

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11

Numéro de publication:

**0 173 599**  
**A1**

12

# DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21

Numéro de dépôt: 85401389.3

51

Int. Cl. 4: **F 25 B 9/02**

22

Date de dépôt: 09.07.85

30

Priorité: 25.07.84 FR 8411774

71

Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**, 75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR)

43

Date de publication de la demande: 05.03.86  
Bulletin 86/10

72

Inventeur: **Reale, Serge**, 12, rue Hyppolite Muller, F-38100 Grenoble (FR)  
Inventeur: **Mingret, Dominique**, 24, rue Picasso, F-79100 Thouars (FR)

84

Etats contractants désignés: **DE FR GB**

74

Mandataire: **Jacobson, Claude et al, L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE** 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR)

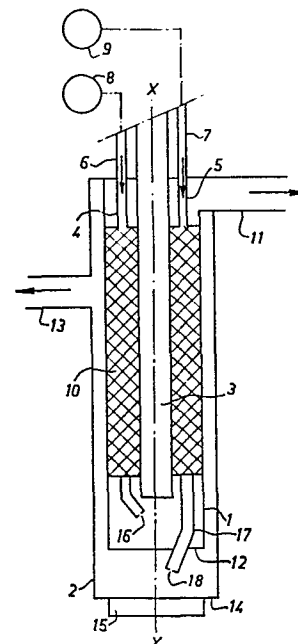
54

**Procédé et sonde de refroidissement par effet Joule-Thomson.**

57

Deux serpentins (4, 5), bobinés sur un même mandrin (3) dans une enveloppe intérieure (1) de la sonde, débouchent par des orifices de détente (16, 18) l'un dans cette enveloppe intérieure (1), l'autre entre celle-ci et l'enveloppe extérieure coaxiale (2). L'espace annulaire séparant les deux enveloppes est libre de tout obstacle jusqu'à l'orifice d'échappement correspondant (13).

Application au refroidissement des détecteurs à infra-rouge.



**EP 0 173 599 A1**

La présente invention est relative à la technique de refroidissement par détente Joule-Thomson de gaz. Elle s'applique notamment au refroidissement des détecteurs à infra-rouge.

5 L'invention a pour but de permettre d'obtenir en des temps extrêmement courts des températures inférieures à 90 K.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de refroidissement par détente Joule-Thomson, caractérisé en ce que : on détend dans une première enceinte un premier gaz contenant un premier constituant à effet Joule-Thomson relativement fort, et on utilise ce premier gaz  
10 détendu pour prérefroidir à contre-courant, suivant un circuit à relativement forte perte de charge, un second gaz contenant un deuxième constituant à effet Joule-Thomson relativement faible mais plus volatil que ledit premier constituant ; et on détend ledit second gaz dans une deuxième enceinte, puis on le laisse s'échapper suivant un trajet à  
15 relativement faible perte de charge.

Dans un premier mode de mise en oeuvre, le second gaz est indépendant du premier. Dans ce cas, de préférence, le premier gaz est de l'argon tandis que le second gaz est de l'azote.

Dans un second mode de mise en oeuvre, plus économique mais  
20 permettant d'atteindre des températures moins basses, le second gaz est constitué par une partie du premier gaz détendu. Dans ce cas, les premier et second gaz sont de préférence constitués par un mélange argon-azote.

L'invention a également pour objet une sonde de refroidissement destinée notamment au premier mode de mise en oeuvre du procédé tel que  
25 défini ci-dessus. Cette sonde, du type comprenant deux circuits haute pression séparés et deux circuits basse pression séparés conduisant chacun à un orifice d'échappement, est caractérisée en ce que le premier circuit basse pression est un circuit à relativement forte perte de charge disposé en relation d'échange thermique avec les deux circuits  
30 haute pression, tandis que le second circuit basse pression est un circuit à relativement faible perte de charge pratiquement libre de tout obstacle jusqu'à son orifice d'échappement.

Suivant un autre mode de réalisation, qui convient notamment pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que défini plus haut, la sonde de  
35 refroidissement suivant l'invention, du type comprenant deux enveloppes tubulaires concentriques pourvues chacune d'un orifice d'échappement et d'une paroi d'extrémité ; un mandrin disposé dans l'enveloppe intérieure;

un serpentin d'échange de chaleur bobiné sur le mandrin, destiné à être relié à une source d'un premier gaz sous haute pression et se terminant par un premier orifice de détente situé dans l'enveloppe intérieure ; et des moyens pour alimenter l'espace séparant les deux enveloppes avec un  
5 second gaz à travers un second orifice de détente, est caractérisée en ce que ledit espace est pratiquement libre de tout obstacle vis-à-vis de l'écoulement du second gaz jusqu'à l'orifice d'échappement de l'enveloppe extérieure.

Une telle sonde peut comporter deux serpentins, le second  
10 serpentin étant destiné à être relié à une source dudit second gaz sous haute pression et se terminant par un tronçon qui traverse la paroi d'extrémité de l'enveloppe intérieure et présente à son extrémité ledit second orifice de détente. En variante, elle peut comporter un seul serpentin ; dans ce dernier cas, il est avantageux que ledit deuxième  
15 orifice de détente soit percé dans la paroi d'extrémité de l'enveloppe intérieure.

Deux exemples de réalisation de l'invention vont maintenant être décrits en regard du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale d'une sonde  
20 de refroidissement conforme à l'invention ; et
- la figure 2 est une vue analogue d'une autre sonde de refroidissement conforme à l'invention.

La sonde de refroidissement représentée à la figure 1 comprend essentiellement deux enveloppes tubulaires concentriques 1 et 2 et un  
25 mandrin 3 coaxiaux, d'axe X-X supposé vertical, et deux serpentins ailetés 4 et 5.

Les deux serpentins 4 et 5 comportent chacun une extrémité d'entrée, 6 et 7 respectivement, destinées à être reliées respectivement à une capacité 8 de stockage d'argon sous une haute pression par exemple  
30 supérieure à 500 bars et à une capacité 9 de stockage d'azote sous une haute pression par exemple de l'ordre de 150 à 200 bars. Comme on le sait, l'argon est un gaz à fort effet Joule-Thomson, et donc à puissance frigorifique élevée pour un débit et une détente donnés, tandis que l'azote présente un effet Joule-Thomson nettement plus faible mais est  
35 beaucoup plus volatil. Les deux serpentins sont bobinés ensemble en hélice sur le mandrin 3, les parties bobinées étant représentée schématiquement par une zone hachurée 10.

L'enveloppe intérieure 1 est enfilée sans jeu sur ce bobinage, un fil hélicoïdal assurant l'étanchéité comme il est bien connu dans la technique. Cette enveloppe 1 comporte à son extrémité supérieure un orifice d'échappement 11 qui débouche sur l'atmosphère environnante, et à son extrémité inférieure un fond horizontal 12.

L'enveloppe extérieure 2 entoure l'enveloppe 1 avec un jeu radial notable et est fermée à son extrémité supérieure. Près de cette dernière, elle comporte un orifice d'échappement 13 qui débouche sur l'atmosphère environnante, et elle est obturée à son extrémité inférieure par un fond horizontal 14 sur lequel peut être fixé un objet 15 à réfrigérer, par exemple un détecteur à infra-rouge.

Le serpentín 4 se termine, à son extrémité inférieure, par un orifice de détente calibré 16, de très petit diamètre (par exemple de l'ordre de 0,1 mm) situé dans l'enveloppe 1, légèrement au-dessous de l'extrémité inférieure du mandrin 3. Le serpentín 5 se prolonge par un tronçon d'extrémité inférieur 17 qui traverse à joint étanche le fond 12 et se termine par un orifice de détente calibré 18 analogue à l'orifice 16 mais de diamètre plus petit (par exemple de l'ordre de 0,05 mm) et situé entre les fonds 12 et 14 des deux enveloppes.

En fonctionnement, on envoie simultanément dans les deux serpentins 4 et 5 de l'argon sous haute pression et de l'azote sous haute pression, respectivement. Le débit d'argon est très supérieur au débit d'azote du fait de la différence de haute pression précitée et de la différence de diamètre entre les orifices 16 et 18.

L'argon se détend au passage de l'orifice 16 et remonte suivant un trajet très sinueux, et donc à forte perte de charge, en suivant les spires du double bobinage 10, et s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 11. Ce faisant, l'argon détendu prérefroidit d'une part l'argon sous haute pression et d'autre part l'azote sous haute pression ; la température de ces deux gaz descend ainsi jusqu'à obtention d'argon liquide sur le fond 12 ; la température à cet emplacement est alors la température d'ébullition de l'argon à la pression moyenne régnant dans la partie inférieure de l'enveloppe 1.

L'azote haute pression ainsi prérefroidi parvient à l'orifice 18 et s'y détend, et il se forme de l'azote liquide sur le fond 14. L'azote gazeux détendu remonte par l'espace annulaire, dépourvu de tout obstacle à l'écoulement, existant entre les enveloppes 1 et 2, et

s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 13. La perte de charge dans ce circuit basse pression étant très faible, la pression qui règne dans la partie inférieure de l'enveloppe 2 est voisine de la pression atmosphérique.

5           Ainsi, on obtient sur le fond 14 une température très basse, de l'ordre de 80 K, qui est la température d'ébullition de l'azote sous la pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique qui règne dans la partie inférieure de l'enveloppe 2.

10           De plus, grâce au prérefroidissement de l'azote assuré par détente d'un fort débit d'argon, qui est un gaz à fort effet Joule-Thomson et donc à forte puissance frigorifique, fourni sous très haute pression, cette basse température est obtenue très rapidement.

15           En d'autres termes, on a réalisé dans la sonde de refroidissement d'une part un circuit de puissance fonctionnant à l'argon et ayant comme caractéristiques un excellent transfert de chaleur (au prix d'une forte perte de charge) et une forte puissance frigorifique, et d'autre part un circuit de refroidissement poussé ayant comme caractéristiques de médiocres performances d'échange de chaleur (entre l'azote détendu et les deux gaz haute pression) et une faible puissance frigorifique (du fait de  
20 l'effet Joule-Thomson relativement faible de l'azote et du faible débit de ce gaz), mais une très faible perte de charge ; on obtient ainsi à la fois une très basse température et un temps de mise en froid très réduit.

25           On comprend qu'il est possible de choisir les valeurs des deux hautes pressions et des deux débits ainsi que la nature des deux gaz détendus de manière à obtenir une température basse donnée dans un temps donné. Par ailleurs, le volume des capacités de stockage 8 et 9 des deux gaz conditionne la durée de fonctionnement de la sonde.

          A titre d'exemple numérique, on peut choisir les paramètres suivants :

30       Haute pression d'argon : 600 à 700 bars  
          Perte de charge du circuit basse pression d'argon : quelques bars  
          Haute pression d'azote : 150 à 200 bars  
          Perte de charge du circuit basse pression d'azote : inférieure à 1 bar, et obtenir ainsi les performances suivantes :  
35       Température sur le fond 14 : environ 80 K  
          Temps d'obtention de cette température ; inférieur à 2 secondes.

Il est à noter que l'effet technique indiqué ci-dessus serait encore obtenu en alimentant les deux serpentins 4 et 5 avec un même gaz, avec un choix judicieux des deux hautes pressions et des deux débits.

5 La sonde de refroidissement représentée à la figure 2 est dans l'ensemble analogue à celle de la figure 1. Elle en diffère par le fait que le serpentin 5 est supprimé et que le fond 12 de l'enveloppe intérieure 1 est pourvu d'un orifice calibré 18A de détente analogue à l'orifice 18 de la figure 1.

10 L'entrée 6 de l'unique serpentin 4 est reliée à une capacité 8A de stockage d'un mélange argon-azote sous une haute pression par exemple supérieure à 500 bars. Ce gaz se détend à travers l'orifice 16, et une partie du gaz détendu remonte suivant un trajet très sinueux le long des spires du bobinage 10A du serpentin, en prérefroidissant le gaz haute pression, et s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 11. On obtient ainsi  
15 au bout d'un certain temps sur le fond 12 la température de rosée du mélange à la pression moyenne régnant dans la partie inférieure de l'enveloppe 1.

Le reste du gaz détendu se détend de nouveau à travers l'orifice 18A, remonte dans l'espace annulaire qui sépare les deux  
20 enveloppes, sans exercer d'effet frigorifique notable sur l'enveloppe 1, et s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 13. Comme précédemment, la pression qui règne dans la partie inférieure de l'enveloppe est voisine de la pression atmosphérique, et la température sur le fond 14 descend donc jusqu'au point de rosée du mélange à cette pression.

25 Ainsi, on utilise d'une part, dans le circuit moyenne pression de l'enveloppe 1, la forte puissance frigorifique de l'argon, pour obtenir un prérefroidissement rapide du mélange, et d'autre part, dans l'enveloppe 2, la volatilité élevée de l'azote pour obtenir une température finale suffisamment basse. On peut donc considérer que la  
30 sonde de la figure 2 fonctionne de la même façon que celle de la figure 1, mais après intégration des deux circuits de gaz haute pression.

Il est clair que l'agencement de la figure 2 est plus économique que celui de la figure 1, mais, en revanche, les performances obtenues sont moins bonnes : la présence d'azote dans le mélange diminue  
35 la puissance frigorifique de prérefroidissement, et la présence d'argon dans le mélange détendu par l'orifice 18A fait remonter le point de rosée. Par suite, la sonde de la figure 2 est plus appropriée pour les

applications où l'on désire obtenir une température un peu moins basse que précédemment, par exemple de l'ordre de 90 K.

A titre d'exemple numérique, avec une haute pression de l'ordre de 600 à 700 bars comme précédemment, on peut obtenir sur le fond 14 des  
5 températures de l'ordre de 90 K en moins de deux secondes.

Il est à noter que, en variante, on peut remplacer l'argon par un autre gaz à fort effet Joule-Thomson, par exemple par du "Fréon 14" ou du méthane. Dans le cas de la figure 1, cet autre gaz peut être utilisé dans une première phase puis être remplacé par de l'argon, dont le point  
10 d'ébullition est plus bas.

On remarque par ailleurs que le large espace libre existant entre les deux enveloppes 1 et 2 rend la construction de la sonde bien plus facile et plus économique que dans le cas des sondes classiques comportant un premier bobinage dans l'enveloppe intérieure et un second  
15 bobinage dans l'enveloppe extérieure, car les tolérances de fabrication et de montage de l'enveloppe 2 peuvent être très larges. Cet avantage important subsisterait, dans le cas de la figure 2, si la sonde était alimentée par un gaz pur et non par un mélange de gaz.

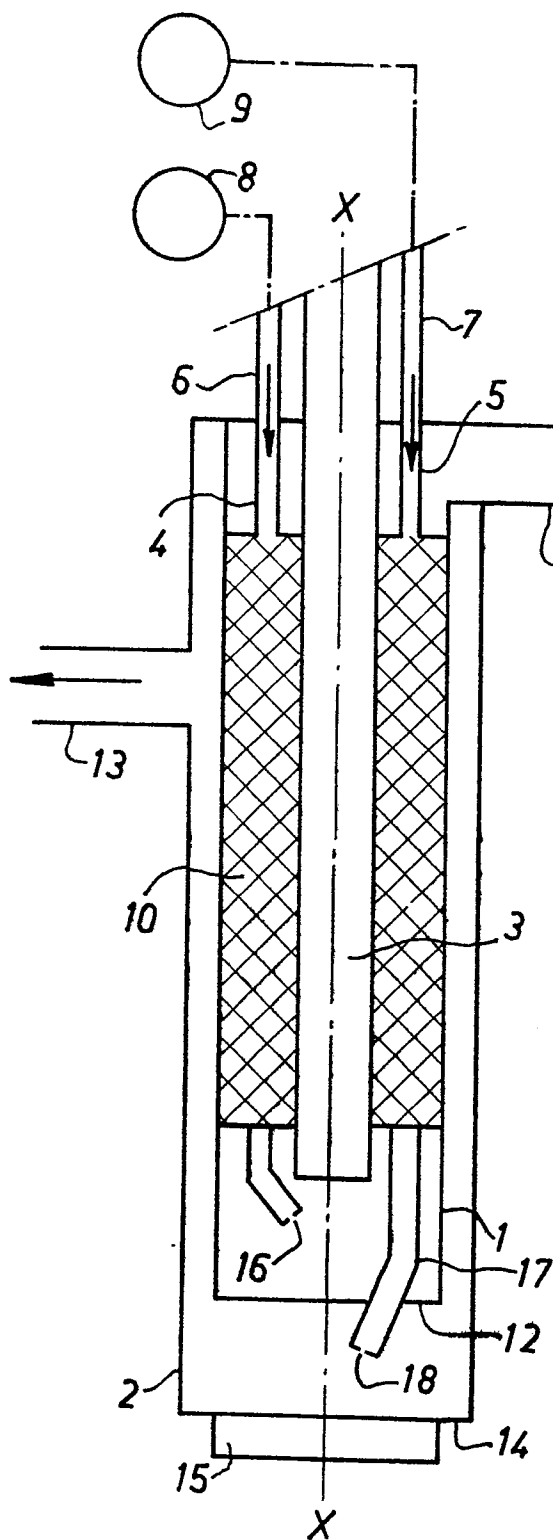
REVENDEICATIONS

1. - Procédé de refroidissement par détente Joule-Thomson, caractérisé en ce que : on détend dans une première enceinte (1) un premier gaz contenant un premier constituant à effet Joule-Thomson relativement fort, et on utilise ce premier gaz détendu pour prérefroidir à contre-courant, suivant un circuit à relativement forte perte de charge, un second gaz contenant un deuxième constituant à effet Joule-Thomson relativement faible mais plus volatil que ledit premier constituant ; et on détend ledit second gaz dans une deuxième enceinte (2), puis on le laisse s'échapper suivant un trajet à relativement faible perte de charge.
2. - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit second gaz est indépendant du premier.
3. - Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que ledit premier gaz est de l'argon et ledit second gaz de l'azote.
4. - Procédé suivant l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que ledit premier gaz est fourni à une pression et/ou à un débit supérieurs à ceux dudit second gaz.
5. - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit second gaz est constitué par une partie du premier gaz détendu.
6. - Procédé suivant la revendication 5, caractérisé en ce que lesdits premier et second gaz sont constitués par un mélange argon-azote.
7. - Sonde de refroidissement par détente Joule-Thomson, du type comprenant deux circuits haute pression séparés (4, 5) et deux circuits basse pression séparés conduisant chacun à un orifice d'échappement (11, 13), caractérisée en ce que le premier circuit basse pression est un circuit à relativement forte perte de charge disposé en relation d'échange thermique avec les deux circuits haute pression (4, 5), tandis que le second circuit basse pression est un circuit à relativement faible perte de charge pratiquement libre de tout obstacle jusqu'à son orifice d'échappement (13).
8. - Sonde de refroidissement par détente Joule-Thomson, du type comprenant deux enveloppes tubulaires concentriques (1, 2) pourvues chacune d'un orifice d'échappement (11, 13) et d'une paroi d'extrémité (12, 14) ; un mandrin (3) disposé dans l'enveloppe intérieure (1) ; un serpentín d'échange de chaleur (4) bobiné sur le mandrin, destiné à être relié à une source (8) d'un premier gaz sous haute pression et se

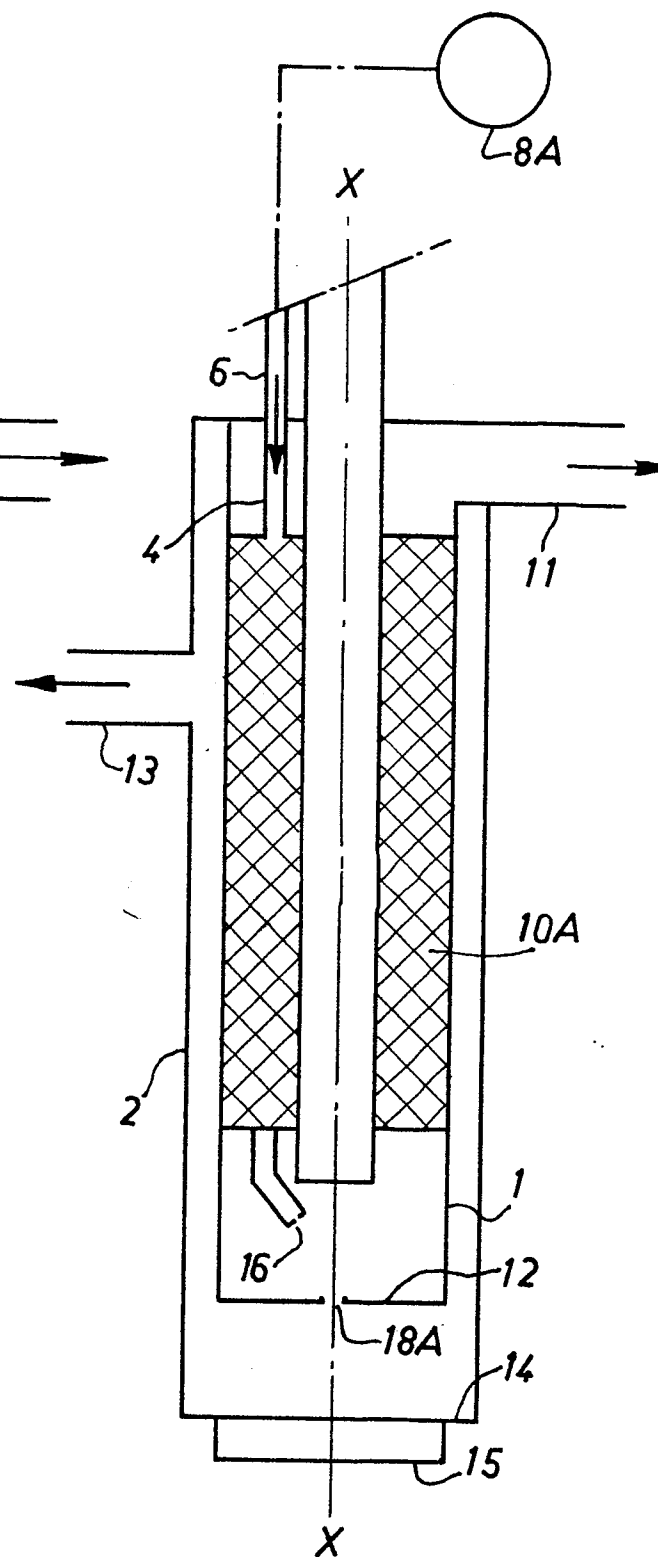
terminant par un premier orifice de détente (16) situé dans l'enveloppe intérieure ; et des moyens (5, 9 ; 4, 8A) pour alimenter l'espace séparant les deux enveloppes (1, 2) avec un second gaz à travers un second orifice de détente (18 ; 18A), caractérisée en ce que ledit espace  
5 est pratiquement libre de tout obstacle vis-à-vis de l'écoulement du second gaz jusqu'à l'orifice d'échappement (13) de l'enveloppe extérieure (2).

9. - Sonde suivant la revendication 8, caractérisée en ce que sur le mandrin sont bobinés ensemble deux serpentins (4, 5), le second  
10 serpent (5) étant destiné à être relié à une source (9) dudit second gaz sous haute pression et se terminant par un tronçon (17) qui traverse la paroi d'extrémité de l'enveloppe intérieure (1) et présente à son extrémité ledit second orifice de détente (18).

10. - Sonde suivant la revendication 8, comportant un serpent  
15 in unique (4), caractérisée en ce que ledit second orifice de détente (18) est percé dans la paroi d'extrémité (12) de l'enveloppe intérieure (1).



**FIG. 1**



**FIG. 2**



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0173599

Numero de la demande

EP 85 40 1389

| 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)       |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-3 422 632 (CURRIE)<br><br>* Colonne 6, ligne 25 - colonne 10, ligne 39; figures 1-3 *                                              | 1,2,4,7-9                                                                                                                                                                                                                                                           | F 25 B 9/02                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-3 782 129 (PETERSON)<br><br>* Colonne 1, ligne 48 - colonne 3, ligne 41; figures 1,2 *                                             | 1,5,7,8                                                                                                                                                                                                                                                             |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-2 909 908 (PASTUHOV)<br><br>* Colonne 4, ligne 12 - colonne 5, ligne 17; figure 6 *                                                | 1,2,7,8                                                                                                                                                                                                                                                             |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-2 991 633 (SIMON)<br>* Colonne 2, ligne 64 - colonne 4, ligne 5; figures 1-4 *                                                     | 1,4                                                                                                                                                                                                                                                                 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4) |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | FR-A-1 465 656 (L.E.P.)<br><br>* Page 1, colonne de droite, dernier paragraphe - page 2, colonne de droite, paragraphe 2; figures 1-3 * | 1,2,7,8                                                                                                                                                                                                                                                             | F 25 B<br>F 25 J                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-3 095 711 (WURTZ)                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-3 415 078 (LISTON)                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |
| Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                         |                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         | Date d'achèvement de la recherche<br>23-10-1985                                                                                                                                                                                                                     | Examineur<br>BOETS A.F.J.                   |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                                                                         | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br><br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                             |



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0173599

Numero de la demande

EP 85 40 1389

Page 2

| 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)       |
| A                                                                                         | DE-B-1 466 790 (CVI)                                                            |                                                                                      |                                             |
| A                                                                                         | US-A-3 714 796 (LONGSWORTH)                                                     |                                                                                      |                                             |
|                                                                                           |                                                                                 |                                                                                      | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4) |
|                                                                                           |                                                                                 |                                                                                      |                                             |
| Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications               |                                                                                 |                                                                                      |                                             |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE                                                           |                                                                                 | Date d'achèvement de la recherche<br>23-10-1985                                      | Examineur<br>BOETS A.F.J.                   |
| <b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b>                                                      |                                                                                 |                                                                                      |                                             |
| 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 : arrière-plan technologique                                                            |                                                                                 | D : cité dans la demande                                                             |                                             |
| O : divulgation non-écrite                                                                |                                                                                 | L : cité pour d'autres raisons                                                       |                                             |
| P : document intercalaire                                                                 |                                                                                 | & : membre de la même famille, document correspondant                                |                                             |