



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.08.2001 Bulletin 2001/31

(51) Int Cl.7: **B01F 3/02, B01F 5/04**

(21) Numéro de dépôt: **00403601.8**

(22) Date de dépôt: **20.12.2000**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **25.01.2000 FR 0000945**

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

(72) Inventeurs:
• **Illy, Fabien**
75321 Paris cedex 07 (FR)
• **Avrillier, Pierre**
75321 Paris cedex 07 (FR)

(74) Mandataire: **Ducieux, Marie et al**
L'Air Liquide,
Service Propriété Industrielle,
75 Quai d'Orsay
75321 Paris cedex 07 (FR)

(54) **Dispositif de mélange d'un gaz secondaire dans un gaz principal**

(57) L'invention concerne un dispositif de mélange d'un gaz secondaire industriel (B) dans un gaz principal industriel (A)

Le mélangeur comprend :

- une conduite (10) d'amenée du gaz principal;
- N ($N \geq 2$) injecteurs (12) de gaz secondaire dont l'ouverture débouche dans ladite conduite dans la zone de mélange, lesdites ouvertures des injecteurs étant disposées dans une même section droi-

te de la conduite, tous les injecteurs ayant une même plage de débits optima;

- des moyens par vanne (14) pour contrôler le débit de gaz secondaire dans lesdits injecteurs; et
- des moyens de commande (20) pour commander lesdits moyens par vanne (14) pour que chaque injecteur soit alimenté avec un débit nul ou avec un débit commun à tous les injecteurs alimentés, ledit débit commun étant compris dans la plage de débits optima.

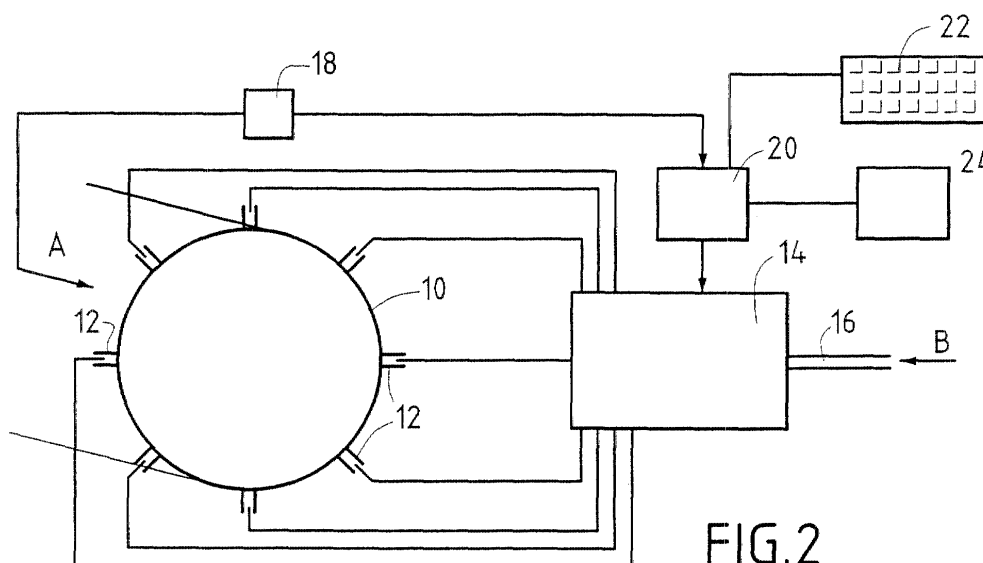


FIG.2

Description

[0001] La présente invention a pour objet un dispositif et un procédé de mélange d'un gaz industriel dans un gaz principal.

[0002] De façon plus précise, l'invention concerne un dispositif et un procédé qui permettent de mélanger dans des proportions adaptables et avec une grande homogénéité un mélange d'un gaz secondaire notamment industriel dans un gaz principal notamment industriel.

[0003] Dans la présente invention, par gaz secondaire ou gaz primaire, il faut entendre non seulement un gaz pur mais également un prémélange de gaz par exemple de l'air. De plus, dans les exemples cités, les débits indiqués doivent s'entendre dans les conditions normales de température et de pression.

[0004] Les opérations de mélange sont le plus souvent réalisées à l'aide de mélangeurs statiques qui, à l'aide d'un motif, créent une perte de charge qui provoque le mélange. Ces mélangeurs sont très efficaces mais également très encombrants. Ils ne peuvent pas facilement s'adapter à des installations déjà existantes comme c'est le cas pour les dégoulotages. De plus, ils peuvent constituer un risque de bouchage et de piégeage des particules. La présence de particules de catalyseurs sur le support métallique de mélangeurs statiques a déjà été à l'origine d'accidents et d'explosions par exemple dans la fabrication de l'acide nitrique.

[0005] Lorsque l'encombrement du mélangeur doit être limité sans que l'on souhaite pour autant sacrifier le rendement de mélange, on utilise des mélangeurs à jets. Cette technique est notamment décrite dans la demande de brevet européen 0 474 524. Elle est utilisée pour les opérations de suroxygénation dans les FCC, les oxydations catalytiques ou dans des fours (dans la métallurgie ou dans les industries du verre ou du ciment). Cette méthode très efficace est limitée dans les quantités de gaz qu'il est possible de mélanger et dans sa flexibilité. En effet, le rapport entre le débit injecté ou débit secondaire et le débit principal est généralement limité à 10 à 15 %. Il est impossible d'assurer des conditions de mélange optimales au-delà d'une variation de ± 20 % autour du débit injecté nominal correspondant à la définition du mélangeur pour un débit de gaz primaire constant. Conçu comme un outil de dégoulotage, il convient parfaitement pour les opérations continues mais il se révèle inadapté quand l'incertitude sur le débit final injecté est grande. Le même mélangeur par exemple ne peut mélanger efficacement de 200 à 1 200 m³/h, soit un débit injecté pouvant varier de 1 à 6, comme cela peut être souhaitable pour des unités dopées à l'oxygène et la mise en place de plusieurs injecteurs successifs devient coûteuse et d'une mise en oeuvre difficile. Le changement de marche s'il perdure, doit s'accompagner d'un changement d'injecteurs.

[0006] Basés sur un principe similaire de jets mais coaxiaux, de nombreux mélangeurs dits de type "râteau" existent pour injecter un gaz combustible dans de l'air ou un oxydant pour limiter le risque d'allumage (ou vice-versa). Ces injecteurs sont basés sur le principe de multiples petits jets coaxiaux avec la veine principale. En limitant le volume de gaz, on limite le volume potentiellement inflammable et la vitesse relativement élevée d'injection du comburant (ou carburant) n'assure pas en principe ni l'accrochage de la flamme, ni un retour de flamme dans l'injecteur.

[0007] On trouve ce type d'injecteur dans le procédé de synthèse d'oxyde d'éthylène (injection oxygène) ou d'anhydride maléique (injection butane) entre autres. Ces mélangeurs sont peu flexibles et encombrants (présence d'un long faisceau important de petits tubes) et n'utilisent pas le caractère turbulent des mélangeurs à jets transverses. Comme les jets sont coaxiaux, le mélange est majoritairement diffusionnel, ce qui pénalise les performances de mélanges.

[0008] Certains appareils incluent également un contrôle de la vitesse des gaz injectés pour permettre de conserver ses caractéristiques de sécurité même en régime variable ou non stationnaire. La modification mécanique du degré d'ouverture des orifices au point d'injection n'est pas réalisable facilement et nécessite une grande attention en ce qui concerne le mécanisme d'obturation qui doit travailler dans une atmosphère parfois difficile (oxygène, gaz réactifs) où il vaut mieux limiter les points chauds dus aux frottements répétés ou aux usures mécaniques.

[0009] Certains autres appareils incluent également des moyens pour assurer une teneur constante d'un des composants d'un mélange.

[0010] Certains appareils encore comportent des moyens pour assurer la constance d'un des constituants qui va être présent en aval du mélangeur, par exemple un produit ou l'excédent d'un réactif à la sortie d'un réacteur monté en aval du mélangeur.

[0011] Un objet de la présente invention est de fournir un procédé de mélange de gaz et un mélangeur de gaz qui regroupent les avantages de souplesse et de performance des mélangeurs statiques avec le faible encombrement et les caractéristiques de sécurité et de performance des mélangeurs à jets transverses.

[0012] Pour atteindre ce but, selon l'invention, le procédé de mélange d'un gaz secondaire dans un gaz principal comprend **les étapes suivantes** :

- on forme une veine principale dudit gaz principal ;
- on règle le débit total de gaz secondaire à injecter en fonction d'une valeur de consigne ;
- on injecte dans une zone d'injection de ladite veine principale, ladite zone d'injection s'étendant selon la direction de l'axe de ladite veine principale, ledit débit total de gaz secondaire à l'aide d'une pluralité d'injecteurs disposés

dans ladite zone d'injection pour former une pluralité de jets de gaz secondaire, chaque injecteur ayant une plage de débits optima ; et

- on répartit ledit gaz secondaire entre au moins une partie desdits injecteurs de telle manière que chaque injecteur alimenté fonctionne dans sa plage de débits optima.

[0013] On comprend que, grâce aux dispositions de l'invention, l'homogénéité du mélange est assurée du fait de la multiplicité des injecteurs et du fait que ces injecteurs sont commandés pour fonctionner dans leur plage de débits optima. On comprend également que, du fait de la multiplicité de ces injecteurs, on peut commander un débit de gaz secondaire s'étendant dans une plage importante sans dégrader la qualité du mélange.

[0014] Par plage de débits optima, il faut entendre l'ensemble des débits pour lesquels le jet de gaz secondaire va se mélanger de façon optima avec un débit de gaz principal donné. Cette plage peut être exprimée par un intervalle de rapports caractéristiques d'énergie cinétique volumique.

[0015] Il faut noter que ces conditions dynamiques sont fonction de la nature des gaz (densité, masse volumique, masse molaire, viscosité ...) de la pression et de la température opératoire et/ou de fourniture.

[0016] Selon un mode préféré de mise en oeuvre du procédé, pour pouvoir mélanger au gaz principal un débit D de gaz secondaire compris entre $2 d_1$, d_1 étant la valeur minimale de la plage de débits optima des injecteurs, et $N d_2$, d_2 étant la valeur maximale de la plage de débits optima des injecteurs, on détermine le nombre maximal N1 d'injecteurs à alimenter de la manière suivante :

- on divise dans l'ensemble des nombres entiers, le débit D par d_1 , ce qui donne un quotient entier k et un reste r,
- on compare le quotient k au nombre N d'injecteurs

si $k \geq N$ on prend $N1 = N$

si $k < N$ on prend $N1 = k$

et en ce que le débit de chacun des N1 injecteurs est égal à $D/N1$.

[0017] On comprend qu'en mettant en oeuvre ce procédé, c'est-à-dire ce programme de commande du débit de chaque injecteur, on peut obtenir un mélange dans des conditions optimales d'un débit de gaz secondaire s'étendant dans une plage très importante et variant de façon continue dans cette plage.

[0018] Un autre objet de l'invention est de fournir un dispositif de mélange qui comprend :

- une conduite (10) d'amenée du gaz principal, ladite conduite comportant une zone d'injection ;
- N ($N \geq 2$) injecteurs (12) de gaz secondaire dont les ouvertures débouchent dans la zone d'injection de ladite conduite chaque injecteur ayant une plage de débits optima ; et
- des moyens pour répartir le débit total de gaz secondaire entre au moins certains desdits injecteurs pour que chaque injecteur soit alimenté avec un débit nul ou avec un débit compris dans la plage de débits optima dudit injecteur.

[0019] Selon un premier mode de mise en oeuvre, l'axe d'au moins certains des injecteurs fait, dans la section droite de la conduite qui contient les ouvertures des injecteurs, un angle α compris entre 10 et 70 degrés, de préférence entre 25 et 45 degrés, par rapport à la normale à la paroi de la conduite.

[0020] On comprend que grâce à cette disposition, d'une part la composante tangentielle de chaque jet de gaz secondaire induit un mouvement tourbillonnaire qui favorise le mélange, d'autre part l'angulation des jets permet d'éviter la coalescence des jets entre eux au centre de la canalisation.

[0021] Selon un autre mode de réalisation, le dispositif de mélange est équipé d'un obstacle qui est disposé dans la zone de mélange de la conduite selon l'axe longitudinal de celle-ci et de préférence encore l'obstacle est relié à la conduite elle-même par des moyens de fixation qui sont aptes à créer une perturbation du flux de gaz principal.

[0022] Dans ce cas, il n'est pas nécessaire que les jets produits par les injecteurs présentent une angulation par rapport à la normale à la paroi de la conduite puisque, du fait de la présence de l'obstacle, les problèmes de coalescence ne se présentent pas.

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de plusieurs modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux figures annexées sur lesquelles :

La figure 1a est une vue en coupe transversale d'un premier mode de réalisation du mélangeur ;
la figure 1b est une vue en coupe longitudinale d'un mélangeur du type représenté sur la figure 1a ;
la figure 2 montre l'ensemble du dispositif de mélange incluant ses moyens de commande ;
la figure 3 montre un premier mode de réalisation d'un injecteur ;

la figure 4 montre un deuxième mode de réalisation d'un injecteur ;
 la figure 5a montre en coupe transversale un deuxième mode de réalisation du dispositif de mélange ;
 la figure 5b montre en coupe longitudinale un dispositif de mélange du type représenté sur la figure 5a ;
 la figure 6 montre un premier mode de mise en oeuvre de l'ensemble de commande du mélangeur ;
 la figure 7 montre un deuxième mode de réalisation de l'ensemble de commande du mélangeur ; et
 la figure 8 est une vue schématique illustrant un mode de commande préféré des différents injecteurs.

[0024] En se référant tout d'abord aux figures 1 et 2, on va décrire un premier mode de réalisation du dispositif de mélange et le procédé mis en oeuvre par ce dispositif.

[0025] Sur les figures 1a et 1b, on a représenté une conduite cylindrique 10 dans laquelle circule le débit de gaz principal A. La conduite 10 définit une longueur de mélange ou zone de mélange L. Dans la paroi interne 10a de la conduite débouchent des injecteurs tels que 12 qui seront décrits plus en détail ultérieurement. Selon ce mode de réalisation, les injecteurs sont tous disposés dans une même section droite de la conduite. Dans d'autres modes de réalisation, les injecteurs pourraient être décalés, selon l'axe de la conduite, tout en restant dans une zone d'injection dont la longueur est très inférieure à la longueur de mélange. La longueur de mélange peut être égale à 2, 3 ou 4 fois le diamètre de la conduite. Dans ce mode de réalisation, les injecteurs 12 sont disposés régulièrement sur la périphérie interne de la conduite. Selon une caractéristique de ce mode de réalisation, les axes x , x' des injecteurs font, en projection sur un plan de section droite de la conduite 10, un angle α avec la normale N à la paroi interne de la conduite. L'angle α est compris entre 10 et 70 degrés et de préférence entre 25 et 45 degrés. Ces injecteurs comme on l'expliquera ultérieurement servent à l'alimentation de la conduite avec le gaz secondaire. On comprend que lorsque les axes des injecteurs présentent l'angulation α , les jets de gaz secondaire induisent un mouvement tourbillonnaire qui favorise le mélange du gaz secondaire avec le flux de gaz primaire A.

[0026] En outre, la direction de l'axe xx' de chaque jet est soit contenue dans le plan transversal de la conduite contenant les orifices de sortie des injecteurs, soit dirigée vers l'amont de la conduite par rapport à ce plan en faisant un angle β avec celui-ci (voir figure 1B) afin de réduire la longueur de mélange.

[0027] Sur la figure 2, on a représenté la portion de conduite 10 dans laquelle circule le flux de gaz principal A et on a également représenté schématiquement les injecteurs 12. Sur cette figure, on a également fait apparaître un ensemble de vannes 14, cet ensemble de vannes 14 comme on l'expliquera ultérieurement étant constitué par des vannes commandables automatiquement ou manuellement pour interrompre l'alimentation d'un des injecteurs 12 ou pour alimenter certains de ceux-ci ou tous les injecteurs avec un débit déterminé. Sur cette figure, on a représenté schématiquement la conduite principale 16 d'alimentation en gaz secondaire B, le gaz secondaire étant réparti vers chaque injecteur à travers l'ensemble 14. Dans une version automatisée du dispositif de mélange, on a représenté également un capteur de débit 18 pour mesurer le débit de gaz principal dans la conduite 10 ainsi qu'un ensemble de commande 20 du dispositif à vannes 14. L'ensemble de commande 20 est également relié à une interface d'entrée d'informations 22, par exemple un clavier, permettant d'entrer dans l'ensemble 20, notamment le pourcentage de gaz secondaire dans le mélange final. L'ensemble de commande 20 est associé à une mémoire 24 dans laquelle sont stockées notamment des tables de commande indiquant les injecteurs à alimenter pour obtenir un pourcentage de gaz secondaire donné ainsi que le débit qui doit être appliqué aux injecteurs alimentés. Les circuits de l'ensemble de commande 20, à partir de l'information de pourcentage de gaz secondaire et de l'information de débit de gaz principal, calculent le débit de gaz secondaire et déterminent à partir des tables contenues dans la mémoire 24 les injecteurs qui doivent être alimentés par l'intermédiaire du dispositif à vannes 14, ainsi que le débit commun que doit recevoir chacun des injecteurs alimentés.

[0028] Le débit total de gaz secondaire peut être commandé également à partir d'une valeur de consigne qui peut ne pas être le pourcentage de gaz secondaire dans le gaz principal. Cette consigne peut par exemple être déduite d'une mesure effectuée sur des opérations effectuées en aval du mélangeur. Dans ce cas, le rapport du mélange produit par le mélangeur n'est pas fixe, mais il dépend d'une mesure effectuée en aval du mélangeur.

[0029] En se référant maintenant à la figure 6, on va décrire un premier mode de réalisation de l'ensemble de vannes 14. Sur cette figure, on a représenté la canalisation d'amenée du gaz secondaire 16, ainsi que les différents injecteurs 12. La canalisation d'amenée 16 se divise en autant de conduites d'alimentation unitaires 30 qu'il y a d'injecteurs 12. Sur chaque conduite 30 est montée une vanne commandable 32. Dans une version automatisée, les vannes sont commandées par l'ensemble de commande 20 comme cela a été expliqué précédemment. Les vannes 32 sont commandées soit en tout ou rien, soit avec une ouverture intermédiaire correspondant à un débit dans la plage de débits optima de l'injecteur. Ce débit optimum dépend des caractéristiques de l'injecteur, des dimensions de la conduite et du débit de gaz principal de manière à obtenir pour le jet produit par l'injecteur une énergie optimale. En d'autres termes soit la vanne 32 est fermée, soit la vanne 32 est commandée pour le débit correspondant au pourcentage de gaz secondaire à injecter. De plus, toutes les vannes ouvertes sont réglées pour donner un même débit d'alimentation des injecteurs 12 correspondants.

[0030] Sur la figure 7, on a représenté un deuxième mode de réalisation de l'ensemble de vannes 14. Celui-ci com-

prend une vanne de régulation principale 40 sur la conduite générale d'alimentation en gaz secondaire 16. Les canalisations unitaires 30 sont toutes équipées d'une vanne 32 à commande par tout ou rien. L'ensemble de commande 20 contrôle les vannes 32 en tout ou rien comme on l'a déjà indiqué. En outre, cet ensemble commande la vanne générale 40 de telle manière qu'elle délivre le débit D total de gaz secondaire. Ce débit se répartit dans les différentes canalisations 30 associées aux vannes unitaires 32 ouvertes.

[0031] Sur les figures 3 et 4, on a représenté deux modes de réalisation des injecteurs. Selon le mode de réalisation de la figure 3, l'injecteur consiste en un alésage 50 usiné dans la paroi 52 de la conduite 10. Cet alésage est prolongé par un manchon 54 de raccordement à la conduite 30 d'alimentation. Dans ce cas, l'ouverture de l'injecteur débouche dans la surface interne 10a de la conduite.

[0032] Dans le cas du mode de réalisation de la figure 4, l'injecteur est constitué par un élément tubulaire 56 engagé dans un alésage 58 de la paroi 52 de la conduite 10. Dans ce cas, l'ouverture de l'injecteur 56a peut faire saillie hors de la paroi interne 10a de la conduite 10.

[0033] Un autre mode de réalisation des injecteurs consiste à prévoir, à l'intérieur de la conduite 10, une conduite torique fermée, dont la paroi est percée d'orifices constituant les injecteurs. La conduite est divisée par des cloisons radiales en autant de volumes internes qu'il y a d'injecteurs.

[0034] Chaque volume interne est alimenté individuellement. Sur les figures 1a à 5a, c'est cette solution qui est représentée.

[0035] Sur les figures 5a et 5b, on a représenté un deuxième mode de réalisation du dispositif de mélange de gaz. Celui-ci utilise le troisième mode de réalisation des injecteurs.

[0036] Dans la zone d'injection, la conduite 10 comporte une double paroi 60 qui définit un espace annulaire 61. Les conduites d'alimentation 30 débouchent dans l'espace annulaire 61. Des cloisons radiales 63 partagent l'espace annulaire 61 en plusieurs volumes d'injection 65, chaque volume 65 étant alimenté par une conduite 30. La paroi interne 10 est percée d'orifices 67 constituant les injecteurs. De préférence, il y a un orifice 67 par volume 65. Cependant, dans certains cas, il est possible de prévoir plusieurs injecteurs alimentés par le même volume 65. Ce sera le cas si deux injecteurs doivent toujours délivrer le même débit.

[0037] Les injecteurs 67 peuvent tous être disposés dans une même section droite de la conduite 10. C'est ce qui est représenté sur les figures 5a et 5b. Il est également possible de décaler les injecteurs 67 selon l'axe XX' de la conduite 10. On a alors une zone d'injection du gaz secondaire, cette zone d'injection devant avoir une longueur inférieure à celle de la zone de mélange telle qu'on l'a définie précédemment.

[0038] Dans ce mode de réalisation, on trouve de plus dans la zone de mélange L un obstacle central 62, par exemple de forme générale cylindrique (cylindrique, conique, tronconique, etc.), qui est disposé selon l'axe X, X' de la conduite 10. De préférence, le diamètre équivalent de l'obstacle est compris entre 10 et 30% de celui de la conduite 10. L'obstacle 62 est maintenu par une structure rayonnante 64 qui constitue ainsi un élément perturbateur du débit de gaz principal dans la conduite 10. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire que les axes des injecteurs 12 soient inclinés. En effet, la présence d'un obstacle diminue le risque de coalescence des jets, en particulier des jets en opposition.

[0039] Selon l'invention, on peut optimiser la commande des différents injecteurs afin de rendre le mélange le plus homogène possible, dans le cas où l'on veut avoir un débit continûment variable entre $2d_1$ et Nd_2 , d_1 étant la limite inférieure de débit de la plage de débits optima, d_2 étant le débit maximum de cette même plage et N le nombre total d'injecteurs.

[0040] Le nombre maximum d'injecteurs à alimenter est déterminé de la manière suivante :

[0041] Si D est le débit total de gaz secondaire, on divise, dans l'ensemble des entiers, D par d_1 , ce qui donne un quotient k et un reste r.

[0042] Si $k \geq N$, le nombre d'injecteurs à alimenter N_1 est égal à N et le débit de chaque injecteur est D/N .

[0043] Si $k < N$, le nombre N_1 d'injecteurs à alimenter est égal à k et le débit de chaque injecteur est égal à D/N .

[0044] Si l'on veut améliorer encore l'homogénéité du mélange, en imposant par exemple que les injecteurs alimentés soient diamétralement opposés deux à deux, il faut d'abord choisir N pair et décaler angulairement les injecteurs de façon régulière ($360/N$ degrés).

[0045] On ajoute la condition que $N-N_1$ soit divisible par N_1 ou que N_1 soit divisible par $N-N_1$.

[0046] On choisit alors $N_1 = k$ si $N-k$ est divisible par k ou si k est divisible par $N-k$.

[0047] Dans le cas contraire, on choisit pour N_1 le nombre immédiatement inférieur à k satisfaisant à cette condition.

[0048] Le mode de réalisation du dispositif de mélange et de mise en oeuvre du procédé de mélange décrit précédemment, quel que soit son mode de réalisation, permet en particulier dans une large plage de débit de gaz secondaire d'obtenir de façon continue tous les débits intermédiaires tout en assurant un mélange homogène du gaz secondaire dans le gaz primaire.

[0049] La disposition optimale pour que le mélange soit homogène est bien sûr que les injecteurs alimentés soient angulairement régulièrement repartis pour toute la plage de débit. Pour des injecteurs angulairement régulièrement repartis, cela impose que N soit divisible par N_1 . Selon les différentes conditions d'utilisation, une telle condition peut n'être remplie que pour une plage de débit de gaz secondaire.

EP 1 120 151 A1

[0050] La figure 8 illustre une disposition des injecteurs qui permet une symétrie complète des injecteurs alimentés quel que soit le débit envisagé. Sur la figure 8, on a repéré par les nombres de 1 à 16 les positions des différents injecteurs. Les injecteurs repérés par les nombres 1 à 12 sont décalés angulairement d'un angle au centre de 30 degrés. Les injecteurs numérotés 13 à 16 sont décalés les uns des autres d'un angle au centre de 90 degrés. De plus, chaque injecteur de la deuxième série était équidistant de deux injecteurs qui l'entourent de la première série. Un mode de réalisation possible est de prévoir que l'injecteur 13 soit décalé de 15 degrés par rapport à l'injecteur 2, que l'injecteur 14 soit décalé de 15 degrés par rapport à l'injecteur 5 que l'injecteur 15 soit décalé de 15 degrés par rapport à l'injecteur 8 et enfin que l'injecteur 16 soit décalé de 15 degrés par rapport à l'injecteur 11.

[0051] Le tableau I illustre un exemple d'application du mélangeur défini ci-dessus.

[0052] Sur le tableau I, on a représenté pour les différentes plages de débit comprises entre 160 et 1 440 m³/h dans la colonne de gauche le débit total fourni par les injecteurs, dans la colonne intermédiaire le nombre d'injecteurs alimentés et dans la colonne de droite le numéro des injecteurs effectivement alimentés et tels qu'ils sont repérés sur la figure 8.

Tableau 1

Débit Total	Orifices Actifs N1	No. Des Orifices Actifs
160-240	2	1, 7
240-360	3	1, 5, 9
320-480	4	1,4,7, 10
480-720	6	1, 3, 5, 7, 9, 11
640-960	8	1, 13, 4, 14, 7, 15, 10, 16
960-1440	12	1 à 12

[0053] On voit qu'ainsi on peut faire varier de façon continue le débit de gaz secondaire entre 160 m³/h et 1 440 m³/h tout en assurant que chaque injecteur soit alimenté dans sa plage de fonctionnement optimale, c'est-à-dire dans le cas considéré entre 80 m³/h et 120 m³/h.

[0054] On comprend que dans ce cas, la mémoire 24 associée à l'ensemble de commande 20 des vannes contient le tableau 1. Lorsqu'à l'aide du dispositif d'interface 22, on entre le pourcentage de gaz secondaire à injecter, l'ensemble 20 à partir de l'information de débit de gaz primaire détermine le débit total de gaz secondaire nécessaire et en fonction de la position de ce débit par rapport aux différentes plages du tableau I détermine les vannes qui doivent être ouvertes et le débit unitaire dans chacune de ces vannes.

[0055] Le mode de réalisation illustré par la figure 8 correspond à une réalisation optimale qui permet, comme on l'a déjà indiqué, un débit nominal de gaz secondaire pouvant varier de façon continue d'un facteur de 1 à 6. Il va de soi que dans le cas où les débits de gaz secondaire n'ont pas besoin de varier de façon continue mais seulement autour de valeurs discrètes, il est bien sûr possible de diminuer le nombre des injecteurs. Cependant, dans ce cas, le mode d'alimentation des injecteurs est toujours le même, c'est-à-dire que soit un injecteur n'est pas alimenté, soit il est alimenté avec un débit compris dans sa plage de fonctionnement optimal. On comprend que grâce à ces dispositions, on obtient effectivement un mélange homogène du gaz secondaire dans le gaz primaire du fait d'une part que les injecteurs sont régulièrement répartis sur la périphérie de la conduite du mélangeur et que d'autre part, chaque injecteur fonctionne dans sa plage de fonctionnement optimale.

[0056] Dans l'exemple de mise en oeuvre du procédé décrit ci-dessus, tous les injecteurs ont la même plage de débits optima. Dans certains cas, il pourrait ne pas en être ainsi. Cela pourra se produire si tous les injecteurs n'ont pas les mêmes dimensions. Cela se produira également si les caractéristiques du gaz délivré par les injecteurs ne sont pas les mêmes. Ces différences peuvent résider dans la nature du gaz injecté qui peut ne pas être le même pour tous les injecteurs. Elles peuvent résider dans les caractéristiques de température ou de pression du gaz injecté si ce gaz est fourni à partir de différentes sources.

Revendications

1. Procédé pour mélanger un gaz secondaire avec un gaz principal, à l'aide d'injecteurs, comprenant les étapes suivantes :

- on forme une veine principale dudit gaz principal ;

EP 1 120 151 A1

- on règle le débit total de gaz secondaire à injecter en fonction d'une valeur de consigne ;
- on injecte dans une zone d'injection de ladite veine principale, ladite zone d'injection s'étendant selon la direction de l'axe de ladite veine principale, ledit débit total de gaz secondaire à l'aide d'une pluralité d'injecteurs disposés dans ladite zone d'injection pour former une pluralité de jets de gaz secondaire, chaque injecteur ayant une plage de débits optima ; et
- on répartit ledit gaz secondaire entre au moins une partie desdits injecteurs de telle manière que chaque injecteur alimenté fonctionne dans sa plage de débits optima.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque injecteur a la même plage de débits optima.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits injecteurs sont tous sensiblement disposés dans un même plan orthogonal à l'axe de ladite veine principale.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'axe d'au moins certains des injecteurs (12) fait, dans la section droite de la veine de gaz principal qui contient les ouvertures des injecteurs, un angle α compris entre 10 et 70 degrés avec la normale à la paroi de la conduite.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit angle α est compris entre 25 et 45 degrés.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on dispose, de plus, un obstacle dans la zone de mélange de ladite veine de gaz principal selon l'axe longitudinal de ladite veine.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on crée une perturbation de la veine de gaz principal dans la zone contenant ledit obstacle.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour pouvoir mélanger au gaz principal un débit D de gaz secondaire compris entre $2d_1$, d_1 étant la valeur minimale de la plage de débits optima des injecteurs, et Nd_2 , d_2 étant la valeur maximale de la plage de débits optima des injecteurs, caractérisé en ce qu'on détermine le nombre maximal N1 d'injecteurs à alimenter de la manière suivante :

- on divise dans l'ensemble des nombres entiers, le débit D par d_1 , ce qui donne un quotient entier k et un reste r,
- on compare le quotient k au nombre N d'injecteurs

si $k \geq N$ on prend $N1 = N$

si $k < N$ on prend $N1 = k$

et en ce que le débit de chacun des N1 injecteurs est égal à $D/N1$.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel les N injecteurs sont angulairement régulièrement répartis, caractérisé en ce que, pour déterminer le nombre N1 d'injecteurs alimentés, on ajoute la condition que N - N1 soit divisible par N1 ou que N1 soit divisible par N - N1, de telle manière que les injecteurs alimentés soient diamétralement opposés deux à deux,

et on choisit pour N1 le nombre k si N - k est divisible par k ou si k est divisible par N - k

dans le cas contraire, on choisit pour N1 le nombre entier immédiatement inférieur à k satisfaisant à cette condition.

10. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les injecteurs sont angulairement régulièrement répartis et en ce qu'on choisit N1 de telle manière que N soit divisible par N1.

11. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'on a choisi le nombre d'injecteurs N égal à 16, en ce qu'on répartit 12 des 16 injecteurs régulièrement avec un écart angulaire égal à 30 degrés et en ce qu'on répartit les 4 autres injecteurs à 90 degrés les uns des autres de telle manière que chacun des quatre injecteurs soit à égale distance angulaire de deux des douze premiers injecteurs, par quoi les injecteurs alimentés sont angulairement régulièrement répartis.

12. Dispositif de mélange d'un gaz secondaire dans un gaz principal comprenant :

EP 1 120 151 A1

- une conduite (10) d'amenée du gaz principal, ladite conduite comportant une zone d'injection ;
- N ($N \geq 2$) injecteurs (12) de gaz secondaire dont les ouvertures débouchent dans la zone d'injection de ladite conduite chaque injecteur ayant une plage de débits optima ; et
- des moyens pour répartir le débit total de gaz secondaire entre au moins certains desdits injecteurs pour que chaque injecteur soit alimenté avec un débit nul ou avec un débit compris dans sa plage de débits optima dudit injecteur.

13. Dispositif de mélange selon la revendication 12, caractérisé en ce que tous les injecteurs ont leurs ouvertures qui débouchent sensiblement dans une même section droite de la conduite.

14. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 12 et 13, caractérisé en ce que tous les injecteurs ont la même plage de débits optima.

15. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que les moyens de répartition comprennent :

- des moyens par vanne (14) pour contrôler le débit de gaz secondaire dans lesdits injecteurs ; et
- des moyens de commande (20) pour commander lesdits moyens par vanne (14) pour que chaque injecteur soit alimenté avec un débit nul ou avec un débit commun à tous les injecteurs alimentés, ledit débit commun étant compris dans la plage de débits optima.

16. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que l'axe d'au moins certains des injecteurs (12) fait, dans la section droite de la conduite qui contient les ouvertures des injecteurs, un angle α compris entre 10 et 70 degrés avec la normale à la paroi de la conduite.

17. , Dispositif de mélange selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit angle α est compris entre 25 et 45 degrés.

18. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend, de plus, un obstacle (62) disposé dans la zone de mélange de ladite conduite (10) selon l'axe longitudinal de ladite conduite.

19. Dispositif de mélange selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, des moyens de fixation (64) dudit obstacle (62) à la conduite, aptes à créer une perturbation du flux de gaz principal.

20. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, caractérisé en ce que les axes des injecteurs (12) sont sensiblement normaux à la paroi dans le plan de section droite qui contient les ouvertures des injecteurs.

21. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que les axes des injecteurs (12) sont dans le plan de section droite contenant les ouvertures des injecteurs ou dirigés vers l'amont de ladite conduite par rapport audit plan.

22. Dispositif de mélange selon la revendication 15, caractérisé en ce que lesdits moyens par vanne (14) comprennent N vannes (32) commandables par tout ou rien, chaque vanne étant associée à un injecteur et une vanne principale (40) apte à régler le débit d'alimentation total desdites vannes à N' fois un débit compris dans ladite plage de débits optima, N' étant le nombre des vannes non fermées.

23. Dispositif de mélange selon la revendication 15, caractérisé en ce que lesdits moyens par vanne (14) comprennent N vannes (32), chaque vanne étant associée à un injecteur (12), chaque vanne étant commandable pour laisser passer un débit nul ou un débit compris dans ladite plage.

24. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend N - 1 injecteurs (12) dont l'axe fait ledit angle α avec la normale à la paroi de la conduite et un injecteur dont l'axe est normal à la paroi de la conduite.

25. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que le nombre N d'injecteurs (12) est égal à 16, et en ce que 12 des 16 injecteurs sont angulairement régulièrement répartis sur la

EP 1 120 151 A1

périphérie de la conduite avec un écart angulaire égal à 30 degrés et en ce que les quatre autres injecteurs sont régulièrement angulairement répartis avec un écart angulaire égal à 90 degrés de telle manière que chacun des quatre injecteurs soit à égale distance angulaire de deux des douze premiers injecteurs.

5

10

15

20

25

30

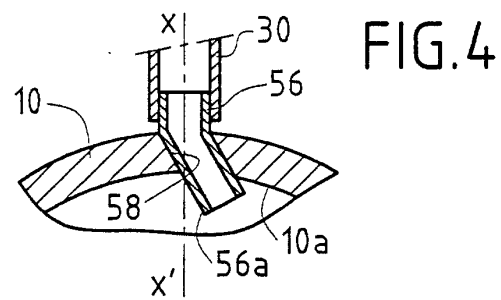
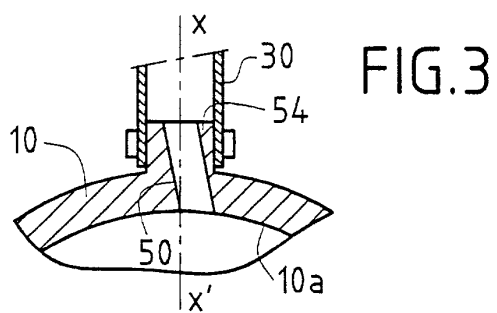
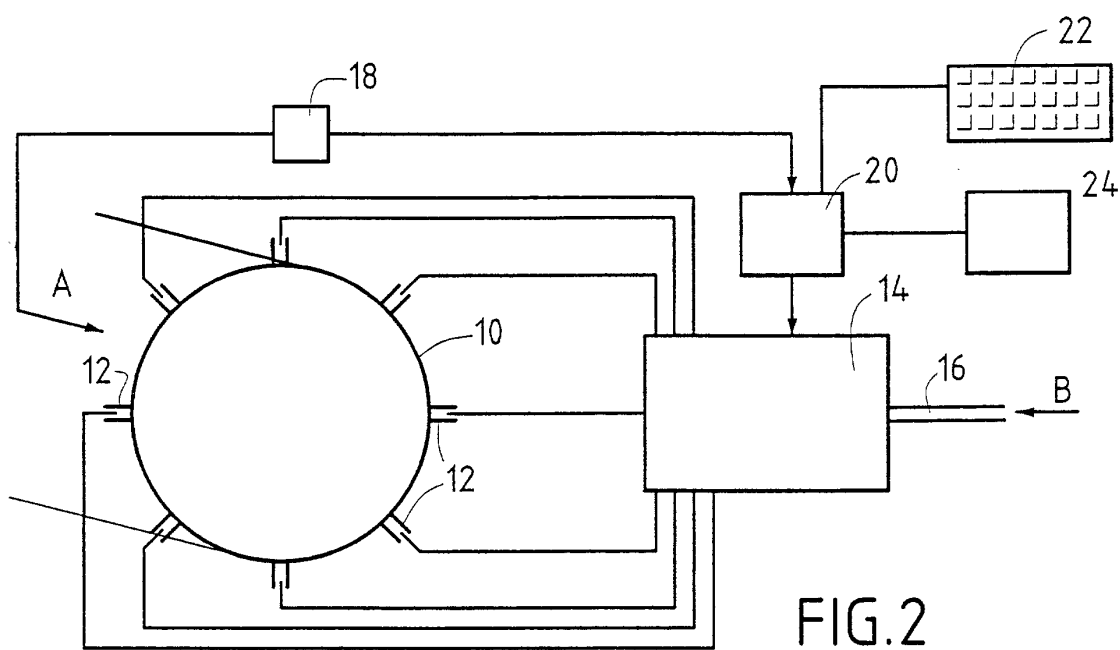
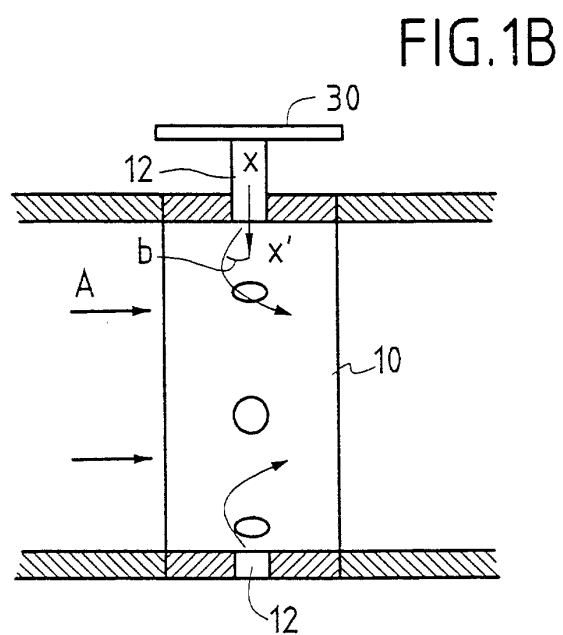
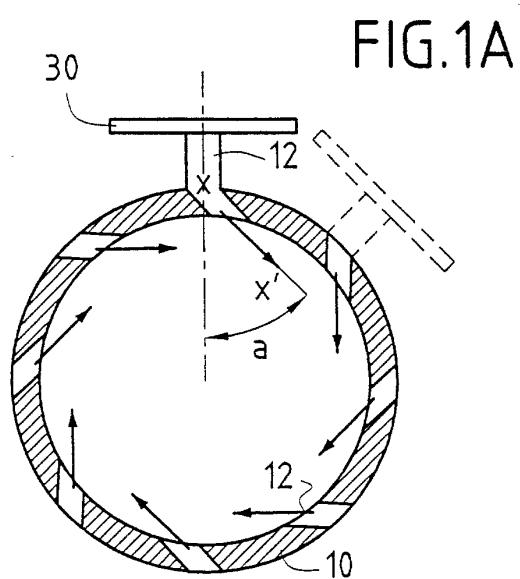
35

40

45

50

55



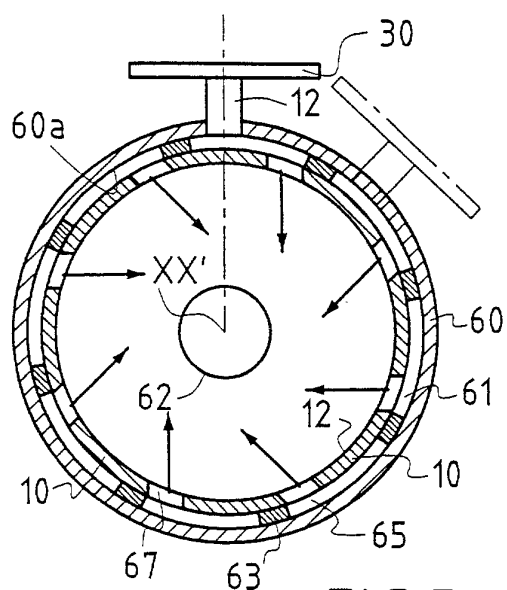


FIG. 5A

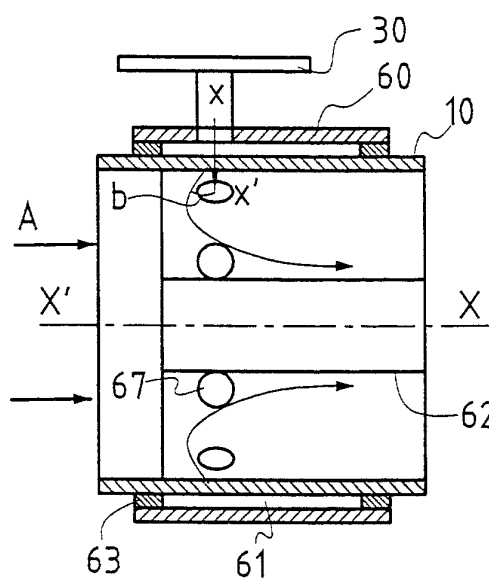


FIG. 5B

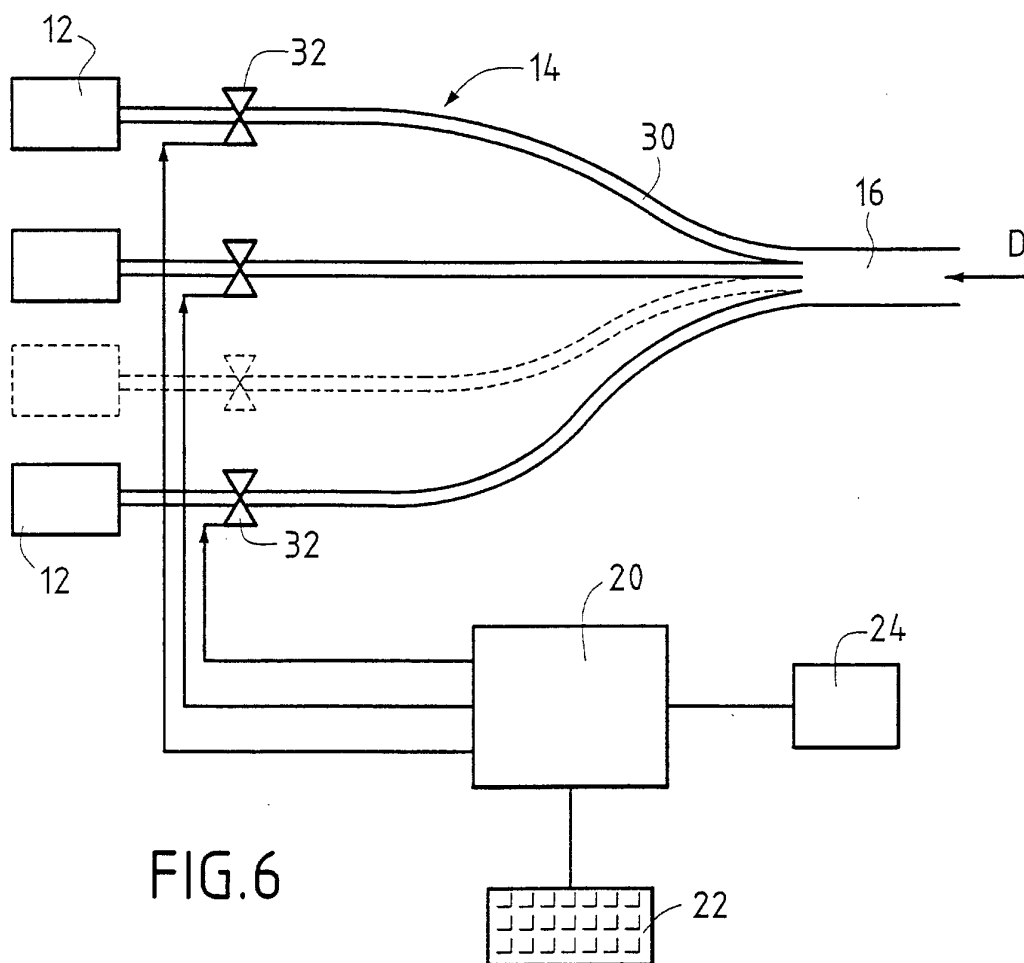


FIG. 6

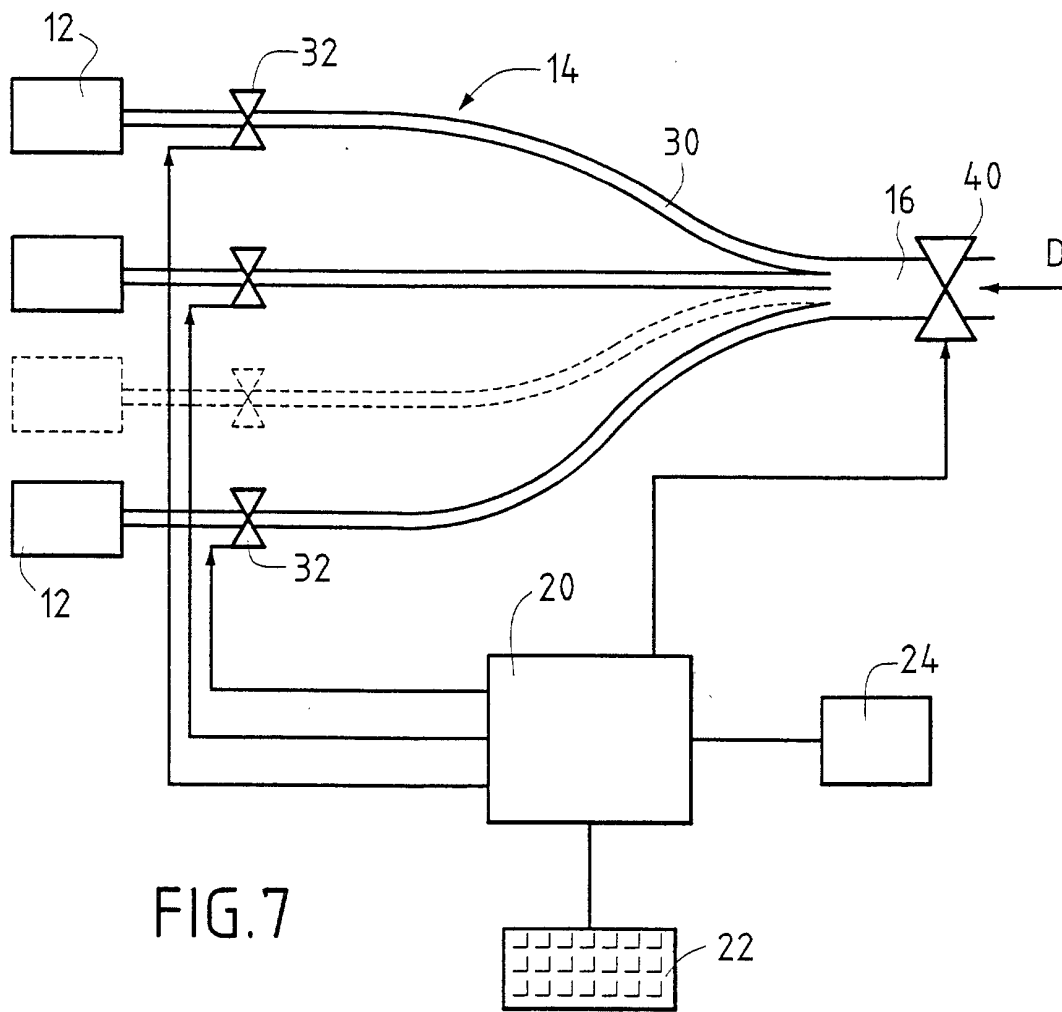


FIG. 7

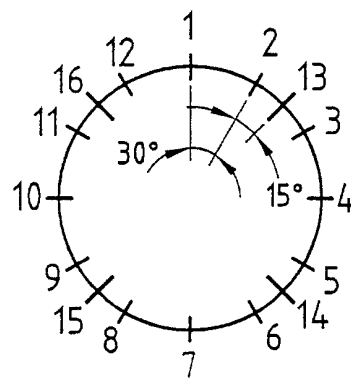


FIG. 8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 00 40 3601

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.7)
A	US 4 521 117 A (J.H.W.OUWERKERK ET AL) 4 juin 1985 (1985-06-04) * revendications; figures 5-8 * ---	12-25	B01F3/02 B01F5/04
A	US 3 913 617 A (J.V.LAAR ET AL) 21 octobre 1975 (1975-10-21) * revendications; figures * ---	12-25	
A	US 4 474 477 A (W.H.SMITH ET AL) 2 octobre 1984 (1984-10-02) * revendications; figures * -----	12-25	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			B01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 3 mai 2001	Examineur Cordero Alvarez, M
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 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 40 3601

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

03-05-2001

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4521117 A	04-06-1985	NL 8300590 A	17-09-1984
		AT 23278 T	15-11-1986
		AU 556714 B	13-11-1986
		AU 2464784 A	23-08-1984
		BR 8400700 A	25-09-1984
		CA 1222374 A	02-06-1987
		DE 3461145 D	11-12-1986
		EP 0119642 A	26-09-1984
		ES 529784 D	16-11-1984
		ES 8501246 A	16-02-1985
		JP 1428374 C	25-02-1988
		JP 59156418 A	05-09-1984
		JP 62038017 B	15-08-1987
		MX 158283 A	19-01-1989
		ZA 8401074 A	26-09-1984
US 3913617 A	21-10-1975	DE 2256814 A	06-06-1974
		AU 475857 B	02-09-1976
		AU 6271573 A	22-05-1975
		BE 807533 A	15-03-1974
		CA 989385 A	18-05-1976
		DE 7242602 U	29-04-1976
		FR 2206971 A	14-06-1974
		GB 1416651 A	03-12-1975
		IT 1003229 B	10-06-1976
		JP 962011 C	20-07-1979
		JP 49086939 A	20-08-1974
		JP 51046306 B	08-12-1976
US 4474477 A	02-10-1984	CA 1191509 A	06-08-1985
		GB 2141942 A,B	09-01-1985

EPO FORM P0450

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82