(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 872 887**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **04 07514**

(51) Int Cl[8] : **F 23 C 7/02** (2006.01), F 23 C 6/04, F 23 L 7/00

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 07.07.04.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 13.01.06 Bulletin 06/02.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** NIASS TIDJANI et LEBAS ETIENNE.

(73) **Titulaire(s) :**

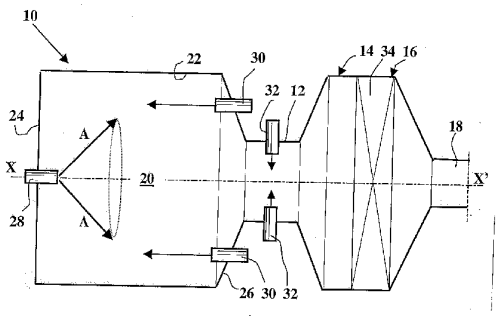
(74) **Mandataire(s) :**

(54) PROCEDE DE COMBUSTION HOMOGENE ET GENERATEUR THERMIQUE UTILISANT UN TEL PROCEDE.

(57) L'invention concerne un procédé de combustion dans lequel un combustible et un comburant à forte teneur en oxygène sont injectés dans un foyer (20), notamment d'un générateur thermique (10), ledit foyer comportant au moins un moyen d'injection de combustible (28) et au moins une paroi (22) sensiblement parallèle à l'axe (XX') dudit moyen d'injection.

Selon l'invention, le procédé comprend:

- l'injection d'un combustible à partir de l'axe (XX') du moyen d'injection de combustible (28) vers la paroi (22);
- l'injection, à une vitesse comprise entre 1 et 300 m/s, d'un comburant à distance dudit axe et rencontrant le combustible au voisinage de ladite paroi de manière à réaliser un mélange qui soit réparti sur la totalité du volume du foyer avant d'entrer en réaction.



FR 2 872 887 - A1

La présente invention se rapporte à un procédé de combustion d'un combustible et d'un comburant à forte teneur en oxygène et à un générateur thermique utilisant un tel procédé.

Elle a plus particulièrement son application dans les chaudières, les fours et les centrales d'énergie brûlant des résidus pétroliers, tels que des brais ou des cokes de pétrole.

Il est déjà connu de nombreux procédés et réalisations de ce type pour lesquels on utilise un combustible et un comburant à forte teneur en oxygène dont le pourcentage massique en oxygène est supérieur à 80%, de manière à réaliser une opération de combustion dans le foyer d'un générateur thermique.

Ces procédés reposent sur des architectures de chaudières identiques ou proches de celles des chaudières conventionnelles, afin de conserver la même organisation des échangeurs de chaleur. Pour cela, un recyclage partiel des fumées est opéré de façon à contrôler le profil thermique dans la chaudière. Les avantages de ces procédés et réalisations résident dans :

- Une économie de combustible grâce à la diminution de la perte par chaleur sensible à la cheminée, grâce à une amélioration de la combustion qui limite la formation d'imbrûlés et enfin grâce à une diminution des pertes thermiques par rayonnement des parois,
- Une diminution des émissions d'oxydes d'azote liée à la diminution de la quantité d'azote dans le comburant,
- Une diminution de la taille des équipements, aussi bien des parties « foyer » et « échangeurs de chaleur » que de la partie « traitement des fumées », résultant de moindres volumes de fumées,
- Par rapport à une combustion à l'air, la possibilité de récupérer plus facilement le CO_2 des fumées pour une éventuelle séquestration ou un emploi comme gaz industriel.

Ces procédés présentent néanmoins des inconvénients liés au coût économique et énergétique de la production d'oxygène et aux risques liés à l'emploi de ce comburant.

De plus, dans le cas des résidus pétroliers ou de produits lourds avec de fortes teneurs en matières polluantes, les problèmes posés par une telle combustion sont relatifs à la formation d'imbrûlés solides, à la corrosion qui peut se développer aussi bien dans le foyer et les échangeurs de chaleur que dans les parties avales du traitement des fumées et à l'éventuel recyclage externe des fumées générées par cette combustion, qui nécessite une installation de traitement de fumées importante.

En outre, il peut y avoir des pics locaux de température (température supérieure à 2000 °C) conduisant à la production de NO thermique avec l'azote apporté par le comburant et/ou résultant d'entrées d'air parasites.

Il est cependant connu par le document EP 0 507 995 la possibilité de réduire la production de NOx en utilisant un procédé dans lequel un comburant oxydant est injecté dans un foyer de combustion de façon à ce qu'il se mélange avec des gaz de combustion dans une zone de mélange oxydante, puis d'associer ce mélange oxydant avec un combustible dans une autre zone, dite zone de réaction de combustible où se déroule la combustion, les gaz issus de cette zone de réaction étant ensuite envoyés dans une troisième zone correspondant au reste du volume du foyer, où les niveaux de turbulence sont suffisamment élevés pour que la composition des gaz soit homogène en tout point de ladite troisième zone.

La combustion est donc très localisée et se déroule dans un espace minoritaire par rapport au volume total du foyer.

Cette combustion se déroule sous la forme d'une flamme, ce qui entraîne des pics de température avec la formation de NO thermique et un contrôle difficile des flux thermiques qui sont intenses et localisés.

De plus, la séparation du foyer en trois zones conduit à l'apparition de gradients de température entre ces zones et donc à l'augmentation de la production de NO.

La présente invention se propose de remédier aux inconvénients mentionnés.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de combustion dans lequel un combustible et un comburant à forte teneur en oxygène sont injectés dans un foyer, notamment d'un générateur thermique, ledit foyer comportant au moins un moyen d'injection de combustible et au moins une paroi sensiblement parallèle à l'axe dudit moyen d'injection, caractérisé en ce qu'il comprend :

- l'injection d'un combustible à partir de l'axe du moyen d'injection de combustible vers la paroi et
- l'injection, à une vitesse comprise entre 1 et 300 m/s, d'un comburant à distance dudit axe et rencontrant le combustible au voisinage de ladite paroi de manière à réaliser un mélange qui soit réparti sur la totalité du volume du foyer avant d'entrer en réaction.

Avantageusement, l'injection du comburant peut être réalisée à contre-courant de l'injection du combustible.

Préférentiellement, l'injection du comburant peut être réalisée dans un mouvement hélicoïdal ou circulaire autour de l'axe du moyen d'injection de combustible.

L'injection du comburant peut être réalisée sensiblement perpendiculairement à l'axe du moyen d'injection de combustible.

De manière avantageuse, la vitesse d'injection du comburant peut être comprise entre 50 et 150 m/s.

Le comburant oxydant peut être un fluide contenant au moins 90% d'oxygène.

De manière préférentielle, l'injection de combustible peut être réalisée sous la forme d'un cône.

Le procédé peut comprendre une post combustion des fumées à la sortie du foyer.

L'invention concerne également un générateur thermique comprenant un foyer dans lequel se produit la combustion d'un mélange d'un combustible et d'un comburant oxydant, ledit foyer comportant au moins un moyen d'injection de combustible et au moins une paroi sensiblement parallèle à l'axe dudit moyen d'injection, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un moyen pour injecter le combustible en direction de la paroi et au moins un moyen pour injecter le comburant de façon à ce qu'il rencontre le combustible au voisinage de ladite paroi à une vitesse comprise entre 1 et 300 m/s de manière à ce que ledit carburant et ledit comburant soient répartis sur la totalité du volume du foyer avant d'entrer en réaction.

Avantageusement, le moyen d'injection de combustible peut porter en outre un déflecteur.

Dans le cas où le foyer est délimité par une paroi périphérique et deux faces latérales, le moyen d'injection de combustible peut être porté par l'une des faces en étant disposé sensiblement dans l'axe du foyer.

Le moyen d'injection de comburant peut être porté par l'autre des faces en étant disposé à distance de l'axe du foyer et à proximité de la paroi.

Au moins un moyen d'injection de comburant peut être porté par la paroi périphérique.

Le moyen d'injection de comburant peut être situé à distance du moyen d'injection de combustible.

Le moyen d'injection de combustible peut être porté par la paroi en étant disposé sensiblement orthogonalement à l'axe du foyer.

Le moyen d'injection de comburant peut être porté par la paroi en étant sensiblement orthogonal à l'axe du moyen d'injection de combustible.

Il peut être prévu une multiplicité de moyens d'injection s'étendant le long de l'axe du foyer.

Le moyen d'injection de comburant peut être incliné de manière à obtenir un mouvement circulaire ou hélicoïdal du comburant autour de l'axe du moyen d'injection de combustible.

Les autres caractéristiques et avantages de l'invention vont apparaître à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et en se référant aux dessins annexés pour lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe axiale d'un générateur thermique utilisant le procédé selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique en coupe axiale d'une variante de générateur utilisant le procédé selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue schématique en coupe axiale d'une variante de générateur de la figure 1 ;
- la figure 4 est une vue en coupe selon la ligne 4-4 de la figure 3 ;
- la figure 5 est une vue en coupe montrant une variante de la figure 2 ;
- la figure 6 est une vue en coupe selon la ligne 6-6 de la figure 5 et
- la figure 7 est une vue en perspective avec coupe locale montrant un autre mode de réalisation de l'invention.

En se reportant à la figure 1, un générateur thermique 10 comprend successivement un foyer 20 avec récupération de chaleur aux parois, une zone de liaison 12 entre ce foyer et une zone de postcombustion 14, une zone de récupération de chaleur complémentaire 16 et une zone d'évacuation et/ou de traitement 18 des fumées issues de la combustion.

Les parois du générateur 10 sont avantageusement constituées de parois membranées formées par des tubes reliés entre eux par des ailettes soudées de manière à rendre lesdites parois étanches vis-à-vis de l'extérieur. Ces parois membranées ont préférentiellement pour fonction d'assurer le chauffage et/ou la vaporisation de l'eau dans le cas d'une production de vapeur d'eau. Certaines parties de ces parois peuvent être recouvertes de matériaux isolants afin de limiter l'échange de chaleur et/ou le contact des tubes avec des atmosphères localement corrosives. Extérieurement, les parois sont également recouvertes de matériaux isolants permettant de limiter les pertes thermiques.

Le foyer 20 d'axe longitudinal XX' peut être de type cylindrique, comme illustré sur la figure, ou de type parallélépipédique quelconque. Ce foyer comprend une paroi périphérique 22, ici une paroi cylindrique horizontale concentrique à l'axe XX', délimitée par deux faces latérales sensiblement verticales 24 et 26 qui, pour des raisons de simplification dans la suite de la description, sont baptisées face avant 24 et face arrière 26, la face arrière étant celle située vers la zone de liaison 12.

La face avant 24 porte un moyen d'injection de combustible situé de préférence dans l'axe XX' du générateur et pour cette raison il est gardé la même désignation d'axe pour ce moyen d'injection de combustible.

Dans le cas des combustibles liquides, ce moyen d'injection est préférentiellement un injecteur 28, avantageusement muni d'internes assurant le mélange du combustible avec un fluide de pulvérisation. Dans le cas d'un combustible solide, l'injecteur 28 peut consister en une canne dans laquelle ledit combustible est transporté par un fluide tel que la vapeur.

Cet injecteur, dont l'axe est confondu avec celui de l'axe du foyer, est configuré d'une façon telle qu'il projette le combustible à partir de l'axe XX' dans la totalité du foyer, aussi bien vers le centre du foyer que vers la paroi périphérique 22 du foyer, sous la forme d'un cône comme montré par les flèches A de manière à répartir le combustible dans la totalité du volume du foyer.

Préférentiellement, l'angle au sommet de ce cône est compris entre 15 et 180° et de préférence entre 60 et 150° et la vitesse d'injection est choisie par l'homme de l'art en fonction des conditions opératoires de façon à favoriser une bonne pénétration des gouttelettes de carburant dans le foyer.

Le volume total du foyer est préférentiellement compris entre 0,5 et 50 m3. Une chaudière industrielle ou une centrale thermique peut être constituée d'un assemblage de foyers 20, lesdits foyers ayant ou non une face commune, et les produits de combustion générés dans ces foyers se déversant dans une ou des zone(s) commune(s) à plusieurs ou à la totalité desdits foyers. Dans le cas où les foyers ont une face commune, ladite face peut être étanche ou non aux gaz, c'est-à-dire être constituée par exemple par une paroi membranée ou par des tubes non jointifs.

Dans le cas d'une injection de combustible liquide, comme des fiouls lourds ou des brais, celui-ci est préchauffé à une température comprise entre 50 et 300 °C, pour obtenir une viscosité appropriée qui permet une bonne pulvérisation de ce combustible. Cette pulvérisation peut être assurée sous le seul effet de la pression ou avec l'assistance d'un fluide auxiliaire de pulvérisation, comme de la vapeur d'eau.

Pour une utilisation de combustibles solides, tels que des cokes de pétrole, le combustible est introduit dans le générateur sous forme pulvérisée avec une majorité du débit massique ayant une granulométrie inférieure à 500 μm. Le transport de ce combustible et sa dispersion sont assurés par un fluide auxiliaire, comme de la vapeur d'eau, le rapport massique entre le combustible et le fluide de transport étant compris entre 0,1 et 10.

La présente invention n'est pas limitée aux types de combustibles décrits ci-dessus mais englobe également l'utilisation de combustibles gazeux, tel que du gaz naturel, du fioul gaz de raffinerie, etc...

La face arrière 26 porte au moins un moyen d'injection de comburant oxydant qui est, soit un gaz avec une très forte concentration d'oxygène, habituellement supérieure à 90%, soit de l'oxygène pur.

Ce moyen d'injection de comburant est un injecteur 30, de préférence tubulaire et en matériau réfractaire, dont l'axe est sensiblement parallèle à l'axe XX' tout en étant disposé à distance de celui-ci et, de préférence, à proximité de la paroi 22.

L'injection de comburant peut être également assistée par tous moyens, comme par des fumées recyclées à partir du dépoussiéreur, ce qui a pour avantage d'accélérer la vitesse d'injection du comburant et de favoriser le fonctionnement en réacteur agité du foyer 20, en limitant les hétérogénéités de concentration dues à l'injection d'oxygène.

Il peut également être envisagé d'assister l'injection de comburant par de la vapeur d'eau qui permet de réduire la formation d'imbrûlés solides, comme les suies par exemple.

Typiquement, la vitesse d'injection du comburant est comprise entre 1 et 300 m/s et plus particulièrement entre 50 et 150 m/s.

Le nombre d'injecteurs de comburant 30, leurs emplacements ainsi que la vitesse d'injection du comburant seront déterminés par tous moyens, notamment par simulations numériques, pour obtenir une circulation importante du combustible comme cela sera explicité dans la suite de la description.

Pour réaliser le mélange comburant/combustible destiné à brûler dans l'ensemble du foyer 20, le combustible est injecté dans ledit foyer, à partir de l'injecteur 28, dans toutes les directions de l'espace et en particulier en direction des injecteurs de comburant 30, comme indiqué par les flèches A, de façon à assurer une interpénétration du combustible et du comburant.

L'injection du comburant et l'injection du combustible sont réalisées de façon à assurer une turbulence intense dans la totalité du foyer 20.

Par le terme « interpénétration », il est entendu que le sens du courant du comburant est sensiblement en opposition à celui du combustible et que l'angle formé par la direction du courant du comburant avec celui du combustible est compris entre 90°et 180°.

Plus précisément, l'injection de comburant est réalisée d'une manière telle qu'il vienne rencontrer ce combustible dans un volume étendu à proximité de la paroi 22 pour créer des turbulences qui vont permettre d'obtenir un mélange combustible/comburant à proximité de cette paroi puis s'étendre sur toute la section du foyer.

Pour une géométrie de foyer 20 donnée, avec une surface d'échange de chaleur à une température donnée, les conditions d'injection du combustible, telles que vitesse initiale du combustible, distribution spatiale du combustible, granulométrie des gouttelettes ou des particules, nombre d'injecteurs, débit de fluide de pulvérisation ou de transport, ainsi que les conditions d'injection du comburant, telles que nombre de points d'injection, vitesse du comburant, orientation des jets par rapport à l'axe du foyer, débit éventuel de gaz vecteur comme par exemple de la vapeur ou des fumées recyclées, sont déterminés, par exemple grâce à des simulations numériques, de façon à ce que le temps caractéristique du mélange turbulent du combustible reste inférieur au temps caractéristique de la cinétique chimique. Dans ces conditions, les réactifs et les produits sont mélangés par la turbulence avant de réagir. Ainsi, en aucun point du foyer, il n'y a d'accélération de la combustion pouvant conduire à des points chauds. Sur le plan théorique, le foyer 20 fonctionne comme un réacteur parfaitement agité.

La température et la composition des fumées sont sensiblement homogène dans la totalité du foyer 20. Cette température est comprise, en marche nominale, entre 600 et 2000° C et de préférence entre 800 et 1500 °C de façon à limiter la formation de NOx liée à d'éventuelles entrées d'air parasites ou à l'azote du comburant.

Ces niveaux de température relativement modérés par rapport à ceux d'une flamme classique à l'air et encore plus par rapport à une flamme à l'oxygène, évitent une usure prématurée des matériaux de la paroi 22 ainsi que des dispositifs d'injection de combustible et de comburant.

Dans un mode préféré de l'invention, les débits de combustible et de comburant injectés dans le foyer 20 sont tels que l'on obtient un mélange dont la stœchiométrie globale est inférieure à 1, c'est-à-dire avec un excès de combustible par rapport au comburant. Ceci permet de limiter la formation d'oxydes d'azote à partir de l'azote constitutif du combustible.

En outre, l'homogénéité de température permet d'éviter la formation de NO thermique avec l'azote provenant d'éventuelles entrées d'air dans le foyer.

Les injections de comburant peuvent être organisées, toujours avec l'aide de la simulation numérique, afin de maintenir une atmosphère légèrement oxydante à proximité de la paroi, tout en ayant une atmosphère globalement riche, afin de préserver la paroi des phénomènes de corrosion réductrice.

La zone de liaison 12, qui est ici sous forme tubulaire, permet de relier la sortie du foyer 20 à la zone de post-combustion 14 qui précède la zone de récupération de chaleur 16 à la sortie de laquelle sont évacuées et/ou traitées les fumées de combustion.

La zone de liaison porte, sur sa périphérie, au moins un injecteur de comburant oxydant additionnel 32 qui permet d'assurer le mélange de ce comburant avec les fumées issues du foyer 20. Ce mélange combustible/comburant pénètre ensuite dans la zone de post-combustion 14 où s'achève la combustion.

La chaleur résultant de la combustion dans la zone de post-combustion est récupérée directement dans ladite zone de post-combustion grâce par exemple à des moyens non représentés tels que des parois membranées ou des tubes suspendus, ou dans la zone de récupération de chaleur 16 par tous moyens, tels qu'un échangeur de chaleur 34 ou un train d'échangeurs logés dans cette zone de récupération.

Les fumées issues de cette zone de récupération, qui sont généralement à une température comprise entre 150 et 300 °C, sont dirigées par la zone 18 vers un moyen d'évacuation et/ou de traitement, comme par exemple un dépoussiéreur et une cheminée (non représentés sur la figure).

On se reporte maintenant à la figure 2 qui montre une variante de la figure 1 et qui comporte pour cela les mêmes références que cette figure.

Dans cette variante, l'injection de combustible se fait par l'intermédiaire d'un injecteur 28, porté par la face avant 24, se prolongeant à l'intérieur du foyer 20 sous la forme d'une canne.

Cette canne 28, dont l'axe est également confondu avec l'axe XX' du foyer 20, porte à son extrémité un déflecteur 36 dont le rôle est de transformer les jets de combustible sortant de la canne en des jets dirigés vers la paroi périphérique 22 du foyer 20 et vers sa face avant 24.

Comme précédemment décrit, le combustible peut être un combustible solide, liquide ou gazeux et l'injection peut être assistée ou non.

Avantageusement, cette canne est refroidie soit par un fluide, comme de l'eau, soit par le mélange combustible/fluide d'assistance.

Le moyen d'injection de comburant est un injecteur 30, ou une série d'injecteurs espacés axialement le long de l'axe du foyer, qui est disposé sur la paroi horizontale périphérique 22 du foyer 20.

Dans l'exemple de la figure 2, il est prévu deux séries de trois injecteurs situés à distance de la sortie du combustible de l'injecteur 28, et préférentiellement au voisinage de la face avant 24, chacune des séries étant circonférentiellement espacée de l'autre de manière régulière.

Comme pour l'exemple de la figure 1, les conditions d'injection du combustible, telles que vitesse initiale du combustible, distribution spatiale du combustible, granulométrie des gouttelettes ou des particules, nombre d'injecteurs, débit de fluide de pulvérisation ou de transport, ainsi que les conditions d'injection du comburant, telles que nombre de points d'injection, vitesse du comburant, orientation des jets par rapport à l'axe du foyer, débit éventuel de gaz vecteur comme par exemple de la vapeur ou des fumées recyclées, sont déterminés, par exemple grâce à des simulations numériques, de façon à ce que le temps caractéristique du mélange turbulent reste inférieur au temps caractéristique de la cinétique chimique. Ainsi, en aucun point du foyer, il n'y a d'accélération de la combustion pouvant conduire à des points chauds.

En fonctionnement, le combustible est injecté dans ledit foyer 20, à partir de l'injecteur 28, dans toutes les directions de l'espace et en particulier en direction des injecteurs de comburant 30, comme indiqué par les flèches A, de façon à assurer une interpénétration du combustible et du comburant.

Grâce à cette disposition, la combustion se développe sur un volume important du foyer 20 et les parois de ce foyer 20 sont également maintenues sous une atmosphère oxydante avec les avantages énumérés plus haut.

Bien entendu, le combustible non totalement brûlé quitte le foyer 20 pour traverser la zone de liaison 12 où il achève sa combustion dans la zone 14 grâce à des injecteurs de comburant additionnels 32 comme précédemment décrit.

On se réfère maintenant aux figures 3 et 4 qui montrent une variante de la figure 1 et qui comportent, pour des raisons de clarté, les même références que cette figure.

Dans cette variante, le combustible est injecté, dans le foyer 20 et en direction des injecteurs de comburant 30, par un injecteur de combustible 28

porté par la face avant 24 et d'axe confondu avec celui du foyer. Cet injecteur est configuré d'une façon telle qu'il génère, à sa sortie, un cône 38 de combustible.

Préférentiellement, l'angle au sommet de ce cône est compris entre 15 et 180° et de préférence entre 60 et 150° et les conditions de fonctionnement de l'injecteur sont déterminées, par exemple par simulation numérique, de façon à favoriser une bonne répartition du combustible dans tout le foyer 20 et une bonne interpénétration du combustible et du comburant.

Ce cône peut être réalisé par un injecteur projetant une multiplicité de jets inclinés par rapport à l'axe XX' en formant un cône dont la surface périphérique dudit cône est de révolution par rapport à XX'.

Comme montré sur la figure 4, il est prévu de disposer une pluralité d'injecteurs de comburant 30 régulièrement répartis circonférentiellement sur la face arrière 26. Ces injecteurs sont inclinés, c'est-à-dire que leurs axes sont axialement parallèles à l'axe XX' mais sont légèrement décalés radialement par rapport à cet axe de façon à créer, dans le foyer 20, un écoulement turbulent du comburant qui se développe, dans un mouvement hélicoïdal du comburant, en direction de la face avant 24. .

Ainsi, pour réaliser le mélange comburant/combustible destiné à brûler dans le foyer 20, le comburant est injecté dans le foyer selon un mouvement hélicoïdal coaxial à l'axe XX' de l'injecteur de combustible, comme montré par les flèches D sur les figures. Dans cette configuration, on favorise le mélange entre le combustible et le comburant à l'intérieur du foyer 20 grâce à la circulation du comburant qui crée des turbulences entraînant un brassage du combustible avec le comburant et qui va procurer un mélange comburant/combustible occupant toute la section du foyer.

.

De même comme pour les figures 1 et 2, la zone de liaison 12 porte au moins un injecteur de comburant oxydant additionnel 32 qui permet d'assurer le

mélange de ce comburant avec les fumées issues du foyer 20, ce mélange combustible/comburant pénétrant ensuite dans la zone de post-combustion 14 pour achever la combustion.

On se reporte maintenant aux figures 5 et 6 qui illustrent une variante du mode de réalisation de la figure 2 et qui également comportent les mêmes références principales.

Dans cette variante, le combustible est également injecté dans le foyer 20 sous la forme d'un cône de combustible 38.

Ce cône de combustible résulte de l'action du déflecteur 36 qui génère ce cône dont la base est en regard de la face avant 24.

Comme mieux visible sur la figure 6, les injecteurs 30 ou les séries d'injecteurs sont répartis circonférentiellement autour de la paroi périphérique 22 et sont inclinés de manière à introduire le comburant tangentiellement dans le foyer 20.

De par cette disposition, il se crée un mouvement circulaire du comburant autour de l'axe XX', comme représenté par les flèches E sur la figure 6. Afin d'accentuer le mouvement du comburant, il peut être prévu de décaler les axes des injecteurs 30 en direction axiale vers la face arrière 26, comme représenté en pointillé sur la figure 5, de façon à ce que le mouvement du comburant soit hélicoïdal.

Là encore, cette disposition a pour objectif de favoriser l'interpénétration du combustible et du comburant.

Ce comburant, qui est injecté circulairement ou hélicoïdalement, rencontre le combustible à proximité de la paroi 22 en se brassant avec celui-ci et en générant un mélange qui se développe sur la totalité du foyer. Ainsi, la combustion peut se développer sur un volume important du foyer 20.

Grâce à cette disposition, les parois du foyer 20 sont également maintenues sous une atmosphère oxydante avec les avantages énumérés plus haut.

Bien entendu, le combustible non utilisé quitte le foyer 20 par la zone de liaison 12 où il achève sa combustion grâce à des injecteurs de comburant additionnels 32 comme précédemment décrit.

On se reporte maintenant à la figure 7 qui montre un autre mode de réalisation de l'invention et qui comporte les références des exemples précédemment décrits augmentées de l'indice 100.

Ainsi, un générateur thermique 110 comprend un foyer 120, une zone de liaison 112, une zone de récupération de chaleur 116 et une zone d'évacuation et/ou de traitement 118 des fumées issues de la combustion.

Le générateur comprend un foyer 120 d'axe longitudinal XX' qui peut être de forme cylindrique ou sensiblement parallélépipédique. Sur l'exemple de la figure 7, le foyer est de forme parallélépipédique à section rectangulaire dont la paroi périphérique 122 est formé d'une succession de parois autour de l'axe XX'. Cette succession de parois comprend des parois verticales 140 et 142 et des parois horizontales supérieure 144 et inférieure 146. Le générateur comprend également une face avant 124 ainsi qu'une face arrière 126.

La paroi verticale 142 porte au moins un injecteur de combustible 128 d'axe ZZ' sensiblement perpendiculaire à l'axe XX' du foyer 120 et la paroi horizontale 144 porte au moins un injecteur de comburant 130 d'une manière telle que l'axe de l'injecteur de comburant soit sensiblement perpendiculaire à l'axe ZZ' de l'injecteur de combustible.

C'est à l'intersection de la paroi supérieure horizontale 144 et de la paroi verticale 142 que se situe la zone de liaison 112 et plus particulièrement en partie droite du générateur comme illustré sur cette figure.

Le foyer peut aussi être subdivisé en compartiments étanches ou non, grâce à des parois, qui peuvent être par exemple des parois membranées, sensiblement parallèles aux deux faces verticales 124, 126 qui ferment les deux extrémités du foyer. Cette disposition a pour but de limiter le volume de chaque foyer unitaire à moins de 50 m3 comme indiqué plus haut.

L'injecteur de combustible 128 d'axe ZZ' projette le combustible dans le foyer 120 selon des jets très épanouis (flèche A) de façon à assurer une bonne répartition du combustible dans tout le foyer 120 et une bonne interpénétration du combustible et du comburant.

Avantageusement, il est prévu une rangée sensiblement horizontale d'injecteurs de combustible espacés régulièrement les uns des autres et cela selon l'axe XX' du foyer. Les injecteurs peuvent être aussi mis selon d'autres dispositions, comme en quinconce par exemple, et/ou être inclinés par rapport à la paroi 142.

L'injecteur de comburant 130 est situé sur la paroi horizontale supérieure 144.

Préférentiellement, il est prévu une rangée d'injecteurs de comburant 130 régulièrement espacés selon l'axe XX' dont les positions sont en concordance ou non avec celles de la rangée d'injecteurs de combustible.

Durant le fonctionnement, le combustible est injecté dans le foyer 120, à partir de l'injecteur 128, dans toutes les directions de l'espace et en particulier en direction des injecteurs de comburant 30, comme indiqué par les flèches A, de façon à assurer une interpénétration du combustible et du comburant à proximité des parois 140, 144, 146 pour se mélanger et ensuite occuper la totalité de la section du foyer.

Ensuite, les fumées résultant de la combustion quittent le foyer 120 par la zone de liaison 112 pour parvenir dans la zone de récupération de chaleur 116.

Il peut être remarqué que, grâce à cette disposition d'injecteurs, l'ensemble du foyer est à une température homogène.

Comme précédemment mentionné pour les figures 1 à 6, les parois du foyer 120 sont avantageusement constituées de parois membranées formées par des tubes reliés entre eux par des ailettes soudées de manière à rendre lesdites parois étanches vis-à-vis de l'extérieur.

Certaines parties de ces parois peuvent être recouvertes de matériaux isolants afin de limiter l'échange de chaleur et/ou le contact des tubes avec des atmosphères localement corrosives. Les parois sont également recouvertes extérieurement de matériaux isolants permettant de limiter les pertes thermiques.

Il est à noter que, dans les exemples décrits ci-dessus, la zone de combustion occupe la totalité du foyer grâce à une très forte turbulence générée par l'injection de comburant.

Il peut être également possible d'accroître cette turbulence par l'injection de combustible tout en assurant une distribution de ce combustible la plus homogène possible sur la totalité du foyer. Pour ce faire, on agit, comme décrit précédemment, sur les conditions d'injection du combustible et éventuellement du comburant pour obtenir une distribution granulométrique adéquate de façon à avoir des gouttelettes de combustible de petite taille qui se vaporisent au voisinage du point d'injection du combustible et des gouttelettes de plus grosse taille qui diffusent ce combustible sur tout leur parcours le long du foyer

REVENDICATIONS

1) Procédé de combustion dans lequel un combustible et un comburant à forte teneur en oxygène sont injectés dans un foyer (20, 120), notamment d'un générateur thermique (10, 110), ledit foyer comportant au moins un moyen d'injection de combustible (28, 128) et au moins une paroi (22; 122;) sensiblement parallèle à l'axe (XX', ZZ') dudit moyen d'injection, caractérisé en ce qu'il comprend :

- l'injection d'un combustible à partir de l'axe (XX', ZZ') du moyen d'injection de combustible (28, 128) vers la paroi (22, 122);
- l'injection, à une vitesse comprise entre 1 et 300 m/s, d'un comburant à distance dudit axe et rencontrant le combustible au voisinage de ladite paroi de manière à réaliser un mélange qui soit réparti sur la totalité du volume du foyer avant d'entrer en réaction.

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'injection du comburant est réalisée à contre-courant de l'injection du combustible.

3) Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'injection du comburant est réalisée dans un mouvement hélicoïdal ou circulaire autour de l'axe (XX', ZZ') du moyen d'injection de combustible.

4) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'injection du comburant est réalisée sensiblement perpendiculairement à l'axe (XX', ZZ') du moyen d'injection de combustible.

5) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse d'injection du comburant est comprise entre 50 et 150 m/s.

6) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le comburant oxydant est un fluide contenant au moins 90% d'oxygène.

7) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'injection de combustible est réalisée sous la forme d'un cône (38).

8) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de post combustion à la sortie du foyer (20, 120).

9) Générateur thermique comprenant un foyer (20, 120) dans lequel se produit la combustion d'un mélange d'un combustible et d'un comburant oxydant, ledit foyer comportant au moins un moyen d'injection de combustible (28, 128) et au moins une paroi (22, 122) sensiblement parallèle à l'axe (XX', ZZ') dudit moyen d'injection, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un moyen (28, 128) pour injecter le combustible en direction de la paroi (22, 122) et au moins un moyen (30, 130) pour injecter le comburant de façon à ce qu'il rencontre le combustible au voisinage de ladite paroi à une vitesse comprise entre 1 et 300 m/s de manière à ce que ledit carburant et ledit comburant soient répartis sur la totalité du volume du foyer avant d'entrer en réaction.

10) Générateur selon la revendication 9, caractérisé en ce que le moyen d'injection de combustible porte en outre un déflecteur (36).

11) Générateur selon l'une des revendications 9 ou 10 dans lequel le foyer (20) est délimité par une paroi périphérique (22) et deux faces latérales (24, 26), caractérisé en ce que le moyen d'injection de combustible (28) est porté par l'une (24) des faces en étant disposé sensiblement dans l'axe du foyer (20).

12) Générateur selon la revendication 11, caractérisé en ce que le moyen d'injection de comburant est porté par l'autre (26) des faces en étant disposé à distance de l'axe du foyer (20) et à proximité de la paroi (22).

13) Générateur selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'au moins un moyen d'injection de comburant est porté par la paroi périphérique (22).

14) Générateur selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que le moyen d'injection de comburant (30,130) est situé à distance du moyen d'injection de combustible.

15) Générateur selon la revendication 9, caractérisé en ce que le moyen d'injection de combustible (128) est porté par la paroi (122; 142) en étant disposé sensiblement orthogonalement à l'axe (XX') du foyer (120).

16) Générateur selon la revendication 15, caractérisé en ce que le moyen d'injection de comburant (130) est porté par la paroi (122; 144) en étant sensiblement orthogonal à l'axe (ZZ') du moyen d'injection de combustible (128).

17) Générateur selon l'une des revendications 15 ou 16, caractérisé en ce qu'il est prévu une multiplicité de moyens d'injection (128, 130) s'étendant le long de l'axe du foyer.

18) Générateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen d'injection de comburant (30, 130) est incliné de manière à obtenir un mouvement circulaire ou hélicoïdal du comburant autour de l'axe (XX', ZZ') du moyen d'injection de combustible (28, 128).

FIGURE 1

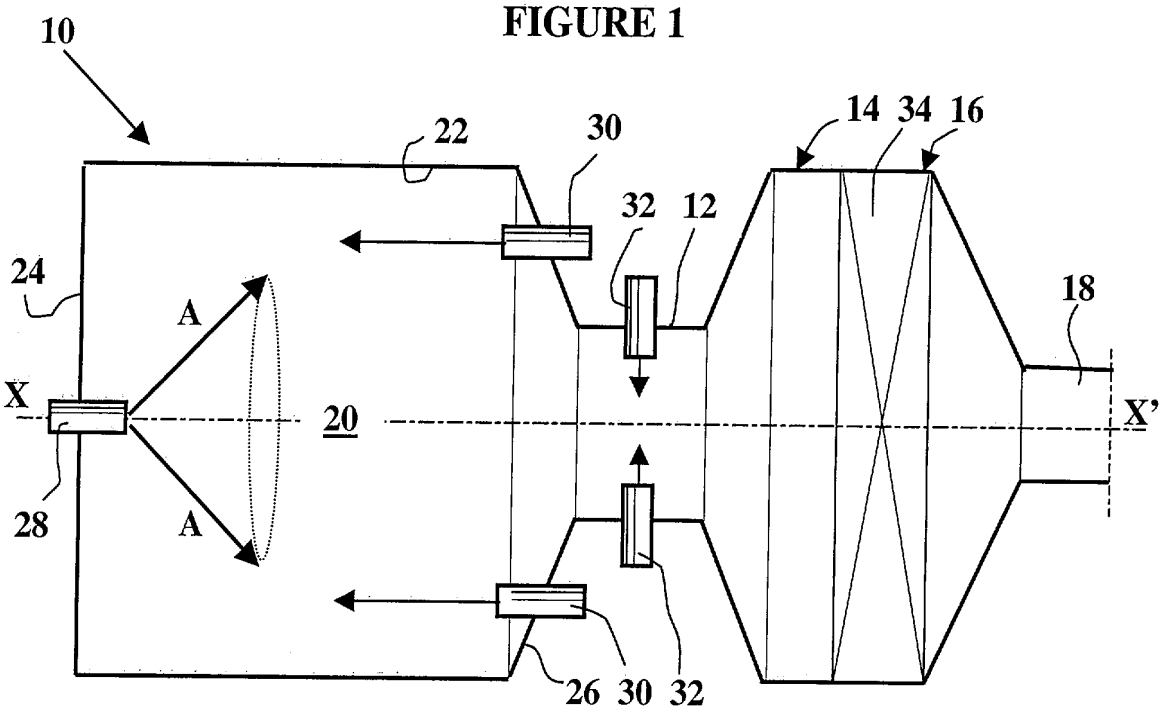


FIGURE 2

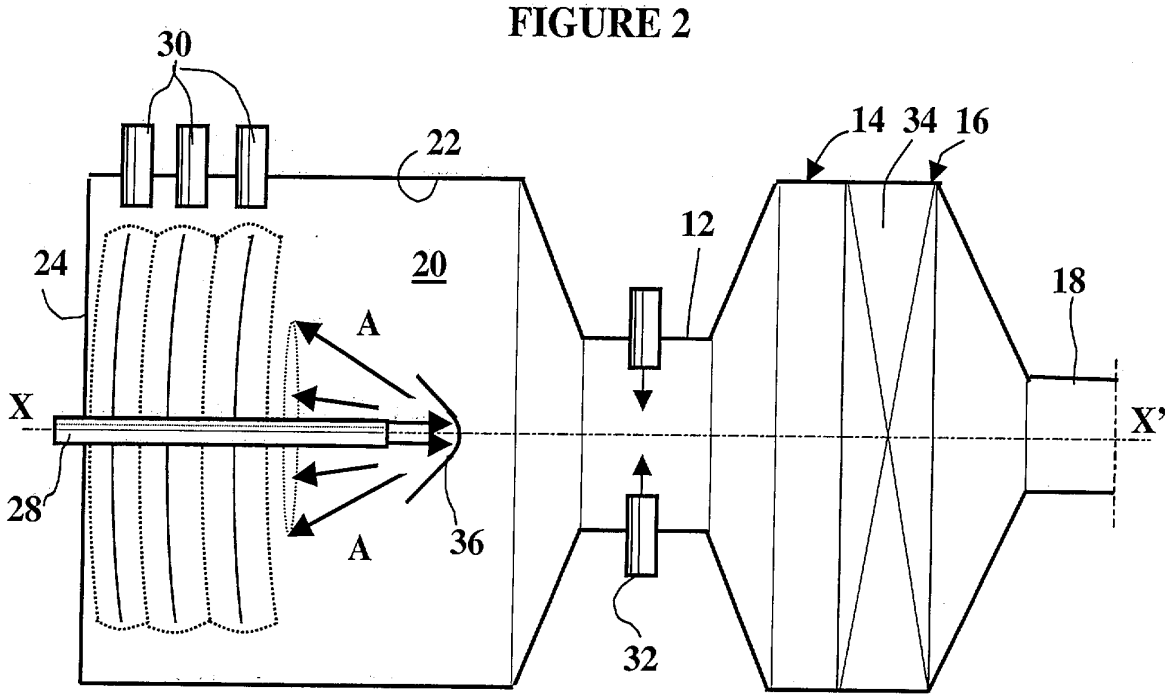


FIGURE 3

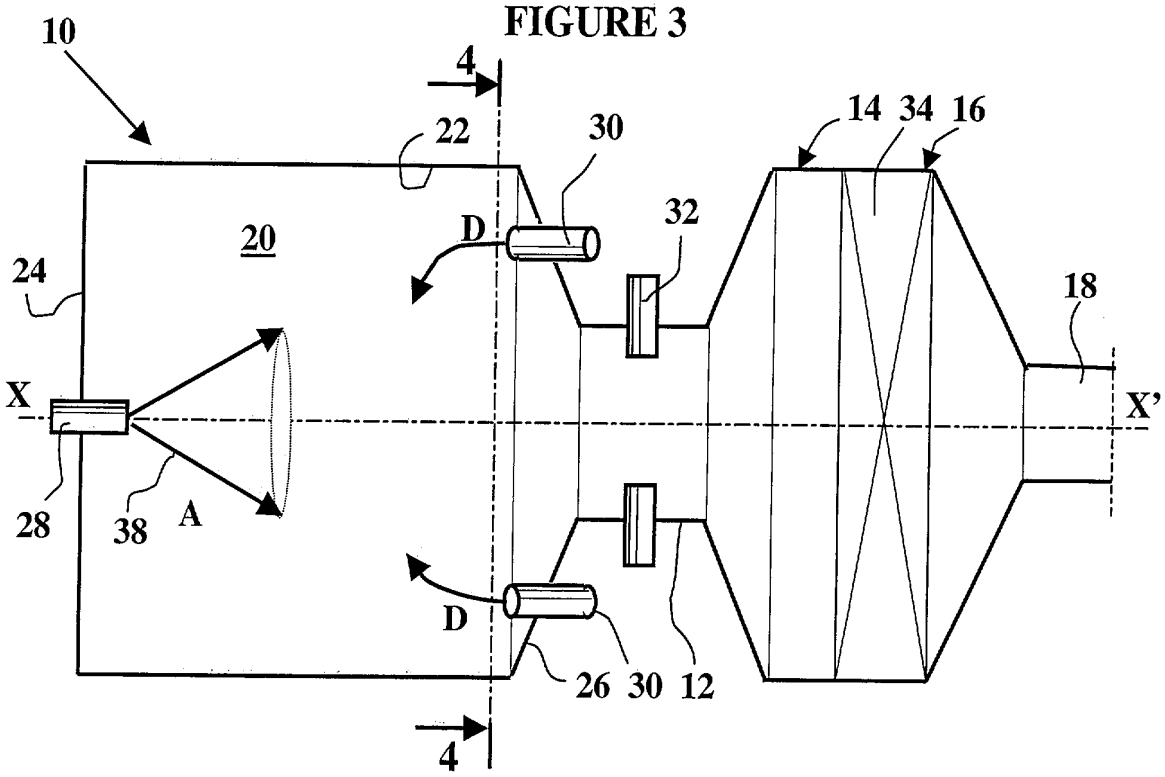


FIGURE 4

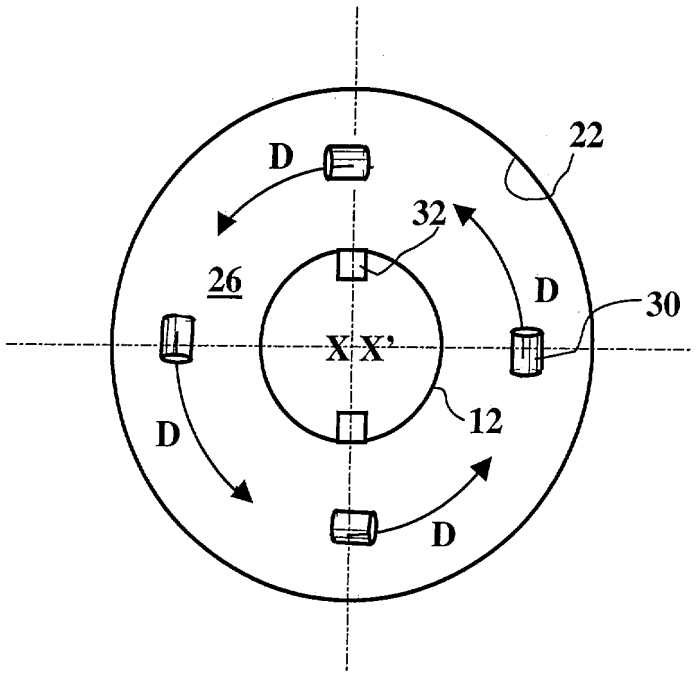


FIGURE 5

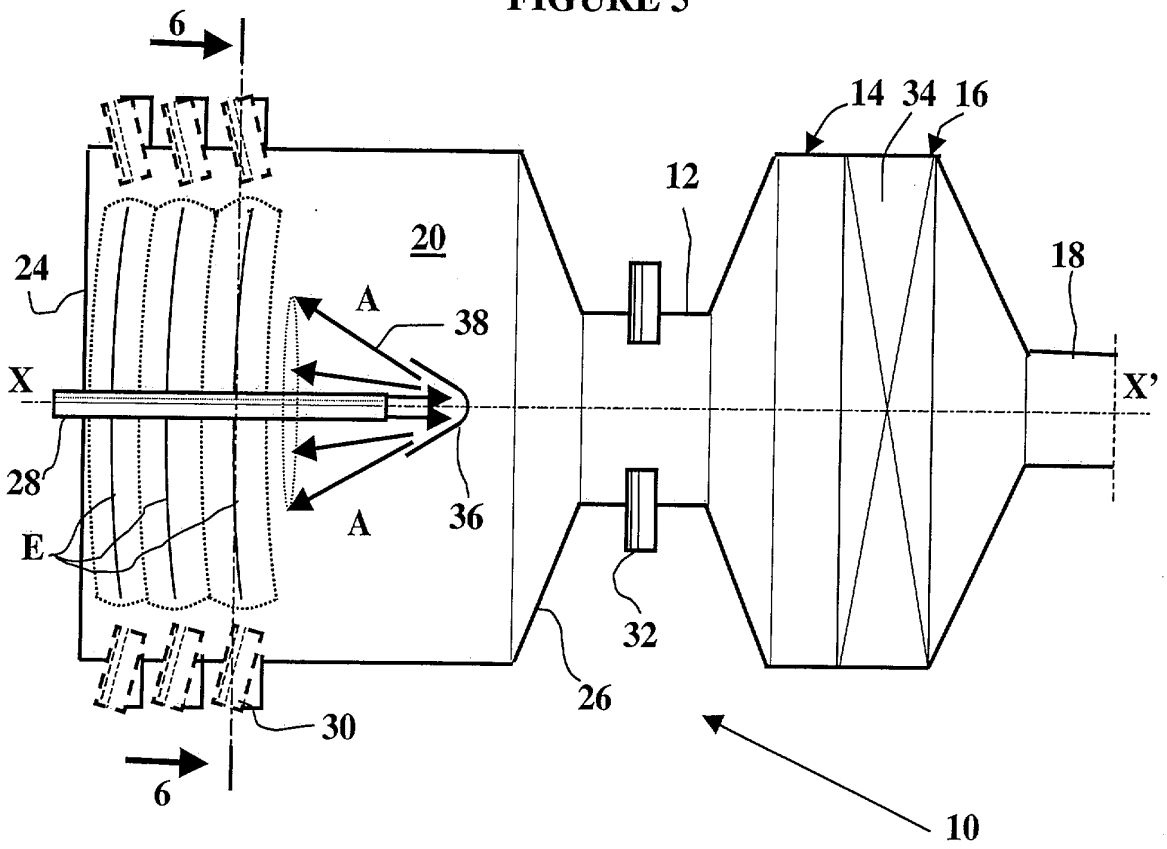


FIGURE 6

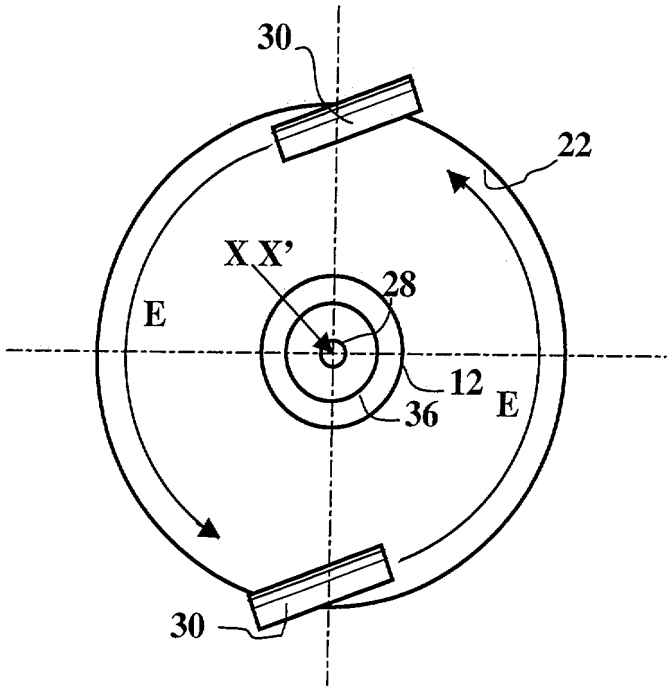
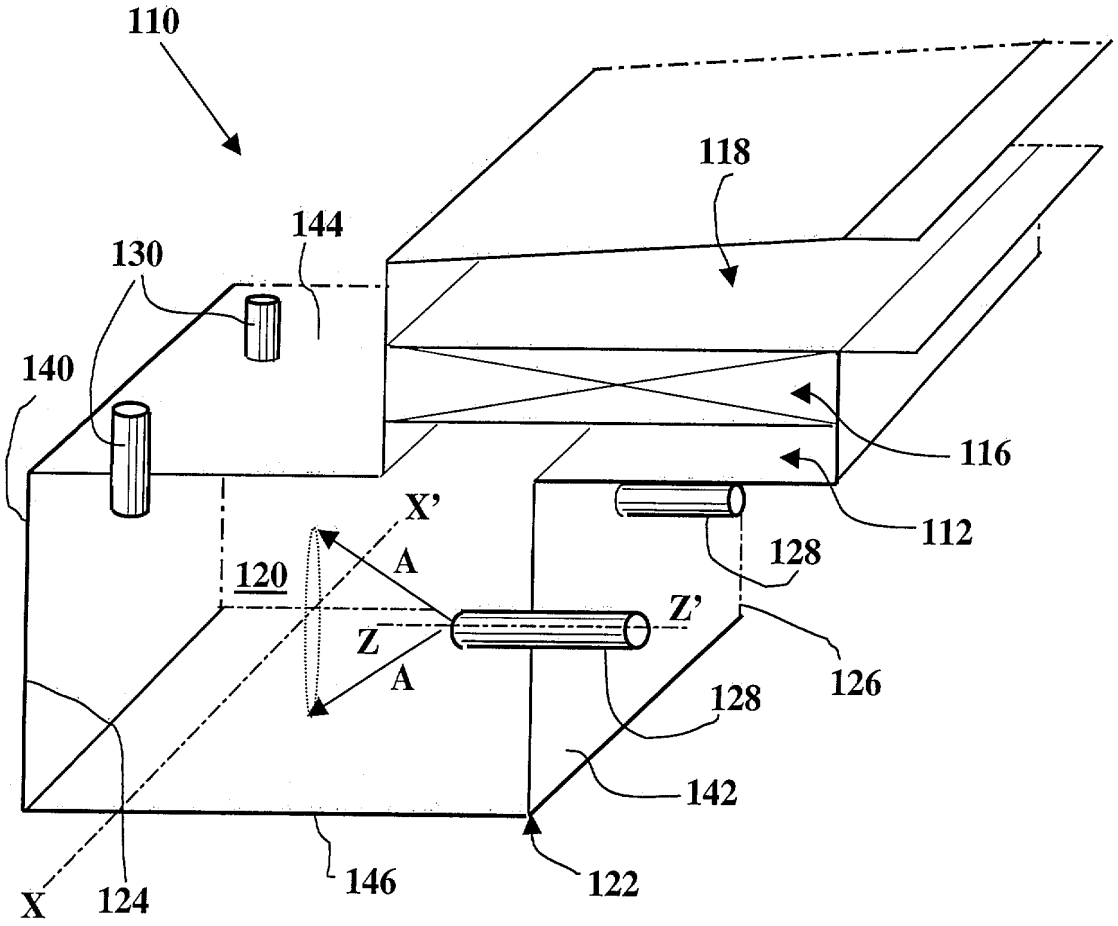


FIGURE 7


110
118
144
130
140
116
112
128
X'
A
120
Z'
Z
A
126
128
142
146
122
X
124

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

2872887

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 652459
FR 0407514

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	DE 12 38 148 B (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 6 avril 1967 (1967-04-06) * colonne 1, ligne 47 - colonne 2, ligne 25 * * colonne 3, ligne 54 - colonne 4, ligne 9 * * figure 2 *	1-11, 13-18	F23C7/02 F23C6/04 F23L7/00
Y	EP 0 844 433 A (L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROC) 27 mai 1998 (1998-05-27) * colonne 1, ligne 56 - colonne 2, ligne 2 * * colonne 9, ligne 21 - ligne 24 *	1-7,9, 11,13, 14,18	
Y	US 5 038 562 A (GOERLICH ET AL) 13 août 1991 (1991-08-13) * colonne 4, ligne 43 - ligne 59 * * colonne 5, ligne 56 - ligne 62; figure 1 *	8,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Y	US 5 123 361 A (NIEH ET AL) 23 juin 1992 (1992-06-23) * colonne 3, ligne 8 - ligne 28; figures 2,4 *	15-17	F23C F23D F23L
A	EP 0 585 100 A (COMBUSTION CONCEPTS INC) 2 mars 1994 (1994-03-02) * figures 3,3a * * colonne 7, ligne 25 - ligne 51 *	1,2,12, 15	
A	DE 100 24 802 A1 (JOH. VAILLANT GMBH U. CO) 30 novembre 2000 (2000-11-30) * colonne 2, ligne 12 - ligne 35 * * colonne 2, ligne 48 - ligne 66; figures 1-3 *	1,3,4,9, 11,13, 14,18	

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
16 février 2005	Mougey, M

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0407514 FA 652459

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 16-02-2005
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
DE 1238148	B	06-04-1967	AUCUN		
EP 0844433	A	27-05-1998	US	5975886 A	02-11-1999
			AU	726896 B2	23-11-2000
			AU	4438497 A	28-05-1998
			BR	9705062 A	18-05-1999
			CA	2221331 A1	25-05-1998
			DE	69709301 D1	31-01-2002
			DE	69709301 T2	08-08-2002
			DK	844433 T3	11-03-2002
			EP	0844433 A2	27-05-1998
			ID	19001 A	28-05-1998
			JP	10238711 A	08-09-1998
			SG	54600 A1	16-11-1998
			US	6074197 A	13-06-2000
			US	6331107 B1	18-12-2001
			ZA	9709959 A	17-08-1998
US 5038562	A	13-08-1991	DE	3828248 A1	22-02-1990
			JP	2104911 A	17-04-1990
US 5123361	A	23-06-1992	AUCUN		
EP 0585100	A	02-03-1994	US	5297729 A	29-03-1994
			CA	2104720 A1	01-03-1994
			CN	1090387 A	03-08-1994
			EP	0585100 A2	02-03-1994
			JP	6201193 A	19-07-1994
DE 10024802	A1	30-11-2000	AT	408267 B	25-10-2001
			AT	91599 A	15-02-2001

EPO FORM P0465