



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets ⁵ :</p> <p>G03C 9/08, B29C 39/42</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: WO 90/06540</p> <p>(43) Date de publication internationale: 14 juin 1990 (14.06.90)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR89/00602</p> <p>(22) Date de dépôt international: 23 novembre 1989 (23.11.89)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 88/15887 5 décembre 1988 (05.12.88) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 15, quai Anatole-France, F-75700 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement) : ANDRE, Jean-Claude [FR/FR]; 38 bis, rue Sellier, F-54000 Nancy (FR). CABRERA Miguel [FR/FR]; Résidence Corvées-Jolies, 15, allée de Bruxelles, F-54500 Vandoeuvre (FR). KARRER, Philippe [FR/FR]; 37, rue Henri-Deglin, F-54000 Nancy (FR).</p>		<p>(74) Mandataire: CABINET ORES; 6, avenue de Messine, F-75008 Paris (FR).</p> <p>(81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), CH (brevet européen), DE (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US.</p> <p>Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR THE MANUFACTURE OF A SOLID THREE-DIMENSIONAL PART BY THE PHOTOTRANSFORMATION OF AN ORGANIC LIQUID

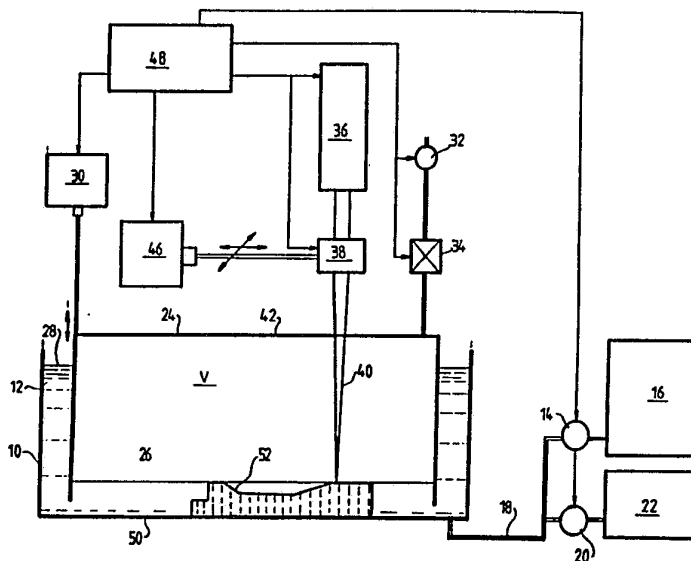
(54) Titre: PROCÉDE ET DISPOSITIF DE FABRICATION D'UNE PIÈCE SOLIDE TRIDIMENSIONNELLE PAR PHOTOTRANSFORMATION D'UN LIQUIDE ORGANIQUE

(57) Abstract

The invention concerns the manufacture of a three-dimensional part by focusing a laser beam (40) onto the free surface of an organic liquid in a bell or an inverted vessel (24) vertically displacable and associated with means (30, 34) for adjusting the quantity or the pressure of a neutral fluid in the bell (24), in order to vary the position of the free surface (26) and produce a solid part (52) through the solidification of successive strata from a bottom surface (50). The invention can be applied, in particular, to the manufacture of three-dimensional models.

(57) Abrégé

Fabrication d'une pièce tridimensionnelle par focalisation d'un faisceau laser (40) sur la surface libre (26) d'un liquide organique dans une cloche ou cuve retournée (24) déplaçable en translation verticale et associée à des moyens (30, 34) de réglage de la quantité ou de la pression d'un fluide neutre dans la cloche (24), pour faire varier la position de la surface libre (26) et réaliser une pièce solide (52) par solidification de strates successives depuis une surface de fond (50). L'invention s'applique notamment à la fabrication de modèles tridimensionnels.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	ES	Espagne	MG	Madagascar
AU	Australie	FI	Finlande	ML	Mali
BB	Barbade	FR	France	MR	Mauritanie
BE	Belgique	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Fasso	GB	Royaume-Uni	NL	Pays-Bas
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	NO	Norvège
BJ	Bénin	IT	Italie	RO	Roumanie
BR	Brésil	JP	Japon	SD	Soudan
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SE	Suède
CF	République Centrafricaine	KR	République de Corée	SN	Sénégal
CG	Congo	LI	Liechtenstein	SU	Union soviétique
CH	Suisse	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
CM	Cameroun	LJ	Luxembourg	TG	Togo
DE	Allemagne, République fédérale d'	MC	Monaco	US	Etats-Unis d'Amérique
DK	Danemark				

PROCEDE ET DISPOSITIF DE FABRICATION D'UNE PIECE SOLIDE
TRIDIMENSIONNELLE PAR PHOTOTRANSFORMATION D'UN LIQUIDE
ORGANIQUE

5 L'invention concerne un procédé et un dispositif de fabrication d'une pièce solide tridimensionnelle par phototransformation d'un liquide organique au moyen d'un faisceau lumineux, en particulier d'un faisceau laser.

10 On connaît déjà des procédés et dispositifs de ce type, fondés sur l'absorption monophotonique de la lumière par des photoamorceurs de polymérisation ou de réticulation contenus dans le liquide organique. L'absorption monophotonique suit en principe la loi de
15 BEER-LAMBERT, ce qui permet de former dans un plan, par solidification du liquide organique, une forme correspondant au déplacement sur la surface libre du liquide du point d'impact d'un faisceau lumineux, tel qu'un faisceau laser, focalisé sur cette surface libre.
20 En procédant par couches successives superposées, on peut donc former une pièce solide tridimensionnelle.

Dans les procédés et dispositifs connus, on enregistre en mémoire d'un système de traitement de l'information les caractéristiques géométriques de la
25 pièce à réaliser, dont le volume est par exemple décomposé en tranches parallèles successives à partir d'une surface de fond, et on commande le déplacement du point d'action du faisceau laser sur la surface libre du liquide organique de façon à lui faire balayer une
30 surface correspondant à une tranche de volume de la pièce. Lorsqu'une strate solide a été ainsi réalisée sur la surface libre du liquide organique, il faut déposer une nouvelle couche de liquide d'épaisseur déterminée sur cette strate, puis former la strate suivante de la pièce
35 par déplacement du point d'action du faisceau laser.

Pour obtenir une bonne précision

dimensionnelle de la pièce réalisée, il faut déposer successivement un nombre important de couches minces de liquide organique, ce qui peut conduire à des temps de réalisation très longs. De plus, le liquide organique est en général plus ou moins visqueux ou pâteux, ce qui peut ne pas faciliter un dépôt rapide de ces couches.

La présente invention a notamment pour but d'éviter cet inconvénient.

Elle a pour objet un procédé et un dispositif de fabrication d'une pièce solide tridimensionnelle par phototransformation d'un liquide organique au moyen d'un faisceau lumineux, en particulier d'un faisceau laser, qui ne fassent pas appel à des dépôts successifs de couches minces superposées de liquide organique.

Elle propose pour cela un procédé du type précité, consistant à décomposer le volume de la pièce à réaliser en tranches parallèles successives à partir d'une surface de fond, et à déplacer le point d'action du faisceau lumineux sur le liquide de façon à lui faire balayer, dans des plans ou niveaux de liquide successifs parallèles à partir d'une surface de fond, des surfaces correspondant auxdites tranches de volume de la pièce pour construire celle-ci par superposition de strates solides dans le liquide organique, caractérisé en ce qu'il consiste à former sur le trajet du faisceau lumineux un volume neutre de matière, traversé par le faisceau lumineux et comportant une interface réelle ou virtuelle avec le liquide dans laquelle se situe le point d'action du faisceau lumineux sur le liquide, et à déplacer ce volume neutre par rapport au liquide pour former lesdites strates solides et construire la pièce tridimensionnelle.

Comme le faisceau lumineux agit sur le liquide organique à l'interface entre ce liquide et le volume neutre précité, il suffit de déplacer cette interface dans le liquide organique pour former des strates solides

successives dans le liquide, ce qui est beaucoup plus rapide que le dépôt de couches d'épaisseur contrôlée d'un liquide organique visqueux ou pâteux. Il en résulte un gain de temps considérable pour la fabrication d'une
5 pièce solide tridimensionnelle.

Selon un premier aspect de l'invention, ce volume neutre est un volume de fluide, gazeux ou liquide, non miscible avec le liquide organique et ayant une densité inférieure ou égale à celle du liquide.

10 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, ce volume neutre est délimité par une cloche ou cuve retournée, dont les parois préférentiellement verticales plongent dans le liquide organique et qui est remplie partiellement du fluide précité, le procédé
15 consistant alors à déplacer le point d'impact du faisceau lumineux sur l'interface fluide-liquide dans ladite cloche ou cuve retournée, pour former une strate solide, et à déplacer ladite interface verticalement, pour former la strate suivante.

20 On peut pour cela déplacer verticalement la cloche ou cuve retournée ou faire varier la quantité et/ou la pression de fluide dans cette cloche ou cuve retournée.

Selon un autre mode de réalisation de
25 l'invention, ce procédé consiste à former, au sein du liquide, une bulle du fluide précité à l'extrémité de sortie d'un moyen, tel qu'une fibre optique, de transmission du faisceau lumineux.

Pour cela, on peut par exemple amener un cou-
30 rant continu de fluide à l'extrémité de la fibre optique, sous une surface de maintien d'un volume déterminé de fluide autour de l'extrémité de cette fibre optique.

On peut alors réaliser une pièce tridimensionnelle par solidification du liquide organique, en
35 déplaçant l'extrémité de la fibre optique dans un volume donné de liquide organique.

Selon un autre aspect de l'invention, le volume neutre précité est un volume du liquide organique, formé entre en une lentille de focalisation du faisceau lumineux et une zone où le faisceau est suffisamment
5 concentré ou focalisé pour provoquer la phototransformation du liquide organique.

Il suffit pour cela que le liquide organique absorbe peu le rayonnement lumineux, de telle sorte que sa phototransformation ne puisse être amorcée de façon
10 efficace qu'au point de focalisation du faisceau lumineux. On peut donc, dans ces conditions, fabriquer une pièce solide tridimensionnelle par déplacement dans le liquide organique d'une lentille de focalisation associée à l'extrémité d'une fibre optique de
15 transmission du faisceau lumineux.

Selon un troisième aspect de l'invention, le procédé consiste à solidifier, par action du faisceau lumineux, une faible épaisseur de liquide organique sur une surface correspondant à la surface extérieure de la
20 pièce à réaliser.

Dans certaines conditions, il est en effet possible de ne fabriquer qu'une enveloppe de la pièce à réaliser, pour obtenir une pièce creuse, et non pleine, ce qui réduit de façon très importante le temps de
25 fabrication.

L'invention propose également un dispositif de fabrication d'une pièce solide tridimensionnelle par phototransformation d'un liquide organique, en particulier par exécution du procédé précité, ce
30 dispositif comprenant une source lumineuse, telle qu'un générateur laser, un réservoir de liquide organique polymérisable ou réticulable sous l'action du faisceau lumineux émis par la source, des moyens de transmission optique du faisceau et des moyens de déplacement du point
35 d'action du faisceau, sous commande d'un système de traitement de l'information dans lequel ont été

enregistrées des données relatives à la forme de la pièce à fabriquer, et étant caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour former un volume neutre de matière sur le trajet du faisceau lumineux, présentant une interface
5 avec le liquide organique dans laquelle se trouve le point d'action du faisceau sur le liquide, et des moyens pour déplacer ladite interface et donc le point d'action du faisceau lumineux par rapport au liquide.

Dans une première forme de réalisation, ce
10 dispositif comprend une cuve ou cloche retournée dont les bords sont plongés dans le liquide organique et qui contient un fluide non miscible avec ce liquide et de densité inférieure ou égale, ladite cuve ou cloche ayant un fond transparent au faisceau lumineux, des moyens de
15 déplacement du faisceau lumineux à travers le fond transparent selon deux axes horizontaux perpendiculaires, et des moyens de déplacement de la cuve selon un axe vertical.

Ce dispositif comprend également des moyens de
20 réglage de la quantité et/ou de la pression de fluide à l'intérieur de ladite cuve ou cloche.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, ce dispositif comprend un moyen, tel qu'une fibre optique, de transmission du faisceau lumineux, et
25 des moyens pour former à l'extrémité de sortie de ladite fibre une bulle de fluide non miscible au liquide organique et de densité égale ou inférieure.

Selon encore une autre forme de réalisation, le dispositif comprend un moyen, tel qu'une fibre
30 optique, de transmission du faisceau lumineux et une lentille de focalisation montée à l'extrémité de sortie de cette fibre optique. Des moyens de déplacement de cette fibre optique dans trois directions perpendiculaires sont prévus.

35 Dans la description qui suit, faite à titre d'exemple, on se réfère aux dessins annexés, dans

lesquels:

la figure 1 représente schématiquement un dispositif de fabrication d'une pièce solide tridimensionnelle, selon un premier mode de réalisation de
5 l'invention,

la figure 2 représente schématiquement des moyens de déplacement rapide du point d'action du faisceau lumineux sur la surface du liquide organique,

la figure 3 est une vue schématique partielle
10 d'une variante de réalisation du dispositif de l'invention,

les figures 4 et 5 représentent deux formes de réalisation de ce dispositif.

On se réfère tout d'abord à la figure 1,
15 représentant schématiquement un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, pour la fabrication d'une pièce tridimensionnelle par phototransformation d'un liquide organique au moyen d'un faisceau lumineux.

20 Le dispositif comprend essentiellement une cuve 10 remplie d'un liquide organique approprié 12 au moyen d'une pompe 14 associée à un réservoir 16 de liquide organique et reliée à la cuve 12 par un conduit 18. Une pompe 20 associée à un réservoir 22 de liquide de
25 rinçage, est reliée à la cuve 10 par le conduit 18 et permet de nettoyer la cuve après utilisation. Des vannes, non représentées, sont prévues sur le conduit 18 pour isoler la cuve 10 des pompes 14 et 20.

Une cloche ou cuve retournée 24, à section par
30 exemple circulaire, carrée ou rectangulaire, est plongée dans le liquide 12 et contient un volume V d'un gaz, tel que de l'air, ou d'un liquide, non miscible avec le liquide organique 12 et ayant une densité inférieure ou
égale à celle de ce liquide. En fonction de la quantité
35 et/ou de la pression du fluide dans la cloche 24 et de la position verticale de cette cloche, la surface libre 26

du liquide dans la cloche 24 peut être à un niveau inférieur à celui de la surface libre 28 de ce liquide dans le reste de la cuve 10, ou bien au même niveau, ou encore à un niveau supérieur.

5 La cloche 24 est donc montée mobile en translation verticale sur des moyens de guidage non représentés, et est déplacée par des moyens moteurs 30, tels qu'un moteur électrique, associés à des moyens mécaniques de transmission de mouvement par exemple du
10 type à engrenages ou à vis sans fin.

Par ailleurs, une pompe 32 associée à une vanne de fermeture 34 permet de régler la pression ou la quantité de fluide, par exemple d'air ou d'azote, dans la cloche 24.

15 Une source lumineuse, par exemple un générateur laser 36, est associée avantageusement à un système optique 38 de transmission et de focalisation du faisceau laser 40, qui en sortie du système 38, est orienté verticalement et traverse le fond 42 de la cloche
20 24. Bien entendu, ce fond est réalisé en une matière au moins partiellement transparente au faisceau laser utilisé.

Le système optique 38 est lui-même associé à des moyens 46 permettant de déplacer le faisceau laser
25 et/ou le système 38 dans un plan horizontal, selon deux axes horizontaux perpendiculaires, et peut comprendre des moyens pour régler la convergence du faisceau laser 40.

Un système 48 de traitement de l'information, comprenant au moins des mémoires et un micro-processeur,
30 commande le fonctionnement du dispositif, et notamment les pompes 14 et 20 et leurs vannes associées, les moyens moteurs 30 de déplacement vertical de la cloche 24, la pompe 32 et la vanne de fermeture 34, le générateur laser 36 et le système optique de transmission et de
35 focalisation 38, et les moyens 46 de déplacement du faisceau laser.

Ce dispositif fonctionne de la façon suivante

:

les caractéristiques géométriques de la pièce à réaliser sont enregistrées dans la mémoire du système informatique 48, qui est programmé par exemple de façon à pouvoir reconstruire la pièce par tranches de volume ou strates horizontales successives à partir d'une surface inférieure déterminée de façon à ce que la pièce à construire soit dans une position d'équilibre stable lorsqu'elle repose par cette surface sur un support.

La cuve 10 est remplie de liquide organique 12, la cloche 24 est immergée partiellement dans ce liquide en étant remplie d'un fluide tel que l'air, dont la pression est réglée pour que la surface libre 26 du liquide organique dans la cloche 24 se trouve à la hauteur prévue par rapport au fond 50 de la cuve 10.

Le système informatique 48 permet alors de commander le générateur laser 36 et les moyens de déplacement et de focalisation du faisceau laser 40 pour former, sur le fond 50 de la cuve 10 ou sur un support posé sur le fond de cette cuve, une strate solide correspondant à une première tranche de volume de la pièce à réaliser. Pour réaliser la strate suivante, il suffit de remonter verticalement la cloche 24 sur la distance voulue et/ou de régler la pression de fluide dans la cloche 24.

On peut ainsi réaliser une pièce solide 52 par phototransformation du liquide organique à sa surface libre 26 dans la cloche 24, plus rapidement que s'il fallait déposer une à une des couches successives de liquide organique d'épaisseur déterminée.

On se réfère maintenant à la figure 2, qui représente schématiquement un mode de réalisation possible des moyens 38 de transmission du faisceau laser.

Ces moyens comprennent essentiellement deux miroirs 54 et 56, dont l'un est monté à rotation autour

d'un axe vertical 58 et dont l'autre est monté à rotation autour d'un axe horizontal 60, les deux miroirs 54, 56 étant positionnés de telle sorte que le faisceau laser 40 est réfléchi successivement par le miroir 54, puis par le miroir 56 pour arriver finalement sur la surface libre 26 du liquide organique. La rotation du premier miroir 54 autour de l'axe 58 permet de déplacer le point d'impact du faisceau laser selon l'axe x, tandis que la rotation du second miroir 56 autour de l'axe horizontal 60 permet de déplacer ce point d'impact selon l'axe y. Les rotations combinées de ces deux miroirs permettent donc de déplacer le point d'impact du faisceau laser sur la surface libre 26 selon toute trajectoire désirée, de façon très rapide, avec une inertie faible, et donc avec une précision élevée et des possibilités d'accélération importantes.

Par ailleurs, un système optique 60 peut être placé sur le trajet du faisceau laser, par exemple en amont des miroirs 54 et 56, pour focaliser le faisceau laser et corriger la variation de la distance entre le point d'impact du faisceau laser sur la surface libre 26 et les axes de rotation des miroirs 58 et 60.

Selon les cas, ce système optique 60 peut être constitué d'une ou de plusieurs lentilles 62 équivalentes à une lentille fixe par rapport aux miroirs et de grande distance focale, permettant d'avoir une grande profondeur de champ pour la position du point d'impact du faisceau laser sur la surface libre 26.

En variante, on peut placer, après les miroirs 54 et 56, une ou plusieurs lentilles équivalentes à une lentille anamorphique fixe, qui donne une focalisation constante en plan image du point d'impact du faisceau laser sur la surface libre 26.

On pourrait également utiliser des lentilles déplaçables sur l'axe optique avec un mouvement asservi à celui des miroirs 54 et 56.

10

Le déplacement du point d'impact du faisceau laser sur de petites distances est ainsi assuré par les rotations combinées des miroirs 54 et 56, qui peuvent être elles-mêmes superposées à un déplacement d'ensemble du système 38 dans un plan parallèle à la surface libre 26, grâce aux moyens moteurs 46 de la figure 1.

On a représenté schématiquement dans les figures 3 à 5 les caractéristiques essentielles d'autres modes de réalisation de l'invention.

10 Ces modes de réalisation diffèrent de celui de la figure 1 en ce que le volume neutre traversé par le faisceau laser et formant une interface avec le liquide organique, est de très faible volume. Dans ces conditions, ce volume neutre V peut être formé à 15 l'extrémité d'un tube vertical associé à des moyens 68 permettant de le déplacer le long de deux axes horizontaux perpendiculaires et d'un axe vertical. Ce tube 66 contient un moyen 70 de transmission du faisceau laser, par exemple une fibre optique, dont l'extrémité 20 débouche dans le volume neutre V et est orientée verticalement.

Dans une première forme de réalisation représentée en figure 4, le volume neutre V formé à l'extrémité inférieure du tube 66 est une bulle 72 de gaz 25 ou de liquide non miscible avec le liquide organique et ayant une densité inférieure ou égale, qui est amené à l'extrémité inférieure du tube 66 par un ou plusieurs conduits 74, avec un débit sensiblement continu, l'extrémité inférieure du tube 66 pouvant être conformée 30 de façon à retenir partiellement la bulle 72.

Le faisceau laser 40 transmis par la fibre optique 70 traverse cette bulle 72 et agit sur le liquide organique, à l'interface bulle-liquide.

Dans la variante de réalisation de la figure 35 5, l'extrémité inférieure du tube 66 porte une lentille 76 de focalisation du faisceau laser 40. Le liquide

organique utilisé est relativement peu sensible au rayonnement laser, qui ne déclenche la polymérisation ou la réticulation de ce liquide que s'il est focalisé, en d'autres termes si la densité d'énergie par unité de surface est suffisamment importante. Dans ce cas, le volume neutre V est formé par un volume de liquide organique, traversé par le faisceau laser 40, entre la lentille de focalisation 76 et le point de focalisation du faisceau laser.

Le rayonnement utilisé et le liquide organique phototransformable sont bien entendu adaptés l'un à l'autre. On peut utiliser des générateurs lasers qui émettent dans le domaine visible, l'ultra-violet ou l'infrarouge, mais de préférence dans l'ultra-violet, qui est le domaine d'absorption de la plupart des amorceurs de polymérisation. Ces derniers peuvent être des amorceurs de polymérisation radicalaire, telle que la benzoïne et ses dérivés, l'acétophénone et ses dérivés, le thioxanthone et ses dérivés, les quinones, les peroxydes, les composés soufrés, les composés azotés, les composés métalliques, les composés phosphorés, etc... On peut également utiliser des amorceurs de polymérisation cationique tels que les sels de triarylsulfonium et diaryliodonium par exemple. Certains de ces amorceurs peuvent être excités dans le domaine visible, avec une addition éventuelle de sensibilisateurs qui permettent d'augmenter l'efficacité de l'amorçage de la réaction, ou même dans le domaine infrarouge. On peut utiliser comme sensibilisateurs : la benzophénone et ses dérivés, les amino-benzoates, l'anthracène, le pérylène, la phéno-thiazine.

Les liquides organiques utilisables peuvent être des monomères unifonctionnels ou des monomères polyfonctionnels. Les monomères unifonctionnels polymérisent par réactions en chaînes droites sous l'effet du rayonnement, tandis que les monomères polyfonctionnels polyméri-

sent par réaction avec branchements ou par réticulation.

Lorsqu'on utilise un monomère polyfonctionnel, plus l'intensité du rayonnement laser est importante, plus la dureté du matériau solidifié est élevée.

5 Pour les réactions radicalaires, on peut
utiliser par exemple des monomères acryliques,
méthacryliques, vinyliques et allyliques, et des
oligomères de la famille des polyesters insaturés, des
polyesters acryliques, des diols acrylates, des
10 époxyacrylates, des polyéthers acrylates, des
polybutadiènes diacrylates, des polyuréthanes
diacrylates, des thiols, ou encore des vinylcinnamates.

Les monomères qui polymérisent par ouverture
de cycles peuvent donner des pièces solides ayant des
15 retraits très faibles. On peut par exemple utiliser des
époxydes cycloaliphatiques dérivés de l'oxyde de
cyclohexène, ou bien des dérivés de la famille des
spiroorthocarbonates, des orthoesters bicycliques ou
encore des spiroorthocarbonates.

20 Les générateurs lasers utilisés sont des géné-
rateurs discontinus ou continus, tels que des lasers à
excimères, des lasers YAG triplés ou quadruplés, des
lasers à argon ou à krypton ionisés, des lasers hélium-
cadmium, ou des lasers à vapeurs métalliques.

REVENDEICATIONS

1) Procédé de fabrication d'une pièce solide tridimensionnelle par phototransformation de liquide organique au moyen d'un faisceau lumineux, en particulier d'un faisceau laser, consistant à décomposer le volume de la pièce en tranches parallèles successives à partir d'une surface de fond, et à déplacer le point d'action du faisceau lumineux sur le liquide de façon à lui faire balayer, dans des plans ou niveaux de liquide successifs parallèles à partir d'une surface de fond, des surfaces correspondant auxdites tranches de volume de la pièce, pour construire celles-ci par superposition de strates solides dans le liquide organique, caractérisé en ce qu'il consiste à former, sur le trajet du faisceau lumineux (40), un volume neutre V de matière, traversé par ledit faisceau et comportant une interface réelle ou virtuelle (26,72) avec le liquide (12), dans laquelle se situe le point d'action du faisceau lumineux sur le liquide, et à déplacer ce volume neutre V par rapport au liquide pour former lesdites strates solides et construire la pièce tridimensionnelle (52).

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit volume neutre V est un volume de fluide, gazeux ou liquide, non miscible avec le liquide organique et ayant une densité inférieure ou égale à celle de ce liquide.

3) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il consiste à délimiter ledit volume V par une cloche ou cuve retournée (24) dont les parois plongent dans le liquide organique (12) et qui est remplie partiellement du fluide précité, à déplacer le point d'impact du faisceau lumineux (40) sur l'interface (26) du fluide-liquide dans ladite cloche ou cuve retournée (24), et à déplacer verticalement ladite interface (26).

4) Procédé selon la revendication 3, caracté-
risé en ce qu'il consiste à déplacer verticalement ladite
cloche ou cuve retournée (24), et/ou à faire varier la
quantité et/ou la pression de fluide dans cette cloche ou
5 cuve retournée (24), pour faire varier la position verti-
cale de l'interface (26).

5) Procédé selon la revendication 2, caracté-
risé en ce qu'il consiste à former, au sein du liquide
(12), une bulle (72) dudit fluide à l'extrémité de sortie
10 d'un moyen, tel qu'une fibre optique (70), de
transmission du faisceau lumineux (40).

6) Procédé selon la revendication 5, caracté-
risé en ce qu'il consiste à amener un courant continu de
fluide à l'extrémité de ladite fibre optique (70), sous
15 une surface de maintien d'un volume de fluide autour de
l'extrémité de la fibre optique (70).

7) Procédé selon la revendication 1, caracté-
risé en ce que le volume neutre V est un volume du
liquide organique (12) précité, formé entre une lentille
20 (76) de focalisation du faisceau lumineux et une zone où
le faisceau est suffisamment concentré ou focalisé pour
provoquer la phototransformation du liquide organique.

8) Procédé selon l'une des revendications pré-
cédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à solidifier,
25 par action du faisceau lumineux (40), une faible
épaisseur de liquide organique sur une surface
correspondant à la surface extérieure de la pièce (52) à
réaliser.

9) Dispositif de fabrication d'une pièce
30 solide tridimensionnelle par phototransformation d'un
liquide organique, en particulier par exécution du
procédé selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant
une source lumineuse, telle en particulier qu'un
générateur laser (36), un réservoir (10) de liquide
35 organique polymérisable ou réticulable sous l'action du
faisceau lumineux émis par la source (36), des moyens

(38) de transmission optique du faisceau et des moyens (46) de déplacement du point d'action du faisceau, sous commande d'un système (48) de traitement de l'information dans lequel ont été enregistrées des données relatives à la forme de la pièce à fabriquer, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour former un volume neutre V de matière sur le trajet du faisceau lumineux (40), présentant une interface (26,72) avec le liquide organique dans laquelle se trouve le point d'action du faisceau sur le liquide, et des moyens (30,32,34,68) pour déplacer ladite interface et donc le point d'action du faisceau lumineux (40) par rapport au liquide organique.

10
15
20
25
30
35

10) Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend une cuve ou cloche retournée (24) dont les bords sont plongés dans le liquide organique (12) et qui contient un fluide non miscible avec le liquide et de densité inférieure ou égale, ladite cuve ou cloche (24) ayant un fond (42) transparent au faisceau lumineux, des moyens (38,46) de déplacement du faisceau lumineux à travers le fond transparent de la cuve selon deux axes horizontaux perpendiculaires, et des moyens (30) de déplacement de la cuve selon un axe vertical.

11) Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend également des moyens (32,34) de réglage de la quantité et/ou de la pression de fluide à l'intérieur de ladite cloche (24).

12) Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen, tel qu'une fibre optique (70), de transmission du faisceau lumineux et des moyens (74) pour former, à l'extrémité de sortie de ladite fibre, une bulle (72) de fluide non miscible au liquide organique et de densité inférieure ou égale.

13) Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (74) pour amener un débit sensiblement continu du fluide sous une

16

surface gauche entourant ladite extrémité de la fibre optique et délimitant partiellement la cuve (72).

14) Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen, tel qu'une
5 fibre optique (70), de transmission du faisceau lumineux et une lentille (76) de focalisation montée à l'extrémité de sortie de ladite fibre optique.

15) Dispositif selon l'une des revendications
12 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (68)
10 de déplacement de ladite fibre optique (70) dans trois directions perpendiculaires.

FIG.1

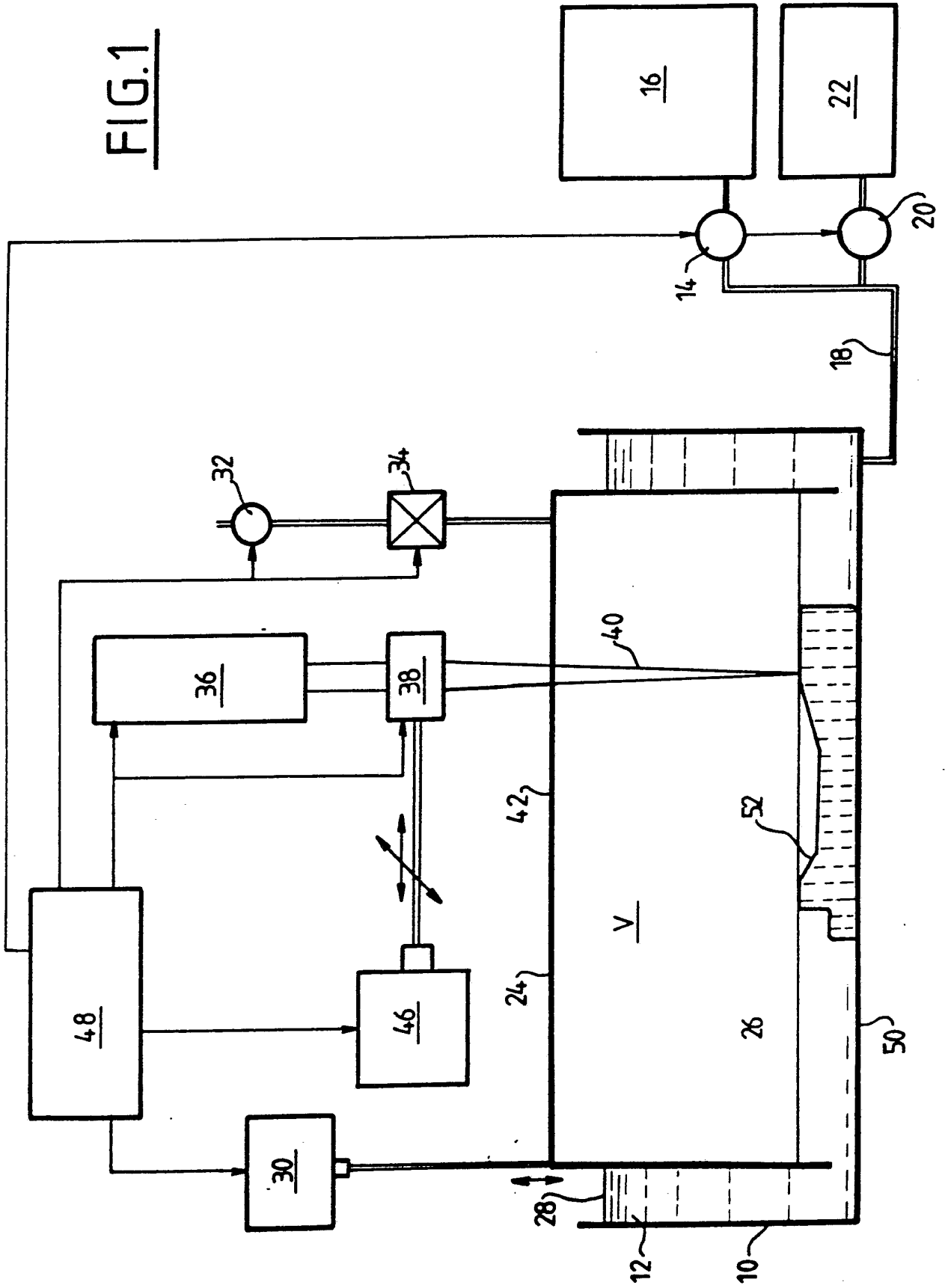


FIG.2

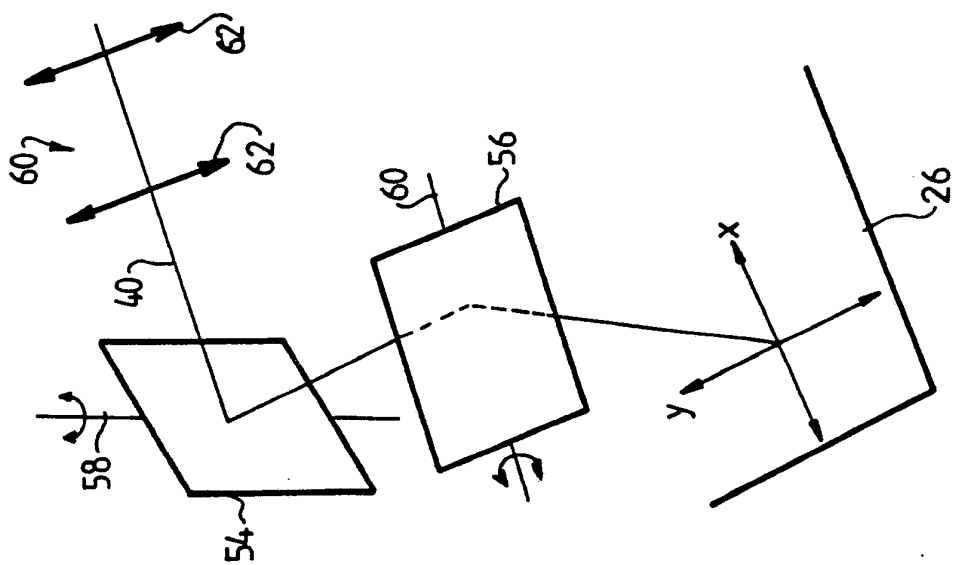


FIG.3

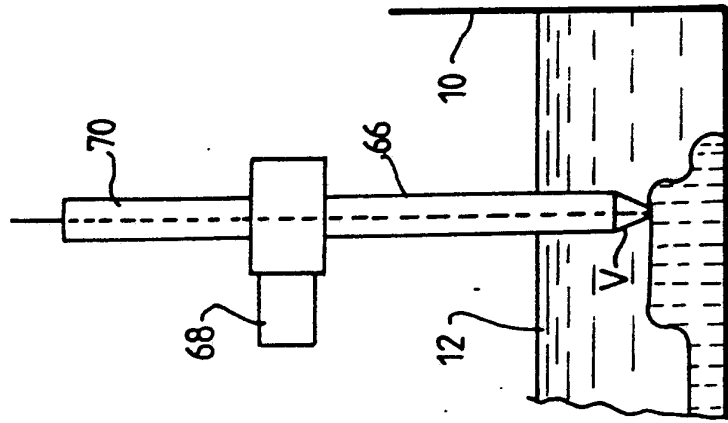


FIG.4

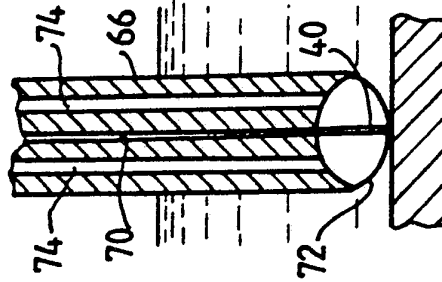
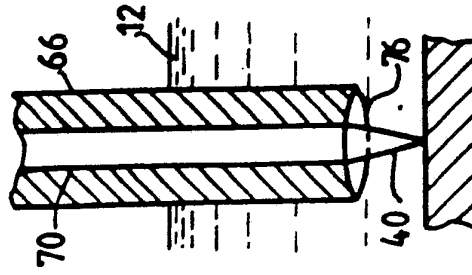


FIG.5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 89/00602

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. ⁵ G 03 C 9/08, B 29 C 39/42		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int. Cl. ⁵	B 01 J, B 29 C, C 08 F, G 03 C	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	US, A, 4752498 (E.V. FUDIM) 21 June 1988, see abstract; fig. 1; column 2, lines 13-34; column 3, line 20 - column 4, line 6; column 5, lines 9-27	1,9
A	EP, A, 0171069 (UVP) 12 February 1986, see abstract; page 15, lines 25-32; page 20, lines 19-34; fig. 6	1,9
A	FR, A, 2567668 (CILAS ALCATEL) 17 January 1986, see abstract; page 1, line 29 - page 2, line 35; figs. 1-4	1,5,9,12,15
A	Chemical Patents Index, Basic Abstracts Journal, week 8628, 3 September 1986, section A, Derwent Publ. Ltd (Londres, GB) see abstract No. 86-180928/28, fig. & JP, A, 61116320 (FUJITSU LTD) 9 November 1984	1,9

<p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
2 March 1990 (02.03.90)	28 March 1990 (28.03.90)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

FR 8900602

SA 32758

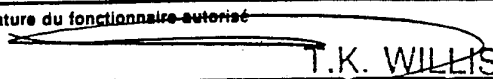
This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 19/03/90. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 4752498	21-06-88	EP-A- 0351413 WO-A- 8806494	24-01-90 07-09-88
EP-A- 0171069	12-02-86	US-A- 4575330	11-03-86
FR-A- 2567668	17-01-86	None	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N°

PCT/FR 89/00602

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
CIB ⁵ : G 03 C 9/08, B 29 C 39/42		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ		
Documentation minimale consultée ⁸		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB ⁵	B 01 J, B 29 C, C 08 F, G 03 C	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁹		
III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS ¹⁰		
Catégorie [*]	Identification des documents cités, ¹¹ avec indication, si nécessaire, des passages pertinents ¹²	N° des revendications visées ¹³
A	US, A, 4752498 (E.V. FUDIM) 21 juin 1988, voir résumé; figure 1; colonne 2, lignes 13-34; colonne 3, ligne 20 - colonne 4, ligne 6; colonne 5, lignes 9-27 --	1,9
A	EP, A, 0171069 (UVP) 12 février 1986, voir résumé; page 15, lignes 25-32; page 20, lignes 19-34; figure 6 --	1,9
A	FR, A, 2567668 (CILAS ALCATEL) 17 janvier 1986, voir résumé; page 1, ligne 29 - page 2, ligne 35; figures 1-4 --	1,5,9,12,15
A	Chemical Patents Index, Basic Abstracts Journal, semaine 8628, 3 septembre 1986, section A, Derwent Publ. Ltd (Londres, GB) voir résumé no. 86-180928/28, figure & JP, A, 61116320 (FUJITSU LTD) 9 novembre 1984 -----	1,9
<p>[*] Catégories spéciales de documents cités: ¹¹</p> <p>« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>« 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)</p> <p>« O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>« P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à 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</p> <p>« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>« 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.</p> <p>« & » document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
2 mars 1990	28. 03. 90	
Administration chargée de la recherche internationale	Signature du fonctionnaire autorisé	
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	 T.K. WILLIS	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 8900602
SA 32758

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 19/03/90
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US-A- 4752498	21-06-88	EP-A- 0351413 WO-A- 8806494	24-01-90 07-09-88
EP-A- 0171069	12-02-86	US-A- 4575330	11-03-86
FR-A- 2567668	17-01-86	Aucun	

EPO FORM P0472