



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

| | | |
|--|-----------|--|
| (51) Classification internationale des brevets ⁵ : A62B 29/00 | A1 | (11) Numéro de publication internationale: WO 94/02207 (43) Date de publication internationale: 3 février 1994 (03.02.94) |
| (21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR93/00693 (22) Date de dépôt international: 6 juillet 1993 (06.07.93) (30) Données relatives à la priorité: 924170 16 juillet 1992 (16.07.92) MX (71)(72) Déposant et inventeur: GAU, Georges [FR/FR]; 408, rue Paradis, F-13008 Marseille (FR). (81) Etats désignés: AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, HU, JP, KP, KR, KZ, LK, LU, MG, MN, MW, NL, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SK, UA, US, VN, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). | | Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i> |

(54) Title: AMBIENT AIR CATALYTIC PURIFIER AND CORRESPONDING CATALYSTS

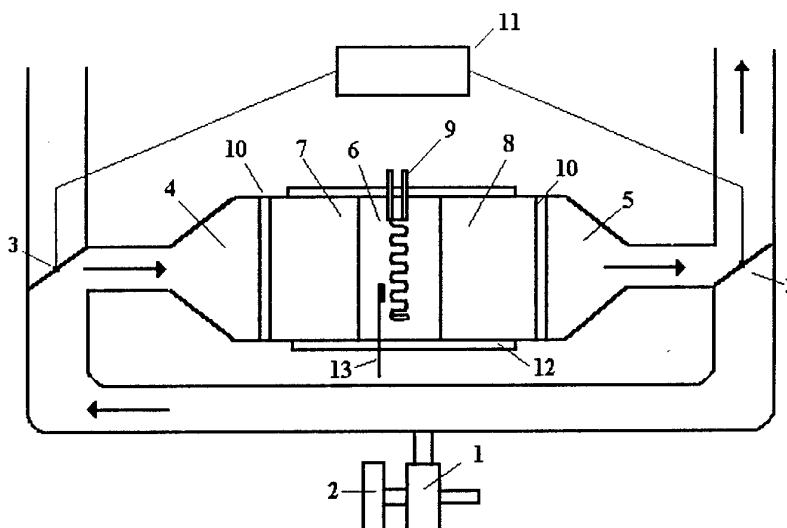
(54) Titre: APPAREIL CATALYTIQUE POUR PURIFIER L'AIR AMBIANT ET CATALYSEURS CORRESPONDANTS

(57) Abstract

Ambient air purifier which eliminates toxic compounds and odours. The association of different constituent parts provides clean air for use inside buildings and also renews air in the vicinity of roads or polluted areas. The air purifier is characterized in that it can be installed near the persons using it and also near very busy and/or polluted roads.

(57) Abrégé

La présente invention concerne un appareil de purification de l'air destiné à la respiration humaine, cette purification étant obtenue par élimination des composés toxiques et des odeurs. La combinaison des différentes parties qui le constituent permet de produire de l'air propre qui peut être utilisé à l'intérieur des immeubles mais qui peut également servir à renouveler l'air des rues ou des quartiers pollués. Cet appareil présente la caractéristique de pouvoir être installé à proximité des gens qui l'utilisent et il est également conçu pour être installé dans les rues très transitées et/ou très polluées.



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 | FR | France | MR | Mauritanie |
| AU | Australie | GA | Gabon | MW | Malawi |
| BB | Barbade | GB | Royaume-Uni | NE | Niger |
| BE | Belgique | GN | Guinée | NL | Pays-Bas |
| BF | Burkina Faso | GR | Grèce | NO | Norvège |
| BG | Bulgarie | HU | Hongrie | NZ | Nouvelle-Zélande |
| BJ | Bénin | IE | Irlande | PL | Pologne |
| BR | Brésil | IT | Italie | PT | Portugal |
| BY | Bélarus | JP | Japon | RO | Roumanie |
| CA | Canada | KP | République populaire démocratique de Corée | RU | Fédération de Russie |
| CF | République Centrafricaine | KR | République de Corée | SD | Soudan |
| CG | Congo | KZ | Kazakhstan | SE | Suède |
| CH | Suisse | LI | Liechtenstein | SI | Slovénie |
| CI | Côte d'Ivoire | LK | Sri Lanka | SK | République slovaque |
| CM | Cameroun | LU | Luxembourg | SN | Sénégal |
| CN | Chine | LV | Lettonie | TD | Tchad |
| CS | Tchécoslovaquie | MC | Monaco | TG | Togo |
| CZ | République tchèque | MG | Madagascar | UA | Ukraine |
| DE | Allemagne | ML | Mali | US | Etats-Unis d'Amérique |
| DK | Danemark | MN | Mongolie | UZ | Ouzbékistan |
| ES | Espagne | | | VN | Viet Nam |
| FI | Finlande | | | | |

APPAREIL CATALYTIQUE POUR PURIFIER L'AIR AMBIANT ET
CATALYSEURS CORRESPONDANTS

La présente invention concerne un appareil de purification de l'air destiné à la respiration humaine, cette purification étant obtenue par élimination des composés toxiques et des odeurs. La combinaison des différentes parties qui le constituent permet de produire de l'air propre qui peut être utilisé à l'intérieur des immeubles mais qui peut également servir à renouveler l'air des rues ou des quartiers pollués.

Cet appareil présente la caractéristique de pouvoir être installé à proximité des gens qui l'utilisent et il est également conçu pour être installé dans les rues très transitées et/ou très polluées.

ETAT DE L'ART ANTERIEUR

Il existe des appareils de purification de l'air à usage domestique ou industriel basés sur une ou plusieurs actions de filtration avec des filtres de toiles, de fibres ou de charbon actif et, dans certains cas, ayant une action complémentaire de génération d'ions négatifs. Ces filtres sont efficaces pour retenir les particules en suspension ou les aérosols mais leur utilité est réduite lorsqu'il s'agit des polluants gazeux présents dans l'air ambiant des grandes villes (monoxyde de carbone, hydrocarbures, ozone, peroxyacetyl nitrate, benzopyrène, etc...).

Il existe, d'autre part des systèmes catalytiques (convertisseurs utilisés dans l'industrie pour épurer les effluents gazeux industriels) qui se caractérisent par l'utilisation d'une température relativement élevée et la nécessité de préchauffer les gaz avant la réaction et de les refroidir partiellement après la réaction. Ces problèmes sont relativement faciles à résoudre à l'échelle industrielle, par la mise en oeuvre d'échangeurs de chaleur à tubes ou à plaques opérant en régime permanent à contre courant, ou par la mise en oeuvre de régénérateurs cycliques qui emmagasinent et restituent la chaleur. Cependant, à l'échelle industrielle, on n'a jamais recherché à réduire simultanément le volume des échangeurs, le coût énergétique et le coût d'investissement de

ces appareils ainsi que leur niveau sonore.

Ces réductions simultanées sont un facteur essentiel pour qu'un système catalytique ait un prix acceptable pour les applications qui concernent plus directement les gens qui ont besoin d'air purifié, c'est-à-dire que pour la dépollution des locaux et des rues, le coût unitaire du m³ traité doit être très bas.

Cette invention souligne que, par la combinaison de différents moyens, on peut obtenir simultanément une réduction importante du volume de l'appareil, de sa consommation d'énergie et de son coût d'investissement et, par conséquent, obtenir un système à bas prix qui peut être installé à proximité des gens (maison, automobile, école, commerce, etc...).

Comme nous le verrons dans ce qui suit, cette réduction importante des coûts, telle qu'elle résulte de la présente invention permet non seulement de concevoir un appareil électroménager de bas prix, mais également un appareil capable de purifier de grands débits d'air dans les rues des villes. En d'autres termes, les appareils selon l'invention, peuvent purifier des débits d'air compris entre 20 m³/heure et 20000 m³/heure et les principes de leur construction sont identiques dans ces deux cas extrêmes.

Son utilisation est spécifiquement pour l'air pollué d'un immeuble ou d'une rue, c'est-à-dire contenant des teneurs en polluants de l'ordre de quelques parties par million. Une autre caractéristique est qu'il s'agit toujours de traiter de l'air froid, c'est-à-dire introduit dans l'appareil à la température ambiante.

Avant la divulgation de cette invention, il ne s'était jamais utilisé de méthode catalytique pour purifier l'air ambiant et à basse température. L'appareil est conçu essentiellement pour être utilisé avec des catalyseurs déjà disponibles dans le commerce ; ces catalyseurs, à base de Palladium, permettent de réduire la teneur en polluants (ozone, hydrocarbures réactifs, monoxyde de carbone, peroxyacetyl nitrate) et ils opèrent à une température comprise entre 70 et 300 degrés Celsius. On estime que, avec

ces catalyseurs, l'ozone peut être détruit à 70° C et que le monoxyde de carbone et les hydrocarbures réactifs peuvent être détruits à des températures de l'ordre de 240 ° C. Les hydrocarbures saturés sont brûlés à des températures supérieures à 300 ° C mais dans le cas de la dépollution de l'air ambiant, il n'est pas nécessaire d'éliminer ces hydrocarbures qui ne sont pas toxiques et ne sont pas non plus des précurseurs de composés du type ozone.

Comme il apparaîtra dans ce qui suit, de nouveaux catalyseurs non disponibles dans le commerce, et que nous avons étudiés, permettent d'obtenir une plus grande efficacité du réacteur à un moindre coût du catalyseur.

Les détails caractéristiques de ce purificateur catalytique sont indiqués clairement dans la description qui suit et dans le dessin qui l'accompagne à titre d'illustration et utilisant les mêmes signes de référence.

DESCRIPTION DU DESSIN DE L'INVENTION

La figure 1 montre le schéma de principe du purificateur.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Un ventilateur (1), muni d'un filtre (2) destiné à éliminer les poussières, les particules en suspension, etc., souffle l'air à purifier provenant de la rue ou de l'immeuble lui-même, dans un système de tuyauteries, tés et coudes, équipé de deux ou plus électrovannes (3) qui, par action d'un programmeur cyclique (11) permettent d'introduire cet air à l'une ou l'autre des deux entrées du réacteur. Dans la position indiquée dans la figure, l'air entre en (4) dans le réacteur et sort en (5). Dans la deuxième moitié du cycle, après l'inversion des électrovannes, l'air entre en (5) et sort en (4).

Le réacteur est principalement constitué de trois parties :

- L'élément (6) est le catalyseur, du type mentionné dans ce qui précède ou, de préférence, du type mentionné dans ce qui suit.

- Les sections (7 et 8), remplies avec un solide non catalytique, jouent le rôle d'échangeurs ou plus exactement,

d'accumulateurs de chaleur. Quand l'air à température ambiante entre en (4), il se préchauffe dans la section (7) jusqu'à une température voisine de celle du réacteur (environ 220 ° C). A la sortie de la section (6), il entre dans la section (8) dans laquelle il cède sa chaleur sensible qui reste ainsi emmagasinée (accumulée) dans le garnissage.

Après inversion des électrovannes, la section (8) sert de préchauffeur de l'air et la section (7) de refroidisseur.

Il est évident que, après une phase initiale, un système tel que celui que nous décrivons, pourrait fonctionner indéfiniment à condition qu'on parvienne à refroidir l'air à une température égale à sa température d'entrée.

Pour réaliser cela, il faudrait que les sections d'échange aient une très grande longueur, ce qui évidemment n'est pas économique (volume important et perte de charge élevée). La température de sortie en (5) est donc nécessairement plus élevée que la température d'entrée en (4). Par conséquent, l'appareil, selon l'invention, est en même temps un purificateur et un appareil de chauffage de l'air et même, avec un système d'échange thermique très efficace comme celui revendiqué dans l'invention, un apport d'énergie thermique doit être prévu pour compenser l'inefficacité de l'échangeur de chaleur.

Cet apport est sous la forme d'énergie électrique et la figure 1 indique la méthode recommandée dans l'invention pour introduire cette énergie électrique dans le système. On notera que l'opération de l'appareil est totalement électrique (ventilateur, électrovannes et énergie de chauffage). Une résistance électrique (9) est placée à la moitié du lit de catalyseur pour apporter la chaleur nécessaire à l'opération. Cette résistance (9), connectée à l'interrupteur général de l'appareil (commun au moteur du ventilateur, au programmateur et à la résistance) est maintenue active pendant le laps de temps préliminaire de préchauffage et pendant l'opération proprement dite (régime pseudo-stationnaire) et cela avec la même intensité de courant électrique.

Il est évident que l'appareil doit être "symétrique" : les deux sections d'échange (7 et 8), les tubes (4 et 5) et

les vannes (3) sont identiques.

Après avoir appuyé sur l'interrupteur général qui met en fonctionnement simultanément le ventilateur (1), le programmeur (11) d'inversion des électrovannes (3) et la résistance (9), les températures du catalyseur (6) et des garnissages augmentent pour se stabiliser, après un certain nombre de cycles, aux températures choisies pendant la conception de l'appareil.

La propriété essentielle de l'appareil selon l'invention est de minimiser l'apport d'énergie à la résistance (9) et au ventilateur (1) sans préjudice pour la purification et sans augmenter le coût d'investissement. Pour atteindre ce résultat, on a trouvé que le système d'échange de chaleur (sections 7 et 8) devait satisfaire aux conditions suivantes :

a) Augmentation de l'efficacité de l'échange de chaleur grâce à l'utilisation d'un garnissage de grande surface spécifique (mètres carrés de surface par mètre cube de garnissage). Cela ne peut être obtenu que par l'utilisation de fils métalliques de petit diamètre d'un matériau relativement inoxydable. L'efficacité d'un garnissage est définie en termes scientifiques, par le NTU (Number of Transfer Units) c'est-à-dire Nombre d'Unités de Transfert, par unité de longueur. Pour une même longueur du garnissage, l'échauffement et le refroidissement seront d'autant plus grand que la valeur du NTU est grande.

Avec les fibres métalliques, de très petit diamètre, on peut augmenter cette efficacité et réduire ainsi la longueur de garnissage nécessaire mais il en résulte une perte de pression dans le garnissage trop élevée, ce qui n'est pas compatible avec les critères mentionnés, relatifs à un appareil économique et de faible niveau acoustique.

b) On a trouvé que le meilleur compromis entre volume, efficacité thermique et perte de charge s'obtient à l'aide de garnissages de porosité volumique relativement élevée (75 à 95 %) constitués de fils d'un diamètre, ni trop petit, ni trop grand, compris entre 0,2 mm et 1 mm.

c) La fréquence du cycle d'inversion de flux doit être

élevée et dans tous les cas supérieure à 15 cycles à l'heure.

d) La température maximum dans la section du catalyseur ne doit pas être supérieure à 400 ° C.

e) Il est également indispensable que les fils
5 métalliques qui constituent le garnissage soient placés dans une position globalement perpendiculaire aux flux de l'air. De préférence , on utilise des toiles métalliques, coupées en forme de disques circulaires, dont le diamètre est égal à celui du réacteur.

10 Comme nous verrons dans la description des lois expérimentales qui suivent et dans les exemples illustratifs, quand ces conditions sont satisfaites, on obtient un appareil qui combine les caractéristique suivantes :

- Son volume est petit
- 15 - Le laps de temps initial pour le chauffer aux températures désirées est court
- Sa perte de pression ainsi que le coût du ventilateur et le niveau acoustique sont faibles
- Son efficacité thermique est élevée.

20 La définition de l'efficacité thermique de l'Echangeur-Accumulateur est la suivante :

$$E = 1 - \frac{T_s - T_e}{T_c - T_e}$$

25 T_s = Température moyenne de l'air à la sortie de l'appareil

T_e = Température moyenne de l'air à l'entrée de l'échangeur

T_c = Température moyenne de l'air à la sortie de la section de catalyseur

30 T_e est également la température de l'air à la sortie du ventilateur. T_s est la température moyenne de l'air à la sortie pendant un demi cycle : par exemple, cette température peut s'élever de 20 °C au début du demi-cycle, à 30 °C à la fin de ce demi cycle. T_c est la température de sortie du
35 catalyseur et par conséquent, d'entrée dans la section du garnissage de refroidissement.

T_c peut être choisi voisin de 250 °C pour les appareils dénommés de "haute température" et de 80 °C pour ceux dénommés

de "basse température".

Avec une efficacité de 98 % ($E = 0,98$), une température d'entrée de 20 °C, une température de 220 °C, la température moyenne T_s serait égale à 24 °C.

5 La consommation d'énergie électrique n'est pas uniquement celle nécessaire pour compenser cette inefficacité car il faut également tenir compte de la consommation du moteur électrique du ventilateur ainsi que des pertes de chaleur à travers du calorifuge.

10 Une autre caractéristique fondamentale de l'appareil selon l'invention est que la perte de charge nécessaire pour obtenir cette efficacité élevée d'environ 98 % (entre 95 % et 99 %) est toujours relativement élevée et du même ordre de grandeur que celle du lit catalytique (6). Il est connu que
15 des catalyseurs à base de Palladium ou d'Argent peuvent avoir une activité très élevée à des températures relativement basses : la température de fonctionnement du catalyseur sera toujours choisie telle qu'elle permette d'opérer dans le régime dénommé régime diffusionnel externe c'est-à-dire que ce
20 n'est pas l'activité catalytique qui définit l'efficacité du lit catalytique mais le transfert de matière dans le gaz situé à la périphérie des particules de catalyseur.

Dans ces conditions, et comme cela a été confirmé dans les expériences que nous avons effectuées, la perte de charge
25 dans un lit catalytique (6) qui réduit de 90 % les polluants principaux (ozone, monoxyde de carbone, toluène, xylènes) est du même ordre de grandeur que la somme des pertes de charge dans les deux garnissages (7) et (8). Par conséquent on peut utiliser des catalyseurs commerciaux classiques qui se
30 présentent sous forme de sphères ou de cylindres d'un diamètre compris entre 3 mm et 5 mm et ne pas avoir recours à des catalyseurs plus chers tels que les monolithes.

Mais pour tenir compte de la très grande efficacité de transfert de chaleur obtenue à l'aide des garnissages de
35 grande porosité, constitués par des fils de petit diamètre et des inconvénients connus des catalyseurs commerciaux dans lesquels les particules du métal catalytique sont éloignées de la surface en contact avec le flux gazeux, nous avons étudié,

avec succès, l'utilisation de fils métalliques catalytiques comme catalyseurs.

5 C'est ainsi que des catalyseurs au Palladium ont été obtenus par dépôt électrochimique sur des toiles métalliques de cuivre de haute porosité volumique (90 %). Les fils ayant servi dans la fabrication de ces toiles ont de préférence un diamètre d'environ 0,1 mm. Comme l'indiquent les exemples illustratifs, le rendement de la dépollution est très élevé.

10 En général, l'épaisseur du dépôt électro-chimique était de 300 Angströms.

Il est évidemment meilleur marché d'effectuer un recouvrement électrolytique de fils et de tissus que de déposer du Palladium à l'intérieur des pores d'un support dans des conditions où les petites particules obtenues ne seront pas, par la suite, susceptibles de se fritter c'est-à-dire de se réagglomérer.

20 Une deuxième série d'essais a été effectuée avec un dépôt électrolytique d'argent sur des fils de cuivre. Comme le montre l'exemple illustratif, l'efficacité d'élimination de l'ozone est exceptionnelle, principalement lorsque le rapport CO/O₃ (molécules de monoxyde de carbone à molécules d'ozone) dans l'air est supérieur à 10, ce qui est toujours le cas dans l'air ambiant, comme celui qu'on traite dans l'appareil selon l'invention.

25 On peut admettre que ces catalyseurs sans pores fonctionnent très bien avec cet appareil alimenté en air ambiant pour les quatre raisons suivantes :

30 - les quantités de composés de phosphore, soufre, zinc et silicium contenues dans l'air ambiant des villes sont très faibles

- L'appareil est équipé d'un filtre à particules solides

- La surface des fils des accumulateurs est très grande

35 - Ces accumulateurs sont partiellement autonettoyants grâce à l'inversion cyclique du flux gazeux.

L'empoisonnement du catalyseur est par conséquent relativement lent. Nous n'avons pas effectué des essais systématique d'empoisonnement pendant des durées de temps très

longues, mais on peut admettre de toute façon qu'un catalyseur constitué de fils peut être réactivé plusieurs fois si nécessaire par traitement thermique ou par lavage avec des solutions chimiques. En d'autres termes, de même qu'il faudra
5 assurer l'entretien du filtre à particules solides, il faudra également assurer l'entretien du catalyseur.

EXEMPLE 1

APPAREIL POUR PURIFIER L'AIR D'UNE MAISON PAR CIRCULATION FORCEE

10 On utilise un réacteur cylindrique de 30 cm de diamètre (voir figure 1) dans lequel la section (6) contenant le catalyseur a une longueur de 5 cm et un volume total de 3,5 litres. Le débit d'air à traiter est de 200 m³ / heure mesurés à 20 °C et à la pression atmosphérique de la ville de Mexico
15 (590 mm de mercure).

Avec un débit de cet ordre, on peut maintenir propre l'ambiance d'une maison ou d'un appartement de surface comprise entre 100 et 200 m².

20 Le catalyseur (type PC 163 de la société PROCATALYSE) est constitué de particules sphériques de diamètre moyen 0,32 cm. La densité de ces particules est telle que la masse du lit catalytique est de 2,9 kg. A 220 °C, avec le débit d'air mentionné précédemment, la perte de charge à travers le lit catalytique est de 3,5 cm - eau.

25 Les garnissages sont constitués par une toile métallique tissée de fils d'aluminium, d'environ 17 Mesh. Les fils ont un diamètre de 0,17 mm et l'espace entre deux fils est de 1,6 mm. On découpe des disques circulaires de 30 cm de diamètre dans la toile métallique et avec ces disques empilés,
30 on constitue les accumulateurs 7 et 8. La longueur de chaque section est de 15 cm. Deux diffuseurs (10) comportant un grand nombre de petits orifices calibrés permettent de distribuer régulièrement le flux d'air sur toute la section du garnissage.

35 La porosité du garnissage est de 90 %. Le poids de chaque section est de 2,9 kg.

En fonctionnement normal, la perte de charge de chaque section de garnissage est de 7 cm - eau à laquelle il faut

ajouter 1 cm - eau de perte de charge du diffuseur.

Comme l'indique la figure 1, le réacteur est isolé thermiquement à l'aide d'une couche de 5 cm d'épaisseur de laine de verre (12).

5 La résistance (9) peut fournir 250 watts. Avec le programmateur (11) positionné pour obtenir un cycle de 1 minute (à chaque cycle, on inverse deux fois les deux électrovannes) on démarre l'opération et on observe l'augmentation progressive de la température indiquée par le
10 thermocouple (13) situé au milieu du lit de catalyseur. Après 25 minutes de fonctionnement, cette température se maintient pratiquement constante et égale à 220 °C.

Dans ces conditions, la consommation du moteur du ventilateur est de 250 watts et cette énergie est à ajouter
15 aux 250 watts consommés par la résistance (9), ce qui signifie que l'air qui traverse l'appareil subit une augmentation moyenne de température d'environ 9 degrés Celsius. Cet air relativement chaud est rapidement mélangé avec l'air plus froid de l'appartement ou de la maison ; de toute façon un
20 apport calorifique de 500 watts ne permet pas de chauffer de plus de 1 ou 2 °C une habitation dont la surface est comprise entre 100 et 200 M² et on peut donc bien dire que l'appareil fonctionne bien comme purificateur et non pas comme appareil de chauffage.

25 On ne peut pas fonctionner avec une consommation aussi faible de la résistance (250 watts) tout en maintenant le catalyseur à 220 °C, comme le montre l'exemple comparatif suivant si la période du cycle est choisie plus grande.

Cet appareil peut être dénommé de "haute température"
30 (220 °C). Dans ces conditions de fonctionnement (température, temps de séjour de l'air dans le lit catalytique) la conversion de l'ozone est très grande (la concentration décroît de 1 ppmv (partie par million en volume) à moins de 0,05 ppmv) ainsi que celle du monoxyde de carbone (de 5 ppmv à
35 0,5 ppmv) et d'un hydrocarbure réactif type (de 1 ppmv à moins de 0,05 ppmv dans le cas du toluène). L'efficacité de ce catalyseur industriel est donc bien conforme à celle indiquée par son fabricant et cela n'est pas l'objet de la présente

invention.

EXEMPLE 2

Le programmeur de l'appareil de l'exemple 1 est positionné à 6 cycles par heure. Pour maintenir la température à 220 °C, il est nécessaire, grâce à l'utilisation d'un transformateur, d'augmenter la puissance consommée dans la résistance jusqu'à 450 watts.

EXEMPLE 3

Cet exemple comparatif montre un autre avantage de l'opération avec des cycles courts. Avec 6 cycles par heure, comme dans l'exemple 2, on peut maintenir le catalyseur à 220°C avec la même puissance consommée (250 watts) que dans l'exemple 1 mais à condition de modifier la longueur des garnissages de refroidissement et préchauffage.

En augmentant la longueur de chaque garnissage à 25 cm, on peut bien opérer avec 250 watts mais la perte de charge de chaque garnissage est multipliée par 1,7 (12 cm-eau) et on ne peut plus utiliser un ventilateur de basse pression et de faible niveau acoustique. Une autre solution serait de ne pas augmenter la longueur des garnissages mais le diamètre de l'appareil devient alors plus volumineux et plus coûteux.

EXEMPLE 4

Cet exemple comparatif illustre l'avantage associé à l'utilisation de tissus métalliques de grande porosité. En utilisant des toiles métalliques d'aluminium de 50 mesh, constituées de fils de 0,2 mm, de porosité 0,67 et en réduisant la longueur des garnissages à 6 cm, la puissance nécessaire pour maintenir le catalyseur à 220°C est encore égale à 250 watts (même efficacité que dans l'exemple 1). Mais la perte de charge de chaque garnissage est égale à 12 cm-eau.

Il est évident que la perte de charge augmenterait par un facteur de $(12/7)^2 = 3$ pour atteindre 21 cm si on associait simultanément les deux modifications des exemples 3 et 4, ce qui montre clairement un des avantages de l'appareil selon l'invention.

EXEMPLE 5

Cet exemple comparatif illustre l'avantage associé à l'utilisation de toiles métalliques de métaux bons conducteurs

de la chaleur, en comparant aux performances de toiles constituées de fils moins conducteurs comme les fibres de verre.

5 En conservant toutes les valeurs des paramètres de conception et d'opération identiques à celles de l'exemple 1, on remplace les tissus d'aluminium par des tissus de fibres de verre présentant des caractéristiques géométriques voisines. On observe qu'il faut porter la puissance consommée à la résistance à 420 watts pour maintenir la température du catalyseur à 220°C.

10 L'échange de chaleur est moins efficace : l'efficacité passe de 98% à 95,8%. Comme les densités et les chaleurs spécifiques de l'aluminium et du verre sont approximativement égales, mais que les conductivités thermiques des deux matériaux sont très différentes (celle de l'aluminium est 200 fois plus grande que celle du verre), ce résultat montre que la conduction radiale de la chaleur dans une même tranche de garnissage contribue à augmenter l'efficacité du garnissage et à réduire l'effet de la mauvaise distribution de l'air à l'entrée du garnissage.

20 Pour cette raison, tout garnissage non constitué de fils métalliques orientés perpendiculairement à l'axe de l'appareil (c'est-à-dire à la direction du flux gazeux) sera moins efficace. Cela serait notamment le cas avec des particules métalliques ou céramiques pour lesquelles la conduction radiale est faible et due uniquement aux points de contact des particules entre elles

EXEMPLE 6

30 On réduit la longueur des garnissages de l'exemple 1 de 15 à 8 cm et on réduit également de moitié la puissance consommée par la résistance (125 watts) ce qui se traduit par une température du catalyseur égale à 70°C. La perte de charge dans chaque garnissage est de 3,7 cm et dans le lit de catalyseur de 2,6 cm. La puissance consommée par le moteur est de 150 watts.

35 Ce système correspond à un fonctionnement "basse température" (70°C). On peut noter que la consommation d'énergie est presque réduite de moitié. Comme l'ont montré

les analyses chimiques, la conversion d'ozone reste élevée (environ 85%) mais les conversions de monoxyde de carbone et de toluène sont faibles (inférieures à 10%).

Avant de présenter les autres exemples, nous présentons quelques commentaires sur les exemples précédents.

Les deux conclusions importantes que nous tirons des exemples précédents sont les suivantes :

1) Quelle que soit la température du catalyseur, on peut toujours opérer avec une efficacité thermique de l'ordre de 97%, c'est-à-dire qu'on peut augmenter la température du catalyseur de 50°C avec une augmentation faible de la puissance consommée dans la résistance qui passe de 250 watts à 315 watts. Mais une augmentation de 50°C augmente beaucoup l'activité intrinsèque du catalyseur qui dans le cas du palladium, catalyseur préféré selon l'invention, peut être multipliée par un facteur de 6.

Par conséquent il est toujours possible d'opérer en régime diffusionnel externe c'est-à-dire avec le freinage diffusionnel à la périphérie des particules de catalyseur sans que la consommation d'énergie électrique soit beaucoup augmentée.

2) Une autre conclusion est que pour obtenir une efficacité thermique supérieure à 95% la perte de charge est en général plus grande dans les garnissages que dans le lit catalytique. Cette conclusion reste valable même pour le système très efficace et de faible perte de charge de l'appareil selon l'invention (porosité élevée, tissus conducteurs placés perpendiculairement au flux gazeux). Ce qui signifie qu'un catalyseur de faible perte de charge mais de prix élevé tel que le monolithe n'est pas indispensable et que des particules sphériques de billes poreuses peuvent être utilisées.

La combinaison de ces deux conclusions nous conduit à utiliser comme catalyseurs préférés selon l'invention, un catalyseur sans porosité interne (sans pores) constitué par des fils métalliques avec le métal catalytique déposé électrochimiquement sur la surface de ces fils. Le garnissage catalytique est en tout point semblable au garnissage de

5 récupération de chaleur et son efficacité, c'est-à-dire, son efficacité catalytique définie dans ce cas comme le rapport du transfert de matière à la perte de charge sera très élevée si la porosité du garnissage catalytique est grande (supérieure à 70%). La réduction de la taille des fils (diamètre inférieur à 0,5mm) permet également de réduire la quantité de métal support. Mais il est évident que le poids du métal support ou la perte de charge du lit de fibres ou de toiles ne sont pas des facteurs déterminants dans le coût d'investissement ou le
10 coût opératoire de l'appareil.

Le gain principal qui résulte de l'utilisation de ces catalyseurs recouverts électrochimiquement est le faible coût du procédé de fabrication et le fait qu'ils sont stables thermiquement sans les additifs que l'on utilise avec les catalyseurs poreux afin d'éviter le frittage des particules de
15 métal déposées dans les pores.

EXEMPLE 7

"Appareil de diamètre réduit pour l'étude de différents catalyseurs".

20 On utilise un réacteur cylindrique de 3 cm de diamètre identique au réacteur présenté dans la figure 1. La seule différence entre ce réacteur et le réacteur de l'exemple 1 est le diamètre du réacteur, des tuyauteries et du ventilateur.

Avec un débit de 2 m³/heure et tous les autres
25 paramètres opératoires identiques, on observe que l'efficacité thermique de l'accumulateur - générateur ainsi que l'efficacité catalytique du lit de particules sphériques sont identiques à celles de l'exemple 1. En d'autres termes, le diamètre du réacteur n'a aucun effet sur les rendements, ce
30 qui était prévisible, étant donnée la perte de charge relativement importante des garnissages et la conduction radiale de chaleur due aux fils d'aluminium.

En utilisant ces mêmes toiles d'aluminium comme support du Palladium qui est déposé électrochimiquement sous la forme
35 d'une couche continue de 300 Angströms (30 nanomètres) d'épaisseur, on observe qu'avec un lit catalytique de 10 cm de longueur, l'efficacité de dépollution (ozone, monoxyde de carbone, toluène) est nettement supérieure à celle de

l'exemple 1, tandis que la perte de charge dans le lit catalytique est de 5 cm eau, c'est-à-dire inférieure à la perte de charge des garnissages de l'accumulateur.

EXEMPLE 8

5 Les toiles d'aluminium utilisées comme support dans l'exemple 7 sont remplacées par des toiles de cuivre et recouvertes électrochimiquement dans les mêmes conditions que celles de l'exemple 7.

10 Ce nouveau catalyseur, dans une opération préliminaire est conditionné à 600°C pendant 14 heures dans un mélange de 1% de méthane, 4% d'oxygène et 95% d'azote (cf. méthode de Briot et Primet, Applied Catalysis, 68 (1991) P. 301-314).

15 En utilisant ce nouveau catalyseur, dans les conditions de l'exemple 7 mais à plus basse température, 180°C, on a trouvé que l'efficacité de dépollution est essentiellement identique mais la consommation d'énergie dans la résistance est réduite de 250 watts à 200 watts (énergie nécessaire pour maintenir le catalyseur à 180°C).

EXEMPLE 9

20 Avec les toiles d'aluminium de l'exemple 7 mais en utilisant un recouvrement d'argent (épaisseur : 300 Angströms), on traite de l'air pollué contenant 1 ppmv d'ozone et 10 ppmv de monoxyde de carbone. La température du catalyseur est maintenue à 90°C à l'aide du transformateur
25 électrique. La conversion de l'ozone est supérieure à 90% mais le monoxyde de carbone n'est que peu transformé.

30 Ce système de basse température, basé soit sur le palladium soit sur l'Argent, devrait permettre de traiter de grands débits d'air pollué à un coût très faible, en optimisant la consommation électrique totale (dans la résistance et dans le moteur).

Ces appareils de grand diamètre (2 m. de diamètre ou plus) pourraient être utilisés dans la dépollution des grands immeubles, des zones de récréation ou de sport etc...

35 Le déposant du brevet confirme que la meilleure méthode qu'il connaisse actuellement pour mettre en pratique l'invention faisant l'objet de ce dépôt est bien celle qui résulte de la description précédente.

REVENDEICATIONS

1 - Appareil pour purifier l'air qui comprend un système catalytique pour réduire la teneur en composés polluants présents dans l'air, destiné à être utilisé dans des bureaux, logements, voitures automobiles, aires de jeux, rues polluées etc..., caractérisé en ce qu'il associe un ventilateur équipé d'un filtre qui alimente l'air à purifier dans un système de tuyauteries équipées de deux ou plus électrovannes actionnées par un programmeur cyclique ; les électrovannes sont actionnées de manière à réaliser l'inversion périodique du débit d'air qui traverse le tube du réacteur ; ce tube contient à son intérieur un catalyseur de Palladium ou d'Argent et comporte, de part et d'autre du garnissage catalytique, deux garnissages constitués par des solides non catalytiques ; dans le lit de catalyseur, on a placé la résistance électrique dont le rôle est de chauffer l'air lorsqu'il traverse le garnissage catalytique ; aux extrémités des garnissages non catalytiques, on a placé deux diffuseurs constitués de plaques percées de nombreuses perforations calibrées qui permettent de répartir régulièrement le débit d'air sur toute la section des garnissages ; la paroi du tube est isolée par une couche de fibres de verre.

2 - Appareil suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les garnissages non catalytiques sont constitués par des disques circulaires de toile métallique, empilés et disposés perpendiculairement à la direction du débit d'air.

3 - Appareil suivant les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les garnissages non catalytiques sont constitués de toiles métalliques dont les fils ont un diamètre inférieur à 1 mm et de préférence inclus dans l'intervalle 0,2 mm à 0,5 mm et également que la porosité volumique de ces garnissages soit incluse entre 70 et 90%.

4 - Appareil suivant les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la toile métallique préférée selon l'invention est constituée de fils d'aluminium, métal inoxydable de conductivité thermique élevée et de chaleur spécifique élevée.

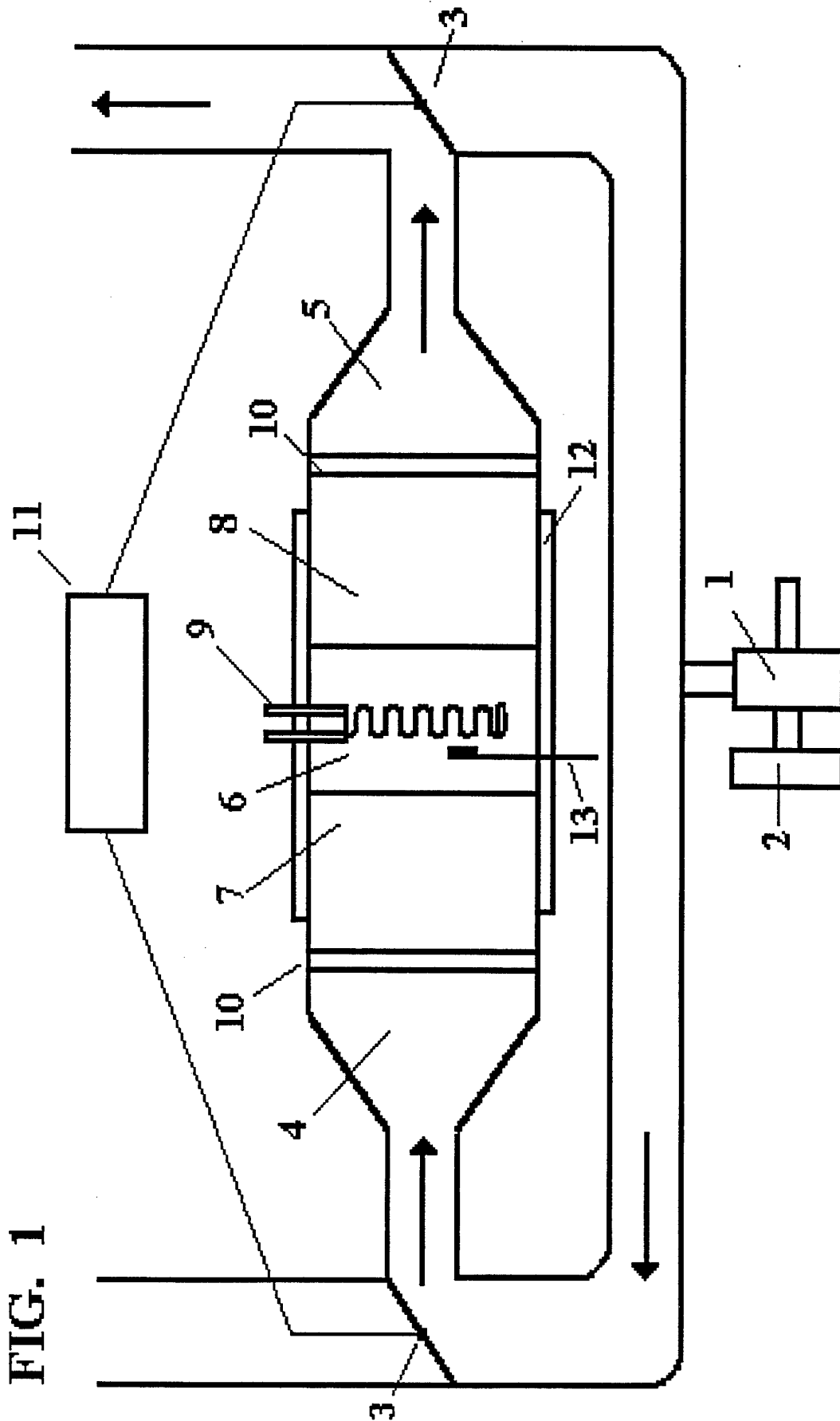


FIG. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/FR 93/00693

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 5 A62B29/00

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)
 IPC 5 A62B

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 practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A | US,A,4 054 418 (S.T.MILLER) 18 October 1977 see column 2, line 30 - column 6, line 8; figures 1,2 --- | 1 |
| A | WO,A,90 11433 (W.FEDOROWICZ) 4 October 1990 --- | 1 |
| A | DE,A,33 22 439 (M.GAUCHEL) 3 January 1985 ----- | 1 |

 Further documents are listed in the continuation of box C.

 Patent family members are listed in 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 document 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

9 November 1993

Date of mailing of the international search report

30. 11. 93

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

TRIANTAPHILLOU, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int: onal Application No

PCT/FR 93/00693

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US-A-4054418 | 18-10-77 | NONE | |
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| WO-A-9011433 | 04-10-90 | AU-A- 3425789 | 22-10-90 |
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| DE-A-3322439 | 03-01-85 | NONE | |
| ----- | ----- | ----- | ----- |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem Internationale No
PCT/FR 93/00693

| <p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 5 A62B29/00</p> | | |
|--|--|---|
| <p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p> | | |
| <p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p> | | |
| <p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 5 A62B</p> | | |
| <p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p> | | |
| <p>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)</p> | | |
| <p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p> | | |
| Catégorie ° | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| A | US,A,4 054 418 (S.T.MILLER) 18 Octobre 1977 voir colonne 2, ligne 30 - colonne 6, ligne 8; figures 1,2 --- | 1 |
| A | WO,A,90 11433 (W.FEDOROWICZ) 4 Octobre 1990 --- | 1 |
| A | DE,A,33 22 439 (M.GAUCHEL) 3 Janvier 1985 ----- | 1 |
| <p><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p> | | |
| <p>* Catégories spéciales de documents cités:</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 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</p> <p>"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</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> | | |
| <p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p>9 Novembre 1993</p> | | <p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>30. 11. 93</p> |
| <p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016</p> | | <p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>TRIAN TAPHILLOU, P</p> |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Den : Internationale No

PCT/FR 93/00693

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| US-A-4054418 | 18-10-77 | AUCUN | |
| WO-A-9011433 | 04-10-90 | AU-A- 3425789 | 22-10-90 |
| DE-A-3322439 | 03-01-85 | AUCUN | |