

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 86400005.4

(51) Int. Cl.⁴: **F 25 B 1/06**

(22) Date de dépôt: 03.01.86

(30) Priorité: 09.01.85 FR 8500330

(43) Date de publication de la demande:
27.08.86 Bulletin 86/35

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE GB IT LI NL SE

(71) Demandeur: **INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE**
4, Avenue de Bois-Préau
F-92502 Rueil-Malmaison(FR)

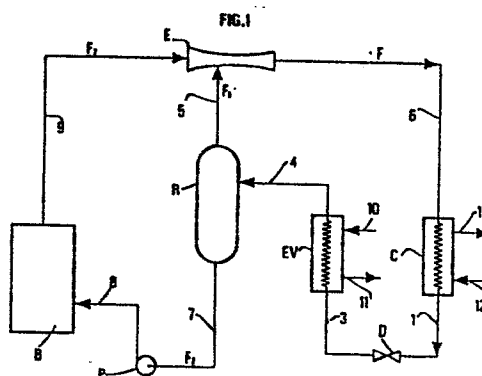
(72) Inventeur: **Cheron, Jacques**
76 bis, rue du Maréchal Foch
F-78600 Maisons Laiffitte(FR)

(72) Inventeur: **Rojey, Alexandre**
29-33 rue Henri Regnault
F-92380 Garches(FR)

(54) Procédé de production de froid et/ou de chaleur mettant en oeuvre un mélange non azéotropique de fluides dans un cycle à éjecteur.

(57) Un fluide de travail composé d'un mélange non-azeotropique d'au moins deux constituants est condensé (C), puis séparé en deux fractions (5 et 7); la première fraction (5) est évaporée (EV) à relativement basse température, la seconde fraction (7) est évaporée (B) à relativement haute température, puis les deux fractions vaporisées passent dans un éjecteur (E) et sont renvoyées au condenseur (C).

Application au chauffage de locaux ou à la réfrigération.



La présente invention est relative à un procédé de production de froid et/ou de chaleur, à partir d'une source de chaleur, mettant en oeuvre un nouveau fluide de travail selon un cycle comprenant un éjecteur (des moyens d'éjection).

5

Le procédé peut être utilisé dans le domaine du chauffage de locaux ou de la réfrigération. Le principe du cycle avec éjecteur connu dans l'art antérieur est brièvement résumé comme suit.

- 10 Un fluide moteur à haute pression et haute température provenant d'un bouilleur est détendu dans la première section d'un éjecteur. La détente provoque la mise en vitesse de ce fluide qui est capable d'entraîner un deuxième fluide issu d'un évaporateur. Les deux fluides sont mélangés et pénètrent dans la deuxième section de
- 15 l'éjecteur. En réduisant leur vitesse ou énergie cinétique leur pression est augmentée pour atteindre celle régnant dans le condenseur. Une source thermique apporte de la chaleur à haute température TB au bouilleur, une deuxième source thermique qui peut être le milieu ambiant apporte de la chaleur à basse température TE
- 20 à l'évaporateur, enfin la somme de ces deux chaleurs est récupérable au condenseur à une température intermédiaire TC. Le fluide issu du condenseur est en partie détendu et de nouveau évaporé à la température TE, et en partie élevé en pression par l'intermédiaire d'une pompe et vaporisé au bouilleur à la
- 25 température TB.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

- La présente invention propose l'utilisation, dans un cycle à
- 30 éjection, d'un fluide de travail (appelé F dans la suite) composé d'un mélange non-azéotropique d'au moins deux fluides chimiquement inertes, capable de s'évaporer et de ne pas cristalliser dans les conditions du procédé.

- 35 Le procédé est caractérisé en ce que :

- a) on soumet un fluide de travail (F) à l'état gazeux à une étape de condensation sous une pression (PC) en transmettant la chaleur de condensation du fluide (F) à un fluide extérieur, ledit fluide (F) comprenant un mélange non-azéotropique de 5-95 % en fraction molaire d'un premier constituant et de 95-5 % en fraction molaire d'un second constituant miscible en phase liquide au premier constituant, les constituants dudit mélange étant chimiquement distincts et capables de s'évaporer et de ne pas cristalliser dans les conditions du procédé,
- 10 b) on soumet le condensat résultant à un abaissement de pression, et on lui fournit de la chaleur sous cette pression abaissée (PE), de manière à l'évaporer en partie et on sépare la fraction vaporisée (F1) de la fraction (F2) demeurée en phase liquide,
- 15 c) on élève la pression de la fraction (F2) jusqu'à une pression (PB) plus élevée que la pression (PC) de l'étape (a) et on fournit de la chaleur à ladite fraction (F2), de manière à obtenir la fraction (F2) en phase vapeur et
- 20 d) on soumet la fraction (F2) en phase vapeur, issue de l'étape (c), à une détente dans des moyens d'éjection et on entraîne par cette détente la fraction (F1) en phase vapeur issue de l'étape (b), de manière à mélanger ces deux fractions et à reconstituer le fluide (F) à l'état gazeux, à la pression (PC) de l'étape (a).

La différence entre les températures normales d'ébullition des deux
25 constituants est, par exemple, de 10 à 150° C.

Les fractions F1 et F2 peuvent représenter respectivement 5-95 % et 95-5 % en mole du mélange F, de préférence 20-80 % et 80-20 %.

- 30 De préférence l'un des constituants est l'eau (80-95 % en mole) et l'autre constituant (5-20 % en mole) peut être, par exemple, un alcool, une cétone, l'ammoniac, une amine ou un amide ou tout autre composé soluble dans l'eau dont le point d'ébullition normale est compris entre 100 et - 50° C. Un autre mélange utilisable comprend
- 35 deux hydrocarbures halogénés distincts ou un hydrocarbure et un hydrocarbure halogéné.

Le présent procédé permet un fonctionnement de longue durée sans intervention, comme par exemple le chauffage de locaux domestiques. Un mélange, par exemple, eau-alcool permet en effet d'obtenir simultanément la stabilité thermique nécessaire à la longévité, une
5 basse pression acceptable au niveau de l'évaporateur, l'absence de corrosion, l'absence de risque de cristallisation et une simplicité mécanique indispensable à la longévité. En effet, le fluide F, lorsque par exemple l'un des constituants est l'eau, présente le premier avantage d'être un mélange de fluides chimiquement et
10 thermiquement stables dans la gamme de température comprise entre celle régnant à l'évaporateur, par exemple 0 °C à -5 °C, et celle régnant au bouilleur, par exemple 150-180 °C.

Un autre avantage est l'augmentation de la pression à l'évaporateur
15 en comparaison d'un système utilisant de l'eau comme fluide unique de travail. En effet, aux basses températures de l'évaporateur (vers 0 °C), la pression de vapeur saturante de l'eau est très faible (proche de 600 Pascals). L'eau, quand elle est utilisée seule, nécessite donc des systèmes dont le volume doit être
20 largement dimensionné pour éviter toute perte de charge entre les différents éléments. L'augmentation de la pression de travail permet la réduction du volume du système et se traduit par un coût d'investissement inférieur.

Un autre avantage est la possibilité de sélectionner des mélanges non corrosifs, tels que les solutions eau-ammoniac, eau-alcool ou eau-cétone, par exemple. Les matériaux de construction courants
25 comme l'acier au carbone ou le cuivre peuvent être utilisés selon les fluides retenus sans faire appel à l'acier inoxydable ou à des revêtements de matériaux coûteux comme agents de protection contre
30 la corrosion.

Un autre avantage, lorsque l'un des constituants est l'eau, est l'emploi d'un fluide de travail dont les propriétés

thermodynamiques sont proches de celles de l'eau si celle-ci est le constituant principal mais sans crainte de cristallisation.

5 En cas de fonctionnement en pompe à chaleur, on préfère les mélanges dont le point de cristallisation est inférieur à -5°C , température couramment observée à l'évaporateur lorsque l'air
10 ambiant est à une température proche de 0°C . Ceci est un avantage décisif par rapport aux systèmes à absorption utilisant le couple eau-bromure de lithium dans lequel le fluide de travail est l'eau pure, ce qui limite à 0°C la température la plus basse de fonctionnement de l'évaporateur.

15 Un autre avantage est la simplicité mécanique de l'éjecteur qui permet une compression du fluide de travail sans organe mécanique mobile tel que celui utilisé dans les pompes à chaleur classiques à compresseur à membrane, à piston ou à vis. Le compresseur est souvent la cause d'une moindre fiabilité de l'ensemble et nécessite de plus une lubrification adaptée qui peut perturber les équilibres des fluides de travail.

20

Un autre avantage est la réduction des irréversibilités thermodynamiques du système par l'emploi du type de fluide de travail proposé. Un tel type de fluide présente la particularité de passer de l'état liquide à l'état vapeur (et inversement) avec
25 variation de température lorsque la pression reste sensiblement constante. De ce fait il est possible de réaliser un échange thermique à contre courant entre les fluides, limitant l'écart thermique entre ces fluides.

Ces avantages se trouvent réunis dans le présent procédé. Les figures 1 à 4 décrivent divers modes de réalisation de l'invention.

Un premier mode de réalisation, illustré par la Figure 1, est décrit
5 ci-après.

Le fluide de travail F constitué d'un mélange non-azéotropique d'eau et d'un produit soluble dans l'eau sort par la conduite 1 du condenseur (C) à l'état liquide, à la température TC et la pression
10 PC.

Le fluide F est conduit par la canalisation 1 à l'organe de détente D qui abaisse la pression du fluide F à PE. Un début de vaporisation peut éventuellement se produire dans la conduite 3. Le fluide F est
15 partiellement vaporisé dans l'évaporateur EV par apport thermique d'un fluide externe entrant par la conduite 10 et sortant par la conduite 11. Une circulation à contre-courant du fluide interne F et du fluide externe est préférable pour augmenter les performances énergétiques du cycle. Cependant l'évaporation du fluide de travail F peut être
20 réalisée également dans un évaporateur d'un autre type, par exemple un évaporateur à air à courants de fluides croisés. Le fluide F, qui sort par la conduite 4 est fractionné dans le ballon R en une fraction vapeur F1 et une fraction liquide F2, évacuées respectivement par les conduites 5 et 7.

25

Selon le principe connu de fonctionnement de l'éjecteur le fluide gazeux F1 introduit par le conduit 5 est aspiré par le fluide gazeux F2 à haute pression de la canalisation 9, mélangé à celui-ci et ressort par le conduit 6 à une pression intermédiaire entre celles
30 régnant dans les conduites 9 et 5 respectivement. Il y a un effet de compression du fluide F1 introduit par la conduite 5, le travail de compression provenant de la détente du fluide F2 introduit par la conduite 9. Le mélange résultant (conduite 6) est à une pression PC supérieure à PE.

Dans le conduite 6, le fluide F, dont le débit massique et la composition globale sont les mêmes que celles du fluide F issu du condenseur C, est en phase vapeur. Par échange thermique avec un fluide externe circulant entre les conduits 12 et 13, les chaleurs
5 introduites dans le système à l'évaporateur EV et au bouilleur B sont cédées au fluide externe par la condensation et le refroidissement du fluide de travail. Ce fluide de travail F étant composé d'un mélange non-azéotropique de fluides, la condensation n'est pas isotherme et une circulation à contre-courant est préférable lors de l'échange
10 thermique avec le fluide externe.

Le cycle est complété par la circulation dans les conduits 7 et 8 et la pompe P d'une fraction F2 du fluide F, issue du ballon R. Ce fluide F2, à l'état liquide, est porté dans le bouilleur B à une pression PB
15 supérieure à PC et à une température élevée TB qui permet la transformation du fluide F2 en une phase gazeuse amenée par le conduit 9 à l'éjecteur.

La phase liquide recueillie dans le réservoir R est, selon les lois de
20 la thermodynamique, en équilibre de température et de pression avec les conditions de sortie d'évaporateur. Cela signifie en particulier que la phase liquide est enrichie en constituant le moins volatil du mélange non-azéotropique formant le fluide de travail. La température du bouilleur nécessaire à la vaporisation du fluide moteur F2 est plus
25 élevée, permettant ainsi l'accroissement du rendement thermodynamique du système.

Un autre mode de réalisation (illustré par la figure 2) est caractérisé par l'adjonction simultanée d'un réservoir R en sortie de
30 l'évaporateur (assurant la séparation des phase liquide et vapeur) et d'un échangeur E1 sur la ligne 1 pour le transfert thermique entre le liquide chaud issu du condenseur et la vapeur froide issue du réservoir R.

Un autre mode de réalisation (illustré par la figure 3) est caractérisé par l'adjonction simultanée du réservoir R en sortie d'évaporateur et de l'échangeur E1 permettant le transfert thermique entre le liquide issu du condenseur et la phase liquide froide issue du réservoir R et portée à haute pression par la pompe P.

La figure 4 illustre le principe d'un mode de réalisation caractérisé par l'ajonction d'un réservoir R1 en sortie de l'évaporateur, d'un réservoir R2 en sortie du condenseur et d'un échangeur E1 pour le sous-refroidissement du condensat issu du condenseur.

Un tel mode de réalisation permet en particulier une auto-adaptation du système aux contraintes opératoires variables en puissance et en niveau de température. Les compositions des phases liquides et gazeuses dans les deux réservoirs R1 et R2 sont en effet liées aux conditions de température, pression et volume internes ainsi qu'au respect des masses des constituants initialement introduits dans le système.

REVENDEICATIONS

1.- Procédé de production de froid et/ou de chaleur mettant en oeuvre un fluide de travail (F), caractérisé en ce que :

- 5 a) on soumet un fluide de travail (F) à l'état gazeux à une étape de condensation sous une pression (PC) en transmettant la chaleur de condensation du fluide (F) à un fluide extérieur, ledit fluide (F) comprenant un mélange non-azéotropique de 5-95 % en fraction molaire d'un premier constituant et de 95-5 % en fraction molaire d'un second constituant miscible en phase liquide au premier
- 10 constituant, les constituants dudit mélange étant chimiquement distincts et capables de s'évaporer et de ne pas cristalliser dans les conditions du procédé,
- 15 b) on soumet le condensat résultant à un abaissement de pression, et on lui fournit de la chaleur sous cette pression abaissée (PE), de manière à l'évaporer en partie et on sépare la fraction vaporisée (F1) de la fraction (F2) demeurée en phase liquide,
- 20 c) on élève la pression de la fraction (F2) jusqu'à une pression (PB) plus élevée que la pression (PC) de l'étape (a) et on fournit de la chaleur à ladite fraction (F2), de manière à obtenir la fraction (F2) en phase vapeur et
- 25 d) on soumet la fraction (F2) en phase vapeur, issue de l'étape (c), à une détente dans des moyens d'éjection et on entraîne par cette détente la fraction (F1) en phase vapeur issue de l'étape (b), de manière à mélanger ces deux fractions et à reconstituer le fluide (F) à l'état gazeux, à la pression (PC) de l'étape (a).

- 30 2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel la fraction en phase liquide (F2) à la pression (PB), avant d'être soumise à la vaporisation de l'étape (c), est mise en contact d'échange thermique

avec la phase liquide de condensation du fluide (F), avant abaissement de la pression de cette dernière.

3.- Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la fraction
5 vaporisée (F1), avant d'être envoyée aux moyens d'éjection, est mise en contact d'échange thermique avec la phase liquide de condensation du fluide (F), avant abaissement de la pression de cette dernière.

4.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comportant des
10 moyens de mise en réserve d'une partie de la phase liquide de condensation du fluide (F).

5.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le fluide de travail (F) est constitué d'un mélange
15 non-azéotropique contenant 80-95 % (en fraction molaire) d'eau et 5-20 % d'au moins un composé soluble dans l'eau dont le point d'ébullition normale est compris entre 100° C et - 50° C.

6.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le fluide de travail (F) est constitué d'un mélange d'eau et
20 d'au moins un alcool.

7. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le fluide de travail (F) est constitué d'un mélange d'eau et
25 d'ammoniac.

8.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le fluide de travail (F) est constitué d'un mélange d'eau et d'au moins une cétone.
30

9.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel les fractions F1 et F2 représentent respectivement 20-80 % et 80-20 % en mole du mélange F.

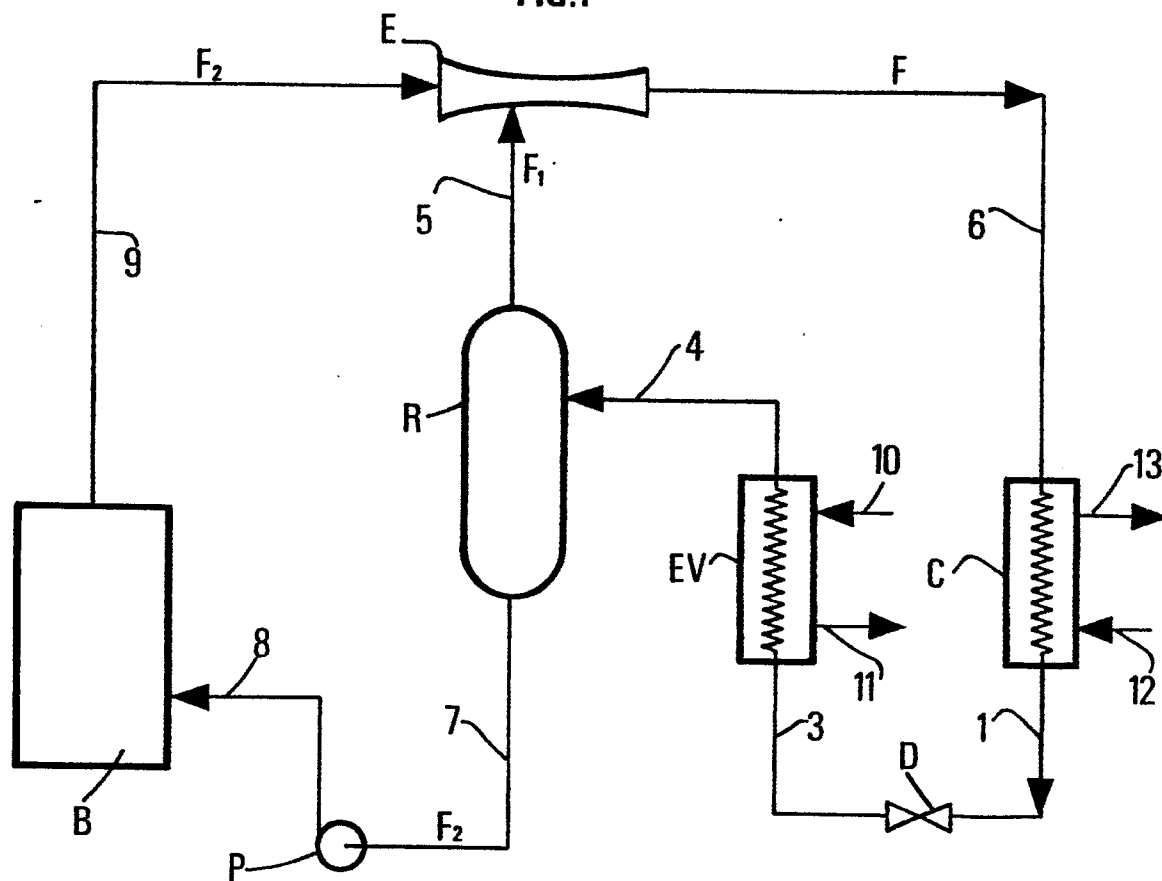
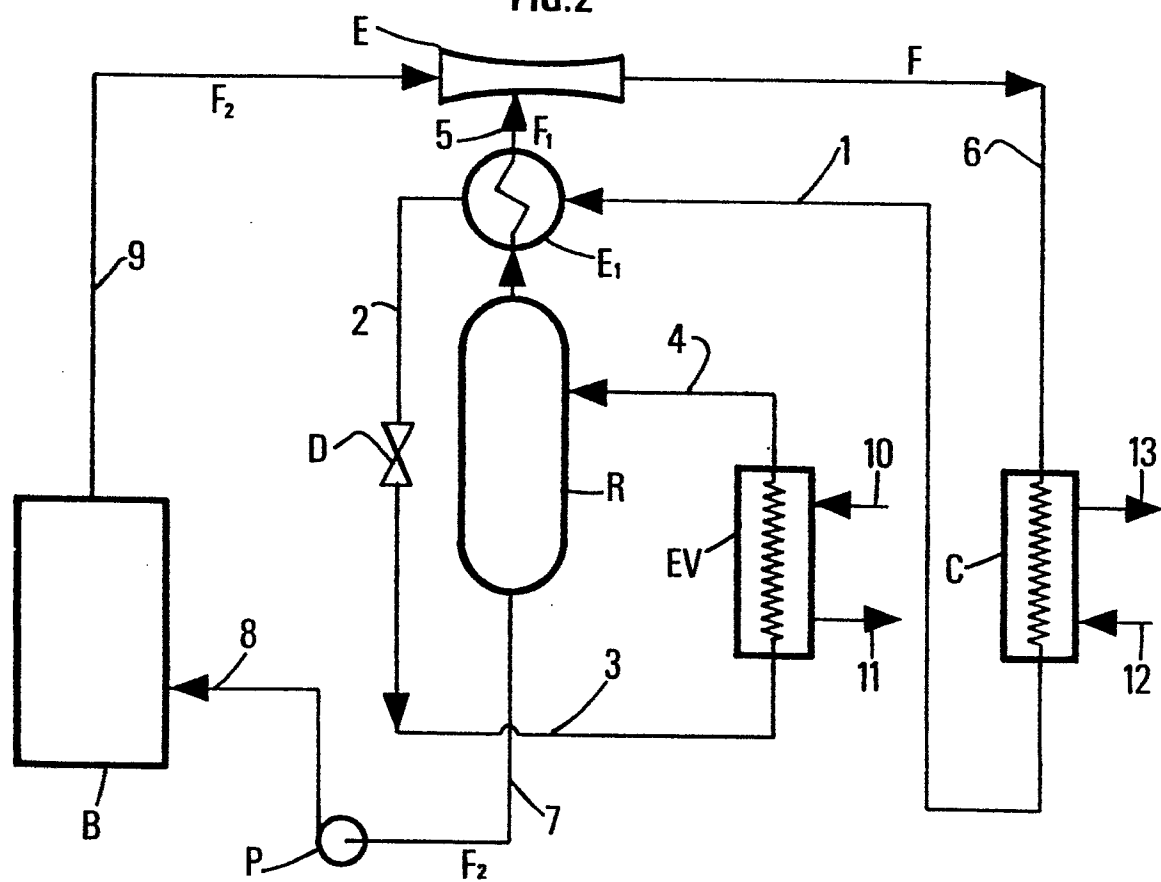


FIG.2



The diagram illustrates a hydraulic system for a vehicle seat. A pump (P) is connected to a reservoir (B) via line 8. The pump (P) is connected to a valve (E₁) via line 7. The valve (E₁) is connected to a cylinder (R) via line 2. The cylinder (R) is connected to a valve (E) via line 5. The valve (E) is connected to a cylinder (C) via line 6. The cylinder (C) is connected to a valve (D) via line 3. The valve (D) is connected to a cylinder (EV) via line 10. The cylinder (EV) is connected to a valve (E₂) via line 11. The valve (E₂) is connected to a reservoir (B) via line 9. The cylinder (EV) is also connected to a reservoir (B) via line 12. The cylinder (C) is also connected to a reservoir (B) via line 13.

[illegible]



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. 4)
Y	EP-A-0 057 120 (INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE) * En entier *	1, 2, 4-9	F 25 B 1/06
A		3	
Y	US-A-4 248 049 (BRILEY) * En entier *	1, 2, 4-9	
A	US-A-2 301 839 (WORK et al.) * Table, page 2 *	5-7	
A	US-A-4 344 292 (ROJEY)		
A	US-A-4 089 186 (ROJEY et al.)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4) F 25 B
A	GB-A-2 044 907 (VAILLANT)		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11-04-1986	Examineur SILVIS H.
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			