



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2002/11/20
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2003/05/30
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2010/12/21
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2004/05/21
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2002/003971
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2003/043718
 (30) Priorité/Priority: 2001/11/22 (FR01/15117)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B01D 53/053* (2006.01),
C01B 3/50 (2006.01), *C01B 3/56* (2006.01),
C01B 3/58 (2006.01)

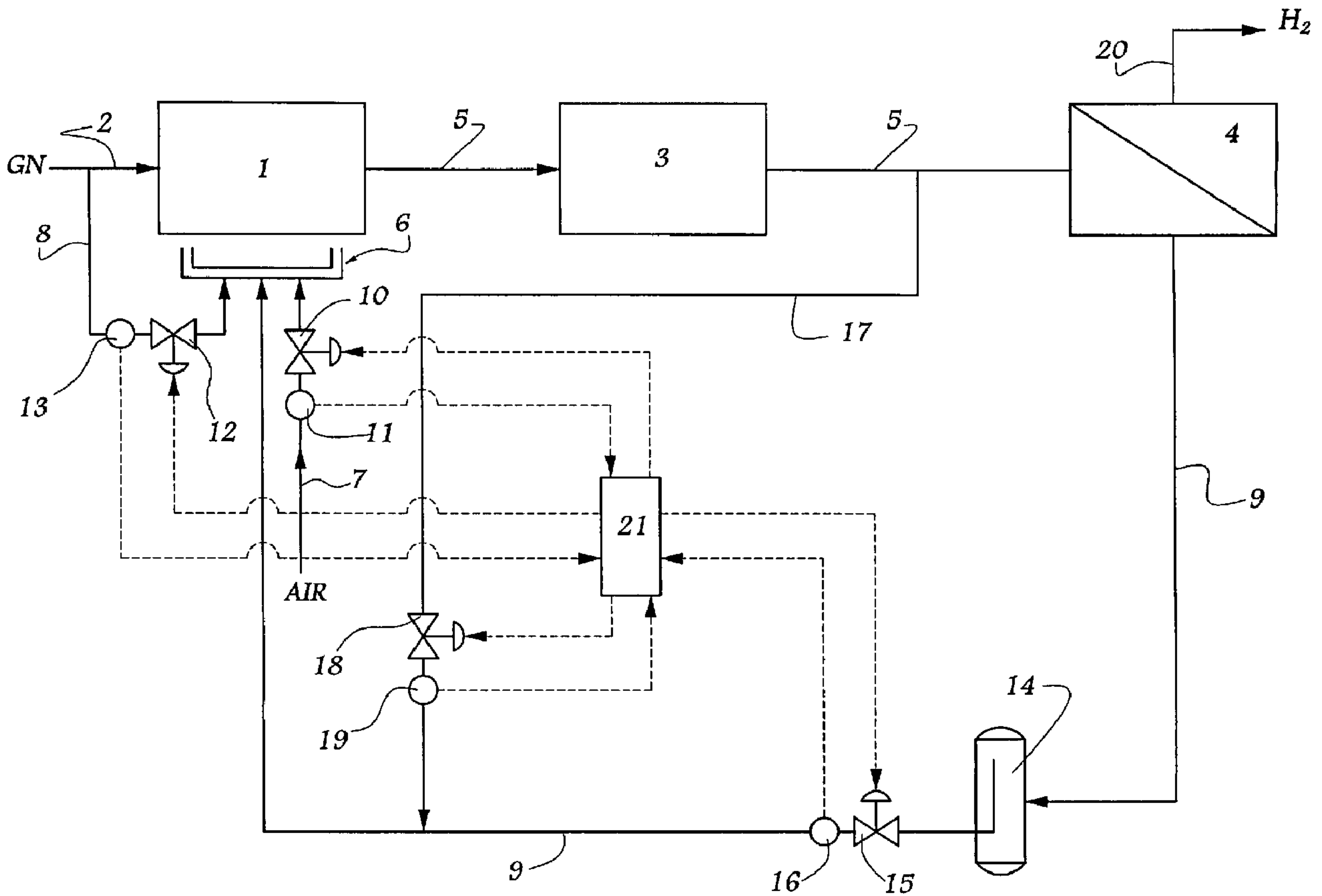
(72) Inventeurs/Inventors:
 ENGLER, YVES, FR;
 MICHALIK, EDIE, FR;
 COBBAUT, JAN, BE;
 GONFALONE, OLIVIER, NL;
 SIMONS, DIRCK, BE

(73) Propriétaire/Owner:
 L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE
 ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
 CLAUDE, FR

(74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

(54) Titre : INSTALLATION DE PRODUCTION D'HYDROGENE ET PROCEDES POUR LA MISE EN OEUVRE DE
 CETTE INSTALLATION

(54) Title: INSTALLATION FOR HYDROGEN PRODUCTION AND METHODS FOR USING SAME



(57) Abrégé/Abstract:

Cette installation comporte : une unité de purification (4;104) destinée à purifier un gaz de synthèse riche en hydrogène et à produire de l'hydrogène et un gaz résiduaire, une première canalisation (5;105) pour l'acheminement du gaz de synthèse l'unité de

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

purification (4;104), une deuxième canalisation (9;109) pour l'acheminement du gaz résiduaire depuis l'unité de purification (4;104) jusqu'à des brûleurs (6;106), et une capacité-tampon (14) disposée sur la deuxième canalisation, une troisième canalisation (17) munie d'une première vanne (18), et reliant la première canalisation (5) à la deuxième canalisation (9).

(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
30 mai 2003 (30.05.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/043718 A3(51) Classification internationale des brevets⁷ :**B01D 53/053**CLAUDE [FR/FR]; 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris
Cedex 07 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR02/03971

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **ENGLER, Yves** [FR/FR]; 3ter, rue M. Hardouin, F-78400 Chatou (FR). **MICHALIK, Edie** [FR/FR]; 9, rue de la Prairie, F-94440 Santeny (FR). **COBBAUT, Jan** [BE/BE]; Hageveldstraat 20A, B-9470 Denderleeuw (BE). **GONFALONE, Olivier** [FR/NL]; Maziestraat 20, B-2514 Gt La Haye (NL). **SIMONS, Dirck** [BE/BE]; De Bergen 97, B-2240 Zandhoven (BE).

(22) Date de dépôt international :

20 novembre 2002 (20.11.2002)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

01/15117 22 novembre 2001 (22.11.2001) FR

(74) Mandataires : **CONAN, Philippe** etc.; L'air liquide SA, 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE ET CONSEIL DE SURVEILLANCE POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES**

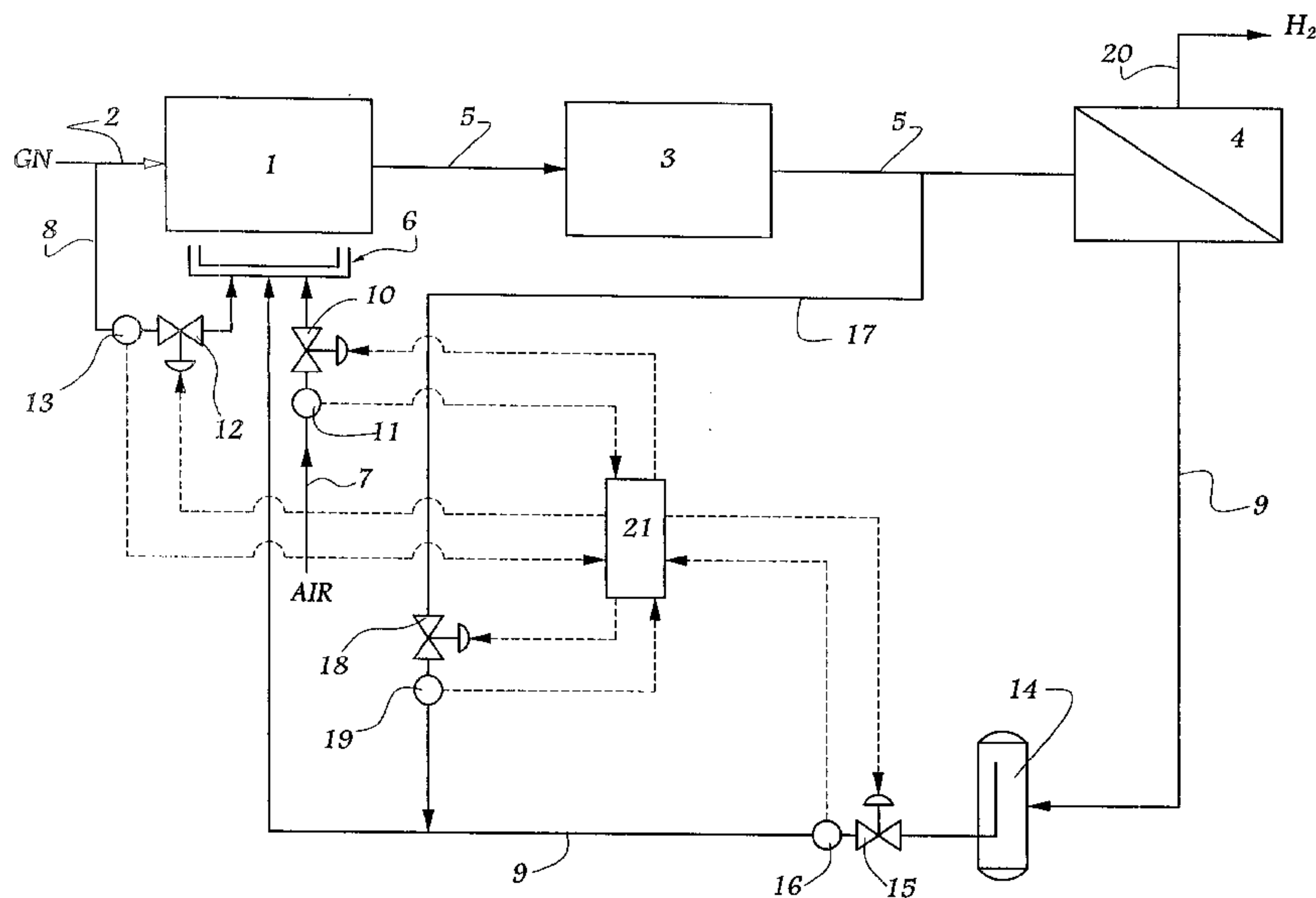
(81) États désignés (national) : CA, CN, JP, KR, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: INSTALLATION FOR HYDROGEN PRODUCTION AND METHODS FOR USING SAME

(54) Titre : INSTALLATION DE PRODUCTION D'HYDROGENE ET PROCÉDES POUR LA MISE EN OEUVRE DE CETTE INSTALLATION



(57) Abstract: The invention concerns an installation comprising: a purification unit (4; 104) for purifying a hydrogen-rich synthetic gas and for producing hydrogen and a residue gas, a first pipe (5; 105) for conveying the synthetic gas to the purification unit (4; 104), a second pipe (9; 109) for conveying the residue gas from the purification unit (4; 104) to burners (6; 106), and a buffer capacity (14) arranged on the second pipe, a third pipe (17) equipped with a first valve (18), and connecting the first pipe (5) to the second pipe (9).

[Suite sur la page suivante]



WO 03/043718 A3

WO 03/043718 A3



Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:

11 décembre 2003

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Cette installation comporte : une unité de purification (4;104) destinée à purifier un gaz de synthèse riche en hydrogène et à produire de l'hydrogène et un gaz résiduaire, une première canalisation (5;105) pour l'acheminement du gaz de synthèse l'unité de purification (4;104), une deuxième canalisation (9;109) pour l'acheminement du gaz résiduaire depuis l'unité de purification (4;104) jusqu'à des brûleurs (6;106), et une capacité-tampon (14) disposée sur la deuxième canalisation, une troisième canalisation (17) munie d'une première vanne (18), et reliant la première canalisation (5) à la deuxième canalisation (9).

Installation de production d'hydrogène et procédés pour la mise en œuvre de cette installation.

La présente invention concerne une installation pour produire au moins de l'hydrogène, cette installation étant
5 du type comportant au moins :

- une unité de purification destinée à purifier un gaz de synthèse riche en hydrogène et à produire de l'hydrogène et un gaz résiduaire,
- une première canalisation pour l'acheminement
10 du gaz de synthèse jusqu'à l'unité de purification,
- une deuxième canalisation pour l'acheminement du gaz résiduaire depuis l'unité de purification jusqu'à des brûleurs, et
- une capacité-tampon disposée sur la deuxième
15 canalisation.

L'invention concerne également un procédé destiné à être employé dans la mise en œuvre de cette installation, suite à un arrêt intempestif de l'unité de purification.

En outre, l'invention concerne un procédé pour démarrer
20 certaines sortes d'installations du type précité et un procédé pour diminuer le débit d'hydrogène produit par celles-ci.

Dans une installation du type précité, l'unité de purification produit un gaz résiduaire qui est récupéré pour être brûlé dans les brûleurs, dont l'alimentation est interrompue lors d'un arrêt
25 intempestif de cette unité de purification, ce qui est désavantageux.

En particulier, cette installation peut être munie d'une unité de reformage du méthane, cette unité de reformage étant chauffée et pourvue à cet effet des brûleurs dans lesquels est brûlé le gaz résiduaire. Dans
30 une telle configuration, un arrêt accidentel de l'unité de purification se traduit souvent par celui de l'unité de reformage. Cela constitue un inconvénient d'autant plus préjudiciable que la durée de redémarrage de cette unité de reformage se compte en dizaine d'heures toutes très

coûteuses. En outre, même dans les cas où on réussit à maintenir l'unité de reformage en fonctionnement, celle-ci ne peut retrouver un régime stabilisé qu'après plusieurs heures.

Par conséquent, de nombreux efforts ont été déployés pour améliorer.
5 la fiabilité des unités de purification employées. Cependant, il arrive encore que ces unités de purification s'arrêtent accidentellement.

L'invention, qui vise notamment à remédier à l'inconvénient précédemment mentionné, a donc pour but d'améliorer le fonctionnement et/ou la rentabilité d'une installation du type précité.

10 A cet effet, elle a pour objet une installation pour produire au moins de l'hydrogène, cette installation comportant au moins :

- une unité de purification destinée à purifier un gaz de synthèse riche en hydrogène et à produire de l'hydrogène et un gaz résiduaire;
- une première canalisation pour l'acheminement du gaz de
15 synthèse jusqu'à l'unité de purification;
- une deuxième canalisation pour l'acheminement du gaz résiduaire depuis l'unité de purification jusqu'à des brûleurs;
- une capacité-tampon disposée sur la deuxième canalisation; et
- une troisième canalisation qui est munie d'une première vanne
20 de réglage de débit et relie la première canalisation à la deuxième canalisation.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses de cette installation :

- une deuxième vanne de réglage de débit est prévue en aval de la capacité-tampon, la troisième canalisation se raccordant sur la deuxième
25 canalisation en aval de cette deuxième vanne;
- elle comporte au moins un premier et un deuxième débitmètres placés pour mesurer les débits respectivement dans la première et la deuxième vannes, ainsi qu'une unité de contrôle de ces débits et de calcul et de commande du degré d'ouverture de chacune des première et deuxième vannes;

2a

- l'unité de purification est du type à adsorption sélective par variation cyclique de pression;

- elle comporte une unité de reformage du méthane à la vapeur d'eau, qui est pourvue desdits brûleurs pour son chauffage et qui est destinée à

5 produire le gaz de

synthèse riche en hydrogène, l'unité de purification étant située en aval de l'unité de reformage et destinée à produire de l'hydrogène extrait du gaz de synthèse ;

5 - elle comporte un réacteur de conversion du monoxyde de carbone en dioxyde de carbone, placé entre l'unité de reformage et l'unité de purification, la troisième canalisation se raccordant sur la première canalisation en aval de ce réacteur de conversion ;

10 - elle comporte une unité de séparation située entre l'unité de reformage et l'unité de purification, et prévue pour extraire le monoxyde de carbone présent dans le gaz de synthèse, ainsi qu'une quatrième canalisation qui est munie d'une autre vanne de réglage de débit et relie la première canalisation à la deuxième canalisation, la
15 troisième et cette quatrième canalisations se raccordant sur la première canalisation respectivement en aval et en amont de l'unité de séparation ;

- l'unité de séparation est une boîte froide de séparation par voie cryogénique ;

20 - un dispositif d'épuration en dioxyde de carbone et un dispositif de dessiccation sont placés entre l'unité de reformage et l'unité de séparation, la quatrième canalisation se raccordant sur la première canalisation en amont du dispositif d'épuration en dioxyde de carbone et du
25 dispositif de dessiccation ;

L'invention a également pour objet un procédé de conduite d'une installation telle que définie ci-dessus, dans lequel :

30 - dans l'unité de purification, on extrait l'hydrogène présent dans le gaz de synthèse et on récupère un gaz résiduaire,

- on stocke ce gaz résiduaire dans la capacité tampon, et

- on alimente lesdits brûleurs au moins avec le gaz résiduaire stocké dans la capacité-tampon, ce procédé étant caractérisé en ce que suite à un arrêt intempestif de l'unité de purification :

5 - on continue, au moins dans un premier temps, d'alimenter les brûleurs avec du gaz résiduaire en employant celui qui est stocké dans la capacité-tampon,

- on ouvre la première vanne de réglage de débit progressivement, afin d'alimenter les brûleurs avec une
10 quantité croissante de gaz de remplacement constitué par au moins une partie du gaz de synthèse.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses de ce procédé, il comporte les étapes dans lesquelles :

- on ferme progressivement la deuxième vanne de
15 réglage de débit ,

- on mesure de manière continue le débit du gaz résiduaire alimentant les brûleurs ,

- on calcule en temps réel et de manière continue le débit théorique de gaz de remplacement devant être brûlé
20 pour compenser la baisse du débit du gaz résiduaire alimentant les brûleurs, et

- on régule le débit effectif du gaz de remplacement alimentant les brûleurs autour dudit débit théorique calculé, en agissant sur le degré d'ouverture de
25 la première vanne de réglage de débit.

En outre, l'invention a pour objet un procédé pour démarrer une installation telle que définie précédemment, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une première étape dans laquelle on démarre
30 progressivement l'unité de reformage du méthane en alimentant les brûleurs avec au moins une partie du gaz de synthèse produit par cette unité de reformage, cette partie du gaz de synthèse étant prélevée au moyen de la troisième canalisation, et

- une deuxième étape dans laquelle on démarre l'unité de purification, qui produit un gaz résiduaire, et on alimente les brûleurs avec une part croissante de gaz résiduaire remplaçant progressivement la partie du gaz de synthèse alimentant les brûleurs.

De plus, l'invention a pour objet un procédé pour réduire le débit d'hydrogène produit par une installation telle que définie précédemment, dans lequel :

- dans l'unité de reformage, on fait réagir le gaz contenant du méthane avec de la vapeur d'eau, afin de produire un gaz de synthèse riche en hydrogène,

- dans l'unité de purification, on extrait l'hydrogène présent dans le gaz de synthèse éventuellement préalablement traité, et on récupère un gaz résiduaire,

- on alimente les brûleurs avec ce gaz résiduaire, et

- on complète le chauffage de l'unité de reformage en brûlant un combustible d'appoint, caractérisé en ce qu'au moins dans un premier temps :

- on réduit, en en prélevant une part au moyen de la troisième canalisation, le débit de gaz de synthèse destiné à être traité dans l'unité de purification ;

- on utilise cette part pour alimenter les brûleurs ;

- et on réduit simultanément le débit du combustible d'appoint brûlé en complément.

L'invention sera bien comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique et simplifiée d'une installation conforme à l'invention et prévue pour produire de l'hydrogène à partir d'un gaz contenant du méthane ; et

- la figure 2 est une vue schématique et simplifiée d'une installation conforme à l'invention et prévue pour produire de l'hydrogène et du monoxyde de carbone à partir d'un gaz contenant du méthane.

5 Sur ces figures, les traits qui symbolisent des canalisations sont orientés pour indiquer les sens de circulation des fluides à l'intérieur de chacune des deux installations représentées. De la même manière, les pointillés qui symbolisent des lignes pour l'acheminement
10 d'informations de contrôle et de commande sont orientés pour indiquer dans quel sens circulent ces informations.

Par ailleurs, les installations représentées sont organisées selon un schéma de base classique et connu. Sur les figures 1 et 2, ce schéma de base, qui est complexe
15 dans la réalité, a donc pu être simplifié en y omettant certains éléments largement connus en soi, dans un souci de clarté uniquement.

Une installation conforme à l'invention est représentée à la figure 1. Elle est destinée à produire de
20 l'hydrogène à partir d'un gaz contenant du méthane, tel que le gaz naturel. Elle comporte une unité 1 de reformage du méthane à la vapeur d'eau, destinée à être alimentée en gaz naturel GN sous pression par une canalisation 2 et à produire en sortie un gaz de synthèse riche en hydrogène,
25 un réacteur 3 de conversion du monoxyde de carbone en dioxyde de carbone, placé en aval de l'unité de reformage 1, et une unité de purification 4 placée en aval du réacteur de conversion 3 et destinée à extraire l'hydrogène présent dans le gaz de synthèse et à produire un gaz
30 résiduaire. Une canalisation 5 pour l'acheminement du gaz de synthèse à haute pression relie la sortie de l'unité de reformage 1 à l'entrée du réacteur de conversion 3 et la sortie de ce dernier à l'unité de purification 4.

Pour son chauffage, l'unité de reformage 1 comporte des brûleurs 6 munis d'une prise d'air atmosphérique 7. Ces brûleurs 7 sont destinés à être alimentés par, d'une part, du gaz naturel acheminé au moyen d'une canalisation 8 piquée sur la canalisation 2 et, d'autre part, du gaz résiduaire, à basse pression, produit par l'unité de purification 4. Ce gaz résiduaire est acheminé par une canalisation 9 depuis l'unité de purification 4 jusqu'aux brûleurs 6.

Le débit d'air dans la prise d'air 7 est destiné à être réglé par une vanne 10 et mesuré par un débitmètre 11. La prise d'air peut être équipée d'une soufflante, auquel cas le débit d'air mesuré par le débitmètre 11 peut être régulé en pilotant cette soufflante.

La canalisation 8 est pour sa part pourvue d'une vanne 12 et d'un débitmètre 13, respectivement prévus pour régler et pour mesurer le débit du gaz naturel alimentant les brûleurs 6.

L'unité de purification 4 étant du type à adsorption sélective par variation cyclique de pression, une capacité tampon 14, destinée à amortir les variations de débit du gaz résiduaire sortant de cette unité de purification 4, est disposée dans la canalisation 9 pour être traversée par ce gaz résiduaire en amont des brûleurs 6. Une vanne 15 de réglage du débit sortant de la capacité tampon 14 et un débitmètre 16 de mesure de ce débit équipent également la canalisation 9.

Une canalisation 17 relie les canalisations 5 et 9 respectivement destinées à l'acheminement du gaz de synthèse et du gaz résiduaire. Plus précisément, cette canalisation 17 se raccorde, sur la canalisation 5, entre le réacteur de conversion 3 et l'unité de purification 4 et, sur la canalisation 9, en aval de la vanne 15 et du débitmètre 16. Elle est munie d'une vanne 18 de réglage du

débit du gaz de synthèse qu'elle achemine, ainsi que d'un débitmètre 19 destiné à mesurer ce débit.

L'unité de purification 4 comporte une sortie pour l'hydrogène produit, sur laquelle est raccordée une
5 canalisation 20 d'évacuation de celui-ci.

Une unité 21 de contrôle, de calcul et de commande des débit de l'air, de gaz naturel, du gaz résiduaire et du gaz de synthèse qui alimentent les brûleurs 6 est destiné à, d'une part, recevoir de chacun des débitmètres 11, 13, 16
10 et 19 une mesure de débit et, d'autre part, calculer et commander le degré d'ouverture de chacune des vannes 10, 12, 15 et 18.

En fonctionnement stabilisé, la vanne 18 est fermée, de sorte que les brûleurs 6 ne brûlent que du gaz
15 résiduaire et du gaz naturel d'appoint. L'installation représentée à la figure 1 a alors un fonctionnement qui est connu en soi.

En cas d'arrêt brutal et imprévu de l'unité de purification 4, celle-ci est automatiquement isolée du
20 reste de l'installation, et la capacité tampon 14 n'est plus alimentée en gaz résiduaire. Aussitôt, l'unité de contrôle, de calcul et de commande 21 commande la fermeture progressive, selon une rampe prédéterminée, de la vanne 15. Parallèlement, elle calcule en temps réel et de manière
25 continue le débit théorique de gaz de synthèse qui doit être brûlé pour compenser la baisse du débit du gaz résiduaire alimentant les brûleurs 6, et elle ouvre et commande la vanne 18 de manière à réguler, autour du débit théorique qu'elle a calculé, le débit effectif du gaz de
30 synthèse alimentant les brûleurs 6. Le calcul considéré prend en compte les pouvoirs calorifiques du gaz résiduaire et du gaz de synthèse.

En variante, le degré d'ouverture de la vanne 18 n'est pas calculé en fonction de la mesure effectuée par le

débitmètre 16, mais il est la conséquence directe de la régulation d'une température liée au fonctionnement des brûleurs 6, comme la température des gaz de combustion ou celle de la réaction de reformage.

5 La substitution du gaz résiduaire par une partie du gaz de synthèse ne peut s'effectuer instantanément du fait des temps de réponse des matériels, en particulier des vannes qui interviennent alors. Aussi, la capacité tampon 14 rend possible la phase transitoire de substitution
10 progressive qui vient d'être décrite. A l'issue de cette dernière, l'unité de reformage 1 a conservé un état stable de fonctionnement, alors que ses brûleurs 6 ne sont plus alimentés que par du gaz naturel et du gaz de synthèse, la vanne 15 étant fermée.

15 L'unité de purification 4 peut dès lors être rapidement redémarrée. On a ainsi économisé le temps, qui se compte en dizaine d'heures, nécessaire au redémarrage de l'unité de reformage 1.

On va maintenant s'attacher à décrire une procédure
20 avantageuse de démarrage de l'installation représentée à la figure 1. Cette procédure comporte une première et une deuxième étapes. Dans la première étape, on démarre progressivement l'unité de reformage 1 en alimentant les brûleurs 6 avec au moins une partie du gaz de synthèse
25 produit. Le débit de cette partie, qui s'écoule dans la canalisation 17, est déterminé par le degré d'ouverture de la vanne 18, qui est commandé par l'unité 21.

Lors de la deuxième étape du démarrage, on met en route l'unité de purification 4 en l'alimentant avec un
30 débit croissant de gaz de synthèse. Cette unité de purification 4 produit alors de l'hydrogène et du gaz résiduaire qui est progressivement substitué au gaz de synthèse alimentant les brûleurs 6.

La combustion de gaz de synthèse dans les brûleurs 6 permet d'économiser le combustible qui, sans cela, devrait être consommé lors du démarrage de l'installation.

On va maintenant décrire une procédure qui peut
5 avantageusement être mise en œuvre lorsque l'on souhaite réduire rapidement la quantité d'hydrogène produite.

L'unité de reformage 1 et l'unité de purification 4
10 présentent toutes deux une certaine inertie, si bien que la quantité d'hydrogène produite ne peut pas être réduite instantanément. L'unité de reformage 1 évolue plus lentement que l'unité de purification. Aussi, détermine-t-elle, dans la technique connue, la vitesse avec laquelle est réduite la quantité d'hydrogène produite. Si cette vitesse est inférieure à la vitesse souhaitée, l'hydrogène
15 excédentaire est brûlé dans une torche.

Lorsque, dans l'installation représentée à la figure 1, on choisit de ralentir plus rapidement l'unité de purification 4 que l'unité de reformage 1 ne peut l'être, la part du gaz de synthèse qui n'alimente plus l'unité de
20 purification 4 peut être prélevée au moyen de la canalisation 17, et brûlée dans les brûleurs 6. On réduit alors le débit de gaz naturel alimentant ces brûleurs 6, ce qui se traduit par une économie.

En variante, l'emplacement de chacun des deux
25 raccords de la canalisation 17 respectivement sur les canalisations 5 et 9 peut être déplacé. Si le raccordement de cette canalisation 17 sur la canalisation 9 est disposée en amont de la capacité-tampon 14, on peut prévoir que lors des procédures de transition qui viennent d'être exposées,
30 la vanne 18 soit commandée en vue de réguler la pression de la capacité-tampon 14, la vanne 15 étant alors pilotée par la régulation du débit dans la canalisation 9 à une valeur de consigne. A cet effet, une correction est appliquée à la mesure effectuée par le débitmètre 16, afin de prendre en

compte le changement de composition du gaz s'écoulant dans cette canalisation 9.

La figure 2 représente une installation pour produire de l'hydrogène et du monoxyde de carbone à partir du gaz naturel. Cette installation est conçue selon un schéma globalement semblable à celui de l'installation représentée à la figure 1. Aussi, on ne décrira ci-après que ce qui la distingue de cette installation représentée à la figure 1, dont les éléments sont repérés par des références qui seront augmentées de 100 pour désigner, dans ce qui suit, les éléments analogues de l'installation illustrée à la figure 2.

Le réacteur 3 de conversion du monoxyde de carbone en hydrogène est remplacé par un dispositif 22 d'épuration en dioxyde de carbone, un dispositif de dessiccation 23, placé en aval du dispositif d'épuration 22, et une unité de séparation formée par une boîte froide 24 de séparation par voie cryogénique. Cette boîte froide 24 est disposée en aval du dispositif de dessiccation 23. Elle est prévue pour extraire le monoxyde de carbone présent dans le gaz de synthèse qui la traverse.

Outre le monoxyde de carbone, pour l'évacuation duquel une canalisation 25 est raccordée sur la boîte froide 24, cette dernière est destinée à produire un gaz résiduaire. Une canalisation 26 pour le transport de ce gaz résiduaire relie la boîte froide 24 à la canalisation 109, sur laquelle elle se raccorde en aval de la vanne 115 et du débitmètre 116. La canalisation 26 est munie d'une vanne de réglage 27 et d'un débitmètre 28. La vanne 27 est destinée à être commandée par une unité de contrôle, de calcul et de commande 121, en fonction de la mesure effectuée par le débitmètre 28.

La canalisation 117, qui relie les canalisations 109 et 105, se raccorde, sur cette dernière, entre la boîte froide 24 et l'unité de purification 104.

Une autre canalisation, référencée 29, relie également la canalisation 105 à la canalisation 109, sur laquelle elle aussi se raccorde en aval de la vanne 115 et du débitmètre 116. Son raccordement sur la canalisation 105 la distingue toutefois de la canalisation 117 dans la mesure où il est disposé en amont de la boîte froide 24, plus précisément entre l'unité de reformage 101 et le dispositif d'épuration en dioxyde de carbone 22. La canalisation 29 est pourvue d'une vanne de réglage de débit 30 et d'un débitmètre 31, tous deux reliés à l'unité de contrôle, de calcul et de commande 121.

En fonctionnement stabilisé, les vannes 118 et 30 sont fermées et l'installation a un fonctionnement classique, qui est connu en soi.

Lors d'un arrêt soudain et imprévu de l'unité de purification 104, la vanne 115 se ferme progressivement, tandis que la vanne 118, pilotée par l'unité 121, est ouverte en appliquant une procédure semblable à la procédure, précédemment décrite, qui est mise en œuvre lorsque l'unité de purification 4 de l'installation représentée à la figure 1 s'arrête subitement. A l'issue de cette procédure, la partie de l'installation qui va de l'unité de reformage 101 à la boîte froide 24 a conservé un régime de fonctionnement sensiblement stabilisé, ce qui présente un double avantage. Premièrement, on évite le redémarrage lent et coûteux de l'unité de reformage 101. Deuxièmement, la production de monoxyde de carbone peut être poursuivie malgré l'arrêt de l'unité de purification 104.

Lorsque l'arrêt intempestif concerne la boîte froide 24, ce qui se traduit par l'arrêt en cascade de l'unité de

purification 104, on applique une procédure semblable à la
procédure, précédemment exposée, qui est mise en œuvre lors
de l'arrêt de l'unité de purification 4 de l'installation
représentée à la figure 1. La vanne 30, pilotée par l'unité
5 121, joue alors un rôle analogue à celui de la vanne 18, et
elle est ouverte de manière à compenser la fermeture
progressive de la vanne 115. Ainsi, l'unité de reformage
101 est maintenue en fonctionnement.

En outre, les deux procédures, présentées
10 précédemment, qui sont destinées à être appliquées l'une
lors du démarrage de l'installation représentée à la figure
1 et l'autre lors d'une réduction de la quantité
d'hydrogène produite par cette installation, peuvent
avantageusement être également mise en œuvre dans
15 l'installation représentée à la figure 2, leur
transposition par un spécialiste de la technique considérée
ici ne présentant aucune difficulté particulière.

En variante, l'une des canalisations 29 et 117 peut,
bien entendu, être supprimée.

20 En outre, les variantes envisagées pour l'installation
représentée à la figure 1 peuvent être adaptées à
l'installation représentée à la figure 2.

Par ailleurs, les unités 1 et 101 peuvent être de
différentes sortes. Elles peuvent par exemple être
25 configurées pour la mise en œuvre soit d'un reformage du
méthane à la vapeur du type simple (SMR), soit d'un
reformage du méthane à la vapeur du type convectif (TCR).

En outre, d'autres sortes de générateurs de gaz de
synthèse que les unités 1 et 101 de reformage du méthane à
30 la vapeur peuvent être utilisées aux fins de produire le
gaz de synthèse riche en hydrogène. Par exemple, il peut
s'agir d'un réacteur chimique, conçu pour la mise en œuvre
d'une réaction catalytique ou non.

Egalement, les unités de purification 4 et 104 peuvent être conçues pour la mise en œuvre de différentes sortes de procédés. Par exemple, elles peuvent être du type à adsorption sélective par variation cyclique de pression, ou bien être formées d'une boîte froide de séparation par voie cryogénique, ou encore utiliser le principe du lavage aux amines.

De même, la boîte froide 24 peut être remplacée par une unité de séparation d'un autre type, prévue pour extraire le monoxyde de carbone présent dans le gaz de synthèse autrement que par voie cryogénique. Par exemple, elle peut être remplacée par un dispositif à membrane sélective.

De plus, notamment lorsque le gaz de synthèse est produit au moyen d'un réacteur chimique, les brûleurs peuvent équiper non pas l'unité de reformage 1 ou 101, le cas échéant remplacée par ce réacteur chimique, mais un autre dispositif tel qu'un four ou une chaudière de production de vapeur, cet autre dispositif pouvant par exemple faire partie d'une ligne de production autre que celle sur laquelle se trouve l'unité de purification 4 ou 104.

REVENDICATIONS

1. Installation pour produire au moins de l'hydrogène, cette installation comportant au moins :

- une unité de purification destinée à purifier un gaz de synthèse riche en hydrogène et à produire de l'hydrogène et un gaz résiduaire,
- une première canalisation pour l'acheminement du gaz de synthèse jusqu'à l'unité de purification,
- une deuxième canalisation pour l'acheminement du gaz résiduaire depuis l'unité de purification jusqu'à des brûleurs,
- une capacité-tampon disposée sur la deuxième canalisation, et
- une troisième canalisation qui est munie d'une première vanne de réglage de débit et relie la première canalisation à la deuxième canalisation.

2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'une deuxième vanne de réglage de débit est prévue en aval de la capacité-tampon, la troisième canalisation se raccordant sur la deuxième canalisation en aval de cette deuxième vanne.

3. Installation selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un premier et un deuxième débitmètres placés pour mesurer les débits respectivement dans la première et la deuxième vannes, ainsi qu'une unité de contrôle de ces débits et de calcul et de commande du degré d'ouverture de chacune des première et deuxième vannes.

4. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'unité de purification est du type à adsorption sélective par variation cyclique de pression.

5. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comporte une unité de reformage du méthane à la vapeur d'eau, qui est pourvue desdits brûleurs pour son chauffage et qui est destinée à produire le gaz de synthèse riche en hydrogène, l'unité de purification étant située en aval de l'unité de reformage et destinée à produire de l'hydrogène extrait du gaz de synthèse.

6. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comporte un réacteur de conversion du monoxyde de carbone en dioxyde de carbone, placé entre l'unité de reformage et l'unité de purification, la troisième canalisation se raccordant sur la première canalisation en aval de ce réacteur de conversion.

7. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comporte une unité de séparation située entre l'unité de reformage et l'unité de purification, et prévue pour extraire le monoxyde de carbone présent dans le gaz de synthèse, ainsi qu'une quatrième canalisation qui est munie d'une autre vanne de réglage de débit et relie la première canalisation à la deuxième canalisation, la troisième et cette quatrième canalisations se raccordant sur la première canalisation respectivement en aval et en amont de l'unité de séparation.

8. Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce que l'unité de séparation est une boîte froide de séparation par voie cryogénique.

9. Installation selon la revendication 7 ou 8, caractérisée en ce qu'un dispositif d'épuration en dioxyde de carbone et un dispositif de dessiccation sont placés entre l'unité de reformage et l'unité de séparation, la quatrième canalisation se raccordant sur la première canalisation en amont du dispositif d'épuration en dioxyde de carbone et du dispositif de dessiccation.

10. Procédé de conduite d'une installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel :

- dans l'unité de purification, on extrait l'hydrogène présent dans le gaz de synthèse et on récupère un gaz résiduaire,
- on stocke ce gaz résiduaire dans la capacité tampon,
- on alimente lesdits brûleurs au moins avec le gaz résiduaire stocké dans la capacité-tampon et où, suite à un arrêt intempestif de l'unité de purification :
 - on continue, au moins dans un premier temps, d'alimenter les brûleurs avec du gaz résiduaire en employant celui qui est stocké dans la capacité-tampon,
 - on ouvre la première vanne de réglage de débit progressivement, afin d'alimenter les brûleurs avec une quantité croissante de gaz de remplacement constitué par au moins une partie du gaz de synthèse.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'on utilise une installation selon la revendication 2 ou 3 et en ce que :

- on ferme progressivement la deuxième vanne de réglage de débit,
- on mesure de manière continue le débit du gaz résiduaire alimentant les brûleurs,
- on calcule en temps réel et de manière continue le débit théorique de gaz de remplacement devant être brûlé pour compenser la baisse du débit du gaz résiduaire alimentant les brûleurs, et
- on règle le débit effectif du gaz de remplacement alimentant les brûleurs autour dudit débit théorique calculé, en agissant sur le degré d'ouverture de la première vanne de réglage de débit.

12. Procédé pour démarrer une installation selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une première étape dans laquelle on démarre progressivement l'unité de reformage du méthane en alimentant les brûleurs avec au moins une partie du gaz de synthèse produit par cette unité de reformage, cette partie du gaz de synthèse étant prélevée au moyen de la troisième canalisation, et

- une deuxième étape dans laquelle on démarre l'unité de purification, qui produit un gaz résiduaire, et on alimente les brûleurs avec une part croissante de gaz résiduaire remplaçant progressivement la partie du gaz de synthèse alimentant les brûleurs.

13. Procédé pour réduire le débit d'hydrogène produit par une installation selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel :

- dans l'unité de reformage, on fait réagir le gaz contenant du méthane avec de la vapeur d'eau, afin de produire un gaz de synthèse riche en hydrogène,

- dans l'unité de purification, on extrait l'hydrogène présent dans le gaz de synthèse éventuellement préalablement traité, et on récupère un gaz résiduaire,

- on alimente les brûleurs avec ce gaz résiduaire, et

- on complète le chauffage de l'unité de reformage en brûlant un combustible d'appoint, caractérisé en ce qu'au moins dans un premier temps :

- on réduit, en en prélevant une part au moyen de la troisième canalisation, le débit de gaz de synthèse destiné à être traité dans l'unité de purification,

- on utilise cette part pour alimenter les brûleurs, et

- on réduit simultanément le débit du combustible d'appoint brûlé en complément.

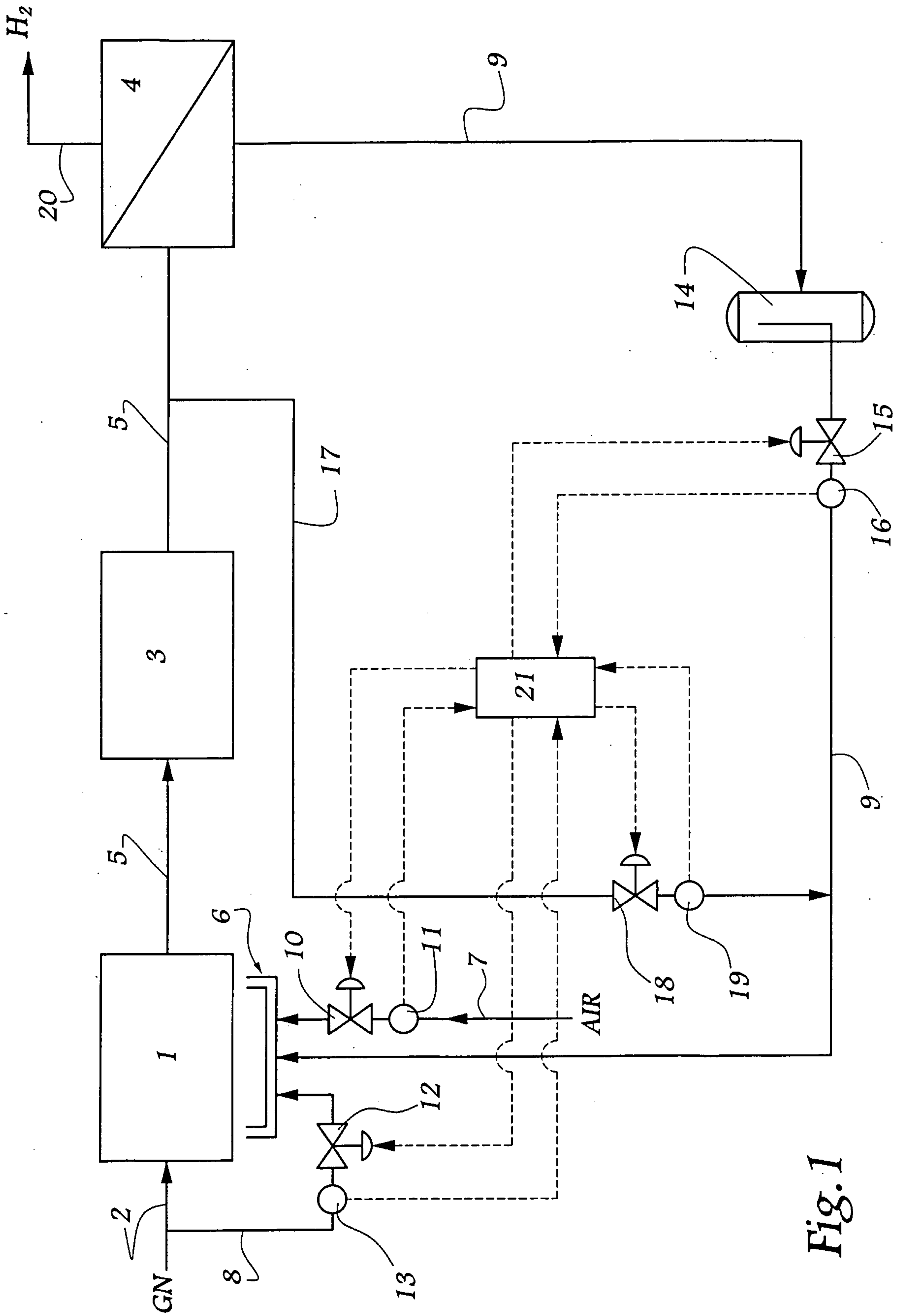


Fig. 1

2/2

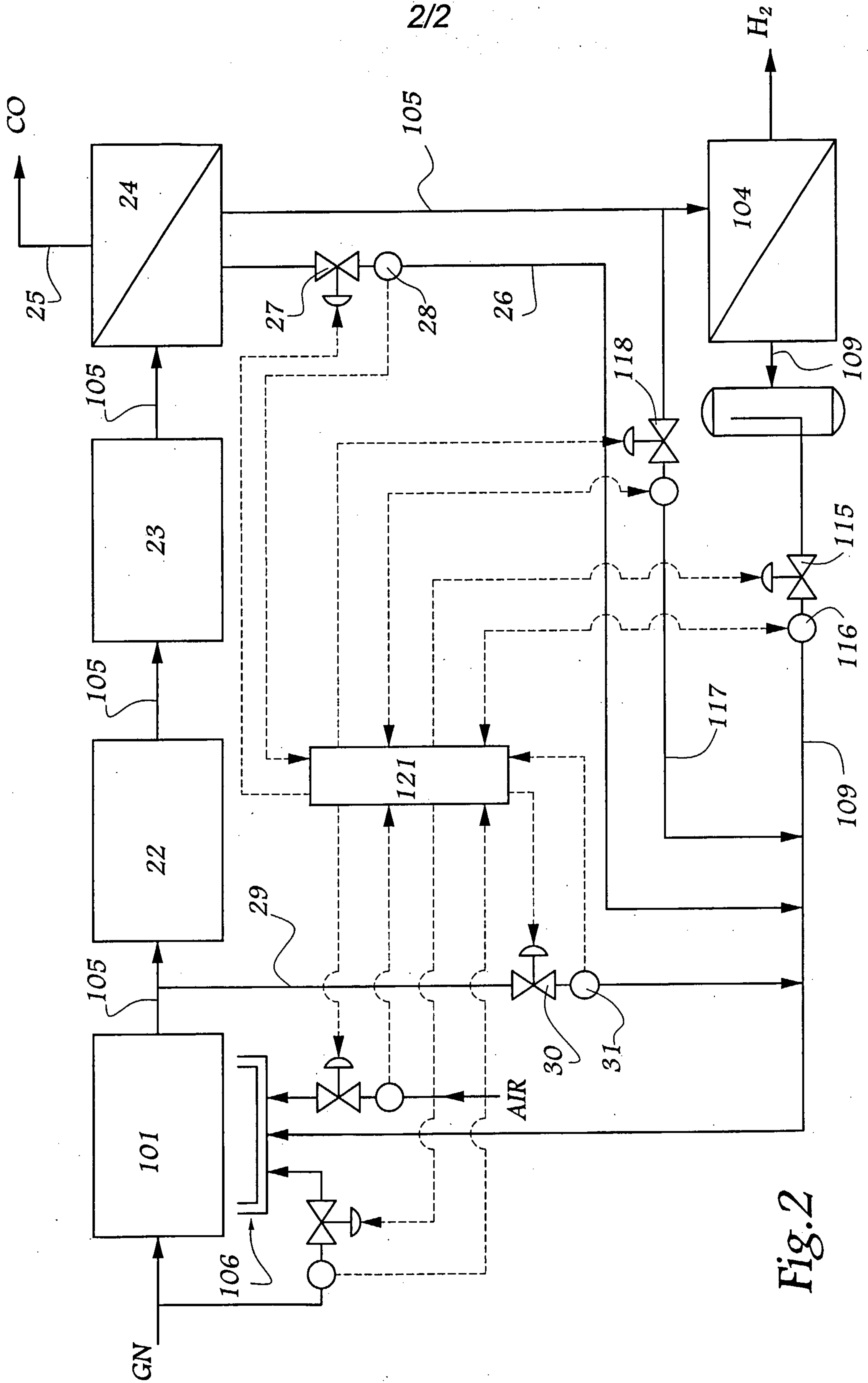


Fig. 2

