



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **93440056.5**

(51) Int. Cl.⁵ : **C23C 4/02**

(22) Date de dépôt : **21.07.93**

(30) Priorité : **23.07.92 FR 9209277**

(43) Date de publication de la demande :
26.01.94 Bulletin 94/04

(84) Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES GB GR IE IT LI NL PT SE

(71) Demandeur : **INSTITUT POLYTECHNIQUE DE SEVENANS** (Etablissement Public à caractère scientifique, culturel et professionnel)
Château de Sevenans
F-90010 Belfort Cédex (FR)

(71) Demandeur : **IREPA LASER** Institut Régional de Promotion de la Recherche Appliquée
21 rue du Havre
F-67100 Strasbourg (FR)

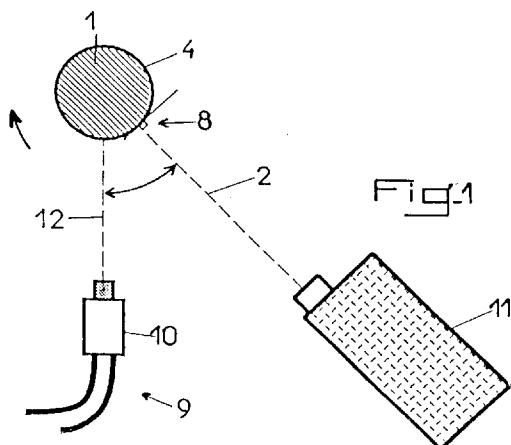
(72) Inventeur : **Coddet, Christian Louis Michel**
19 Fb. de Belfort
90200 Giromagny (FR)
Inventeur : **Marchione, Thierry**
1 Place des Lilas
67150 Osthause (FR)

(74) Mandataire : **Nuss, Pierre et al**
10, rue Jacques Kablé
F-67080 Strasbourg Cédex (FR)

(54) **Procédé de préparation et de revêtement de surface et dispositif pour la mise en oeuvre dudit procédé.**

(57) La présente invention concerne un procédé de préparation et de revêtement de surface et un dispositif pour la mise en oeuvre dudit procédé.

Procédé de préparation et de revêtement de surface de sujets, par projection thermique sous atmosphère normale ou contrôlée, caractérisé en ce qu'il consiste essentiellement à soumettre progressivement la surface à traiter d'un sujet à une irradiation laser (2), entraînant une élimination totale ou partielle du film contaminant superficiel et une modification de la morphologie de la surface sous-jacente du sujet (1), et à projeter, par l'intermédiaire d'un dispositif de projection thermique (9), le matériau d'apport sur la zone de surface ainsi préparée, immédiatement après ladite préparation et en synchronisme avec cette dernière, de sorte qu'en cas de maintien permanent de l'action du laser pendant la projection du dépôt, la préparation successive des surfaces de chaque couche constituant le dépôt permettra l'amélioration des propriétés du dépôt.



La présente invention concerne le domaine des traitements de surface, plus particulièrement celui des dépôts superficiels, et a pour objet un procédé de préparation et de revêtement de surface ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre dudit procédé.

Lors d'un traitement de couverture d'un substrat ou subjectile par l'intermédiaire d'un dépôt, les propriétés superficielles du subjectile et la qualité de l'interface entre la surface dudit subjectile et le matériau du dépôt jouent un rôle primordial dans la tenue mécanique et l'adhérence dudit dépôt.

Ceci est particulièrement vérifié dans le cas d'une application du dépôt au moyen d'une projection thermique, par exemple par plasma d'arc soufflé ou par chalumeau.

Actuellement, il existe principalement deux types de préparations d'une surface en vue d'un dépôt, à savoir les gammes de préparation de surface et les procédés d'amélioration de l'aspect géométrique de surface, les deux types de préparations étant appliqués dans le cadre d'un revêtement par projection thermique.

Les gammes de préparation de surface usuelles comprennent généralement, d'une part, un premier dégraissage grossier, d'autre part, une préparation de surface mécanique au moyen d'outils ou de matériaux abrasifs supportés (polisseuses), en suspension (tonnelage, vibrage) ou projetés (sablage, grenaillage) et, enfin, un second dégraissage complémentaire.

Néanmoins, ces différentes opérations nécessitent chacune une installation particulière correspondante, avec adaptation éventuelle de chaque installation à l'état du subjectile à dégraisser et aux propriétés superficielles requises.

De plus, les opérations mécaniques de préparation de surface provoquent sur certains matériaux un enchaînement de particules au niveau de la surface, néfaste pour les propriétés ultérieures du dépôt sur le subjectile ou substrat, ainsi qu'une déformation de ces derniers lorsqu'ils sont de faible épaisseur.

Par ailleurs, certains matériaux, tels que le titane, l'aluminium ou leurs alliages, présentent une très grande affinité pour l'oxygène et se ré-oxydent très rapidement après une préparation de surface mécanique. Ainsi, le temps nécessaire à l'installation du subjectile préparé, sans tenir compte du temps nécessaire à l'extraction dudit subjectile de l'installation de préparation mécanique et à son transport vers l'installation de projection thermique, est en lui-même déjà suffisant pour aboutir, sous atmosphère ambian-
te, à la formation d'une couche d'oxyde, certes de faible épaisseur, mais toutefois néfaste pour la tenue mécanique et l'adhérence du dépôt appliqué ultérieurement.

La présente invention a notamment pour but de pallier les inconvénients précités et, au-delà, peut permettre la poursuite de cette approche au cours du

processus de revêtement.

A cet effet, elle a pour objet un procédé de préparation et de revêtement de surface de subjectiles, ledit revêtement étant réalisé par projection thermique sous atmosphère normale ou contrôlée, caractérisé en ce qu'il consiste essentiellement à soumettre progressivement la surface à traiter d'un subjectile à une irradiation laser, entraînant une élimination totale ou partielle du film contaminant superficiel et une modification de la morphologie de la surface sous-jacente du subjectile, et à projeter, par l'intermédiaire d'un dispositif de projection thermique, le matériau d'apport sur la zone de surface ainsi préparée, immédiatement après ladite préparation et en synchronisme avec cette dernière, de sorte qu'en cas de maintien permanent de l'action du laser pendant la projection du dépôt, la préparation successive de la surface de chaque couche constituant le dépôt permettra l'amélioration des propriétés du dépôt.

20 L'invention a également pour objet un dispositif de préparation et de revêtement de surface pour la mise en oeuvre du procédé précité, caractérisé en ce qu'il est principalement constitué, d'une part, par un dispositif de projection thermique, par exemple à torche à plasma, d'autre part, par un dispositif de génération de rayon laser impulsif, et, enfin, par un dispositif de support et de déplacement contrôlé du subjectile à traiter, la zone d'impact du rayon laser sur le subjectile étant soit confondue avec la zone d'impact du faisceau de projection du matériau de dépôt, soit disposée adjacente à cette dernière dans une direction opposée à la direction de déplacement du sub-
jectile.

35 L'invention sera mieux comprise grâce à la description ci-après, qui se rapporte à un mode de réalisation préféré, donné à titre d'exemple non limitatif, et expliqué avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

40 la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif de préparation de surface et de revêtement de surface conforme à l'invention ;
la figure 2 est une vue en coupe d'un subjectile soumis au procédé de préparation selon l'invention, et
45 la figure 3 est une vue analogue à celle de la figure 2 représentant le procédé de revêtement de surface selon l'invention.

Conformément à l'invention, le procédé de préparation et de revêtement de surface consiste essentiellement à soumettre progressivement la surface à traiter d'un subjectile à une irradiation laser 2, entraînant une élimination totale ou partielle du film contaminant 3 superficiel et une modification de la morphologie de la surface 4 sous-jacente du subjectile 1, et à projeter, par l'intermédiaire d'un dispositif de projection thermique 9, le matériau d'apport 5 sur la zone de surface 6 préparée, immédiatement après ladite opération de préparation et en synchronisme avec cette dernière.

L'action du rayon laser 2 incident sur la surface du sujetile 1 recouverte d'un film 3 de matières contaminantes résulte en trois phénomènes distincts, à savoir, d'une part, un effet thermique simple, d'autre part, une vaporisation d'une partie au moins du film contaminant 3 créant un plasma de matériaux vaporisés présentant des vitesses d'éjection importantes, et, enfin, une onde de choc induite par l'expansion naturelle du plasma.

De plus, le plasma de vapeurs de matériaux induit une onde de choc de compression, de la surface de la partie du film contaminant 3 restante vers le cœur du sujetile 1, ladite onde de compression étant réfléchie au niveau de l'interface film contaminant 3 - surface 4 du sujetile 1 et provoquant ainsi un décollement, une fracturation et une expulsion de la partie restante dudit film contaminant 3 (Fig. 2).

Il en résulte une surface du sujetile rendue parfaitement apte à recevoir le dépôt en une unique opération de traitement.

Par ailleurs, le dépôt du matériau d'apport 5 est réalisé immédiatement après préparation par rayon laser 2, empêchant ainsi toute formation d'un nouveau film contaminant 3 superficiel, notamment par oxydation du matériau du sujetile 1 en surface (Fig. 3) ou condensation.

La préparation de surface selon l'invention est avantageusement effectuée au moyen d'impulsions laser successives, entraînant une élimination des contaminants par zones 8 adjacentes, pouvant chacune être soumise à plusieurs impacts consécutifs.

Selon une caractéristique de l'invention, les valeurs de fréquence d'impact et de surface de zone d'irradiation laser 8 sont ajustées à la vitesse de déplacement, préférentiellement optimale, du dispositif de projection thermique 9 par rapport à la surface 4 du sujetile 1, permettant ainsi de synchroniser précisément l'action du rayon laser 2 avec celle du dispositif 9 et donc de rapprocher au maximum, pour une zone donnée de la surface du sujetile, l'instant de la préparation de surface et celui du dépôt du matériau d'apport 5 par projection thermique.

En outre, la puissance des impulsions laser peut avantageusement être réglée de manière à réaliser, en plus de l'élimination du film contaminant 3, une fusion et/ou une déformation superficielle du matériau du sujetile 1 au niveau de la zone d'impact 8 dudit rayon laser 2. La valeur de la puissance nécessaire pour obtenir ce résultat dépend, bien évidemment, de l'épaisseur du film contaminant 3 et de la nature du matériau du sujetile 1 à traiter. Il en résulte une surface 4 irrégulière du sujetile 1 après irradiation laser, notamment au centre des zones d'impact 8, présentant une rugosité élevée favorisant l'adhérence du dépôt de matériau d'apport 5 par projection thermique consécutive.

Conformément à une autre caractéristique de l'invention, le procédé de préparation et de revête-

ment de surface consiste, lors de l'application de plusieurs couches 7 superposées de matériau d'apport 5 par dépôts successifs (Fig. 3), à réaliser, pour une zone donnée, immédiatement avant dépôt de chaque nouvelle couche 7, une préparation et une modification par rayon laser 2 de la couche 7 déposée affleurante.

Ainsi, pour une zone donnée du sujetile 1, on élimine, sous l'action permanente du rayon laser 2 impulsuel, les contaminants 3, condensats et particules peu adhérentes éventuellement présents sur la dernière couche 7 de matériau d'apport 5 déposé lors du passage précédent du dispositif 9 et, simultanément, on réalise un compactage des couches 7 précédentes, résultant en une diminution sensible de la porosité, ainsi qu'un renforcement de la tenue mécanique de l'ensemble du revêtement appliquée.

L'invention a également pour objet un dispositif de préparation et de revêtement de surface pour la mise en oeuvre du procédé, constitué, d'une part, par un dispositif de projection thermique 9, d'autre part, par un dispositif 11 de génération de rayon laser 2 impulsuel, et, enfin, un dispositif de support et de déplacement contrôlé du sujetile 1 à traiter, la zone d'impact 8 du rayon laser 2 sur le sujetile 1 étant soit confondue avec la zone d'impact du faisceau de projection 12 du dispositif 9, soit disposée adjacente à cette dernière dans une direction opposée à la direction de déplacement du sujetile 1.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, et comme le montre la figure 1 des dessins annexés, le dispositif de support et de déplacement réalise, pour le traitement de sujetiles 1 présentant un axe de symétrie, une rotation dudit sujetile 1 autour de son axe de symétrie, le dispositif de projection thermique 9 et le dispositif 11 de génération de rayon laser 2 étant disposés autour dudit sujetile 1 de manière telle que la direction de propagation du rayon laser 2 et la direction du faisceau 12 de projection du matériau d'apport 5 soient proches de la normale à la surface du sujetile 1, l'angle entre les deux faisceaux 2 et 12, de préférence le plus petit possible, étant adapté à la géométrie et à l'encombrement de la pièce.

À titre d'exemple de réalisation pratique, il est décrit ci-après les dispositifs mis en oeuvre, les réglages des paramètres de préparation de surface et de dépôt ainsi que les résultats obtenus pour un dépôt de matériau d'apport 5 constitué de Al_2O_3 à 60 % en poids et de TiO_2 à 40 % en poids, sur un sujetile consistant en du AU4G.

Le dispositif 11 de génération des impulsions laser se présente sous la forme d'un laser YAG-Nd déclenché, connu sous la désignation 502 DNS de la société BMI, dont la longueur d'onde est de 1,06 μm , la durée des impulsions de 12 ns, la puissance par impulsion jusqu'à 700 mJ, et le diamètre du spot d'environ 8 mm, et permettant d'éliminer, par exemple, des

films contaminants 3 ayant des épaisseurs jusqu'à 0,25 µm (oxyde de titane).

Le dispositif 9 de projection thermique peut consister en un poste de projection par plasma atmosphérique classique, dont la vitesse de déplacement relative optimale de la torche 10 par rapport au sujetile 1 est de 75 m/mn et la distance moyenne de projection de 0,13 m, l'épaisseur de la couche 7 de matériau d'apport 5 déposée à chaque passage étant d'environ 10 µm.

Après dépôt de plusieurs couches 7 de matériau d'apport 5, avec action permanente du laser sur les surfaces avant projection thermique, des tests comparatifs ont révélé, pour le cas pratique précité, une réduction importante de la porosité des dépôts (de l'ordre de 70 %) et une augmentation remarquable de l'adhérence desdits dépôts au sujetile 1 (de l'ordre de 400 %) par rapport à des dépôts effectués sans action due au rayon laser 2.

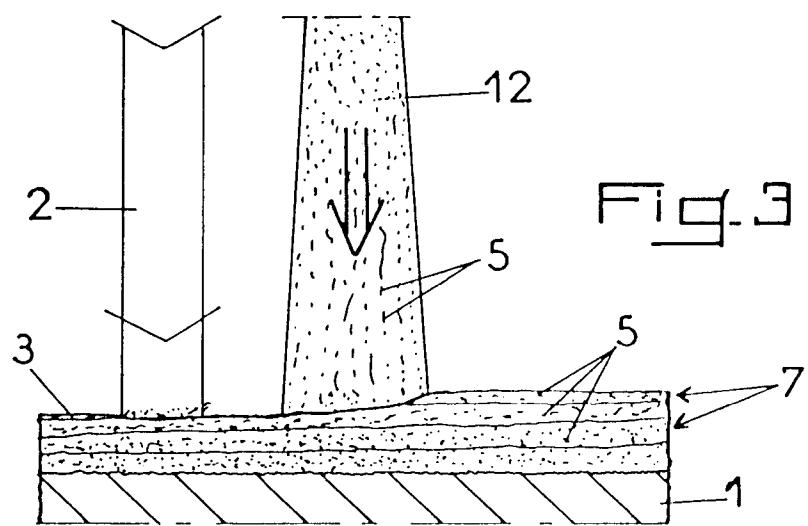
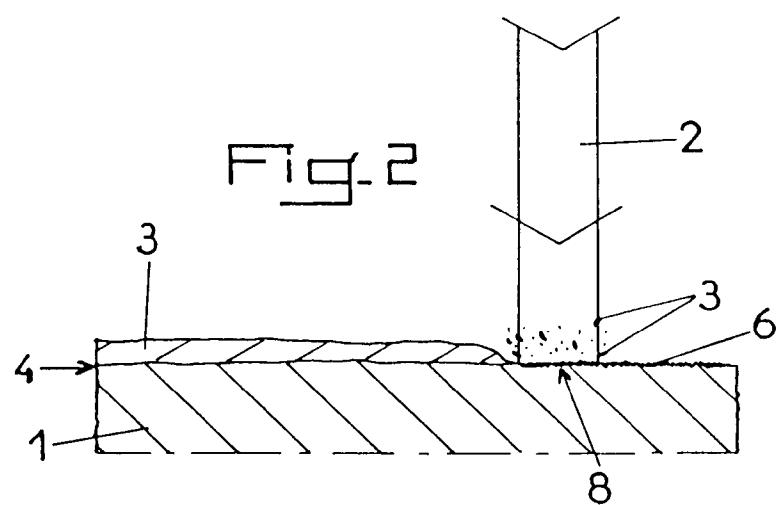
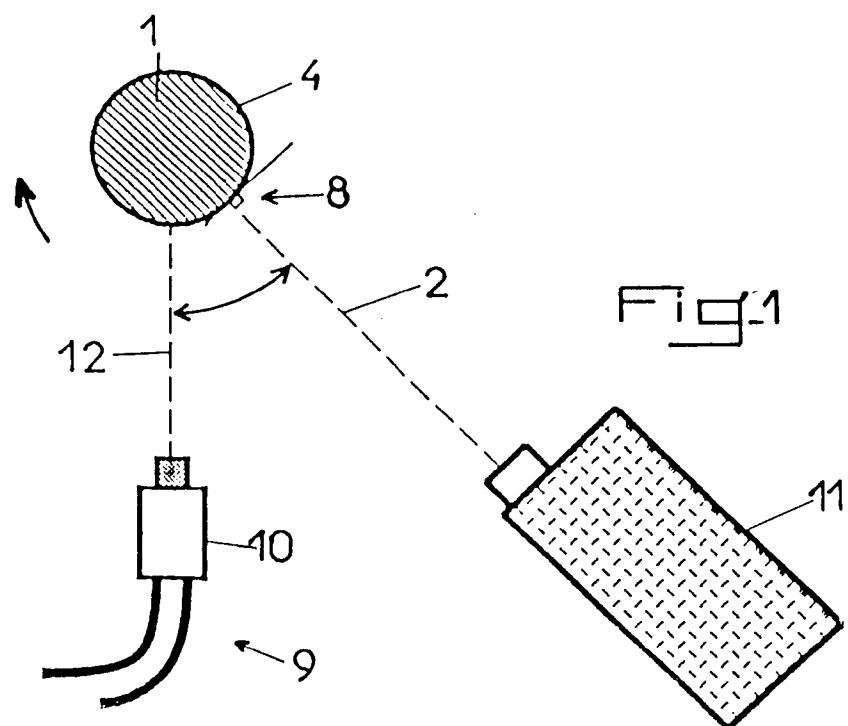
Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

Revendications

1. Procédé de préparation et de revêtement de surface de sujetiles, par projection thermique sous atmosphère normale ou contrôlée, caractérisé en ce qu'il consiste essentiellement à soumettre progressivement la surface à traiter d'un sujetile (1) à une irradiation laser (2), entraînant une élimination totale ou partielle du film contaminant (3) superficiel et une modification de la morphologie de la surface (4) sous-jacente du sujetile (1), et à projeter, par l'intermédiaire d'un dispositif de projection thermique (9), le matériau d'apport (5) sur la zone de surface (6) ainsi préparée, immédiatement après ladite préparation et en synchronisme avec cette dernière, de sorte qu'en cas de maintien permanent de l'action du laser pendant la projection du dépôt, la préparation successive des surfaces de chaque couche constituant le dépôt permettra l'amélioration des propriétés du dépôt.
2. Procédé, selon la revendication 1, caractérisé en ce que la préparation est effectuée au moyen d'impulsions laser successives.
3. Procédé, selon la revendication 2, caractérisé en ce que les valeurs de fréquence d'impact et de surface de zone d'irradiation laser (8) sont ajustées à la vitesse de déplacement du dispositif de

projection thermique (9) par rapport à la surface (4) du sujetile (1).

4. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la puissance des impulsions laser est réglée de manière à réaliser, en plus de l'élimination du film contaminant (3), une fusion et/ou une déformation superficielles du matériau du sujetile (1) au niveau de la zone d'impact (8) dudit rayon laser (2).
5. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste, lors de l'application de plusieurs couches (7) superposées de matériau d'apport (5) par dépôts successifs, à réaliser, pour une zone donnée, immédiatement avant dépôt de chaque nouvelle couche (7), une préparation et une modification par rayon laser (2) de la couche (7) déposée affleurante.
6. Dispositif de préparation et de revêtement de surfaces pour la mise en oeuvre du procédé, selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il est principalement constitué, d'une part, par un dispositif de projection thermique (9), d'autre part, par un dispositif (11) de génération de rayon laser (2) impulsif, et, enfin, un dispositif de support et de déplacement contrôlé du sujetile (1) à traiter, la zone d'impact (8) du rayon laser (2) sur le sujetile (1) étant soit confondue avec la zone d'impact du faisceau de projection (12) du dispositif de projection thermique (9), soit disposée adjacente à cette dernière dans une direction opposée à la direction de déplacement du sujetile (1).
7. Dispositif, selon la revendication 6, caractérisé en ce que, pour le traitement de sujetiles (1) présentant un axe de symétrie, le dispositif de support et de déplacement réalise une rotation dudit sujetile (1) autour de son axe de symétrie, le dispositif de projection thermique (9) et le dispositif (11) de génération de rayon laser (2) étant disposés autour dudit sujetile (1), de manière telle que la direction de propagation du rayon laser (2) et la direction du faisceau (12) de projection du matériau d'apport (5) soient proches de la normale à la surface du sujetile (1) et présentent entre elles un angle réduit.





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 93 44 0056

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. CL.S)		
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée			
X	US-A-4 832 798 (GEORGE B. CVYANOVICH) * colonne 2, ligne 40 - colonne 3, ligne 9 * * colonne 4, ligne 57 - ligne 64 * * colonne 6, ligne 14 - ligne 55 * ---	1-6	C23C4/02		
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 134 (C-701)(4077) 14 Mars 1990 & JP-A-28 357 (MITSUBISHI HEAVY IND) 11 Janvier 1990 * abrégé * ---	1,4,6			
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 366 (C-390)(2423) 6 Décembre 1986 & JP-A-61 163 258 (SHINAGAWA REFRACT CO) 23 Juillet 1986 * abrégé * ---	1,4,6			
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 417 (C-636)(3765) 14 Septembre 1989 & JP-A-11 56 457 (SUMITOMO METAL IND) 20 Juin 1989 * abrégé * ---	1,4,6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL.5)		
Y	DE-A-4 124 423 (ANDRITZ-PATENTVERWALTUNGS-GESELLSCHAFT) * revendications 1-15; figures 1-6 *	1,6			
A	---	7			
Y	GB-A-2 061 164 (ROBERT LANGEN) *document en entier*	1,6			
A	---	2			
A	EP-B-0 229 159 (THE DOW CHEMICAL COMPANY) * revendications 1,4 *	1,2,6			

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications					
Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 05 OCTOBRE 1993	Examinateur ELSEN D.B.			
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES					
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention				
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date				
A : arrête-plan technologique	D : cité dans la demande				
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons				
P : document intercalaire				
IPO FORM 1000-0002 (PCT/92)					