



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92400773.5**

(51) Int. Cl.⁵ : **F25J 3/00**

(22) Date de dépôt : **23.03.92**

(30) Priorité : **03.04.91 FR 9104013**

(43) Date de publication de la demande :
07.10.92 Bulletin 92/41

(84) Etats contractants désignés :
BE DE FR GB IT

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

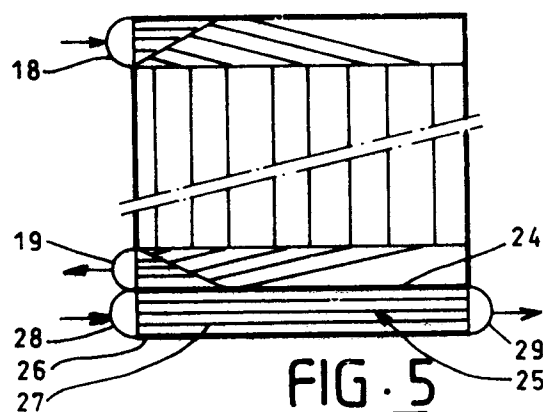
(72) Inventeur : **Muller, Christine**
37, rue de la Libération
F-78350 Jouy-en-Josas (FR)
Inventeur : **Rousseau, Frédéric**
90, rue du Moulin Vert
F-75014 Paris (FR)

(74) Mandataire : **Le Moenner, Gabriel et al**
L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme pour l'étude et l'exploitation des procédés Georges Claude
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cédex 07 (FR)

(54) **Procédé de vaporisation d'un liquide, échangeur de chaleur pour sa mise en oeuvre, et application à une installation de distillation d'air à double colonne.**

(57) Dans ce procédé de vaporisation d'un liquide dans des premiers passages (4), ou passages de vaporisation, ouverts en haut et en bas, d'un échangeur de chaleur (1) à plaques, par échange de chaleur avec un fluide calorigène principal circulant dans des seconds passages (5) de l'échangeur, on génère en permanence du gaz additionnel dans la partie d'extrémité inférieure des premiers passages (4), par exemple au moyen d'un compartiment (25) dans lequel circule un fluide auxiliaire plus chaud que le fluide calorigène principal.

Application aux vaporiseurs-condenseurs principaux des installations de distillation d'air à double colonne.



La présente invention est relative à un procédé de vaporisation d'un liquide dans des premiers passages, ou passages de vaporisation, sensiblement verticaux, ouverts en haut et en bas, d'un échangeur de chaleur à plaques, par échange de chaleur avec un fluide calorigène principal circulant de haut en bas dans des seconds passages de l'échangeur. Elle s'applique notamment à la vaporisation des liquides cryogéniques, en particulier de l'oxygène liquide en cuve des colonnes basse pression des installations de distillation d'air à double colonne.

Les échangeurs de chaleur à plaques, largement utilisés dans les installations de distillation d'air, comprennent un assemblage de nombreuses plaques rectangulaires verticales en aluminium définissant entre elles un grand nombre de passages plats de grandes dimensions. Des ondes, servant d'entretoises entre les plaques et d'aillettes thermiques, sont disposées entre les plaques entre les plaques. Les bords des passages sont fermés par des barrettes-entretoises, et des interruptions de celles-ci permettent l'introduction des fluides dans l'échangeur et leur extraction, via des boîtes d'entrée et de sortie semi-cylindriques fixées en regard de ces interruptions.

Parmi ces échangeurs, certains, dits "vaporiseurs à bain", comportent des passages de vaporisation complètement ouverts en haut et en bas. Ils sont couramment utilisés, par exemple, pour vaporiser l'oxygène liquide par condensation d'azote moyenne pression en cuve des colonnes basse pression des doubles colonnes de distillation d'air.

Un tel vaporiseur à bain est immergé dans le bain du fluide à vaporiser (de l'oxygène pour le cas d'une double colonne). La circulation de ce fluide se fait par effet thermosiphon.

Le débit total circulant dans les passages de vaporisation dépend, pour un échangeur et un flux de chaleur donnés, de la valeur de la submergence, qui est le rapport de la hauteur d'immersion de l'échangeur dans le bain de liquide à la hauteur de l'échangeur en %. Ce débit diminue lorsque la submergence diminue, et la recirculation (rapport du débit liquide en sortie au débit vaporisé) s'annule pour les valeurs de submergence trop faibles, entraînant un assèchement dans la partie haute du vaporiseur.

Dans certains cas, et notamment dans les vaporiseurs d'oxygène précités, un tel fonctionnement à sec n'est pas permis, pour des questions de sécurité. En effet, il existe un risque de dépôt et de concentration d'hydrocarbures qui peuvent réagir de façon explosive avec l'oxygène. On se voit donc contraint de travailler à des submergences relativement élevées, généralement de l'ordre de 70 à 80 %.

Ceci est pénalisant du point de vue de la performance de l'échangeur, car la hauteur hydrostatique du bain de liquide entraîne un sous-refroidissement de ce liquide en bas de l'échangeur, ce sous-refroidissement atteignant par exemple 0,8°C pour

une hauteur d'oxygène liquide de 1 mètre dans une colonne basse pression fonctionnant sous 1,3 bar absolu. La partie basse du vaporiseur est donc utilisée pour réchauffer ce liquide et l'amener à son point d'ébullition, et cette zone peut atteindre une fraction importante de la hauteur du vaporiseur (1/3 à 1/4 pour une submergence de 100 %).

Dans ces conditions, il est difficile de faire fonctionner un vaporiseur d'oxygène à bain avec un faible écart de température inférieur à 1°C entre l'oxygène et l'azote moyenne pression, sauf à réduire la hauteur du vaporiseur et à installer en cuve de colonne des échangeurs placés dans des bains superposés. Cette solution a déjà été mise en oeuvre sur certains appareils, mais elle est coûteuse en investissement.

L'invention a pour but de permettre une réduction de la submergence sans assèchement de la partie supérieure des passages de vaporisation.

A cet effet, selon une caractéristique de l'invention, on génère en continu du gaz additionnel dans la partie d'extrémité inférieure desdits premiers passages.

Suivant d'autres caractéristiques de l'invention :

- on injecte en continu un flux de gaz, provenant d'une source de gaz extérieure à l'échangeur, dans le liquide contenu dans ladite partie d'extrémité inférieure ;

- pour la vaporisation d'un corps pur à l'état liquide, ledit gaz est constitué par le même corps pur à l'état gazeux ;

- on fait circuler dans la partie d'extrémité inférieure de l'échangeur, en relation d'échange thermique avec la partie d'extrémité inférieure des premiers passages, un fluide auxiliaire plus chaud que ledit fluide calorigène principal ;

- pour la vaporisation d'oxygène liquide dans le vaporiseur-condenseur principal d'une installation de distillation d'air à double colonne, le fluide auxiliaire chaud est du liquide riche provenant de la cuve de la colonne moyenne pression de la double colonne, de l'air moyenne pression ou de l'air basse pression issu d'une turbine de détente de l'installation.

L'invention a également pour objet un échangeur de chaleur destiné à la mise en oeuvre d'un tel procédé.

Cet échangeur du type à plaques, comprenant des premiers passages, ou passages de vaporisation, sensiblement verticaux, ouverts en haut et en bas et à configuration lisse, et des seconds passages de circulation d'un fluide calorigène principal, est caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour générer en continu un gaz additionnel dans la partie d'extrémité inférieure des premiers passages.

Selon une caractéristique de l'invention, les moyens générateurs comprennent des moyens d'injection dudit gaz dans la partie inférieure des premiers passages.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, les moyens générateurs sont constitués par au moins un compartiment de circulation d'un fluide auxiliaire plus chaud que ledit fluide calorigène principal prolongeant la partie d'extrémité inférieure desdits seconds passages, en regard de celle des premiers passages.

L'invention a encore pour objet une installation de distillation d'air à double colonne qui comprend un vaporiseur-condenseur principal constitué par un échangeur de chaleur tel que défini ci-dessus, disposé dans la cuve de la colonne basse pression de la double colonne, et des moyens pour faire circuler de l'azote moyenne pression dans lesdits seconds passages.

Des exemples de mise en oeuvre de l'invention vont maintenant être décrits en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en élévation d'un premier échangeur de chaleur conforme à l'invention ;
- la figure 2 est une vue de cet échangeur, prise en coupe verticale dans un passage de vaporisation ;
- la figure 3 est une vue du même échangeur, prise en coupe verticale dans un passage de circulation de fluide calorigène ;
- la figure 4 est une vue schématique en élévation d'un deuxième échangeur de chaleur conforme à l'invention ; et
- la figure 5 est une vue analogue à la figure 3 de l'échangeur de la figure 4.

On a représenté schématiquement à la figure 1 un échangeur de chaleur 1 du type à plaques brasées, constituant le vaporiseur-condenseur principal d'une double colonne de distillation d'air et monté dans la cuve 2 de la colonne basse pression 40 surmontant la colonne moyenne pression 50 de cette double colonne.

L'échangeur 1, de forme générale parallélépipédique, est constitué d'un grand nombre de plaques rectangulaires verticales 3 en aluminium délimitant entre elles deux séries de passages, qui sont par exemple alternés : des premiers passages 4, ou passages de vaporisation d'oxygène liquide, et des seconds passages 5, ou passages de condensation d'azote.

Chaque passage 4 (figure 2) est ouvert en haut et en bas et fermé de chaque côté, sur toute sa hauteur, par des barrettes-entretoises 4A. Il contient une onde 6 à génératrices verticales, notamment perforée, qui s'étend sur toute sa hauteur et qui sert à la fois d'entretoise et d'aillette thermique.

Chaque passage 5 (figure 3) comporte sur l'essentiel de sa hauteur des barrettes-entretoises latérales 5A de fermeture et une onde 7 à génératrices verticales analogue aux ondes 6. Il présente une zone 8 d'entrée d'azote gazeux à son extrémité supérieure et une zone 9 de sortie d'azote liquide à son extrémité

inférieure. La zone 8 est fermée en haut et sur un côté 10 par des barrettes-entretoises 8A et est ouverte sur l'autre côté, par une fenêtre d'entrée 11. Elle contient une onde de distribution comprenant une première onde 12 à génératrices obliques descendantes, débouchant directement sur l'extrémité supérieure de l'onde 7, sur toute la largeur (c'est-à-dire la dimension horizontale) du passage 5.

De même, la zone de sortie est fermée en bas et sur un côté 14 par des barrettes-entretoises 9A et ouverte de l'autre côté sur une fenêtre de sortie 15. Elle contient une onde oblique 16 sur laquelle l'onde 7 débouche directement, sur toute la largeur du passage 5, et une onde horizontale 17 débouchant sur la fenêtre 15.

Les plaques, ondes et barrettes-entretoises ont des surfaces lisses, exemptes d'aspérités ou de cavités. L'ensemble des plaques, des ondes et des barrettes-entretoises est solidarisé de façon étanche par brasage au four, puis des boîtes semi-cylindriques 18, 19 d'entrée et de sortie d'azote sont fixées latéralement par soudage sur l'échangeur, en regard des fenêtres 11 et 15. Ces boîtes sont reliées respectivement au sommet de la colonne moyenne pression (non représentée) de la double colonne par des conduites 20, 21.

Des rampes perforées 22 reliées à une source d'oxygène (non représentée) sont disposées sous l'échangeur 1 dans la cuve de colonne 2, et de préférence juste au-dessous de chacun des passages de vaporisation 4, avec des perforations réparties sur toute la largeur de celui-ci. En variante, comme indiqué en traits mixtes sur la figure 2, l'onde 6 peut, dans chaque passage 4, être arrêtée à une petite distance du bas de l'échangeur, et la rampe 22 être logée dans l'espace ainsi dégagé à l'extrémité inférieure du passage.

En fonctionnement, l'échangeur 1 est partiellement immergé dans le bain d'oxygène liquide 23 formé dans la cuve de colonne 2. L'azote gazeux sous la moyenne pression d'environ 6×10^5 Pa absolus circule dans les passages 5, via la boîte 18, les ondes 12, 13, 7, 16 et 17, en se condensant, et en ressort liquide via la boîte 19. En se condensant, cet azote provoque la vaporisation de l'oxygène liquide contenu dans les passages 4, et l'oxygène circule par effet de thermosiphon de bas en haut dans ces passages, en contenant une proportion croissante de gaz. Du mélange diphasique oxygène liquide/oxygène gazeux sort par le haut des passages 4 et retombe dans le bain 23, comme schématisé par les flèches de la figure 1, où l'on a également schématisé par une flèche en traits mixtes la circulation descendante de l'azote.

Grâce à l'injection en continu d'un flux d'oxygène gazeux au bas des passages 4 par les rampes 22, l'écoulement ascendant de l'oxygène est en permanence diphasique dès l'extrémité inférieure de ces passages, ce qui améliore l'échange thermique entre

l'oxygène et l'azote. De plus, la recirculation est accrue et par suite, une submergence réduite peut être adoptée sans risque d'assécher la zone supérieure des passages 4, ce qui résulte finalement en un moindre sous-refroidissement de l'oxygène liquide contenu dans l'échangeur 1. Au total, les performances du vaporiseur-condenseur sont nettement améliorées, et l'on peut réduire la température de l'azote gazeux calorigène et donc la pression de marche (c'est-à-dire la moyenne pression) de l'installation de distillation d'air. Le débit d'oxygène gazeux introduit via les rampes 22 est de l'ordre de 2 à 4 % du débit d'oxygène vaporisé.

Dans le mode de réalisation des figures 4 et 5, avantageux au plan énergétique, l'oxygène gazeux additionnel (par rapport à celui généré par le chauffage à l'azote moyenne pression) est généré in situ à l'extrémité inférieure des passages 4. Ces derniers sont identiques à ceux de la figure 2, les rampes 22 sont supprimées, et les passages 5 de la figure 3 sont légèrement raccourcis vers le bas, c'est-à-dire qu'ils sont fermés vers le bas par une barrette-entretoise 24 située à une petite distance de l'extrémité inférieure de l'échangeur. Au-dessous de cette barrette est délimité un compartiment 25 fermé en bas par une barrette-entretoise 26, ouvert des deux côtés et contenant sur toute sa longueur une onde 27 à génératrices horizontales.

En fonctionnement, un fluide auxiliaire plus chaud que l'azote moyenne pression circule en continu à travers le compartiment 25, dans lequel il entre via une boîte d'entrée 28 et d'où il ressort via une boîte de sortie 29. La température et le débit de ce fluide sont choisis pour créer en permanence un début de vaporisation suffisant de l'oxygène dans cette région. On pourra notamment choisir comme fluide auxiliaire :

- du "liquide riche" (air enrichi en oxygène) soutiré en cuve de la colonne moyenne pression, et qui sera sous-refroidi dans les compartiments 25 ;
- de l'air moyenne pression, qui sera liquéfié dans ces compartiments ; ou
- de l'air basse pression sortant d'une turbine de détente et destiné à être insufflé dans la colonne basse pression, lorsque la température de cet air à la sortie de la turbine est suffisante.

En variante, le compartiment 25 peut être remplacé par plusieurs compartiments superposés, permettant ainsi d'utiliser plusieurs fluides auxiliaires.

En variante également, le compartiment 25 peut être subdivisé de façon à constituer plusieurs passes superposées, reliées en série, pour augmenter la vitesse de passage du fluide auxiliaire et, ainsi, améliorer son coefficient d'échange thermique.

En variante encore, la configuration des figures 4 et 5 peut être utilisée pour également injecter de l'oxygène gazeux dans les passages de vaporisation 4,

comme aux figures 1 à 3. Pour cela, l'oxygène gazeux est introduit dans les compartiments 25 via la boîte 28, la boîte 29 est remplacée par des barrettes de fermeture, et les plaques 3 sont perforées le long des compartiments 25 pour permettre le passage de l'oxygène gazeux de ces compartiments dans les passages de vaporisation 4. Dans ce cas, il est préférable de supprimer les ondes 27.

Revendications

1. Procédé de vaporisation d'un liquide dans des premiers passages (4), ou passages de vaporisation, sensiblement verticaux, ouverts en haut et en bas, d'un échangeur de chaleur (1) à plaques, par échange de chaleur avec un fluide calorigène principal circulant de haut en bas dans des seconds passages (5) de l'échangeur, caractérisé en ce qu'on génère en continu du gaz additionnel dans la partie d'extrémité inférieure desdits premiers passages (4).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on injecte un flux du gaz, provenant d'une source de gaz extérieure à l'échangeur (1), dans le liquide contenu dans ladite partie d'extrémité inférieure.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, pour la vaporisation d'un corps pur à l'état liquide, caractérisé en ce que ledit gaz est constitué par le même corps pur à l'état gazeux.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on fait circuler, dans la partie d'extrémité inférieure de l'échangeur (1), en relation d'échange thermique avec la partie d'extrémité inférieure des premiers passages (4), un fluide auxiliaire plus chaud que le fluide calorigène principal.
5. Procédé selon la revendication 4, pour la vaporisation d'oxygène liquide dans le vaporiseur-condenseur principal d'une installation de distillation d'air à double colonne, caractérisé en ce que ledit fluide auxiliaire est du liquide riche provenant de la cuve de la colonne moyenne pression de la double colonne, de l'air moyenne pression, ou de l'air basse pression issu d'une turbine de détente de l'installation.
6. Echangeur de chaleur du type à plaques, comprenant des premiers passages (4), ou passages de vaporisation, sensiblement verticaux, ouverts en haut et en bas et sensiblement exempts d'aspérités, et des seconds passages (5) de circulation d'un fluide calorigène principal,

caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (22 ; 25) de génération de gaz dans la partie d'extrémité inférieure desdits premiers passages (4).

7. Echangeur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens générateurs sont constitués par une rampe (22) d'injection dudit gaz dans la partie d'extrémité inférieure des premiers passages (4). 5
8. Echangeur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens générateurs sont constitués par un compartiment (25) de circulation d'un fluide auxiliaire plus chaud que le fluide calorigène principal prolongeant la partie d'extrémité inférieure des seconds passages (5) en regard de celle des premiers passages (4). 10 15
9. Installation de distillation d'air à double colonne, comprenant une colonne moyenne pression et une colonne basse pression, caractérisée en ce qu'elle comprend un vaporiseur-condenseur principal constitué par un échangeur de chaleur (1) suivant la revendication 7, disposé dans la cuve (2) de la colonne basse pression de la double colonne, et des moyens (18 à 21) pour faire circuler de l'azote moyenne pression dans les seconds passages (5). 20 25
10. Installation de distillation d'air à double colonne, selon la revendication 8, caractérisée en ce qu'elle comprend un vaporiseur-condenseur principal constitué par un échangeur de chaleur (1) suivant la revendication 7, disposé dans la cuve (2) de la colonne basse pression de la double colonne, et des moyens (28, 29) pour faire circuler dans le compartiment (25) du liquide riche provenant de la cuve de la colonne moyenne pression de la double colonne, de l'air moyenne pression, ou de l'air basse pression issu d'une turbine de détente de l'installation. 30 35 40

45

50

55

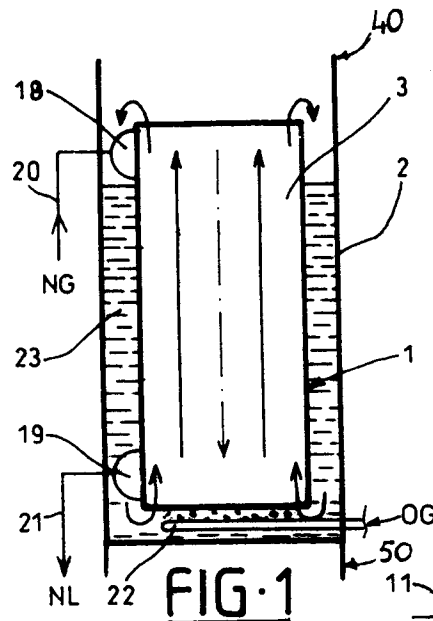


FIG. 1

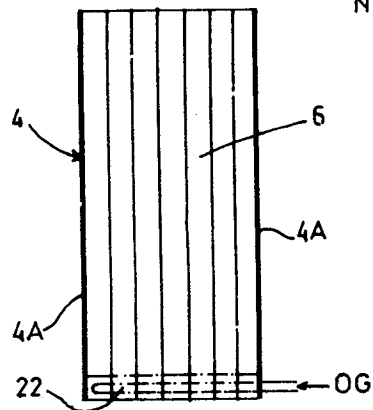


FIG. 2

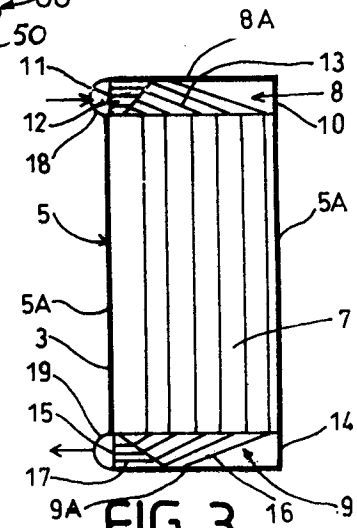


FIG. 3

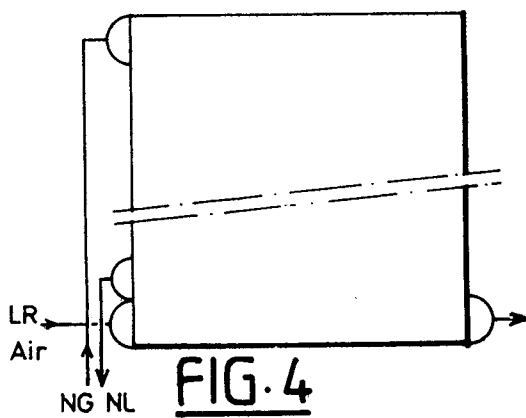


FIG. 4

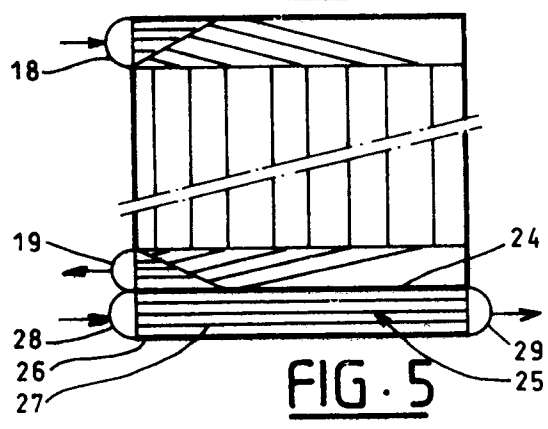


FIG. 5



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 0773

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
X	FR-A-2 486 627 (CRYOPLANTS) * revendications 1-8; figures 1-5 * ---	1-3, 6-7, 9	F25J3/00
A	FR-A-2 348 457 (EDY SCHNYDER) * revendications 1,6,7; figure 1 * ---	4,5,8,10	
A	FR-A-2 148 371 (MARSTON EXCELSIOR) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			F25J F28D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 03 JUILLET 1992	Examineur MEERTENS J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)