

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/126873 A1

(43) Date de la publication internationale
20 juin 2024 (20.06.2024)

(51) Classification internationale des brevets :
B29C 64/124 (2017.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B29C 64/255 (2017.01) B33Y 30/00 (2015.01)

(72) Inventeurs : **POUPAUD, Lucas** ; 30 Ancien chemin du Ray et d'Aspremont, 06100 NICE (FR). **HEREMANS, Eric** ; 287 Chemin du bas etang, 83440 SEILLANS (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2023/086470

(74) Mandataire : **HAUTIER IP** ; 20 rue de la Liberté, 06000 NICE (FR).

(22) Date de dépôt international :
18 décembre 2023 (18.12.2023)

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

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
2213684 16 décembre 2022 (16.12.2022) FR

(71) Déposant : **MATERIAL & MEDICAL SOLUTIONS**
[FR/FR] ; 460 Avenue de la Quiera 119A, Allée K, 06370 MOUANS-SARTOUX (FR).

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR FORMING A THREE-DIMENSIONAL OBJECT

(54) Titre : APPAREIL ET PROCÉDÉ POUR FORMER UN OBJET TRIDIMENSIONNEL

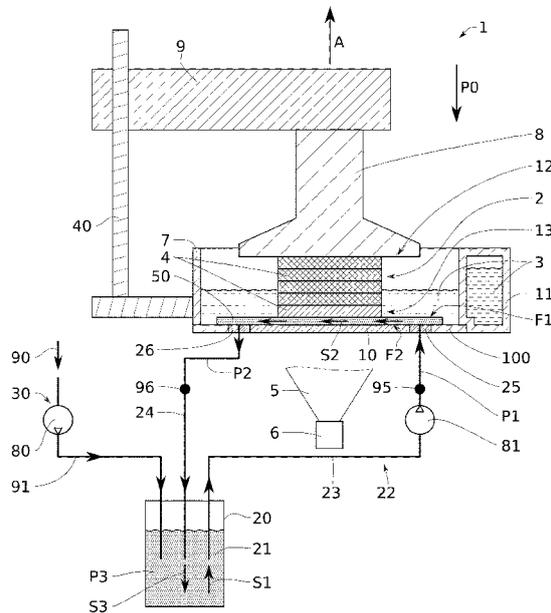


FIG. 1

(57) Abstract: Apparatus for forming a three-dimensional object by layer-by-layer additive manufacturing from a polymerizable liquid (3), comprising a tray (7) having first and second ports (25, 26), a source of a fluid (21) comprising a polymerization inhibitor inhibiting the polymerization of the polymerizable liquid (3), a circuit (22) for circulation of the fluid, between the first and second ports, a film (50) placed between the window (10) and the build support (8), the film being permeable to the inhibitor to allow a portion of the inhibitor to pass into the polymerizable liquid, and at least one separator element (70) located between the window (10) and a main surface (F1) of the film (50) and configured to create at least one gap (71) fluidly connecting the first port (25) to the second port (26), for circulation of the fluid (21) within the at least one gap (71).

(57) Abrégé : Appareil pour former un objet tridimensionnel par fabrication additive couche par couche à partir d'un liquide polymérisable (3), comprenant un bac (7) ayant des premier et deuxième orifices (25, 26), une source d'un fluide (21) comprenant un inhibiteur de polymérisation du liquide polymérisable (3), un circuit (22) pour une circulation du fluide, entre les premier et deuxième orifices, un film (50) placé entre la fenêtre (10) et le support de construction (8), le film étant perméable à l'inhibiteur pour laisser passer une partie de l'inhibiteur dans le liquide polymérisable, et au moins un élément séparateur (70) situé entre la fenêtre (10) et une surface principale (F1) du film (50) et configuré pour créer au moins un espace (71) reliant fluidiquement le premier orifice (25) au deuxième orifice (26), pour une circulation du fluide (21) au sein dudit au moins un espace (71).



WO 2024/126873 A1

TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

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

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17(ii))*

Publiée:

- *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

5

10

15

Appareil et procédé pour former un objet tridimensionnel

20

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne la formation d'un objet tridimensionnel, en particulier la fabrication additive couche par couche à partir d'un liquide polymérisable configuré pour former une couche polymérisée, par exemple sous l'effet d'une irradiation d'un rayonnement lumineux.

La présente invention trouve par exemple pour application particulièrement avantageuse, la fabrication additive d'équipements d'orthodontie tels que des gouttières, des parties de prothèses dentaires.

25

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

Actuellement, on utilise des imprimantes tridimensionnelles, dites « 3D », pour fabriquer des objets à trois dimensions. Par exemple, on utilise des imprimantes 3D du type SLA (« Stereolithography Apparatus » en langue anglaise) qui sont des appareils utilisant des résines -polymérisables. Bien souvent ces résines sont photo-polymérisables, c'est-à-dire qu'elles sont configurées pour durcir sous l'action d'une lumière, en général dans une plage de longueur d'onde de 360 à 410 nm, pour fabriquer des objets de manière additive couche par couche.

30

Il existe plusieurs types d'imprimantes 3D, dont certains utilisent une technique d'impression du bas vers le haut. De telles imprimantes utilisent un bac contenant la résine photo-polymérisable, un projecteur placé sous le bac de manière à projeter un motif correspondant à la coupe de l'objet à travers le bac et un support de construction monté sur un bras mobile en translation verticale perpendiculairement au bac. En outre, le bac comprend un fond transparent à la lumière projetée et le support de construction correspond à une plaque destinée à translater vers le haut, et pas à pas, pour emporter avec lui la résine fraîchement polymérisée qui adhère à ce support (ou à la

40

couche supérieure pour les translations suivantes). On peut citer par exemple la demande de brevet européen EP0484086 B1 qui divulgue un tel type d'imprimante 3D, utilisant, en outre, un film semi-perméable et transparent placé sur une plaque transparente et comprenant des premier et deuxième tubes pour injecter un mélange comprenant un inhibiteur dissous, tel que l'oxygène, entre le film et la plaque. Une telle imprimante utilise les propriétés d'inhibition de l'oxygène pour limiter les effets d'adhésion de la résine en cours de polymérisation avec le film semi-perméable en saturant la résine en oxygène. Mais le procédé est complexe et nécessite une étape de translation horizontale du bac de résine pour faciliter le décollement entre la résine polymérisée et le film, ce qui ralentit le procédé d'impression. On peut également citer la demande de brevet américain US2019/099948 A1, qui divulgue un procédé de fabrication d'un objet tridimensionnel.

RÉSUMÉ

Un objet de l'invention consiste à pallier ces inconvénients, et plus particulièrement à fournir des moyens de fabrication d'un objet tridimensionnel qui améliorent la qualité de fabrication.

Un autre objet consiste à fournir des moyens de fabrication qui permettent de diminuer les temps de fabrication des objets tridimensionnels.

Les autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description suivante et des dessins d'accompagnement.

Selon un aspect de l'invention, il est proposé un appareil pour former un objet tridimensionnel par fabrication additive couche par couche à partir d'un liquide polymérisable, le liquide polymérisable étant configuré pour former un matériau polymérisé sous l'effet d'une irradiation d'un rayonnement lumineux, l'appareil comprenant :

- un bac configuré pour contenir le liquide polymérisable, le bac comprenant des premier et deuxième orifices et une fenêtre transparente au rayonnement lumineux située entre les premier et deuxième orifices ;
- un support de construction sur lequel un objet tridimensionnel est destiné à être formé, le support de construction étant mobile de manière à déplacer une partie du matériau polymérisé afin de former l'objet tridimensionnel ;
- une source d'un fluide comprenant un inhibiteur de polymérisation du liquide polymérisable ;
- un circuit pour une circulation du fluide, comprenant une première ligne fluidique reliant fluidiquement la source au premier orifice et une deuxième ligne fluidique reliant la source au deuxième orifice ; et
- un film situé entre la fenêtre et le support de construction, et comprenant une surface principale destinée à être en contact avec le liquide polymérisable, le film étant perméable à l'inhibiteur pour laisser passer une partie de l'inhibiteur dans le liquide polymérisable.

L'appareil comporte au moins un élément séparateur situé entre la fenêtre et la surface principale du film et configuré pour créer au moins un espacement reliant fluidiquement le premier orifice au deuxième orifice, pour une circulation du fluide au sein dudit au moins un espacement.

Ainsi, on fournit un appareil simple à réaliser qui facilite le décollement entre la couche polymérisée et le film. Un tel appareil permet de gagner un temps considérable pour la fabrication de l'objet tridimensionnel. En outre, l'espacement permet de faciliter l'inhibition de la

polymérisation du liquide polymérisable par l'inhibiteur pour limiter les effets d'adhésion du liquide sur le film afin de faciliter le décollement du liquide polymérisé. Un tel appareil fournit un moyen pour maîtriser, en volume, débit... la circulation du fluide comprenant l'inhibiteur.

5 Selon un autre aspect, il est proposé un procédé pour former un objet tridimensionnel par fabrication additive couche par couche à partir d'un liquide polymérisable, le liquide polymérisable étant configuré pour former un matériau polymérisé sous l'effet d'une irradiation d'un rayonnement lumineux, le procédé comprenant une fourniture d'un appareil comprenant :

- 10 - un bac configuré pour contenir le liquide polymérisable, le bac comprenant des premier et deuxième orifices et une fenêtre transparente au rayonnement lumineux située entre les premier et deuxième orifices;
- un support de construction sur lequel un objet tridimensionnel est destiné à être formé, le support de construction étant mobile de manière à déplacer une partie du matériau polymérisé afin de former l'objet tridimensionnel;
- une source d'un fluide comprenant un inhibiteur de polymérisation du liquide polymérisable ;
- 15 - un circuit pour une circulation du fluide, comprenant une première ligne fluidique reliant fluidiquement la source au premier orifice et une deuxième ligne fluidique reliant la source au deuxième orifice ; et
- un film situé entre la fenêtre et le support, et comprenant une surface principale destinée à être en contact avec le liquide polymérisable, le film étant perméable à l'inhibiteur pour laisser 20 passer une partie de l'inhibiteur dans le liquide polymérisable.

L'appareil comporte au moins un élément séparateur situé entre la fenêtre et la surface principale du film et configuré pour créer au moins un espacement reliant fluidiquement le premier orifice au deuxième orifice et le procédé comprend une circulation du fluide au sein dudit au moins un espacement et une irradiation du liquide polymérisable par le rayonnement lumineux.

25 Selon un autre aspect, il est proposé un produit programme d'ordinateur, comprenant des instructions, qui lorsqu'elles sont effectuées par au moins un processeur, font que ledit au moins un processeur commande l'appareil tel que défini ci-avant de sorte que l'appareil exécute au moins le procédé tel que défini ci-avant.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

30 D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes de réalisation et de mise en œuvre de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

la figure 1 illustre schématiquement une vue d'un mode de réalisation d'un appareil pour former un objet tridimensionnel selon l'invention ;

35 les figures 2 à 5 illustrent schématiquement différents modes de réalisation d'un film ;

la figure 6 illustre schématiquement les principales étapes d'un procédé pour former un objet tridimensionnel selon l'invention ; et

La figure 7 illustre schématiquement une vue d'un autre mode de réalisation d'un appareil pour former un objet tridimensionnel.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement.

5 Par exemple, ledit au moins un élément séparateur est une nervure s'étendant longitudinalement le long d'un axe orienté parallèlement à la surface principale du film.

Par exemple, ledit au moins un élément séparateur est une pièce s'étendant longitudinalement le long d'un axe orienté perpendiculairement à la surface principale du film.

10 Par exemple, le film présente une surface secondaire située en regard de la fenêtre et ledit au moins un élément séparateur est fixé sur la surface secondaire du film.

Par exemple, au moins un élément séparateur est en outre fixé sur la fenêtre.

15 Par exemple, l'appareil comprend au moins deux éléments séparateurs délimitant entre eux ledit au moins un espacement, chaque élément séparateur étant formé au sein d'une épaisseur du film, l'épaisseur du film étant mesurée selon une direction perpendiculaire à la surface principale du film.

20 Par exemple, le fluide exerce une première pression dans la première ligne fluïdique et une deuxième pression dans la deuxième ligne fluïdique, l'appareil comprenant un dispositif de circulation configuré pour faire circuler le fluide de sorte que les première et deuxième pressions soient inférieures ou égales à une somme d'une pression extérieure exercée sur le bac et d'une pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable contenu dans le bac.

25 Par exemple, l'appareil comprend un projecteur configuré pour produire un rayonnement lumineux pour irradier le liquide polymérisable et le fluide exerce une première pression dans la première ligne fluïdique et une deuxième pression dans la deuxième ligne fluïdique, l'appareil comprenant un dispositif de circulation configuré pour faire circuler le fluide de sorte que les première et deuxième pressions soient inférieures ou égales à une somme d'une pression extérieure exercée sur le bac et d'une pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable contenu dans le bac pendant l'irradiation du liquide polymérisable.

Par exemple, le dispositif de circulation est configuré pour faire circuler le fluide de sorte que la première pression est strictement supérieure à la deuxième pression.

30 Par exemple, le dispositif de circulation est configuré pour faire circuler le fluide de sorte que les première et deuxième pressions soient inférieures ou égales à la pression extérieure exercée sur le bac.

35 Par exemple, le dispositif de circulation est configuré pour faire circuler le fluide de sorte que les première et deuxième pressions soient inférieures ou égales à la pression extérieure exercée sur le bac pendant l'irradiation du liquide polymérisable.

Par exemple, le dispositif de circulation comprend une ligne fluïdique supplémentaire reliée fluïdiquement à la source, la ligne fluïdique supplémentaire comprenant une pompe configurée pour faire circuler l'inhibiteur dans le fluide.

Par exemple, la pompe est configurée pour injecter l'inhibiteur au sein du fluide sous une pression supérieure ou égale à la pression extérieure. Ainsi, on peut obtenir une meilleure saturation du fluide en inhibiteur.

Par exemple, l'indice de réfraction du fluide est égal à celui dudit au moins un élément séparateur.

5 Par exemple, le film comprend une première partie fixée au bac et une deuxième partie libre de mouvement par rapport au bac.

Par exemple, la deuxième partie du film peut se déplacer par rapport à la fenêtre. De préférence la deuxième partie du film peut se déplacer par rapport à la fenêtre selon une direction parallèle à un axe de translation. Plus particulièrement, l'axe de translation est perpendiculaire à une
10 surface de construction du support de construction, la surface de construction étant située en regard de la fenêtre.

De préférence la deuxième partie du film peut se déplacer par rapport à la fenêtre selon une direction perpendiculaire à la surface principale du film.

Par exemple, l'appareil comprend un support de séparateurs placé entre la fenêtre et le film, le
15 support de séparateurs présentant une première surface fixée à la fenêtre et une deuxième surface sur laquelle est situé ledit au moins un élément séparateur en regard du film. Ainsi on améliore la liberté du mouvement de la deuxième partie du film par rapport à la fenêtre pour favoriser le décollement de la couche polymérisée et empêcher le décollement de l'objet de la surface de construction lors du déplacement du support de construction. Un tel support de
20 séparateurs est facile à fabriquer.

Par exemple, cette deuxième partie peut subir un déplacement, sous l'effet d'une traction selon une direction parallèle à l'axe de translation (donc verticale vers le haut) exercée par la couche polymérisée entraînée par le support de construction.

Par exemple, ledit au moins un élément séparateur est rapporté sur la deuxième surface.

25 Par exemple, le support de séparateur et ledit au moins un élément séparateur forment une pièce monobloc, de préférence ledit au moins un élément séparateur vient de la matière de la deuxième surface du support de séparateurs. Par exemple ledit au moins un élément séparateur est formé par usinage du support de séparateurs, en formant les espacements sur la deuxième surface du support de séparateurs, par exemple par gravure.

30 Par exemple, le fluide exerce une première pression dans la première ligne fluidique et une deuxième pression dans la deuxième ligne fluidique, et la circulation comprend une mise en pression du fluide de sorte que les première et deuxième pressions soient inférieures ou égales à une somme d'une pression extérieure exercée sur le bac et d'une pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable contenu dans le bac.

35 Par exemple, la circulation comprend une mise en pression du fluide de sorte que la première pression est strictement supérieure à la deuxième pression.

Par exemple, la circulation comprend une mise en pression du fluide de sorte que les première et deuxième pressions soient inférieures ou égales à la pression extérieure exercée sur le bac.

Par exemple, le procédé comprend, après l'irradiation, un décollement de la couche polymérisée du film, le décollement comprenant un éloignement du support de construction de manière à augmenter une distance entre le support de construction et la fenêtre.

Par exemple, le film comprend une première partie fixée au bac et une deuxième partie libre de mouvement par rapport au bac, et le décollement comprend un déplacement de la deuxième partie en translation selon un axe perpendiculaire à la surface principale du film.

Par exemple, le décollement comprend une mesure d'une variation d'une différence de pression entre les première et deuxième pressions et l'éloignement comprend un déplacement du support de construction par rapport à la fenêtre en fonction de la variation mesurée.

10 Sur les figures 1 et 6, on a représenté un appareil 1 pour former un objet tridimensionnel 2. En particulier, l'appareil 1 est adapté pour fabriquer l'objet tridimensionnel 2 selon une technique additive couche par couche à partir d'un liquide polymérisable 3. Cet appareil 1 est également appelé imprimante tridimensionnelle, ou imprimante 3D. La fabrication additive couche par couche consiste à former l'objet tridimensionnel 2 une couche 4 après l'autre par étapes
15 successives, chaque couche 4 étant ajoutée à la précédente à chaque nouvelle étape d'impression. Plus particulièrement, le liquide polymérisable 3 est configuré pour former une couche polymérisée 4 sous l'effet d'une irradiation d'un rayonnement lumineux 5. En d'autres termes, le liquide polymérisable 3 est configuré pour former un matériau polymérisé dont les parties correspondent aux couches polymérisées 4. De préférence, le liquide polymérisable 3 est
20 une résine photo-polymérisable. Le rayonnement lumineux est produit par un projecteur 6, par exemple un projecteur du type DLP (« Digital Light Processing » en langue anglaise, c'est-à-dire à traitement numérique de la lumière, qui correspondent à des écrans utilisant des miroirs orientables). Le projecteur 6 peut également émettre un rayonnement lumineux 5 du type laser. Préférentiellement, le rayonnement lumineux 5 correspond à un rayonnement ultraviolet.

25 L'appareil 1 comprend en outre un bac 7 et un support de construction 8. Le bac 7 correspond à un récipient configuré pour contenir le liquide polymérisable 3. Le bac 7 comporte une paroi 10 configurée pour contenir le liquide polymérisable 3 et au sein de laquelle une fenêtre 10 transparente au rayonnement lumineux 5 est formée. Le bac 7 comprend en outre une source 11 de liquide contenant une réserve de liquide polymérisable 3. La source 11 est configurée pour
30 alimenter le bac 7 en liquide polymérisable 3 de manière contrôlée pour chaque étape de création d'une couche de l'objet tridimensionnel 2. On entend par transparent au rayonnement lumineux 5, le fait que la fenêtre 10 laisse passer au moins 80 % du rayonnement lumineux 5 et de préférence au moins 90 % du rayonnement lumineux 5, préférentiellement 100 % du rayonnement lumineux 5.

35 Le support de construction 8 fournit un support sur lequel l'objet tridimensionnel 2 est destiné à être formé. Le support de construction 8 a une forme générale d'une plaque. En particulier, le support de construction 8 est pourvu d'une surface de construction 12 située en regard de la fenêtre 10. Par ailleurs, le support de construction 8 est mobile de manière à déplacer une partie du matériau polymérisé 4 afin de former l'objet tridimensionnel 2. Par exemple, l'appareil 1
40 comprend un bras 9 couplé mécaniquement au support de construction 8. Le bras 9 est monté

mobile sur un support 40. Plus particulièrement, le bras 9 est mobile en translation le long d'un axe de translation A perpendiculaire à la surface de construction 12 du support de construction 8. La mobilité du bras 9 permet de déplacer le support de construction 8, pour déplacer la couche polymérisée 4 afin de former l'objet tridimensionnel 2.

5 L'impression d'une couche de l'objet tridimensionnel 2 consiste à projeter un motif correspondant à la coupe de l'objet 2, au moyen du projecteur 6, au travers de la fenêtre 10 transparente. Ainsi, une zone 13 de liquide polymérise 3 sous l'effet du rayonnement lumineux 5 pour former la couche polymérisée 4. En d'autres termes, la zone de liquide 13 durcit sous l'effet du rayonnement lumineux 5. Lorsque la zone 13 durcit, elle adhère, soit au support de construction
10 8 pour la première couche de l'objet 2, soit à une couche précédemment formée correspondant à une couche polymérisée de l'objet 2.

L'appareil 1 comprend en outre une source 20 d'un fluide 21 comprenant un inhibiteur de polymérisation du liquide polymérisable 3, et un circuit 22 pour une circulation du fluide 21. En outre, Le circuit 22 comprend une première ligne fluidique 23 et une deuxième ligne fluidique 24.

15 Par ailleurs, le bac 7 comprend des premier et deuxième orifices 25, 26. La fenêtre 10 est située entre les premier et deuxième orifices 25, 26. Par exemple, les premier et deuxième orifices 25, 26 sont formés au sein de la paroi 100 du bac 7. La première ligne fluidique 23 relie fluidiquement la source 20 au premier orifice 25. En outre, la deuxième ligne fluidique 24 relie la source 20 au deuxième orifice 26. De manière générale, le fluide 21 exerce une première pression P1 au sein
20 de la première ligne fluidique 23 et une deuxième pression P2 au sein de la deuxième ligne fluidique 24.

De préférence, le fluide 21 est un liquide et l'inhibiteur est de l'oxygène.

Par ailleurs, l'appareil 1 comprend un film 50 situé entre la fenêtre 10 et le support de construction 8. Le film 50 est placé sur la paroi 100 du bac 7. En particulier, le film 50 est placé sur la fenêtre
25 10. En particulier, le film 50 comprend une surface principale F1 destinée à être en contact avec le liquide polymérisable 3. Le film 50 est perméable à l'inhibiteur pour laisser passer une partie de l'inhibiteur dans le liquide polymérisable 3. C'est-à-dire que l'inhibiteur peut passer à travers la surface principale F1 à destination du liquide polymérisable 3. Une problématique pour l'impression de l'objet 2 consiste dans le fait que la couche polymérisée 4 doit adhérer d'avantage
30 au support de construction 8 qu'au film 50 sans quoi elle ne peut pas être déplacée vers le haut pour laisser la place aux couches suivantes. L'adhérence entre le film 50 et le liquide polymérisable 3 est due à la microstructure des matériaux, à l'affinité chimique entre les matériaux et à un effet de succion entre le liquide polymérisable 3 et le film 50 lorsque le liquide 3 polymérise. Ainsi, pour limiter l'effet de succion, le film 50 perméable permet à l'inhibiteur de passer à travers
35 le film 50 au sein du liquide polymérisable 3. L'inhibiteur inhibe la réaction de polymérisation. Par exemple l'inhibiteur comprend de l'oxygène. En particulier, l'oxygène inhibe la réaction de polymérisation car c'est un absorbeur de radicaux libres qui sont des éléments permettant la réaction de polymérisation. L'inhibition permet la création d'une interface liquide du liquide 3 non polymérisé qui permet une réduction supplémentaire des effets de succion.

Le circuit 22 est configuré pour faire circuler le liquide 21 comprenant l'inhibiteur entre la surface principale F1 du film 50 et la fenêtre transparente 10.

Plus particulièrement, l'appareil 1 comporte au moins un élément séparateur 70 situé entre la fenêtre 10 et la surface principale F1 du film 50. Un élément séparateur 70 est configuré pour
5 créer au moins un espacement 71 reliant fluidiquement le premier orifice 25 au deuxième orifice 26, pour une circulation du fluide 21 au sein de l'espacement 71.

Un tel élément séparateur 70 permet de maintenir la surface principale F1 du film à distance de la fenêtre 10 tout en créant un espacement 71 pour faire circuler le fluide 21 entre la surface principale F1 et la fenêtre 10. On peut ainsi garantir un espacement 71 pour la circulation du
10 fluide 21 lors de la fabrication de l'objet 2. On facilite ainsi la maîtrise du volume et de la vitesse de déplacement du fluide 21 pendant la fabrication de l'objet 2.

Sur les figures 2 à 5, on a représenté différents modes de réalisation d'un élément séparateur 70. De manière générale, le film 50 s'étend le long d'un axe secondaire B perpendiculaire à l'axe de translation A. Par ailleurs, le fluide 21 circule au sein du circuit 22 selon des directions de
15 circulation référencées S1, S2, S3. Lorsque le fluide 21 circule entre la fenêtre 10 et la surface principale F1 du film 50, le fluide 21 circule selon la direction S2, c'est-à-dire selon l'axe secondaire B. De façon générale, les éléments séparateurs 70 peuvent être formés sur le film 50 ou sur la fenêtre 10. En particulier, les éléments séparateurs 70 peuvent être fixés sur une surface secondaire F2, opposée à la surface principale F1, située en regard de la fenêtre 10. Les
20 éléments séparateurs 70 peuvent être fixés sur une surface de la fenêtre 10 située en regard du liquide polymérisable 3. De préférence, les éléments séparateurs 70 sont formés sur la surface secondaire F2 du film 50. Par exemple, les éléments séparateurs peuvent être réalisés en silicone. Par exemple, les éléments séparateurs peuvent être imprimés sur le film 50 par matricage, c'est-à-dire par pression d'une matrice sur le film 50. En variante, les éléments
25 séparateurs 70 peuvent être réalisés par moulage sur le film 50. Selon encore une autre variante, les éléments séparateurs 70 peuvent être réalisés par usinage ou par moulage sur la fenêtre 10. Selon un autre exemple, les éléments séparateurs 70 sont formés sur la surface secondaire F2 du film 50 ou sur la fenêtre 10 par moulage à partir de silicone liquide. Le matériau silicone peut être moulé directement pour permettre un couplage optique avec la fenêtre ou le film 50.
30 Avantageusement, l'indice de réfraction du fluide 21 est égal à celui des éléments séparateurs 70. Ainsi, le motif projeté par le projecteur 6 n'est pas déformé. On garantit également un contraste suffisant pour réaliser l'objet 2. On n'affecte peu la précision et/ou l'état de surface de l'objet imprimé. Pour obtenir un indice de réfraction égal pour les éléments séparateurs 70 et le fluide 21, on peut mélanger plusieurs liquides miscibles entre eux et ayant des indices de
35 réfraction différents. Par exemple, on peut mélanger du mono-propylène glycol et de l'eau pure. Sur les figures 2 et 3, un élément séparateur 70 est une pièce s'étendant longitudinalement le long d'un axe A orienté perpendiculairement à la surface principale F1 du film 50. De préférence, l'appareil 1 comprend plusieurs éléments séparateurs 70. Un élément séparateur 70 peut avoir une forme cylindrique ou conique. La forme cylindrique est préférentielle car elle facilite
40 l'écoulement du fluide 21. Un élément séparateur 70 a une hauteur H qui peut être comprise entre

50 et 300 micromètres. Ainsi, les éléments séparateurs 70 n'empêchent pas la circulation du fluide 21. La hauteur H est mesurée selon un axe perpendiculaire à la surface principale F1. Par exemple, les éléments séparateurs 70 peuvent avoir une largeur L1 égale à 1 mm. Une distance L2 entre les éléments séparateurs peut être comprise entre 0.1 et 2 mm. Ainsi, les éléments

5 séparateurs 70 permettent une circulation du fluide 21 tout en empêchant un fléchissement du film 50 entre les éléments séparateurs 70. Par exemple les centres des éléments séparateurs 70 peuvent être séparés d'une distance L3 comprise entre 1.1 et 1.2 mm. La largeur L1 et les distances L2, L3 sont mesurées selon un axe parallèle à l'axe secondaire B.

Sur la figure 4, l'appareil 1 comprend au moins deux éléments séparateurs 70 délimitant entre

10 eux un espacement 71. Chaque élément séparateur 70 est formé au sein d'une épaisseur Ef du film 50. L'épaisseur Ef du film 50 est mesurée selon une direction perpendiculaire à la surface principale F1 du film 50. Par exemple, les éléments séparateurs 70 sont formés dans une épaisseur Ef du film 50. En d'autres termes, le film 50 comprend des canaux traversant 71 d'un bord à l'autre du film 50 formés au sein de l'épaisseur Ef du film 50.

15 Sur la figure 5, un élément séparateur 70 est une nervure s'étendant longitudinalement le long d'un axe orienté parallèlement à la surface principale F1 du film 50. En d'autres termes, les éléments séparateurs 70 forment des lèvres saillantes de la surface secondaire F2 et s'étendent le long de l'axe secondaire B. Les nervures délimitent, entre elles, des canaux 71 pour la circulation du fluide 21.

20 Par ailleurs, l'appareil 1 peut comprendre un dispositif de circulation 30 configuré pour faire circuler le fluide 21 au sein de l'espacement 71. Le dispositif de circulation 30 comprend une pompe principale 81, située par exemple, dans la première ligne fluidique 23 ou la deuxième ligne fluidique 24, pour faire circuler le fluide 21 dans le circuit 22 fermé. Dans ce cas la source 20 de fluide 21 comprend une ouverture sur l'extérieur afin de mélanger le fluide 21 avec, par exemple

25 de l'air, pour injecter l'inhibiteur, tel que par exemple l'oxygène, dans le fluide 21. Avantagusement, le dispositif 30 peut comprendre une pompe secondaire 80, optionnelle, reliée fluidiquement à la source 20 du fluide 21, par une ligne fluidique supplémentaire 91. La pompe secondaire 80 est configurée pour aspirer l'inhibiteur de réaction (par exemple de l'air contenant de l'oxygène) 90 pour l'injecter dans le fluide 21 afin de le faire circuler dans le circuit 22 fermé.

30 Une pression P3 est exercée par le fluide 21 au sein de la source 20. Le dispositif de circulation 30 peut être configuré de sorte que les première et deuxième pressions P1, P2 soient inférieures ou égales à une somme d'une pression extérieure P0 exercée sur le bac 7 et d'une pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable 3 contenu dans le bac 7. Ainsi, on évite un décollement du film 50 par rapport à la fenêtre 10. On entend par décollement du film 50 le fait

35 que le film 50 n'est plus en contact avec la fenêtre 10.

De préférence, le film 50 comprend une première partie fixée au bac 7 et une deuxième partie libre de mouvement par rapport au bac 7. C'est-à-dire que le film 50 peut être en partie fixé au bac 7. Par exemple, l'appareil 1 comprend des moyens de fixation configurés pour maintenir le film 50 en partie au contact du bac 7. En d'autres termes, les moyens de fixation permettent de

40 maintenir la première partie du film 50 en contact avec le bac 7, tout en permettant un

déplacement de la deuxième partie du film 50 par rapport à la fenêtre 10. Le déplacement de la deuxième partie du film 50 correspond à un déplacement en translation selon l'axe de translation A. Par exemple, comme illustré sur la figure 3, les moyens de fixation peuvent comprendre des zones 60, 61 présentes sur des éléments séparateurs 70 fixés au film 50. Les zones 60, 61 sont destinées à être fixées, par exemple par collage, sur la fenêtre 10. De préférence, les moyens de fixation sont configurés pour fixer une partie du film 50 sur la paroi 100 du bac 7. Ainsi, les moyens de fixation permettent un déplacement de la deuxième partie du film 50 selon l'axe de translation A par rapport à la fenêtre 10 sans décollement du film 50 par rapport à la fenêtre 10. Ainsi, on obtient une certaine mobilité de la deuxième partie du film 50 par rapport à la fenêtre 10 pour faciliter le décollement de la couche polymérisée 4 par rapport au film 50, c'est-à-dire un décollement de la couche polymérisée 4 par rapport à la surface principale F1 du film 50. On entend par décollement de la couche polymérisée 4, un déplacement de la couche polymérisée 4 par rapport au film 50 de sorte que la couche polymérisée 4 n'est plus en contact avec le film 50.

La pression P3 au sein de la source 20 du fluide 21 peut être supérieure ou égale à la pression extérieure P0. Lorsque la pression P3 est strictement supérieure à la pression extérieure P0 on peut obtenir une meilleure saturation du fluide 21 en inhibiteur et améliorer la fabrication de l'objet 2. La pompe secondaire 80 permet de réguler la différence de pression entre la pression P3 et la pression extérieure P0. La pompe secondaire 80 permet, avantageusement, le renouvellement de l'inhibiteur (par exemple de l'oxygène) dans le fluide 21 en le faisant circuler (pur ou sous forme de mélange, par exemple de l'air dans le cas de l'oxygène) dans le fluide 21.

Avantageusement, le dispositif de circulation 30 est configuré pour faire circuler le fluide 21 de sorte que la première pression P1 est strictement supérieure à la deuxième pression P2.

Avantageusement, le dispositif de circulation 30 est configuré pour faire circuler le fluide 21 de sorte que les première et deuxième pressions P1, P2 soient inférieures ou égales à la pression extérieure P0 exercée sur le bac 7. Par exemple, le dispositif de circulation 30 est configuré pour réguler les pressions P1 à P3, de sorte que la première pression P1 est égale à -10 kPa, la deuxième pression P2 est égale à -15 kPa et P3 est égale à +10 kPa.

Par exemple, le dispositif de circulation 30 est configuré pour faire circuler le fluide 21 à une vitesse de circulation pouvant être comprise entre 10 et 100 mL/min. L'appareil 1 peut en outre comprendre des capteurs de pression 95, 96 configurés pour mesurer respectivement les première et deuxième pressions P1, P2.

Le dispositif de circulation 30 peut réguler les pressions P1 et P2 grâce aux capteurs de pression 95, 96. Cela peut permettre de déterminer le moment où une couche 4 est en décollement, car cela provoque une chute supplémentaire des pressions P1 et P2. Il est également possible d'utiliser les mesures des pressions P1, P2 pour déterminer à quel moment la couche 4 est complètement décollée, c'est-à-dire séparée du film 50 de sorte que la couche polymérisée 4 n'est plus en contact avec le film 50. On peut ainsi minimiser les hauteurs de montée du support de construction 8 lors des phases de décollement et ainsi permettre une impression plus rapide et plus sûre.

Il est également possible de piloter les pressions P1 et P2. Par exemple en pompant, à l'aide de la pompe principale 81, plus ou moins fort, ou pas du tout, ou même en pompant dans le sens inverse, pour permettre un déplacement du film 50 par rapport à la fenêtre 10. Le dispositif de circulation 30 pourrait également déplacer le film 50 en translation selon l'axe de translation A, dans le cas où P1 et P2 dépasseraient la somme de la pression extérieure P0 et de la pression exercée par la hauteur de fluide polymérisable 3 contenu dans le bac 7. Cela pourrait permettre de faciliter le décollement de la couche 4 avec le film 50.

En outre, le dispositif de circulation 30 est configuré pour réguler les première et deuxième pressions P1, P2 à des valeurs variables. A titre d'exemple, on a représenté par les flèches référencées S1, S2, S3, un sens de circulation du fluide 21.

Par ailleurs, lors d'une irradiation du liquide polymérisable 3 par le rayonnement lumineux 5, le dispositif de circulation 30 est configuré pour réguler les première et deuxième pressions P1, P2 à des valeurs inférieures ou égales à la pression extérieure P0 exercée sur le bac 7. La pression extérieure P0 correspond à la pression atmosphérique exercée sur le liquide polymérisable 3. L'espacement 71 favorise la circulation du fluide 21 le long du film 50 pour favoriser la diffusion de l'inhibiteur au sein du liquide polymérisable 3.

Sur la figure 6, on a représenté les principales étapes d'un procédé pour former l'objet tridimensionnel 2. Le procédé comprend une fourniture de l'appareil 1, tel que défini ci-avant. Le procédé comprend, en outre, une irradiation du liquide polymérisable 3 par le rayonnement lumineux 5. L'irradiation peut comprendre une régulation des première et deuxième pressions P1, P2 de sorte que les première et deuxième pressions P1, P2 soient inférieures ou égales à une somme de la pression extérieure P0 exercée sur le bac 7 et d'une pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable 3 contenu dans le bac 7.

De préférence, le film 50 est en partie fixé sur le bac 7. Par exemple, la première partie du film 50 est fixé sur la paroi 100 du bac 7. Avantageusement la deuxième partie du film 50 s'étend le long de la fenêtre 10. La deuxième partie du film 50 peut recouvrir en partie ou totalement la surface principale de la fenêtre 10 située en regard du liquide polymérisable 3.

Lors de l'irradiation, le film 50 est immobile par rapport au bac 7. Par ailleurs on peut mesurer, à l'aide des capteurs 95, 96, la différence de pression entre les première et deuxième pressions P1, P2. Lors de l'irradiation, la différence de pression a une valeur initiale, car le film 50 est immobile. Afin de faciliter le décollement entre le film 50 et la couche polymérisée 4, le procédé peut comprendre, après l'irradiation, un décollement de la couche polymérisée 4 par rapport au film 50. Le décollement de la couche polymérisée 4 comprend un éloignement du support de construction 8, afin d'éloigner la couche polymérisée 4 d'une certaine distance pour décoller la couche polymérisée 4 du film 50. Puis, le procédé comprend un rapprochement du support de construction 8 afin de replacer le support 8 pour la réalisation d'une couche suivante de l'objet 2. L'éloignement du support de construction 8 comprend une augmentation d'une distance entre le support de construction 8 et la fenêtre 10. L'éloignement comprend un déplacement initial du support de construction 8 depuis une distance initiale vers une distance maximum Dmax.

De préférence, la distance maximum D_{max} est supérieure ou égale à une épaisseur E_c de la couche polymérisée 4. L'épaisseur E_c de la couche polymérisée est mesurée selon l'axe de translation A. La distance maximum D_{max} est par exemple égale à 0.5 mm, ou par exemple égale à 5 mm.

5 Par exemple, le déplacement initial est effectué simultanément à une régulation des première et deuxième pressions P_1 , P_2 à des valeurs constantes.

Avantageusement, le décollement comprend un déplacement de la deuxième partie du film 50 en translation selon un axe perpendiculaire à la surface principale F1 du film 50. Pendant le décollement de la couche polymérisée 4, le film 50 est maintenu en partie en contact avec le bac 10 7, tandis que l'autre partie (c'est-à-dire la deuxième partie libre de mouvement) peut être déplacée par rapport au bac 7. En particulier la deuxième partie peut être déplacée en translation selon l'axe de translation A. Le déplacement de la deuxième partie du film 50 est dû à l'adhérence de la couche polymérisée 4 à la surface principale F1 du film 50, par effet de succion. Le déplacement de la deuxième partie du film 50 entraîne, en outre, une dépression dans 15 l'espace 71. C'est-à-dire une variation de la différence de pression entre les première et deuxième pressions P_1 , P_2 . Le déplacement de la deuxième partie du film 50 permet de faciliter le décollement de la couche polymérisée 4. Ce déplacement permet d'empêcher un décrochement de l'objet 2 du support de construction 8. Ce déplacement permet également d'empêcher un décrochement des premières couches polymérisées de l'objet 2 avec la dernière 20 couche polymérisée 4 en contact avec le film 50. En effet, le décrochement des premières couches polymérisées pourrait survenir si la dernière couche polymérisée 4 restait adhérente au film 50. Ainsi, lorsque le film 50 est en partie fixé au bac 7, la deuxième partie du film 50 peut être libre de mouvement et peut être déplacée en translation avec la dernière couche polymérisée 4. La fixation de la première partie du film 50 permet, par ailleurs, un retour de la deuxième partie du film 50 dans la position initiale, après le décollement de la dernière couche polymérisée 4, 25 pour une impression suivante.

Après le décollement de la couche polymérisée 4 par rapport au film 50, le procédé comprend un rapprochement du support de construction 8 de manière à ramener le support de construction 8 à une distance minimum D_{min} , pour fabriquer la couche de polymérisation 4 suivante, 30 le rapprochement comprenant un déplacement supplémentaire du support de construction 8 depuis la distance maximum D_{max} vers la distance minimum D_{min} . La distance minimum D_{min} est égale à la somme de la distance initiale D_{init} et de l'épaisseur d'une couche polymérisée 4.

La régulation des première et deuxième pressions P_1 , P_2 peut être effectuée de sorte que la première pression P_1 est strictement supérieure à la deuxième pression P_2 . Ainsi, on peut 35 maintenir un flux du fluide 20 constant entre le film 50 et la fenêtre 10.

Par ailleurs, le décollement peut comprendre une mesure, à l'aide des capteurs de pression 95, 96, de la variation de la différence de pression entre les première et deuxième pressions P_1 , P_2 . Ainsi, lors de l'éloignement du support de construction 8, le procédé peut comprendre un déplacement du support de construction 8 par rapport à la fenêtre 10 en fonction de la variation 40 mesurée. Par exemple, lorsqu'on détecte une variation de pression, par rapport à la valeur initiale,

on détermine que le décollement de la couche polymérisée a commencé. On peut donc continuer à déplacer le support de construction 8. Avantagement on peut contrôler la vitesse de déplacement du support de construction. Lorsque la différence de pression revient à sa valeur initiale, la deuxième partie du film 50 a repris sa position initiale, et on détermine que
5 le décollement de la couche polymérisée est terminé.

Sur la figure 7, on a représenté un autre mode de réalisation d'un appareil 1 pour former un objet tridimensionnel 2. Selon cet autre mode de réalisation, le film 50 comprend une première partie 200 fixée au bac 7 et une deuxième partie 201 libre de mouvement par rapport au bac 7. Par exemple, l'appareil 1 comprend des moyens de fixation 202 configurés pour maintenir le film
10 50 en partie au contact du bac 7. En d'autres termes, les moyens de fixation 202 permettent de maintenir la première partie 200 du film 50 en contact avec le bac 7, tout en permettant un déplacement, en translation selon l'axe de translation A, de la deuxième partie 201 du film 50 par rapport à la fenêtre 10. Par exemple, cette deuxième partie 201 peut être déformée pour subir un déplacement, sous l'effet d'une traction verticale vers le haut de la couche polymérisée 4 qui
15 entraîne par succion cette deuxième partie 201 du film 50. Par exemple, comme illustré sur la figure 7, les moyens de fixation 202 comprennent un logement formé au sein de la paroi 100 et configuré pour recevoir la première partie 200 du film 50. Par exemple, la première partie 200 peut être collée à la paroi 100 au sein du logement. Le film 50 peut avoir une forme parallélépipédique. Par ailleurs, l'appareil 1 comprend un support 203 d'au moins un élément
20 séparateur 70, noté support de séparateurs 203. De manière générale, le support de séparateurs 203 s'étend le long d'un axe tertiaire C perpendiculaire à l'axe de translation A. Le support de séparateurs 203 est placé entre la fenêtre 10 et le film 50. En particulier, le support de séparateurs 203 est placé sur la fenêtre 10. Plus particulièrement, le support de séparateurs 203 comprend une première surface G1 destinée à être en contact avec la fenêtre 10, et une deuxième surface
25 G2, opposée à la première surface G1, la deuxième surface G2 étant située en regard du film 50, et plus particulièrement en regard de la face secondaire F2 du film 50. Par exemple, le support de séparateurs 203 peut être fixé, par exemple par collage, sur la fenêtre 10. Le support de séparateurs 203 peut être perméable au fluide 21 comprenant l'inhibiteur. Par exemple, le support de séparateurs 203 peut être imperméable au fluide et perméable à l'inhibiteur. Selon un autre
30 exemple, le support de séparateurs 203 est imperméable au fluide 21 et à l'inhibiteur. Par exemple, le support de séparateurs 203 peut être réalisé à partir de silicone. Le support de séparateurs 203 est configuré pour supporter les éléments séparateurs 70. Plus particulièrement, le support de séparateurs 203 est configuré pour maintenir les éléments séparateurs 70 entre la fenêtre 10 et le film 50, et de préférence entre la deuxième surface G2 du support de
35 séparateurs 203 et la surface secondaire F2 du film 50. En d'autres termes, le support de séparateurs 203 est configuré pour maintenir les espacements 71 entre la deuxième surface G2 du support de séparateurs 203 et la surface secondaire F2 du film 50. Ainsi, les espacements 71 entre les éléments séparateurs 70 permettent de laisser passer le fluide 21 vers le film 50, et en particulier vers la surface secondaire F2 du film 50. Ainsi, une partie de l'inibiteur peut traverser
40 les surfaces secondaire et principale F2, F1 du film 50 pour atteindre le liquide polymérisable 3.

C'est-à-dire que le fluide 21 comprenant l'inhibiteur peut circuler au sein des espacements 71 entre la deuxième surface G2 du support de séparateurs 203 et la surface secondaire F2 du film 50. Par exemple, le support de séparateurs est placé entre la fenêtre 10 et la deuxième partie 201 du film 50. Ainsi, les éléments séparateurs 70 sont situés en regard de la deuxième partie 201 du film 50. En particulier, au niveau du premier orifice 25, le fluide 21 passe au sein des espacements 71, en direction du film 50, selon la direction référencée S2', et en direction du deuxième orifice 26, selon la direction référencée S2. Le circuit 22 est configuré pour faire circuler le fluide 21 comprenant l'inhibiteur entre la deuxième surface G2 du support de séparateurs 203 et la surface secondaire F2 de film 50. Par ailleurs, lorsque le fluide 21 comprenant l'inhibiteur se retrouve au sein des espacements 71, l'inhibiteur peut traverser les surfaces secondaire et principale F2, F1 du film pour atteindre le liquide polymérisable 3. Par ailleurs, le fluide 21 circule au sein du circuit 22 selon les quatre directions de circulation référencées S1, S2, S2' S3. La deuxième direction S2 correspond à la circulation du fluide 21 au sein des espacements 71 entre les éléments séparateurs 70. La troisième direction S2' correspond à la circulation du fluide 21 en direction du film 50. Selon cet autre mode de réalisation, les éléments séparateurs 70 sont formés sur le support de séparateurs 203. En particulier, les éléments séparateurs 70 peuvent être fixés sur la deuxième surface G2 du support de séparateurs 203. De préférence, les éléments séparateurs 70 sont formés sur la deuxième surface G2 du support de séparateurs 203. Par exemple, les éléments séparateurs 70 peuvent être réalisés en silicone. Par exemple, les éléments séparateurs 70 peuvent être imprimés sur le support de séparateurs 203 par matricage, c'est-à-dire par pression d'une matrice sur le support de séparateurs 203. En variante, les éléments séparateurs 70 peuvent être réalisés par moulage sur le support de séparateurs 203. Selon encore une autre variante, les éléments séparateurs 70 peuvent être réalisés par usinage sur le support de séparateurs 203. Selon un autre exemple, les éléments séparateurs 70 sont formés sur la deuxième surface G2 du support de séparateurs 203 par moulage à partir de silicone liquide. Le matériau silicone peut être moulé directement pour permettre un couplage optique avec le support de séparateurs 203. Avantagusement, l'indice de réfraction du fluide 21 est égal à celui des éléments séparateurs 70 et du support de séparateurs 203. Ainsi, le motif projeté par le projecteur 6 n'est pas déformé. On garantit également un contraste suffisant pour réaliser l'objet 2. On n'affecte peu la précision et/ou l'état de surface de l'objet imprimé. Pour obtenir un indice de réfraction égal pour les éléments séparateurs 70, le support de séparateurs 203 et le fluide 21, on peut mélanger plusieurs liquides miscibles entre eux et ayant des indices de réfraction différents. Par exemple, on peut mélanger du mono-propylène glycol et de l'eau pure.

Ainsi, dans cet autre mode de réalisation, la deuxième partie 201 du film 50 est libre de mouvement par rapport au support de séparateurs 203, et plus particulièrement par rapport aux éléments séparateurs 70. C'est-à-dire que la deuxième partie 201 du film 50 n'est pas fixée sur les éléments séparateurs. Ainsi, lorsque les première et deuxième pressions P1, P2 sont inférieures ou égales à la somme de la pression extérieure exercée sur le bac 7 et de la pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable contenu dans le bac 7, la surface secondaire

F2 de la deuxième partie 201 du film 50 est en contact avec les éléments séparateurs 70. Dans ce cas, on évite le décollement du film 50 par rapport aux éléments séparateurs 70. Par ailleurs, les moyens de fixation 202 permettent un déplacement de la deuxième partie 201 du film 50 selon l'axe de translation A par rapport aux éléments séparateurs 70 sans décollement du film 50 par rapport au bac 7. Ainsi, on obtient une certaine mobilité de la deuxième partie du film 50 par rapport aux éléments séparateurs 70 pour faciliter le décollement de la couche polymérisée 4 par rapport au film 50, c'est-à-dire le décollement de la couche polymérisée 4 par rapport à la surface principale F1 du film 50. Pour faciliter le décollement de la couche polymérisée 4 par rapport au film 50, les première et deuxième pressions P1, P2 peuvent être strictement supérieures à la somme de la pression extérieure exercée sur le bac 7 et de la pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable contenu dans le bac 7. Dans ce cas, la surface secondaire F2 de la deuxième partie 201 du film 50 s'éloigne des éléments séparateurs 70, comme illustré sur la figure 7. Dans ce cas, la deuxième partie 201 du film 50 n'est plus en contact avec les éléments séparateurs 70. Selon un autre mode de réalisation, les éléments séparateurs 70 et la fenêtre 10 forment une pièce monobloc. De préférence les éléments séparateurs 70 viennent de la matière de la fenêtre 10, par exemple par usinage en formant les espacements 71 sur la surface de la fenêtre, par exemple par gravure.

Le procédé qui vient d'être décrit permet de contrôler avec précision les étapes de fabrication de l'objet 2. On peut ainsi diminuer les temps de fabrication. On améliore également la précision de fabrication en limitant les défauts d'impression.

Avantageusement, l'appareil 1 comporte une unité de commande électronique, non représentée à des fins de simplification, configurée pour commander les déplacements du bras 9, l'alimentation du bac 7 en liquide polymérisable 3 et les pompes principales et secondaires 81, 80. L'unité de commande électronique peut comprendre un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour commander le bras 9, en particulier un moteur pas à pas qui entraîne le bras 9 en translation le long de l'axe de translation A, et l'alimentation du bac 7. L'unité de commande électronique comprend un processeur, ou un microprocesseur, pour exécuter les instructions du programme. L'unité de commande électronique comprend également des moyens pour commander le moteur pas à pas et l'alimentation du bac 7 en réponse à l'exécution des instructions du programme.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et de mise en œuvre précédemment décrits. L'invention telle que décrite permet une impression du type 3D rapide et qui est facile à mettre en œuvre.

Revendications

1. Appareil pour former un objet tridimensionnel par fabrication additive couche par couche à partir d'un liquide polymérisable (3), le liquide polymérisable (3) étant configuré pour former un matériau polymérisé sous l'effet d'une irradiation d'un rayonnement lumineux (5), l'appareil comprenant :
 - un bac (7) configuré pour contenir le liquide polymérisable (3), le bac (7) comprenant des premier et deuxième orifices (25, 26) et une fenêtre (10) transparente au rayonnement lumineux (5) située entre les premier et deuxième orifices (25, 26) ;
 - un support de construction (8) sur lequel un objet tridimensionnel (2) est destiné à être formé, le support de construction (8) étant mobile de manière à déplacer une partie du matériau polymérisé (4) afin de former l'objet tridimensionnel (2) ;
 - une source (20) d'un fluide (21) comprenant un inhibiteur de polymérisation du liquide polymérisable (3) ;
 - un circuit (22) pour une circulation du fluide (21), comprenant une première ligne fluidique (23) reliant fluidiquement la source (20) au premier orifice (25) et une deuxième ligne fluidique (24) reliant la source (20) au deuxième orifice (26) ; et
 - un film (50) situé entre la fenêtre (10) et le support de construction (8), et comprenant une surface principale (F1) destinée à être en contact avec le liquide polymérisable (3), le film (50) étant perméable à l'inhibiteur pour laisser passer une partie de l'inhibiteur dans le liquide polymérisable (3) ; et
 - au moins un élément séparateur (70) situé entre la fenêtre (10) et la surface principale (F1) du film (50) et configuré pour créer au moins un espacement (71) reliant fluidiquement le premier orifice (25) au deuxième orifice (26), pour une circulation du fluide (21) au sein dudit au moins un espacement (71) ;
caractérisé en ce que le film (50) comprend une première partie fixée au bac (7) et une deuxième partie libre de mouvement par rapport au bac (7) de sorte que la deuxième partie du film (50) peut se déplacer par rapport à la fenêtre (10).
2. Appareil selon la revendication précédente, dans lequel ledit au moins un élément séparateur (70) est une nervure s'étendant longitudinalement le long d'un axe orienté parallèlement à la surface principale (F1) du film (50).
3. Appareil selon la revendication 1, dans lequel ledit au moins un élément séparateur (70) est une pièce s'étendant longitudinalement le long d'un axe orienté perpendiculairement à la surface principale (F1) du film (50).
4. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le film (50) présente une surface secondaire (F2) située en regard de la fenêtre (10) et ledit au moins un élément séparateur (70) est fixé sur la surface secondaire (F2) du film (50).
5. Appareil selon la revendication précédente, dans lequel au moins un élément séparateur (70) est en outre fixé sur la fenêtre (10).

6. Appareil selon la revendication 1, comprenant au moins deux éléments séparateurs (70) délimitant entre eux ledit au moins un espacement (71), chaque élément séparateur (70) étant formé au sein d'une épaisseur du film (50), l'épaisseur du film (50) étant mesurée selon une direction perpendiculaire à la surface principale (F1) du film (50).
- 5 7. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un projecteur (6) configuré pour produire un rayonnement lumineux pour irradier le liquide polymérisable (3), et dans lequel le fluide (21) exerce une première pression (P1) dans la première ligne fluidique (23) et une deuxième pression (P2) dans la deuxième ligne fluidique (24), l'appareil comprenant un dispositif de circulation (30) configuré pour faire
10 circuler le fluide (21) de sorte que les première et deuxième pressions (P1, P2) soient inférieures ou égales à une somme d'une pression extérieure exercée sur le bac (7) et d'une pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable (3) contenu dans le bac (7) pendant l'irradiation du liquide polymérisable (3).
8. Appareil selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif de circulation (30)
15 est configuré pour faire circuler le fluide (21) de sorte que la première pression est strictement supérieure à la deuxième pression.
9. Appareil selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, dans lequel le dispositif de circulation (30) est configuré pour faire circuler le fluide (21) de sorte que les première et deuxième pressions (P1, P2) soient inférieures ou égales à la pression extérieure exercée sur le bac (7) pendant l'irradiation du liquide polymérisable (3).
20
10. Appareil selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel le dispositif de circulation (30) comprend une ligne fluidique supplémentaire (91) reliée fluidiquement à la source (20), la ligne fluidique supplémentaire (91) comprenant une pompe (80) configurée pour faire circuler l'inhibiteur dans le fluide (21).
- 25 11. Appareil selon la revendication 10, dans lequel la pompe (80) est configurée pour injecter l'inhibiteur au sein du fluide (21) sous une pression supérieure ou égale à la pression extérieure.
12. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'indice de réfraction du fluide est égal à celui dudit au moins un élément séparateur (70).
- 30 13. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un support de séparateurs (203) placé entre la fenêtre (10) et le film (50), le support de séparateurs (203) présentant une première surface (G1) fixée à la fenêtre (10) et une deuxième surface (G2) sur laquelle est situé ledit au moins un élément séparateur (70) en regard du film (50).
- 35 14. Appareil selon la revendication précédente, dans lequel ledit au moins un élément séparateur (70) est rapporté sur la deuxième surface (G2).
15. Appareil selon la revendication 13, dans lequel le support de séparateur (203) et ledit au moins un élément séparateur (70) forment une pièce monobloc, de préférence ledit au moins un élément séparateur (70) vient de la matière de la deuxième surface (G2) du support de séparateurs (203).
40

16. Procédé pour former un objet tridimensionnel par fabrication additive couche par couche à partir d'un liquide polymérisable (3), le liquide polymérisable (3) étant configuré pour former un matériau polymérisé (4) sous l'effet d'une irradiation d'un rayonnement lumineux (5), le procédé comprenant une fourniture d'un appareil comprenant :
- 5 - un bac (7) configuré pour contenir le liquide polymérisable (3), le bac (7) comprenant des premier et deuxième orifices (25, 26) et une fenêtre (10) transparente au rayonnement lumineux (5) située entre les premier et deuxième orifices (25, 26) ;
 - un support de construction (8) sur lequel un objet tridimensionnel (2) est destiné à être formé, le support de construction (8) étant mobile de manière à déplacer une partie
10 du matériau polymérisé (4) afin de former l'objet tridimensionnel (2) ;
 - une source (20) d'un fluide (21) comprenant un inhibiteur de polymérisation du liquide polymérisable (3) ;
 - un circuit (22) pour une circulation du fluide (21), comprenant une première ligne
15 fluïdique (23) reliant fluïdiquement la source (20) au premier orifice (25) et une deuxième ligne fluïdique (24) reliant la source (20) au deuxième orifice (26) ; et
 - un film (50) situé entre la fenêtre (10) et le support (8), et comprenant une surface principale (F1) destinée à être en contact avec le liquide polymérisable (3), le film (50) étant perméable à l'inhibiteur pour laisser passer une partie de l'inhibiteur dans le
20 liquide polymérisable (3) ; et
 - l'appareil comporte au moins un élément séparateur (70) situé entre la fenêtre (10) et la surface principale (F1) du film (50) et configuré pour créer au moins un espacement (71) reliant fluïdiquement le premier orifice (25) au deuxième orifice (26), caractérisé en ce que le film (50) comprend une première partie fixée au bac (7) et une deuxième partie libre de mouvement par rapport au bac (7) de sorte que la deuxième partie du film (50)
25 peut se déplacer par rapport à la fenêtre (10), et en ce que le procédé comprend une circulation du fluide (21) au sein dudit au moins un espacement (71) et une irradiation du liquide polymérisable (3) par le rayonnement lumineux (5).
17. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le fluide (21) exerce une première pression (P1) dans la première ligne fluïdique (23) et une deuxième pression (P2) dans la deuxième ligne fluïdique (24), et la circulation comprend une mise en
30 pression du fluide (21) de sorte que les première et deuxième pressions (P1, P2) soient inférieures ou égales à une somme d'une pression extérieure exercée sur le bac (7) et d'une pression exercée par une hauteur de liquide polymérisable (3) contenu dans le bac (7), pendant l'irradiation du liquide polymérisable (3) par le rayonnement lumineux.
18. Procédé selon la revendication 17, dans lequel la circulation comprend une mise en
35 pression du fluide (21) de sorte que la première pression est strictement supérieure à la deuxième pression.
19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 et 18, dans lequel la circulation comprend une mise en pression du fluide (21) de sorte que les première et deuxième

- pressions (P1, P2) soient inférieures ou égales à la pression extérieure exercée sur le bac (7), pendant l'irradiation du liquide polymérisable (3) par le rayonnement lumineux.
20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, comprenant, après l'irradiation, un décollement de la couche polymérisée (4) du film (50), le décollement comprenant un éloignement du support de construction (8) de manière à augmenter une distance entre le support de construction (8) et la fenêtre (10).
21. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le décollement comprend un déplacement de la deuxième partie en translation selon un axe perpendiculaire à la surface principale (F1) du film (50).
22. Procédé selon la revendication précédente, l'appareil comprenant un support de séparateurs (203) placé entre la fenêtre (10) et le film (50), le support de séparateurs (203) présentant une première surface (G1) fixée à la fenêtre (10) et une deuxième surface (G2) sur laquelle est situé ledit au moins un élément séparateur (70) en regard du film (50).
23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, dans lequel le décollement comprend une mesure d'une variation d'une différence de pression entre les première et deuxième pressions (P1, P2) et l'éloignement comprend un déplacement du support de construction (8) par rapport à la fenêtre (10) en fonction de la variation mesurée.
24. Produit programme d'ordinateur, comprenant des instructions, qui lorsqu'elles sont effectuées par au moins un processeur, font que ledit au moins un processeur commande l'appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 de sorte que l'appareil exécute au moins le procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 23.

2 / 5

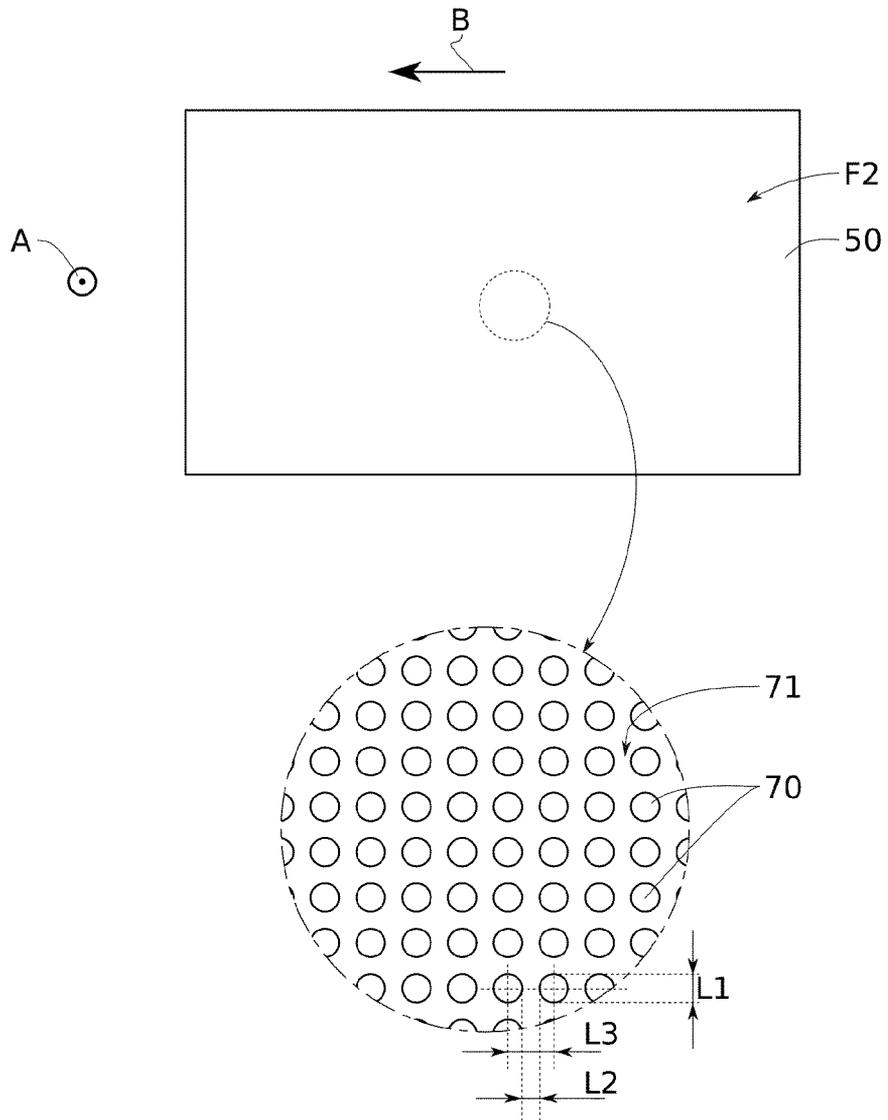


FIG. 2

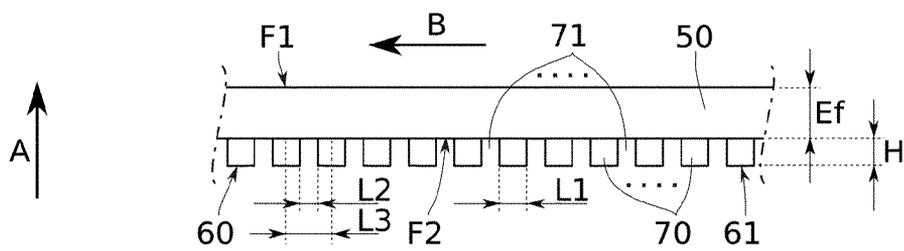


FIG. 3

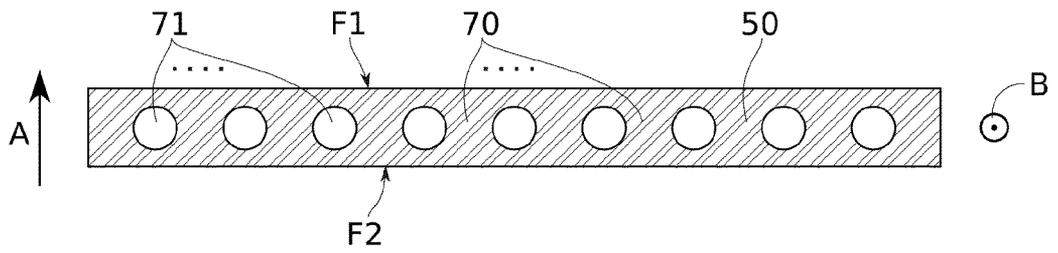


FIG. 4

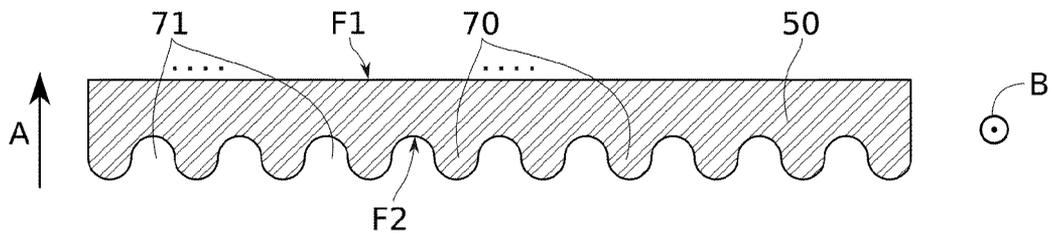


FIG. 5

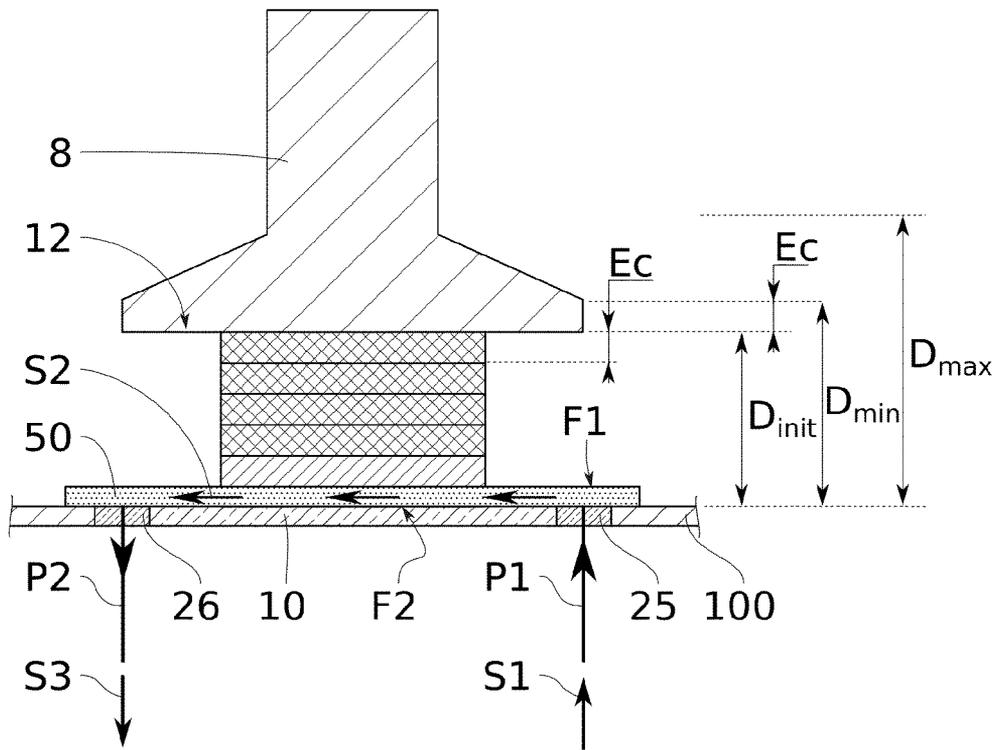


FIG. 6

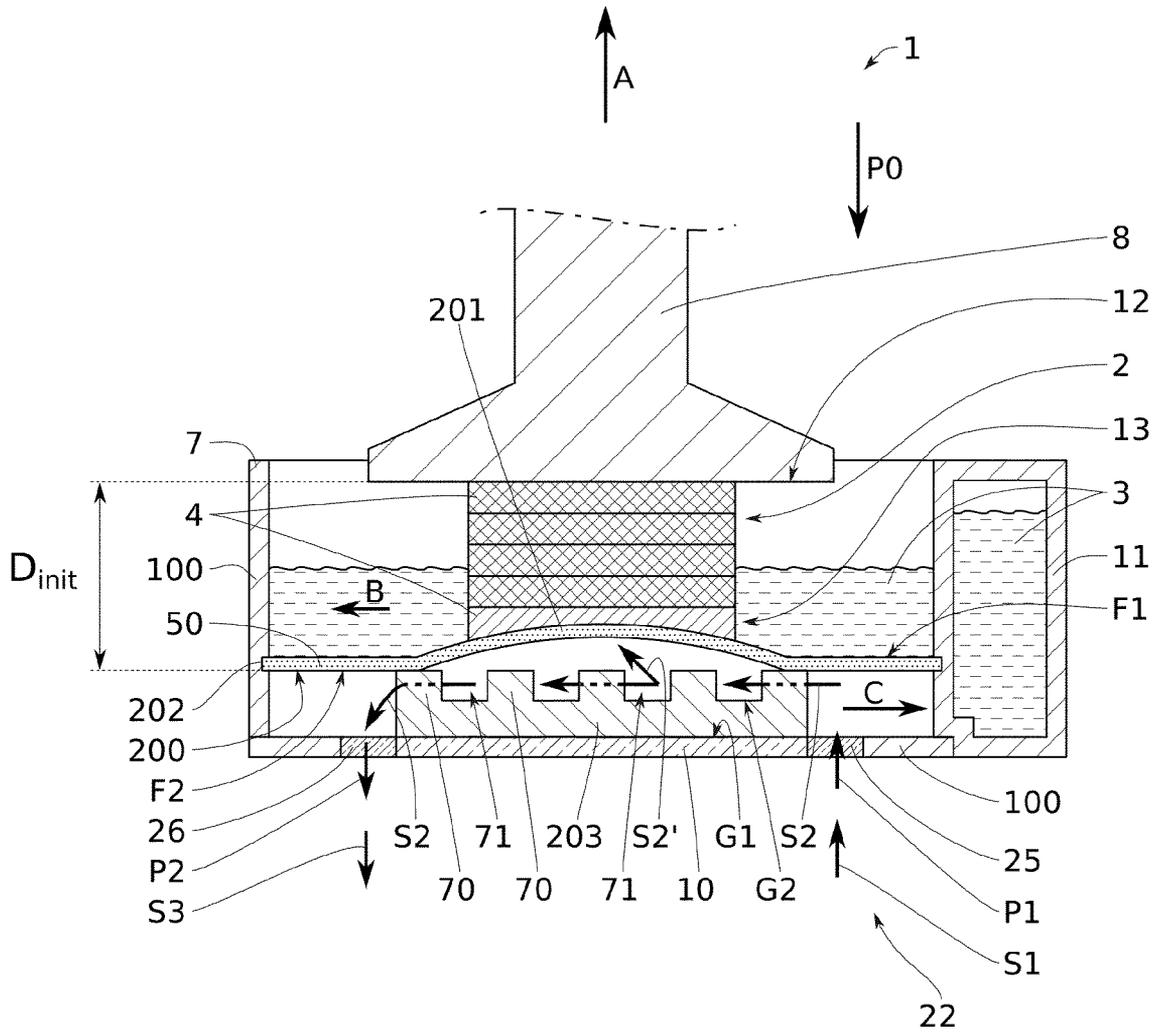


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/086470

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B29C 64/124</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/255</i> (2017.01)i; <i>B33Y 10/00</i> (2015.01)i; <i>B33Y 30/00</i> (2015.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B29C; B33Y		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2019099948 A1 (EL-SIBLANI ALI [US] ET AL) 04 April 2019 (2019-04-04) paragraph [0030] - paragraph [0045] paragraph [0055] - paragraph [0072] figures 1-6	1-5,7-22,24 6,23

<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 February 2024		Date of mailing of the international search report 14 March 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kreissl, Franz Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/086470

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2019099948	A1	04 April 2019	EP	3691902	A1	12 August 2020
				US	2019099947	A1	04 April 2019
				US	2019099948	A1	04 April 2019
				WO	2019070380	A1	11 April 2019

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2023/086470

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. B29C64/124 B29C64/255 B33Y10/00 B33Y30/00
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B29C B33Y

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	<p>US 2019/099948 A1 (EL-SIBLANI ALI [US] ET AL) 4 avril 2019 (2019-04-04) alinéa [0030] - alinéa [0045] alinéa [0055] - alinéa [0072] figures 1-6</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1-5, 7-22, 24 6, 23</p>

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28 février 2024

14/03/2024

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Kreissl, Franz

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2023/086470

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2019099948 A1	04-04-2019	EP 3691902 A1	12-08-2020
		US 2019099947 A1	04-04-2019
		US 2019099948 A1	04-04-2019
		WO 2019070380 A1	11-04-2019
