

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété

Intellectuelle

Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
6 novembre 2008 (06.11.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2008/132312 A1

(51) Classification internationale des brevets :  
*C01B 3/38* (2006.01)      *B01J 8/06* (2006.01)

(74) Mandataire : **ELMALEH, Alfred**; IFP, 1-4, avenue Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2008/000292

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Date de dépôt international : 5 mars 2008 (05.03.2008)

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0702412      30 mars 2007 (30.03.2007) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **IFP** [FR/FR]; 1-4 Avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil Malmaison Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

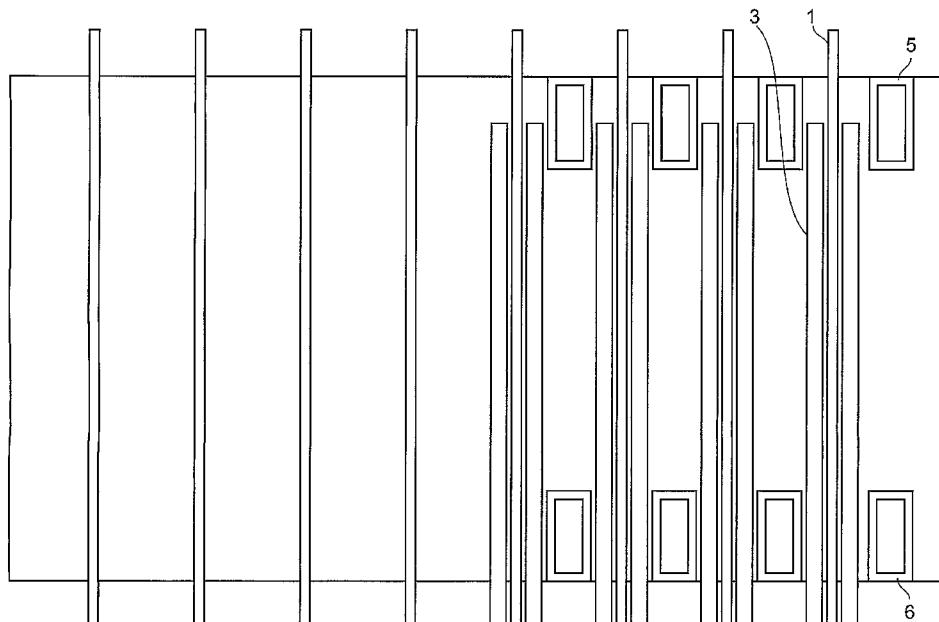
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
**GIROUDIERE, Fabrice** [FR/FR]; 0197 Che du Creux, F-69530 Orléans (FR). **FISCHER, Béatrice** [FR/FR]; 0008 Mte des Génovéfains, F-69005 Lyon (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: NOVEL STEAM REFORMING FURNACE USING POROUS BURNERS

(54) Titre : NOUVEAU FOUR DE VAPOREFORMAGE UTILISANT DES BRULEURS POREUX

Figure 2



(57) Abstract: The invention relates to a steam reforming furnace for the production of hydrogen, using a set of porous burners positioned between the tubes to be heated, enabling the furnace to be made more compact.

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/132312 A1

**Publiée :**

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont requises*

## NOUVEAU FOUR DE VAPOREFORMAGE UTILISANT DES BRÛLEURS POREUX

### DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne le domaine des fours de vaporeformage d'une charge hydrocarbonée en vue de produire du gaz de synthèse. La charge utilisée peut être un hydrocarbure quelconque, de nombre d'atome de carbone variant de 1 à 30, mais est le plus souvent constitué de gaz naturel, ou d'une coupe analogue à une essence légère dite "naphta".

Les fours de vaporeformage sont typiquement constitués d'un ensemble de tubes verticaux de 10 à 15 mètres de longueur, à l'intérieur desquels circule le fluide du procédé, cet ensemble de tubes étant organisé sous forme de plusieurs rangées parallèles.

Les tubes sont chauffés par un ensemble de brûleurs disposés de plusieurs manières possibles.

Dans les fours dit "top fired" ( qu'on peut traduire par fours à chauffage par le sommet), les brûleurs sont placés dans la partie supérieure du four, la flamme résultant des brûleurs étant dirigée de haut en bas.

Dans les fours dits en terrasse, les brûleurs sont disposés sur plusieurs rangées horizontales, sensiblement perpendiculaires au plan des tubes, ces rangées, appelées terrasses, étant étagées le long desdits tubes.

Enfin, il existe aussi des fours dans lesquels les brûleurs sont implantés dans la partie inférieure, dite sole, la flamme résultant des brûleurs étant orientée de bas en haut .

Ces différentes configurations ont en commun d'apporter l'énergie nécessaire aux réactions de vaporéformage sous forme d'un ensemble discret de points de chauffe entourant de façon plus ou moins uniforme les tubes à chauffer.

Dans la présente invention, du fait du type de brûleur utilisé, cet ensemble de points de chauffe est remplacé par une zone de chauffe continue, sensiblement parallèle aux tubes à chauffer, et permet du fait du confinement de la flamme, un rapprochement entre les tubes à chauffer et les brûleurs.

Il en résulte à la fois une plus grande précision dans le flux thermique tout au long des tubes à chauffer, et une plus grande compacité par rapport aux fours de l'art antérieur.

### EXAMEN DES FIGURES

La figure 1 représente en vue de côté un arrangement typique des brûleurs et des tubes à chauffer dans un four de vaporeformage selon l'art antérieur.

On a représenté de façon schématique une flamme placée en partie supérieure du four et se développant verticalement vers le bas.

La figure 2 représente en vue de côté l'arrangement typique des brûleurs et des tubes à chauffer dans un four de vaporeformage selon l'invention.

La figure 3 représente en vue de côté l'arrangement typique des brûleurs et des tubes à chauffer dans un four de vaporeformage selon l'invention, les tubes étant de type baïonnette.

La figure 4 représente un brûleur longiligne poreux utilisé dans la présente invention.

La figure 5 représente un tube baïonnette utilisé comme tube à chauffer et permet de mieux comprendre la circulation des fluides réactionnels.

#### EXAMEN DE L'ART ANTERIEUR

Les fours de reformage à la vapeur, appelés aussi fours de vaporéformage, sont principalement utilisés pour la production d'hydrogène. Ils permettent de convertir un mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau en un mélange d'hydrogène, de gaz carbonique et de monoxyde de carbone.

On trouve une description de tels fours dans de nombreux documents, par exemple dans l'ouvrage "Catalyst Handbook" de Martyn V. Twigg, 2eme édition (1989) qu'on peut traduire par "Manuel de catalyse".

Les fours de vaporeformage comportent des tubes remplis d'un catalyseur à base de nickel (Ni) qui doivent être chauffés suffisamment pour obtenir une température de sortie des réactifs voisine de 900°C.

La pression à l'intérieur des tubes de vaporeformage est généralement comprise entre 10 bars et 30 bars ( 1 bar =  $10^5$  Pascal)

Ces tubes sont chauffés à l'aide de brûleurs, souvent disposés en voûte du four, en sole, ou en terrasse, ce qui donne lieu aux différents types de fours mentionnés précédemment.

La figure 1 représente schématiquement une vue typique d'un four avec brûleurs en voûte selon l'art antérieur. On a représenté l'arrangement des brûleurs notés (2) par rapport aux tubes à chauffer, notés (1). L'espacement entre deux rangées de tubes est voisin de 2 m, et l'espacement entre deux tubes d'une même rangée est habituellement de 200 mm à 400 mm, en fonction du diamètre des tubes.

Le diamètre des tubes est généralement compris entre 70 mm et 150 mm, leur longueur étant généralement comprise entre 7 mètres et 15 mètres, la fraction du tube remplie de catalyseur ayant le plus souvent une longueur d'environ 10 m.

Sur la figure 1, on a représenté également la flamme sortant des brûleurs (2) placés en voûte. Ladite flamme ne doit pas toucher les tubes adjacents (1) pour éviter le fluage de ces tubes, ce qui explique l'espacement important entre les rangées de tubes.

Actuellement, du fait de cette contrainte d'espacement, le nombre de tubes par four de vaporeformage est limité aux environs de 1000, ce qui entraîne une limitation de capacité, pour une unité de production d'hydrogène, à une valeur maximale d'environ 100 000 Nm<sup>3</sup>/heure d'H<sub>2</sub> produit.

L'hydrogène (H<sub>2</sub>) n'est pas directement produit en sortie du four de vaporeformage.

En effet, l'effluent du four est un mélange de CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O qui, dans une première unité dite de conversion du CO, est transformé par la réaction de conversion du CO en CO<sub>2</sub> à basse température en vue de maximiser la proportion d'H<sub>2</sub> dans le mélange.

Puis, dans une seconde unité, on élimine le CO<sub>2</sub> et l'H<sub>2</sub>O pour aboutir à de l'hydrogène à un niveau de pureté généralement voisin de 95% , qu'on peut améliorer si besoin par une unité de séparation sur membrane du CO<sub>2</sub> restant, qui permet de récupérer l'hydrogène à un niveau de pureté supérieur à 98%.

Toute la chaîne de production d'hydrogène en aval du four de vaporeformage ne fait pas partie de la présente invention qui concerne uniquement le four. Néanmoins, on caractérise souvent la puissance du four par sa capacité de production en hydrogène.

On notera enfin dans la structure d'un four de vaporeformage selon l'art antérieur la présence de carneaux permettant d'évacuer les fumées de combustion (6) par la partie inférieure du four, l'air étant généralement introduit en mélange avec le combustible, directement au niveau des brûleurs.

#### DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un four de vaporeformage d'une coupe hydrocarbonée ayant généralement de 1 à 30 atomes de carbone en vue de la production d'hydrogène, ledit four comportant un ensemble de tubes verticaux en partie remplis de catalyseur à base de nickel.

Les tubes du four de vaporeformage selon l'invention sont répartis sous forme de rangées parallèles, la chaleur nécessaire à la réaction de vaporeformage étant apportée aux tubes

de catalyseur par combustion à l'aide de brûleurs poreux longilignes disposés sous forme de rangées s'intercalant entre les rangées de tubes à chauffer.

La distance entre deux rangée de tubes entre lesquelles est intercalée une rangée de brûleurs est généralement comprise entre 600 mm et 1200 mm, et préférentiellement comprise entre 650 mm et 1000 mm.

La distance entre une rangée de brûleurs et la rangée de tubes la plus proche est donc comprise entre 300mm et 600 mm, préférentiellement entre 300 mm et 500 mm .

La distance centre à centre entre deux tubes consécutifs appartenant à une même rangée est généralement comprise entre 250 mm et 400 mm, et préférentiellement comprise entre 300 mm et 400 mm.

L'air de combustion est le plus souvent apporté par des carreaux situés en haut du four, et les fumées de combustion sont collectées par des carreaux situés en bas du four.

Dans une autre variante, l'air de combustion est apporté par des carreaux situés en bas du four, et les fumées de combustion sont collectées par des carreaux situés en haut du four.

Le combustible utilisé dans le four selon l'invention peut être de nature quelconque. Le plus souvent, il s'agira d'un combustible issu de la purge des unités de la raffinerie, ou de gaz naturel, ou d'un mélange quelconque de divers combustibles disponibles sur le site où est installé le four de vaporeformage.

Les brûleurs utilisés dans le four de vaporeformage selon l'invention sont des brûleurs longilignes poreux, constitués d'un distributeur central longiligne de forme généralement cylindrique, entouré d'un élément annulaire poreux. La distance entre la paroi externe du distributeur et l'élément poreux annulaire est généralement comprise entre 0,5 cm et 10 cm.

L'élément poreux a une porosité généralement inférieure à 50 %, et préférentiellement inférieure à 20 %.

Les tubes à chauffer peuvent être de simples tubes verticaux s'étendant sur toute la hauteur du four ou, dans une variante préférée, être des tubes de type baïonnette, suspendus à la paroi supérieure du four.

Le système de suspension des tubes peut être de tout type connu de l'homme du métier, l'invention n'étant liée à aucun système particulier de suspension.

Pour un four de capacité de production d'hydrogène situé dans la gamme de 50 000 m<sup>3</sup>/heure à 150 000 m<sup>3</sup>/heure, la longueur des tubes à chauffer est généralement comprise entre 7 mètres et 15 mètres, et préférentiellement comprise entre 10 mètres et 14 mètres.

L'invention peut également se définir comme un procédé de vaporeformage de gaz naturel ou de naphta mettant en oeuvre le four selon l'invention.

Dans certains cas le combustible utilisé pourra contenir de l'hydrogène, dans une proportion pouvant aller de 5% à 100% molaire. Dans un cas particulier, le combustible utilisé pourra être uniquement constitué d'hydrogène, cet hydrogène pouvant en partie provenir des effluents du four de vaporeformage.

L'air de combustion est généralement amené dans le four en étant préchauffé à une température de l'ordre de 600°C, et préférentiellement supérieure à 700°C.

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

La présente invention concerne une évolution des fours de vaporeformage consécutive à l'utilisation d'un type de brûleur, dit brûleur poreux, qui permet de générer une flamme confinée au voisinage immédiat d'un élément poreux faisant partie intégrante du brûleur. Cette flamme, quelque fois appelé flamme plate, permet à la fois un meilleur contrôle du profil de température le long des tubes à chauffer, et un gain très important de compacité de l'ensemble du four. Les tubes à chauffer sont au moins en partie remplis d'un catalyseur à base de nickel ayant la forme de cylindres d'environ 16 mm de diamètre et de 10 mm de hauteur. A l'intérieur des tubes circulent les fluides réactionnels. La réaction de vaporeformage d'une coupe pétrolière étant fortement endothermique, ces tubes doivent être chauffés pour recevoir la chaleur nécessaire à la réaction.

La présente invention concerne plus précisément l'utilisation d'un brûleur longiligne poreux permettant d'assurer le chauffage d'un ensemble de tubes, et un arrangement entre tubes et brûleurs permettant d'obtenir un four de vaporéformage catalytique beaucoup plus compact que ceux de l'art antérieur.

La figure 2 selon l'invention, permet de visualiser l'arrangement des brûleurs poreux (3), par rapport aux tubes à chauffer (1) qui, dans le cas de la figure 2, sont de simples tubes s'étendant verticalement de haut en bas du four.

Sur la figure 3, on représente l'arrangement d'un four selon l'invention utilisant des tubes baïonnettes (4) et des brûleurs poreux (3). Dans la configuration représentée sur la figure 3, les tubes ne vont pas jusqu'à la sole du four, mais s'arrêtent au dessus des carreaux d'évacuation des fumées (6), tandis que les brûleurs (3) s'arrêtent en dessous des carreaux d'arrivée d'air (5).

Cet arrangement est beaucoup plus compact que l'arrangement avec des tubes simples, les rangées de tubes pouvant alors être espacées d'un mètre ou moins, (contre 2 mètres ou plus selon l'art antérieur), ce qui double approximativement la capacité d'une unité de production d'hydrogène par vaporeformage par rapport à l'art antérieur.

La figure 4 permet de visualiser les éléments principaux d'un brûleur longiligne poreux (3). On trouvera une description complète de ce type de brûleur longiligne poreux dans la demande de brevet déposée sous le numéro 06/10.999.

Les brûleurs longilignes poreux (3) sont alimentés en combustible (noté (H) sur la figure 4), au moyen d'un distributeur central (17), lui même sensiblement vertical, et qui est entouré d'un élément poreux (18) de forme annulaire, d'épaisseur comprise entre 0,5 cm et 5 cm.

Dans ce brûleur poreux, la distance entre le distributeur et l'élément poreux (zone (19) sur la figure (4)) a une valeur comprise entre 0,5 cm et 10 cm.

L'élément poreux (18) a une porosité inférieure à 50 %, et préférentiellement inférieure à 30%, la porosité étant définie comme le volume vide rapporté au volume apparent dudit élément poreux.

Le combustible (H) est distribué sur toute la longueur du distributeur central (17), éventuellement au moyen d'un ensemble d'orifices (20) de diamètre variable selon leur position le long du distributeur, et brûle en contact avec l'air de combustion à la surface où à l'intérieur même de l'élément poreux (18).

Les brûleurs poreux (3) utilisés dans la présente invention ont un distributeur central (17) qui peut posséder un unique tronçon avec un seul diamètre d'orifice, ou être divisé en au moins deux tronçons, chaque tronçon ayant des orifices (20) de même diamètre, et les différents tronçons ayant des orifices d'un diamètre différent.

Par exemple, le distributeur central (17) peut être divisé en au moins deux tronçons, chaque tronçon ayant des orifices (20) de diamètre croissant avec la distance axiale le long du distributeur dans le sens d'écoulement du combustible.

A titre d'exemple nullement limitatif des différents modes de réalisation du distributeur des brûleurs poreux (3), le distributeur central (17) peut être divisé en au moins deux tronçons, chaque tronçon ayant des orifices (20) de diamètre croissant selon une loi de type exponentiel dans le sens de l'écoulement du combustible. Cette disposition permet de réaliser tout au long du brûleur poreux (3) un flux thermique approximativement constant, ce qui ne serait pas le cas avec un unique diamètre d'orifice, en raison de la perte de charge le long du distributeur qui aboutirait nécessairement à un débit de combustible plus faible sur les orifices les plus éloignés de l'extrémité d'introduction du combustible dans ledit distributeur. Cet aspect est d'autant plus important dans le cadre de la présente invention, que les brûleurs poreux (3) peuvent généralement avoir des longueurs de 10 m ou plus, et pouvant aller jusqu'à 15 mètres.

La flamme résultant de la combustion reste confinée au voisinage immédiat de l'élément cylindrique poreux (18), de sorte qu'une distance faible, de l'ordre de 500 mm, et de préférence de l'ordre de 400 mm, suffit entre le brûleur (3) et les tubes de catalyseur (4) pour éviter tout risque de points chauds.

Le comburant, généralement de l'air de combustion, est amené séparément par les carreaux (5), sans aucun pré mélange avec le combustible, et les fumées sont récupérées par les carreaux (6).

Dans la variante préférée de l'invention selon la figure 3, on utilise au lieu des tubes simples, des tubes dits à baïonnette (4), tels que présentés sur la figure 5.

Ces tubes baïonnettes (4) comportent un tube central (26) plongé au sein d'une enveloppe extérieure (25) et possédant une extrémité (28) qui permet l'évacuation vers l'extérieur du réacteur des effluents de la réaction. L'enveloppe extérieure (25) comporte une extrémité (29) par laquelle est effectuée l'introduction des fluides réactifs dans la zone annulaire (27) entourant le tube central (26).

La zone annulaire (27) est remplie, au moins en partie, d'un catalyseur de vaporeformage, généralement sous forme de petits cylindres ou d'anneaux de diamètre environ 16 mm et de hauteur voisine de 11 mm.

La partie inférieure de la zone annulaire peut être remplie de billes d'un diamètre supérieur à celui des cylindres du catalyseur de manière à limiter la perte de charge correspondant au changement de direction des fluides réactionnels.

Les fluides réactifs traversent la zone annulaire catalytique (27), puis après un retournement d'environ 180°, passent à l'intérieur du tube central (26) et sont évacués vers l'extérieur du four par l'extrémités (28) dudit tube central pour être collectés dans un collecteur ou tout autre système équivalent généralement situé à l'extérieur du four proprement dit.

Du fait de la configuration en baïonnette, une partie de la chaleur de l'effluent circulant dans le tube central (26) est récupérée pour chauffer la charge circulant dans la zone annulaire (27). L'efficacité du transfert de chaleur se trouvant amélioré, la puissance du four pour un débit de charge donné, est de ce fait réduite.

#### EXEMPLE ( selon l'invention)

On effectue le vaporeformage de gaz naturel dans un four de vaporeformage utilisant des tubes baïonnette tel que celui représenté sur la figure 3.

Le gaz combustible est un mélange de gaz issu de la purge d'une unité PSA (unité d'adsorption /désorption par variation de pression) et de gaz naturel.

Le gaz issu de l'unité PSA a la composition molaire suivante:

H2: 26%

CO2: 49%

CH4: 17%

CO : 8 % (avec traces d'azote et d'eau),

En mélange avec du gaz naturel, on obtient un gaz combustible de composition suivante:

H2: 25%,

CO2: 48%

CH4: 18%

CO: 9%

Le four de vaporeformage permet de produire 16000 kilomoles d'hydrogène par heure, soit 32 tonnes/heure, ce qui nécessite de fournir environ 40 MW ( abréviation de megawatts, soit  $10^6$  watts) de chaleur à transférer vers les tubes.

Avec un excès d'air de 25%, la consommation de combustible est de 950 kilomole/heure de gaz combustible, et nécessite 3115 kilomoles/ heure d'air préchauffé à 700°C.

Les fumées sont produites à raison de 3911 kilomoles/h, soit 400 000 m<sup>3</sup>/heure aux conditions de température et de pression du four.

Les fumées sortent du four à 975°C. La pression des fumées est de 1,2 bars absolus ( 1 bar = 10<sup>5</sup> Pascal).

Une partie de l'énergie des fumées sert à la préchauffe de l'air de combustion.

Chaque carreau d'évacuation des fumées a une largeur intérieure de 350 mm, et une hauteur intérieure de 1000 mm, ce qui correspond à une surface de passage de 0,35 m<sup>2</sup>.

Chaque carreau reçoit un débit de fumées de 10 000 m<sup>3</sup>/heure.

La vitesse de passage des fumées dans le carreau est de 8 m/s.

Le four de vaporeformage selon l'invention comporte 1720 tubes verticaux de type baïonnette dont la partie annulaire est remplie de catalyseur à base de Nickel.

Les particules de catalyseur ont la forme de petits cylindres de diamètre 16 mm et de hauteur 11 mm.

Chaque tube baïonnette est constitué d'une enveloppe externe de 12 m de longueur, de 190 mm de diamètre extérieur, et de 135 mm de diamètre intérieur.

Le tube central situé à l'intérieur de l'enveloppe externe d'un tube baïonnette a un diamètre de 35mm.

Les tubes baïonnette sont répartis sur 40 rangées, chaque rangée comportant 43 tubes.

Les rangées de tubes sont espacées de 750 mm, ce qui entraîne une longueur intérieure du four de 30 m.

Sur une rangée donnée, l'espacement des tubes mesurée par leur distance centre à centre est de 350 mm.

Les brûleurs poreux sont au nombre de 1677, répartis en 39 rangées s'intercalant entre les rangées de tubes. Chaque rangée contient 43 brûleurs.

Entre chaque rangée de tubes est intercalée une rangée de brûleurs poreux, de longueur 10 mètres, et séparé d'une distance centre à centre de 350 mm.

Le diamètre extérieur d'un brûleur poreux est de 100 mm.

Le diamètre du distributeur perforé central est de 20 mm.

L'espacement entre le distributeur et le poreux (zone notée (19) sur la figure 4) est de 10 mm.

L'épaisseur de l'élément poreux (18) est de 30 mm.

La porosité de l'élément poreux (18) est de 0,1.

Les dimensions intérieures du four selon l'invention sont donc:

largeur: 15m

longueur: 30m

hauteur: 14 m

A titre de comparaison, un four selon l'art antérieur de la même taille que le four selon le présent exemple, ne permettrait de produire que 12 tonne/h d'hydrogène au lieu de 32 tonnes/h.

Le gain en compacité du four de vaporeformage selon la présente invention est donc remarquable.

## REVENDICATIONS

1. Four de vaporeformage d'une coupe hydrocarbonée ayant de 1 à 30 atomes de carbone en vue de la production d'hydrogène, comportant un ensemble de tubes verticaux de type baionnette suspendus à la paroi supérieure dudit four, en partie remplis de catalyseur à base de nickel, les dits tubes étant répartis sous forme de rangées parallèles, la chaleur nécessaire à la réaction de vaporeformage étant apportée aux tubes de catalyseur par combustion à l'aide de brûleurs poreux longilignes disposés sous forme de rangées s'intercalant entre les rangées de tubes à chauffer, la distance entre deux rangée de tubes entre lesquelles est intercalée une rangée de brûleurs longilignes poreux, étant comprise entre 600 et 1200 mm, préférentiellement comprise entre 650mm et 1000 mm, et la distance entre une rangée de tubes et la rangée de brûleurs longilignes poreux la plus proche étant comprise entre 300mm et 600 mm, et préférentiellement comprise entre 300 et 500 mm.
2. Four de vaporeformage suivant la revendication 1, dans lequel l'air de combustion est apporté par des carreaux situés en haut du four, et les fumées de combustion sont collectées par des carreaux situés en bas du four.
3. Four de vaporeformage suivant la revendication 1, dans lequel l'air de combustion est apporté par des carreaux situés en bas du four, et les fumées de combustion sont collectées par des carreaux situés en haut du four.
4. Four de vaporeformage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les brûleurs longilignes poreux ont une distance entre la paroi externe du distributeur et l'élément poreux comprise entre 0,5 cm et 10 cm.
5. Four de vaporeformage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les brûleurs longilignes poreux ont un élément poreux de porosité inférieure à 50 %, et préférentiellement inférieure à 20 %.
6. Four de vaporeformage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la longueur des tubes à chauffer est comprise entre 7 et 15 mètres, et préférentiellement comprise entre 10 et 14 mètres.

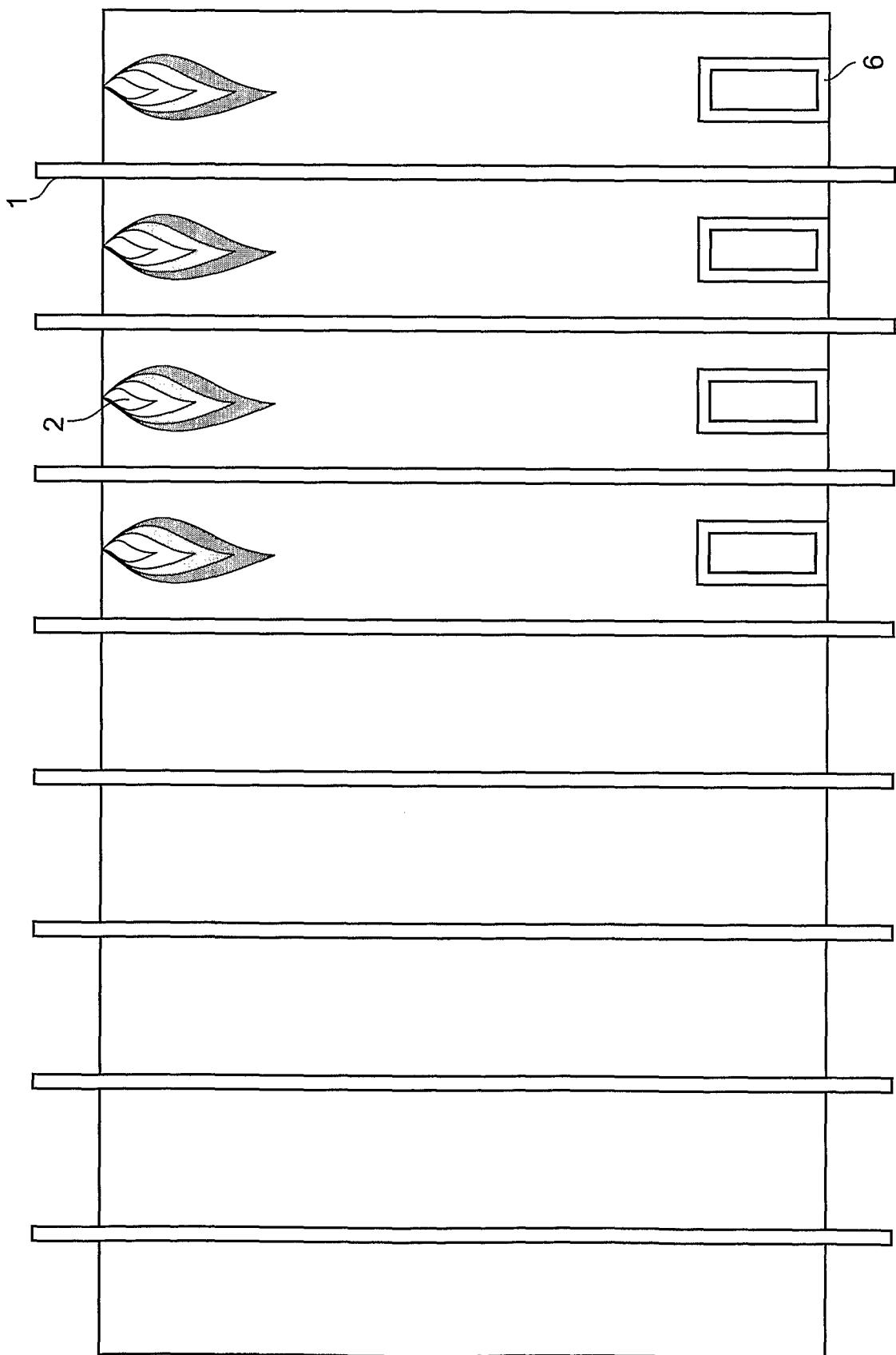
7. Four de vaporeformage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la distance centre à centre entre deux tubes consécutifs appartenant à une même rangée est comprise entre 250 et 400 mm, et préférentiellement comprise entre 300 mm et 400 mm.

8. Four de vaporeformage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le distributeur central (17) des brûleurs poreux (3) est divisé en au moins deux tronçons, chaque tronçon ayant des orifices (20) de diamètre croissant avec la distance axiale le long dudit distributeur dans le sens d'écoulement du combustible.

9. Procédé de vaporeformage de gaz naturel ou de naphta mettant en oeuvre le four selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le combustible utilisé pour alimenter les brûleurs longilignes poreux contient de l'hydrogène dans une proportion comprise entre 5% et 100% molaire.

10. Procédé de vaporeformage de gaz naturel ou de naphta suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel l'air de combustion est amené dans le four en étant préchauffé à une température supérieure à 600°C, et préférentiellement supérieure à 700°C.

Figure 1



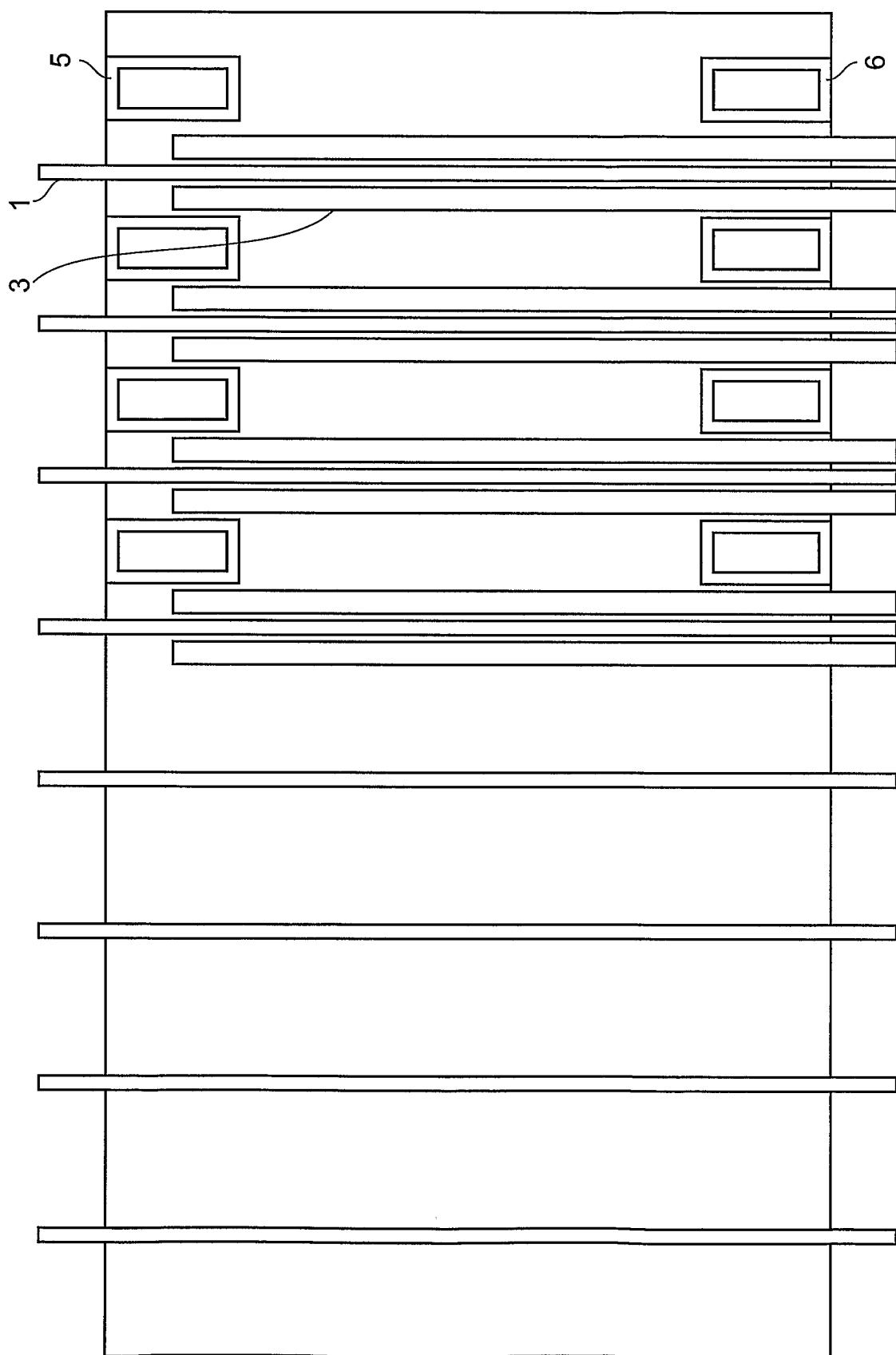
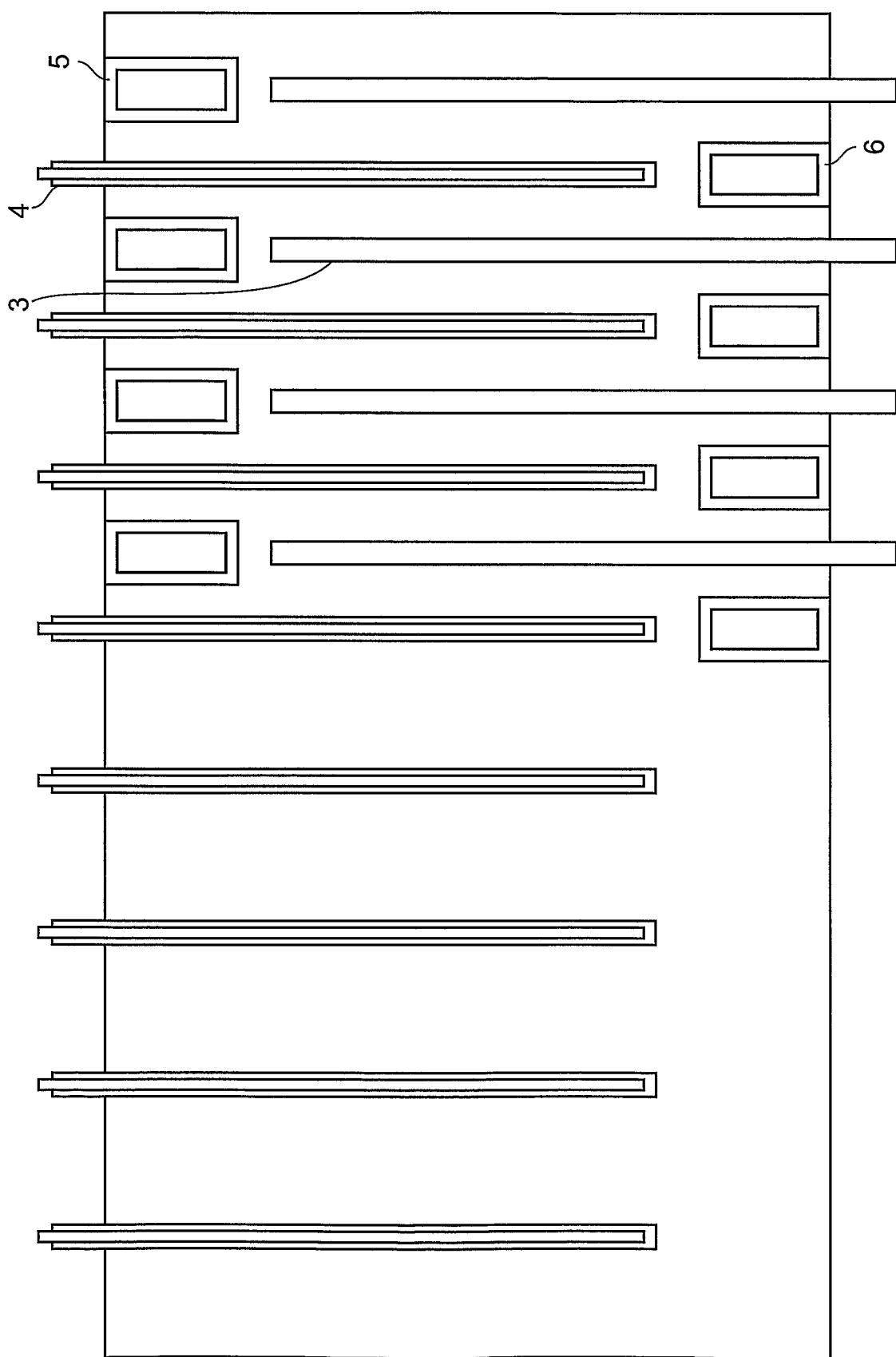
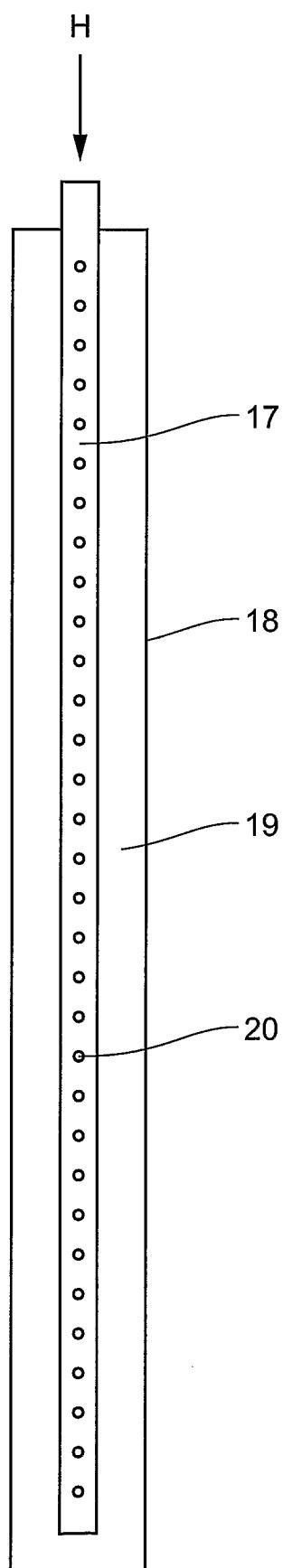


Figure 2

Figure 3

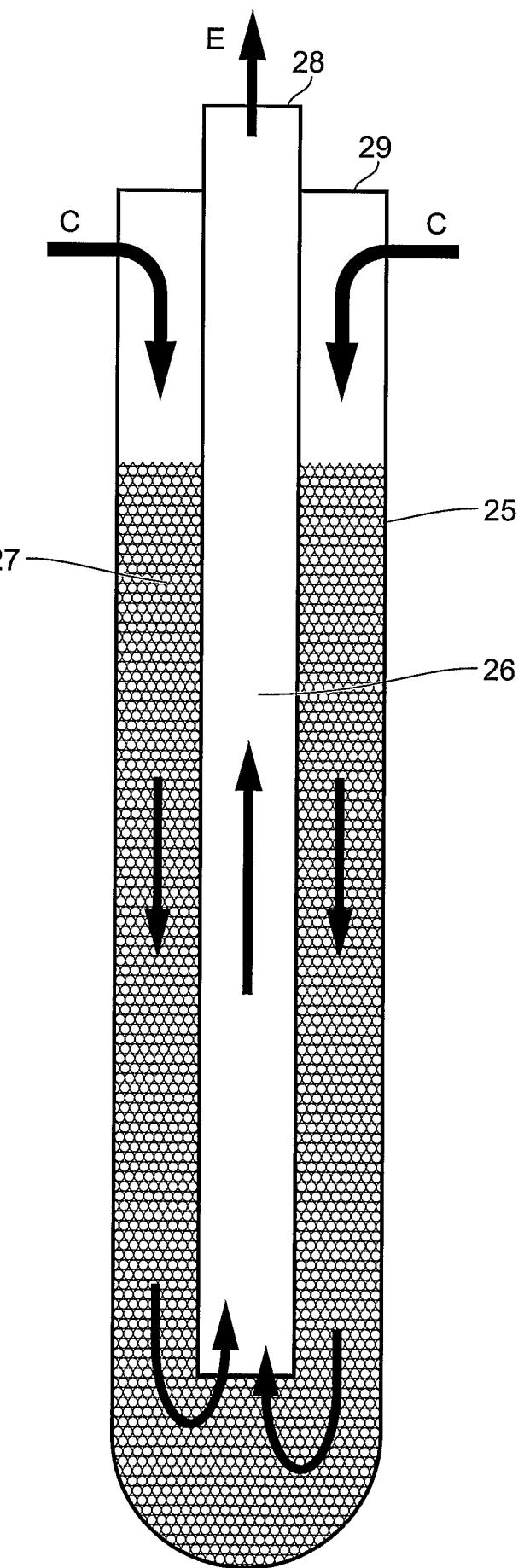


4 / 5  
Figure 4



5 / 5

Figure 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2008/000292

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. C01B3/38 B01J8/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C01B B01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, API Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 199 21 420 A1 (KRUPP UHDE GMBH [DE]) 16 November 2000 (2000-11-16) the whole document -----	1-10
A	WO 2006/119812 A (UHDE GMBH [DE]; HEDERER HARTMUT [DE]; JOHANNING JOACHIM [DE]; GORVAL E) 16 November 2006 (2006-11-16) claims -----	1,9,10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 octobre 2008

Date of mailing of the international search report

15/10/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van der Poel, Wim

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2008/000292

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19921420	A1 16-11-2000	NONE	
WO 2006119812	A 16-11-2006	CN 101184688 A DE 102005021500 A1 EP 1879832 A1	21-05-2008 16-11-2006 23-01-2008

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2008/000292

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. C01B3/38 B01J8/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

C01B B01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, API Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 199 21 420 A1 (KRUPP UHDE GMBH [DE]) 16 novembre 2000 (2000-11-16) Le document en entier	1-10
A	WO 2006/119812 A (UHDE GMBH [DE]; HEDERER HARTMUT [DE]; JOHANNING JOACHIM [DE]; GORVAL E) 16 novembre 2006 (2006-11-16) revendications	1, 9, 10

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 octobre 2008

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/10/2008

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Van der Poel, Wim

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2008/000292

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19921420	A1	16-11-2000	AUCUN
WO 2006119812	A	16-11-2006	CN 101184688 A 21-05-2008 DE 102005021500 A1 16-11-2006 EP 1879832 A1 23-01-2008