



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt : **94400259.1**

Int. Cl.⁵ : **A62B 11/00**

Date de dépôt : **08.02.94**

Priorité : **15.02.93 FR 9301677**

Date de publication de la demande :
24.08.94 Bulletin 94/34

Etats contractants désignés :
DE ES GB IT NL PT SE

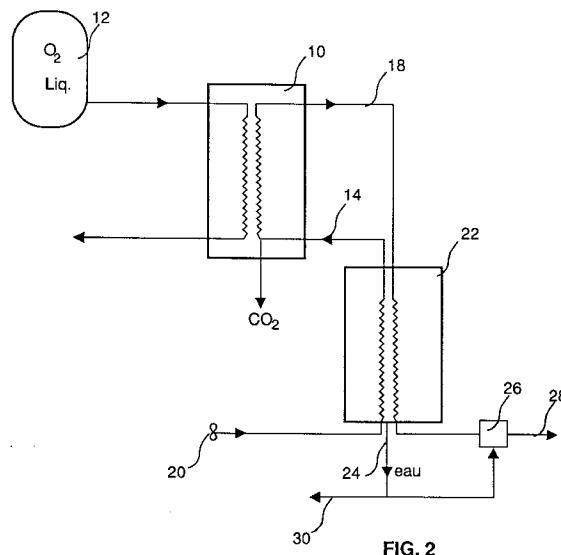
Demandeur : **ETAT FRANCAIS, Représenté
par le Délégué Général, pour l'Armement
14, rue St Dominique
Paris 7ème (FR)**

Inventeur : **Kussener, Albert James
149, chemin du Collet de Fontanieu
F-83200 Le Revest-Les-Eaux (FR)
Inventeur : Rouzies, Pierre, Résidence Le
Sintonia
Bât Le Rondo,
rue Vincent Truc
F-83220 Le Pradet (FR)**

Dispositif de régénération de l'air dans une enceinte fermée.

L'invention concerne un dispositif de régénération de l'air dans une enceinte fermée ou quasi-fermée disposant d'une énergie de fonctionnement autonome, comprenant un réservoir (12) contenant un matériau cryogénique utilisé pour la production de ladite énergie de fonctionnement. Le dispositif comprend un échangeur thermique principal (10) fonctionnant à la pression atmosphérique pour échanger de la chaleur entre l'air à régénérer (14) d'une part et le matériau cryogénique d'autre part, le réchauffement du matériau cryogénique jusqu'à sa température de fonctionnement dans la production d'énergie permettant le refroidissement du dioxyde de carbone contenu dans l'air à régénérer de façon à faire passer le dioxyde de carbone de l'état gazeux à l'état solide.

Ce dispositif peut être utilisé avantageusement pour la régénération de l'air dans un sous-marin, en se servant du réchauffement de l'oxygène stocké sous forme liquide en vue de son utilisation comme comburant dans les moteurs du sous-marin.



La présente invention concerne un dispositif de régénération de l'air dans une enceinte fermée ou quasi-fermée disposant d'une énergie de fonctionnement autonome dont la production nécessite l'utilisation d'un matériau stocké sous forme cryogénique.

Le maintien de la qualité de l'air dans une enceinte fermée telle que l'habitable d'un sous-marin est une opération complexe puisqu'elle exige de produire l'oxygène nécessaire à la respiration des hommes d'équipage, de réduire la quantité de dioxyde de carbone dans l'air qui a tendance à nettement augmenter du fait de la respiration humaine et d'éliminer les polluants organiques de l'air produits par l'activité humaine.

Jusqu'à maintenant, la régénération de l'air dans l'habitable des sous-marins s'effectue au moyen de procédés chimiques ou électrochimiques assurant les fonctions de production d'oxygène et d'élimination du dioxyde de carbone et des polluants. L'oxygène est aussi généré, soit par électrolyse de l'eau, soit à partir d'oxygène liquide, soit par réaction chimique à l'aide d'un chlorate de métal alcalin ou d'un superoxyde de métal alcalin. L'élimination du dioxyde de carbone se fait généralement à l'aide de tamis moléculaires ou par absorption, par exemple avec des amines. Enfin, l'élimination des polluants est effectué à l'aide d'absorbants à charbons actifs ou de lits catalytiques.

Cependant, les installations de régénération de l'air restent des matériels souvent encombrants, complexes, consommant une grande quantité d'énergie. Par ailleurs les générateurs d'oxygène électrochimique produisent également, à la suite des réactions d'électrolyse, de grandes quantités d'hydrogène qu'il faut ensuite traiter.

Enfin, il faut signaler que l'élimination de certains polluants organiques par charbons actifs bien que très efficace, pose quelques problèmes liés au fait que les polluants les plus légers sont désorbés par les polluants les plus lourds. Cette propriété fait qu'il est extrêmement difficile de déterminer un bilan "matière" précis du système atmosphérique, d'autant que des réactions de décomposition ou de synthèse sont toujours possibles entre les divers polluants.

Pour les installations de traitement de l'air en service, on a su s'accommoder de ces différents inconvénients. Cependant, la plupart des systèmes actuellement développés ne sont pas utilisables pour les sous-marins utilisant une source anaérobie d'énergie d'origine chimique : ces systèmes sont généralement de trop grands consommateurs d'énergie par rapport à la quantité d'énergie embarquée.

Le but de l'invention est donc de réaliser un dispositif de régénération de l'air présentant une consommation d'énergie très réduite, donc particulièrement adapté pour un système anaérobie tel qu'un sous-marin ne disposant que d'une réserve d'énergie limitée.

L'objet de l'invention est par conséquent un dispositif de régénération de l'air dans une enceinte fermée ou quasi-fermée disposant d'une énergie de fonctionnement autonome utilisant un matériau stocké sous forme cryogénique, comprenant un échangeur thermique fonctionnant à la pression atmosphérique pour échanger de la chaleur entre l'air à régénérer d'une part et le matériau cryogénique d'autre part, le réchauffement du matériau cryogénique jusqu'à sa température de fonctionnement permettant le refroidissement du dioxyde de carbone contenu dans l'air à régénérer de façon à faire passer le dioxyde de carbone de l'état gazeux à l'état solide.

Le dispositif selon l'invention tel que défini ci-dessus peut ainsi être utilisé dans un sous-marin, la source de froid étant constituée par tout ou partie de la masse d'oxygène liquide embarquée qui possède une capacité frigorifique largement suffisante pour refroidir l'air à régénérer et condenser le dioxyde de carbone.

Les buts, objets et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit faite en référence aux dessins dans lesquels

la figure 1 représente schématiquement le principe utilisé dans le dispositif selon l'invention, et la figure 2 représente un schéma synoptique d'un mode de réalisation de l'invention.

Dans un sous-marin utilisant une source chimique anaérobie d'énergie, le comburant utilisé pour la combustion est de l'oxygène stocké sous forme cryogénique dans un réservoir, destiné à être utilisé dans des piles à combustibles, des moteurs thermiques à combustion interne tels que moteurs Diesel, des moteurs thermiques à combustion externe tels que moteurs Stirling ou d'autres systèmes mettant en oeuvre des réactions d'oxydation d'un carburant. Cet oxygène qui est à une température d'environ -170°C , doit donc être réchauffé pour pouvoir être utilisé. On élève ainsi la température de l'oxygène gazeux jusqu'à -20°C à l'entrée du moteur du sous-marin.

En référence à la figure 1, le principe de l'invention consiste à utiliser un échangeur thermique qui reçoit d'une part l'oxygène cryogénique en provenance du réservoir de stockage, et d'autre part l'air à régénérer par l'entrée d'air à la pression atmosphérique.

Dans l'échangeur, l'oxygène liquide perd ses frigories (ou acquiert des calories) et donc se réchauffe pour atteindre une température d'environ -20°C à la sortie d'oxygène. Pendant le même temps, l'air à régénérer se refroidit dans l'échangeur jusqu'à une température d'environ -135°C et est évacué par la sortie d'air régénéré. La température atteinte par l'air étant inférieure à la température de solidification ($-78,5^{\circ}\text{C}$) du dioxyde de carbone gazeux à la pression atmosphérique, le dioxyde de carbone se solidifie au passage de l'air dans l'échangeur et peut donc être facilement récupéré en sortie de ce dernier. L'air à la

sortie 18 est donc débarrassé du dioxyde de carbone en excès dû principalement à la respiration humaine dans l'enceinte fermée.

Bien que le dioxyde de carbone se solidifie (à la pression atmosphérique) à une température de -78,5°C, il est nécessaire d'abaisser la température de l'air à une valeur bien inférieure à -78,5°C, par exemple à -135°C Comme on vient de le voir. Cette température inférieure est en effet nécessaire, à la pression atmosphérique, pour obtenir une tension de vapeur de CO₂ dans l'air traité telle que la concentration en CO₂ devienne inférieure à la concentration maximale admissible pour la durée d'exposition retenue.

La figure 2 représente schématiquement le mode de réalisation préféré de l'invention. L'air à régénérer propulsé par un ventilateur 20 est d'abord envoyé dans un échangeur thermique annexe ou récupérateur de froid 22 avant d'atteindre l'échangeur thermique 10. L'air qui pénètre dans ce dernier par l'entrée 14 est donc un air pré-refroidi. Par contre l'air refroidi en sortie 18 de l'échangeur 10 est donc réchauffé au contact de l'air à température ambiante dans le récupérateur de froid 22.

Comme précédemment, le dioxyde de carbone solide est récupéré en sortie de l'échangeur thermique 10. Par contre l'air propulsé par le ventilateur 20 dans le récupérateur de froid 22, se refroidit suffisamment pour que la vapeur d'eau en excès contenue dans l'air à régénérer soit liquéfiée. L'eau liquide est récupérée à la sortie 24 du récupérateur 22 et une partie de cette eau est alors recyclée dans l'humidificateur 26 pour rétablir le degré d'humidité de l'air régénéré à la sortie, pendant que l'eau en excès est récupérée à la sortie 30.

En plus du dioxyde de carbone, l'air à régénérer contient divers polluants qui sont, soit solubilisés dans l'eau récupérée, soit condensés en même temps que le dioxyde de carbone à basse température. Ces polluants sont le pentane, les hydrocarbures de poids moléculaire supérieur, le benzène et les dérivés benzéniques, le tétrachlorure de carbone, certains oxydes d'azote, certains fréons...

L'air régénéré à la sortie 28 peut être encore trop froid pour être envoyé dans l'habitable. Une solution consiste à le réchauffer avec une source chaude telle que l'eau de mer.

Bien que non représenté sur les figures 1 et 2, le transfert thermique dans l'échangeur 10 peut s'effectuer, pour des raisons de sécurité, au moyen d'un fluide intermédiaire caloporteur de façon à éviter de faire véhiculer l'oxygène liquide à proximité des circuits d'air.

Dans l'échangeur thermique 10, la masse de dioxyde de carbone et de polluants divers augmente peu à peu. A la longue, cette masse peut devenir gênante. C'est pourquoi il est utile de prévoir l'élimination de cette masse de CO₂ et de polluants. Diverses

solutions existent qui sont liées à la forme du diagramme d'équilibre des phases de CO₂ et la présence d'un point triple.

Une première solution consiste à évacuer à l'extérieur le dioxyde de carbone : on isole l'échangeur thermique et on stoppe l'arrivée d'oxygène. La température augmente et la pression s'élève jusqu'à atteindre une pression suffisante pour éjecter le dioxyde de carbone à l'extérieur ou le stocker sous une forme comprimée.

Une deuxième solution consiste à réchauffer l'échangeur isolé jusqu'à liquéfaction du CO₂, par exemple à 5 bars et -52°C. Le CO₂ liquide peut être pompé vers l'extérieur.

Dans une troisième solution, l'échangeur est réchauffé à une température comprise entre -105°C et -75°C. A ce moment le CO₂ est gazeux à une pression comprise entre 0,1 et 1 bar. Il peut alors être comprimé vers l'extérieur au moyen d'un compresseur.

Enfin, la quatrième solution consiste à réchauffer l'échangeur à une température telle que la pression de vapeur soit suffisante pour alimenter une pompe à vide primaire. Par exemple à -120°C, la pression de vapeur de CO₂ est de l'ordre de 0,01 bar. Le CO₂ peut donc être comprimé jusqu'à la pression atmosphérique puis rejeté à l'extérieur par un compresseur. Cette solution est utilisée de préférence.

La mise en oeuvre de l'invention dans un sous-marin à propulsion par un moteur chimique Bertin type Mesma s'appuie sur les valeurs suivantes:

consommation O₂ du moteur: 100kg/heure
température de O₂ à l'entrée du moteur : -20°C
nombre de personnes: 30
consommation humaine de O₂: 25 l/homme/ heure
production humaine de CO₂: 20 l/homme/heure

teneur en CO₂ dans l'habitable: <0,7%
température moyenne: 20°C

En régime permanent, les débits à respecter sont donc les suivants:

débit de CO₂ à éliminer: 600 l/heure soit 1178g/h
débit de O₂ au moteur: 100kg/heure
débit d'air à traiter: 600/0,007.10/9(coefficient de sécurité) soit 114 Kg/h
débit d'eau à éliminer: 1809 g/h

Compte tenu des chaleurs spécifiques des différents produits impliqués dans la régénération, les quantités de chaleur mises en jeu sont les suivantes:

1) refroidissement de l'air à régénérer d'une température de +20°C à une température de 0°C.

air: 570 kcal/h
eau: 36 kcal/h
CO₂: négligeable
Total → 600 kcal/h

2) condensation de H₂O et élimination à 0°C
eau: 1128 kcal/h

3) refroidissement de l'air de 0°C à -135°C

air: 3848 kcal/h

4) congélation du CO₂

CO₂: 160,5 kcal/h

Ce qui correspond à un total de **5743 kcal/h**. Cette valeur est nettement inférieure à la quantité de frigories disponibles pour faire passer l'oxygène cryogénique (-70°C) à la température de -20°C, soit vaporisation= 5000 kcal/h.

réchauffage à -20°C= 3821 kcal/h

donc un total de **8281 kcal/h**

Bien que le dispositif de l'invention ait été décrit en liaison avec un sous-marin, il peut être évidemment utilisé pour tout système comportant une enceinte fermée ou quasi-fermée et disposant d'une source d'énergie autonome utilisant un matériau stocké à très basse température, la source d'énergie étant utilisée pour la propulsion ou pour autre chose. Par exemple, il est possible d'utiliser le dispositif de l'invention dans un avion pour lequel on cherche à réduire au maximum le renouvellement de l'air de la cabine pour des raisons d'économie en carburant. Dans ce cas la source de froid que constitue l'atmosphère (à environ -50°C) peut être suffisante pour les polluants et la vapeur d'eau.

Une autre application du dispositif de l'invention est son utilisation dans un aéronef ou une navette spatiale. Dans ce type d'engin, il est prévu d'emporter une quantité importante (plusieurs dizaines de tonnes) d'hydrogène liquide et parfois d'oxygène liquide. Par conséquent, il est aisé d'utiliser le dispositif de l'invention pour obtenir une régénération de l'atmosphère de la cabine fermée, grâce aux frigories récupérées par réchauffement des matériaux cryogéniques.

Revendications

1. Dispositif de régénération de l'air dans une enceinte fermée ou quasi-fermée disposant d'une énergie de fonctionnement autonome, comprenant un réservoir (12) contenant un matériau cryogénique utilisé pour la production de ladite énergie de fonctionnement; ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend un échangeur thermique principal (10) fonctionnant à la pression atmosphérique pour échanger de la chaleur entre l'air à régénérer (14) d'une part et le matériau cryogénique d'autre part, le réchauffement dudit matériau cryogénique jusqu'à sa température de fonctionnement dans la production de ladite énergie permettant le refroidissement du dioxyde de carbone contenu dans l'air à régénérer de façon à faire passer le dioxyde de carbone de l'état gazeux à l'état solide.

2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en

ce qu'il comprend en outre un échangeur thermique annexe (22) traversé par l'air à régénérer d'une part et par l'air régénéré d'autre part pour effectuer un échange de chaleur entre l'air à régénérer et l'air régénéré (18) provenant dudit échangeur thermique principal (10), de sorte que l'air à régénérer est pré-refroidi avant d'entrer dans ledit échangeur principal et l'air régénéré est pré-chauffé avant d'être libéré dans l'enceinte.

3. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que la liquéfaction de la vapeur d'eau en excès dans l'air à régénérer est effectuée par le passage de l'air à régénérer dans ledit échangeur thermique annexe (22), et en ce qu'une partie de l'eau récupérée est envoyée à un humidificateur (26) à la sortie dudit échangeur annexe de façon à restituer une humidité convenable à l'air régénéré.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen d'élimination du dioxyde de carbone solide récupéré dans ledit échangeur thermique principal (10) composé d'un moyen de réchauffement dudit échangeur en non fonctionnement, d'une pompe à vide et d'un compresseur, le réchauffement permettant d'obtenir une pression de vapeur du dioxyde de carbone suffisante pour alimenter ladite pompe, et le compresseur servant à comprimer le dioxyde de carbone pour le rejeter à l'extérieur.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit échangeur thermique principal (10) sert également à condenser les polluants contenus dans l'air à régénérer.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit matériau cryogénique est de l'oxygène liquide.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que ladite enceinte fermée est l'habitacle d'un sous-marin propulsé par une source d'énergie dont le comburant est de l'oxygène stocké sous forme cryogénique dans ledit réservoir (12)

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que ladite enceinte est l'habitacle d'un aéronef.

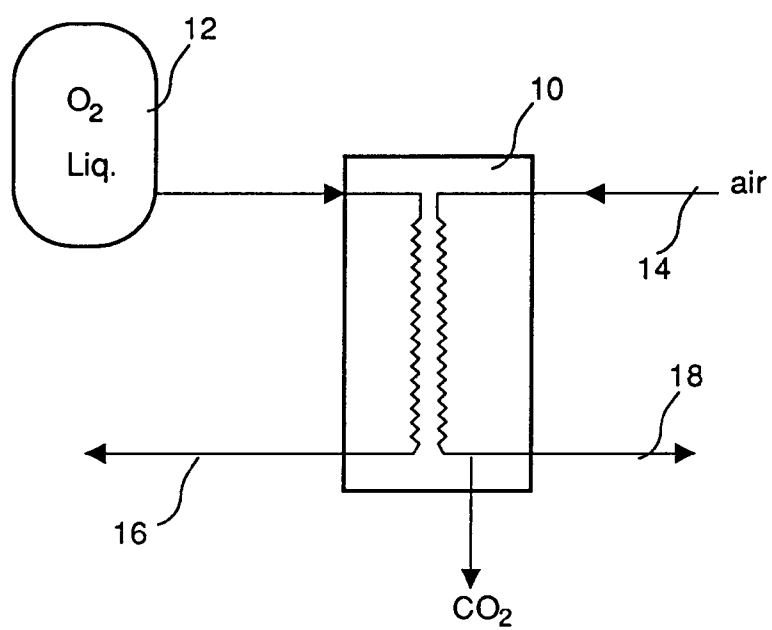


FIG. 1

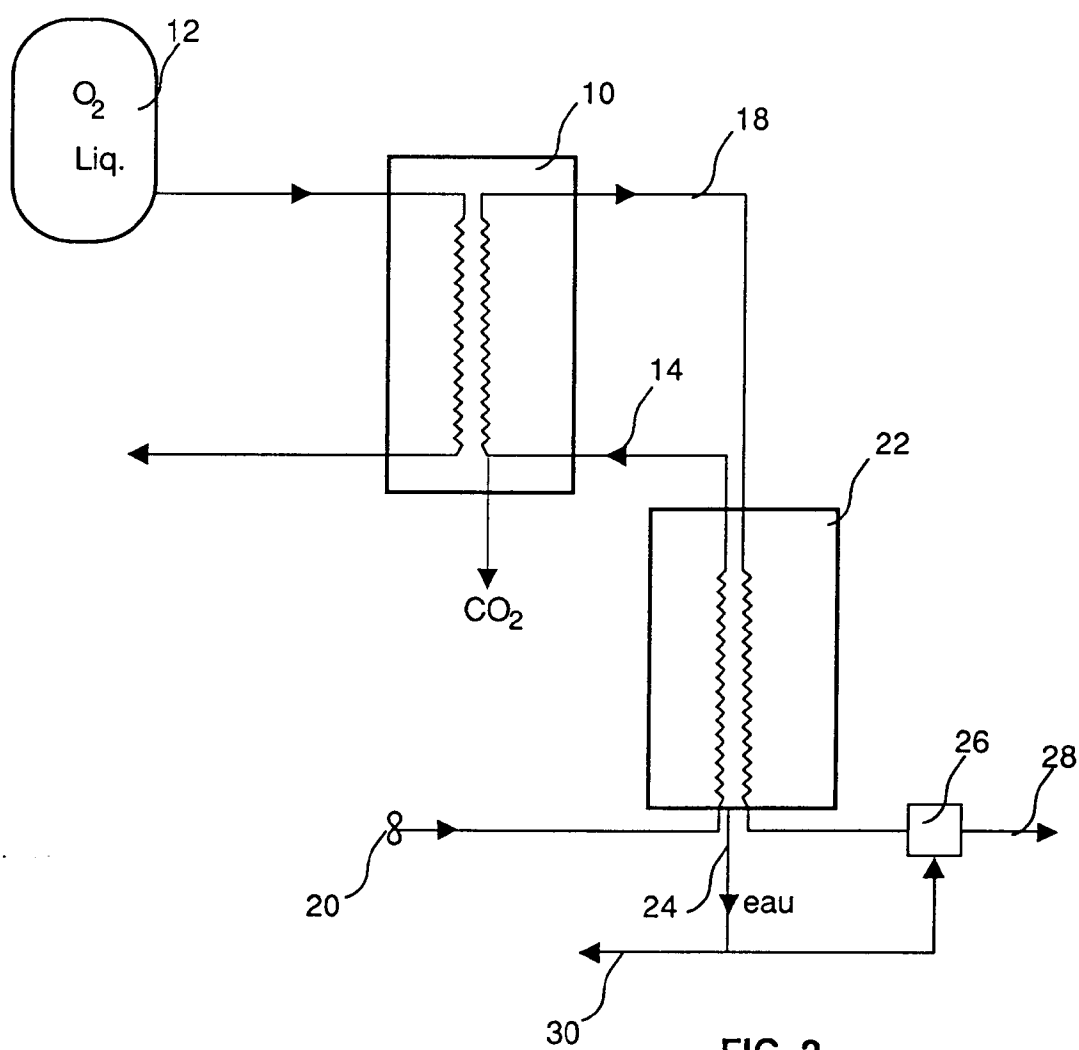


FIG. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 94 40 0259

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)
X	US-A-3 775 976 (H.E.KARIG) * colonne 2, ligne 55 - colonne 8, ligne 33 *	1-3,6,7	A62B11/00
X	EP-A-0 041 702 (HITACHI LTD) * page 5, ligne 2 - page 9, ligne 11 *	1,6	
X	US-A-4 891 939 (A.BRIGHENTI) * colonne 5, ligne 32 - colonne 7, ligne 28 *	1,2,6,7	
A	FR-A-2 209 597 (COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ)	1,7	
A	DE-A-32 35 564 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GMBH)	1,7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
			A62B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		16 Mai 1994	Triantaphillou, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C02)