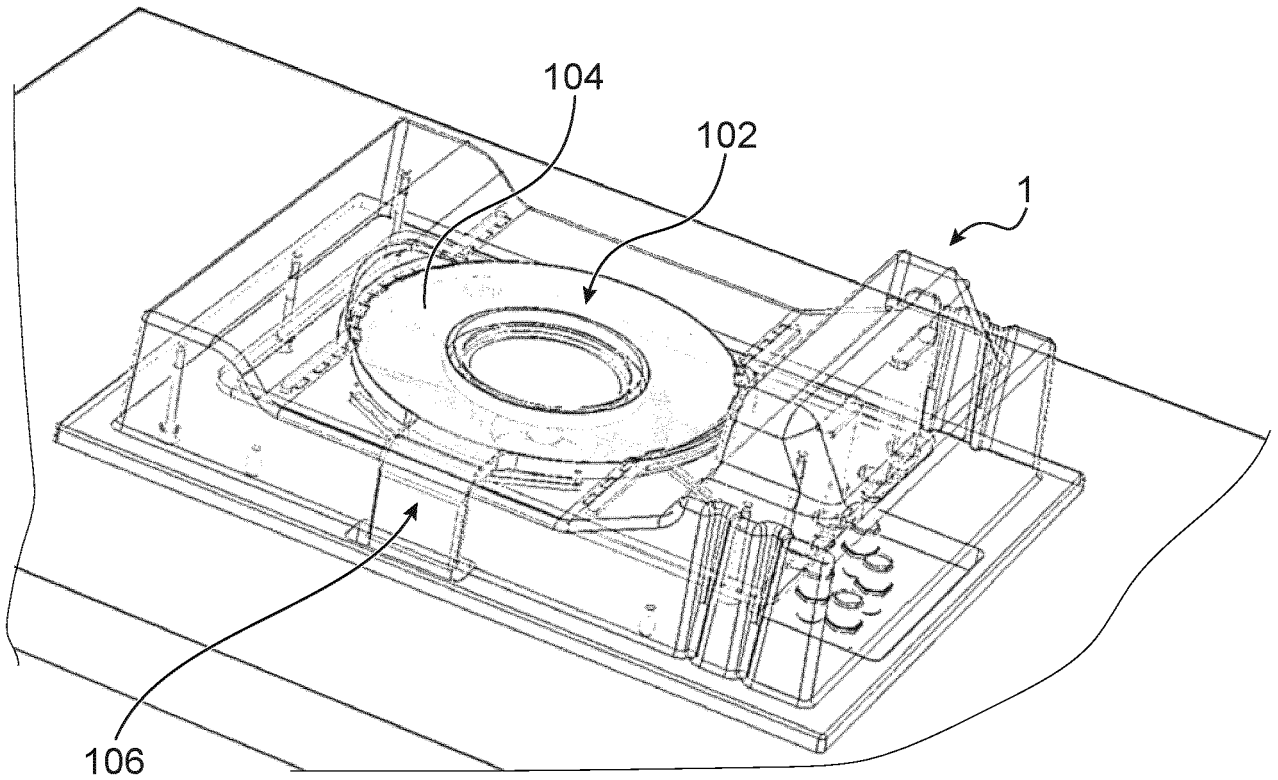


FIG. 5

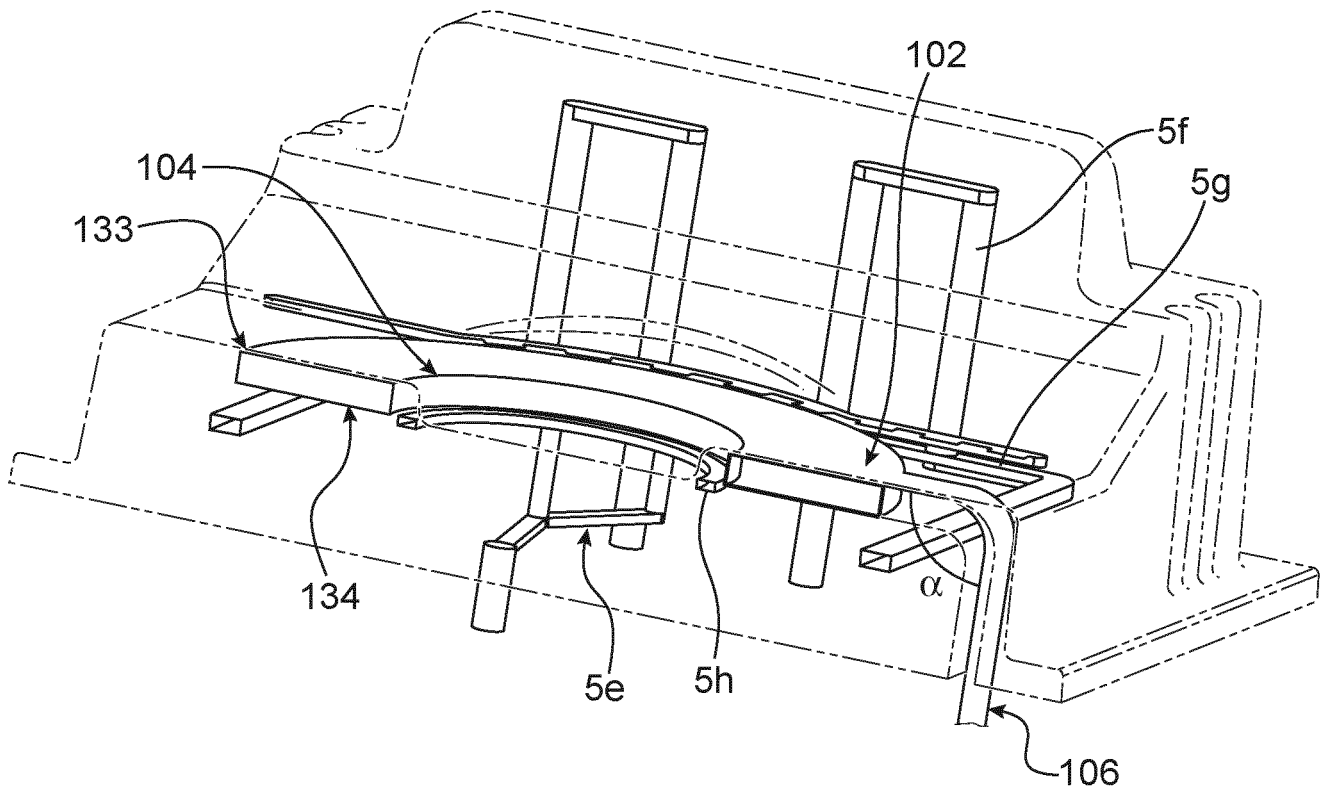


FIG.6

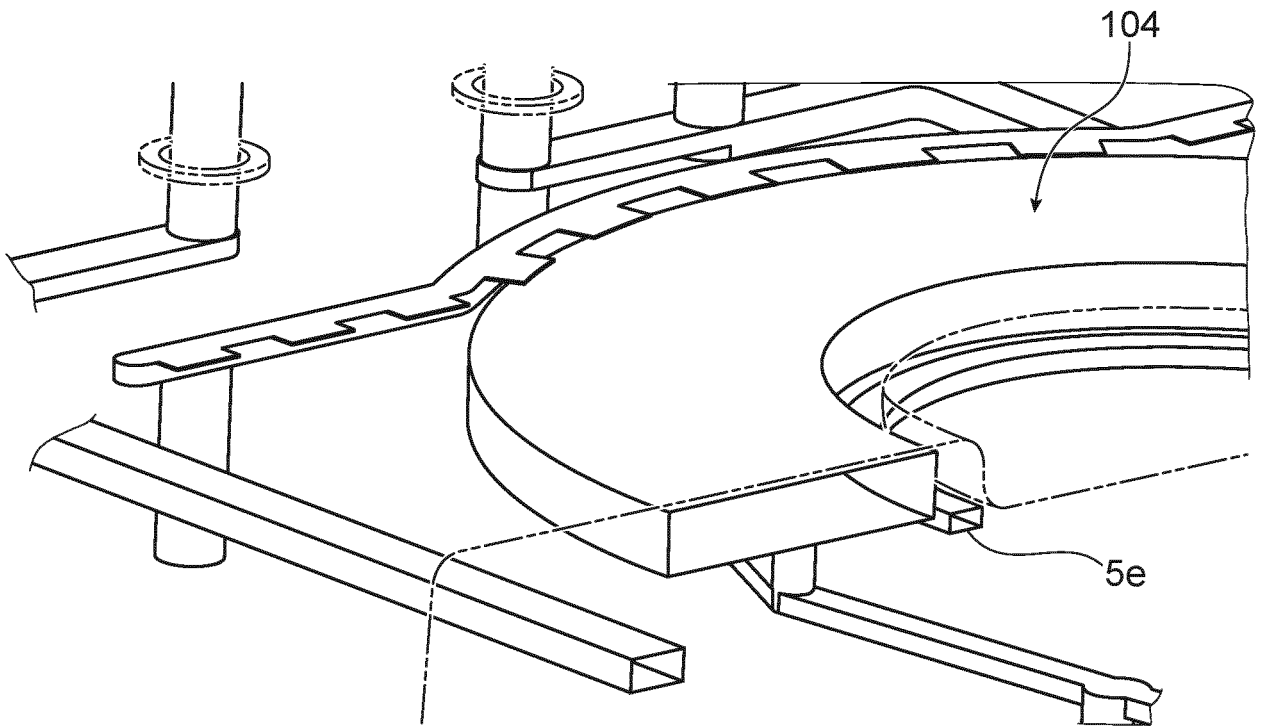


FIG.7

6/7

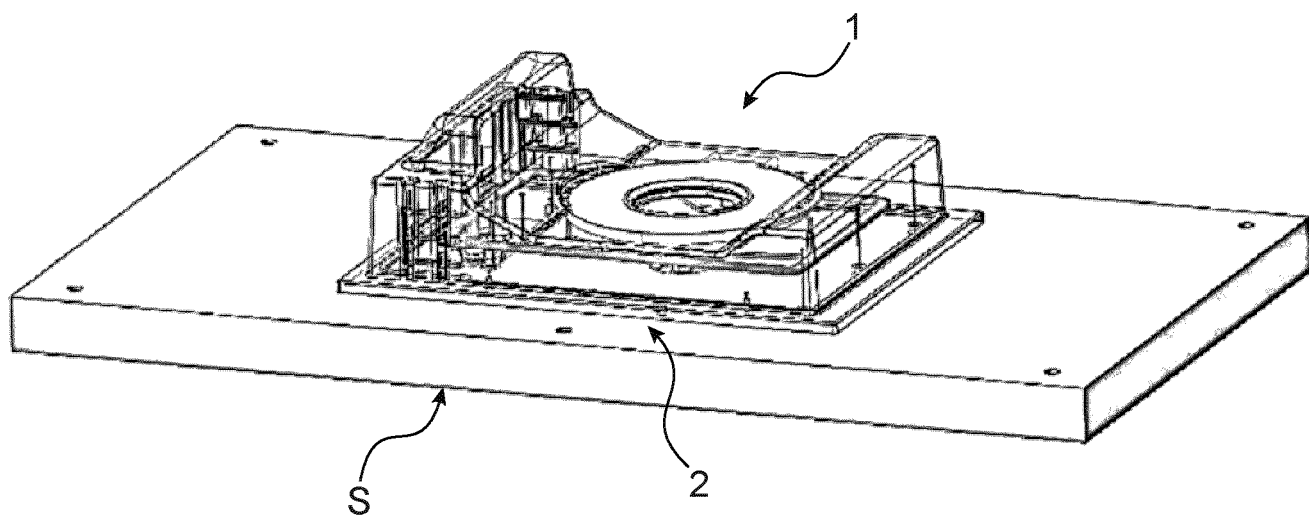


FIG. 8A

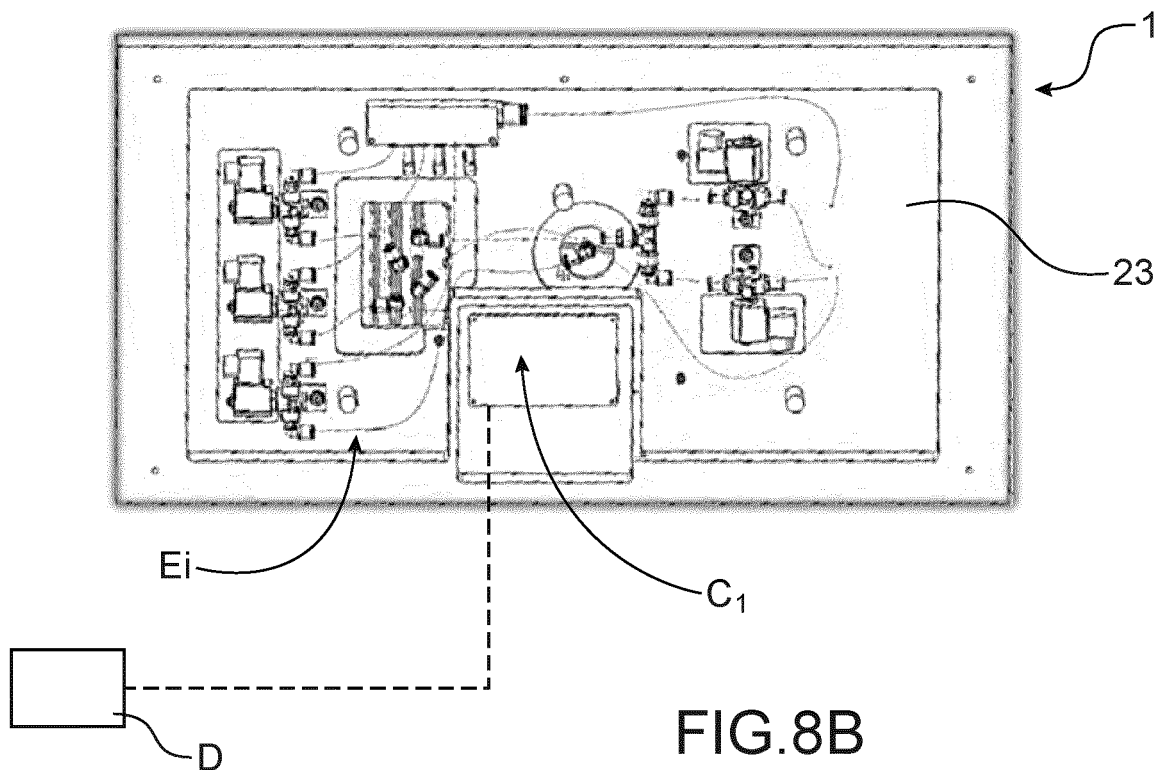


FIG. 8B

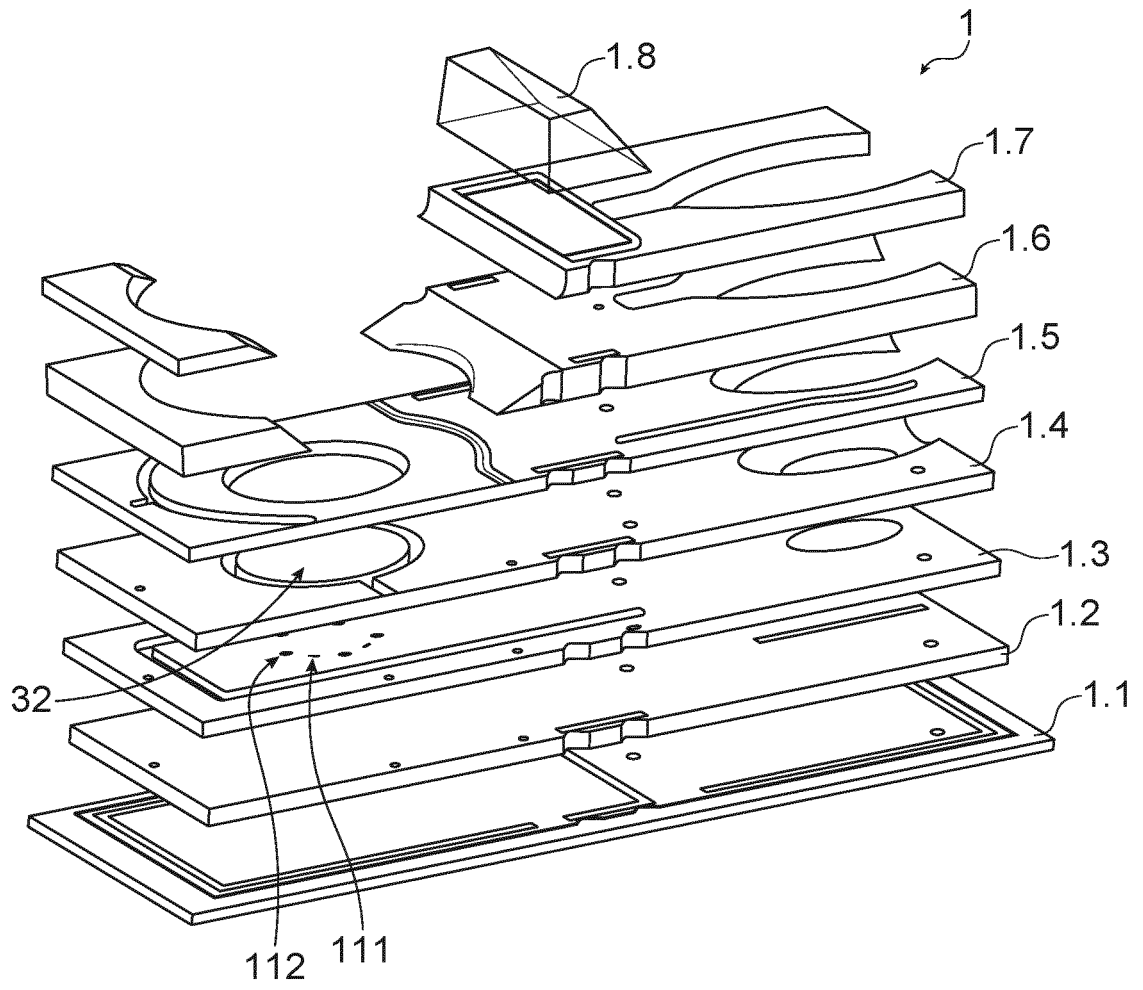


FIG. 9

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 9 440 397 B1 (FLY DAVID E [US])
13 septembre 2016 (2016-09-13)

JP 6 072034 B2 (SURFACE GENERATION LTD)
1 février 2017 (2017-02-01)

WO 2011/048365 A1 (SURFACE GENERATION LTD)
28 avril 2011 (2011-04-28)

US 6 627 835 B1 (CHUNG CHAN WOO [US] ET
AL) 30 septembre 2003 (2003-09-30)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT