

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 089 821**

②1 N° d'enregistrement national : **18 72940**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 01 D 63/00 (2019.01)**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 Installation et procédé de traitement par perméation membranaire d'un courant gazeux avec ajustement de la pression d'aspiration du troisième perméat.

②2 Date de dépôt : 14.12.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 19.06.20 Bulletin 20/25.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 18.06.21 Bulletin 21/24.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ  
ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION  
DES PROCÉDES GEORGES CLAUDE Société  
anonyme — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : BARRAUD François et CHAREYRE  
Jean-Marc.

⑦3 Titulaire(s) : *L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME  
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES  
PROCÉDES GEORGES CLAUDE Société anonyme.*

⑦4 Mandataire(s) : *L'AIR LIQUIDE S.A..*

**FR 3 089 821 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Installation et procédé de traitement par perméation membranaire d'un courant gazeux avec ajustement de la pression d'aspiration du troisième perméat**

- [0001] La présente invention est relative à une installation de traitement par perméation membranaire d'un courant gazeux contenant au moins du méthane et du dioxyde de carbone pour produire un courant gazeux riche en méthane - dont la teneur en méthane est conforme aux besoins de son utilisation et à un procédé de commande d'une telle installation.
- [0002] Elle concerne en particulier l'épuration de biogaz, dans le but de produire du biométhane conforme aux spécifications pour injection dans un réseau de gaz naturel.
- [0003] Le biogaz est le gaz produit lors de la dégradation de matières organiques en l'absence d'oxygène (fermentation anaérobie) encore appelée méthanisation. Il peut s'agir d'une dégradation naturelle - on l'observe ainsi dans les marais ou les décharges d'ordures ménagères - mais la production de biogaz peut aussi résulter de la méthanisation de déchets dans un réacteur dédié, appelé méthaniseur ou digesteur.
- [0004] De par ses constituants principaux - méthane et dioxyde de carbone - le biogaz est un puissant gaz à effet de serre ; il constitue aussi, parallèlement, une source d'énergie renouvelable appréciable dans un contexte de raréfaction des énergies fossiles.
- [0005] Le biogaz contient majoritairement du méthane (CH<sub>4</sub>) et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans des proportions variables en fonction du mode d'obtention mais également, en moindres proportions de l'eau, de l'azote, de l'hydrogène sulfuré, de l'oxygène, ainsi que des composés organiques autres, à l'état de traces.
- [0006] Selon les matières organiques dégradées et les techniques utilisées, les proportions des composants diffèrent, mais en moyenne le biogaz comporte, sur gaz sec, de 30 à 75% de méthane, de 15 à 60% de CO<sub>2</sub>, de 0 à 15% d'azote, de 0 à 5% d'oxygène et des composés traces.
- [0007] Le biogaz est valorisé de différentes manières. Il peut, après un traitement léger, être valorisé à proximité du site de production pour fournir de la chaleur, de l'électricité ou un mélange des deux (la cogénération); la teneur importante en dioxyde de carbone réduit son pouvoir calorifique, augmente les coûts de compression et de transport et limite l'intérêt économique de sa valorisation à cette utilisation de proximité.
- [0008] Une purification plus poussée du biogaz permet sa plus large utilisation, en particulier, une purification poussée du biogaz permet d'obtenir un biogaz épuré aux spécifications du gaz naturel et qui pourra lui être substitué ; le biogaz ainsi purifié est le « biométhane ». Le biométhane complète ainsi les ressources de gaz naturel avec une

partie renouvelable produite au coeur des territoires; il est utilisable pour exactement les mêmes usages que le gaz naturel d'origine fossile. Il peut alimenter un réseau de gaz naturel, une station de remplissage pour véhicules, il peut aussi être liquéfié pour être stocké sous forme de gaz naturel liquide (GNL)...

- [0009] Les modes de valorisation du biométhane sont déterminés en fonction des contextes locaux : besoins énergétiques locaux, possibilités de valorisation en tant que biométhane carburant, existence à proximité de réseaux de distribution ou de transport de gaz naturel notamment. Créant des synergies entre les différents acteurs oeuvrant sur un territoire (agriculteurs, industriels, pouvoirs publics), la production de biométhane aide les territoires à acquérir une plus grande autonomie énergétique.
- [0010] Plusieurs étapes doivent être franchies entre la collecte du biogaz et l'obtention du biométhane, produit final apte à être comprimé ou liquéfié.
- [0011] En particulier, plusieurs étapes sont nécessaires avant le traitement qui vise à séparer le dioxyde de carbone pour produire un courant de méthane purifié. Une première étape consiste à comprimer le biogaz qui a été produit et acheminé à pression atmosphérique, cette compression peut être obtenue - de façon classique - via un compresseur. Les étapes suivantes visent à débarrasser le biogaz des composants corrosifs que sont le sulfure d'hydrogène et les composés organiques volatils (COV), les technologies utilisées sont de façon classique l'adsorption à pression modulée (PSA) et le piégeage sur charbon actif. Vient ensuite l'étape qui consiste à séparer le dioxyde de carbone pour disposer in fine de méthane à la pureté requise pour son usage ultérieur.
- [0012] Le dioxyde de carbone est un contaminant typiquement présent dans le gaz naturel dont il est courant de devoir le débarrasser. Des technologies variées sont utilisées pour cela en fonction des situations ; parmi celles-ci, la technologie membranaire est particulièrement performante lorsque la teneur en CO<sub>2</sub> est élevée ; elle est donc pour séparer le CO<sub>2</sub> présent dans le biogaz, provenant des gaz de décharge ou des digesteurs de déchets végétaux ou animaux.
- Les procédés membranaires de séparation de gaz utilisés pour la purification d'un gaz, qu'ils utilisent un ou plusieurs étages de membranes doivent permettre la production d'un gaz à la qualité requise, pour un faible coût, tout en minimisant les pertes du gaz que l'on souhaite valoriser. Ainsi, dans le cas de l'épuration du biogaz, la séparation effectuée est principalement une séparation CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>, devant permettre la production d'un gaz contenant en fonction de son utilisation plus de 85% de CH<sub>4</sub>, de préférence plus de 95% de CH<sub>4</sub>, plus préférentiellement plus de 97,5% de CH<sub>4</sub>, tout en minimisant les pertes de CH<sub>4</sub> dans le gaz résiduaire et le coût d'épuration, ce dernier étant pour une part importante lié à la consommation électrique du dispositif de compression du gaz en amont des membranes.
- [0013] Il est préférable que le réseau de gaz naturel reçoive un courant de méthane

présentant une concentration en méthane constante de manière à ce que les équipements qui utilisent le biométhane aient un fonctionnement régulier.

[0014] Partant de là, un problème qui se pose est de fournir une installation permettant l'obtention d'un courant de méthane à concentration constante.

[0015] Une solution de la présente invention est une installation pour le traitement par perméation membranaire d'un flux gazeux d'alimentation comprenant au moins du méthane et du dioxyde de carbone, comprenant:

[0016] – un compresseur A permettant de comprimer le flux gazeux d'alimentation,  
 – une première unité de séparation par membrane apte à recevoir le flux gazeux issu du compresseur et à fournir un premier perméat et un premier rétentat,  
 – une seconde unité de séparation par membrane apte à recevoir le premier rétentat et à fournir un second perméat et un second rétentat,  
 – une troisième unité de séparation par membrane apte à recevoir le premier perméat et à fournir un troisième perméat et un troisième rétentat,  
 – au moins un moyen de mesure de la pression du flux gazeux d'alimentation à l'entrée de la première unité de séparation par membrane,  
 – au moins un moyen de mesure de la concentration en méthane CH<sub>4</sub> dans le second rétentat, et

[0017] – au moins un compresseur B permettant d'ajuster la pression d'aspiration du troisième perméat en fonction de la pression mesurée du flux gazeux d'alimentation et de la concentration en méthane mesurée dans le second rétentat,

[0018] avec chaque unité de séparation par membrane comprenant au moins une membrane plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane.

[0019] [fig.1] représente un exemple d'installation selon l'invention. Notons que dans cette figure 1 le compresseur B est assimilé à une pompe à vide P.

[0020] Selon le cas l'installation selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

[0021] – le troisième rétentat est recyclé dans le flux gazeux d'alimentation en amont du compresseur A ;  
 – le deuxième perméat est recyclé dans le flux gazeux d'alimentation en amont du compresseur A ;  
 – les membranes utilisées dans les unités de séparation par membrane ont la même sélectivité ;  
 – au moins une unité de séparation par membrane comprend au moins deux membranes.

[0022] La présente invention a également pour objet un procédé de commande d'une installation telle que définie dans l'invention, comprenant les étapes suivantes :

- [0023] a) mesure de la pression du flux gazeux d'alimentation à l'entrée de la première unité de séparation par membrane,
- [0024] b) mesure de la concentration en méthane CH<sub>4</sub> dans le second rétentat,
- [0025] c) comparaison de la pression mesurée à l'étape a) et de la concentration mesurée à l'étape b) avec des valeurs consigne, et de détermination de l'écart par rapport à ces valeurs consigne
- [0026] et,
- [0027] d) une étape d'ajustement de la pression d'aspiration du troisième perméat à l'aide du compresseur B.
- [0028] Selon le cas, le procédé selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous :
- [0029] – à l'étape d) on ajuste à la fois la pression d'aspiration du troisième perméat à l'aide du compresseur B et la pression du flux gazeux d'alimentation à l'aide du compresseur A ou à l'aide d'une vanne de coupure et de mise en pression progressive ;
- l'ajustement de la pression du flux gazeux d'alimentation comprend une augmentation ou une diminution de la pression ;
- à l'étape d'ajustement le compresseur B subit une accélération ou une décélération. Notons qu'une accélération du compresseur B permettra de diminuer le niveau de pression du troisième perméat tandis qu'une décélération du compresseur B permettra d'augmenter le niveau de pression du troisième perméat ;
- l'étape de comparaison et l'étape d'ajustement sont réalisées automatiquement par des moyens de transmission de données et de traitement de données ;
- le flux gazeux d'alimentation est du biogaz.
- [0030] Un moyen de transmission de données et de traitement de données pourra être par exemple un calculateur industriel de type Automate Programmable.

## Revendications

[Revendication 1]

Installation pour le traitement par perméation membranaire d'un flux gazeux d'alimentation comprenant au moins du méthane et du dioxyde de carbone, comprenant:

- un compresseur A permettant de comprimer le flux gazeux d'alimentation,
- une première unité de séparation par membrane apte à recevoir le flux gazeux issu du compresseur et à fournir un premier perméat et un premier rétentat,
- une seconde unité de séparation par membrane apte à recevoir le premier rétentat et à fournir un second perméat et un second rétentat,
- une troisième unité de séparation par membrane apte à recevoir le premier perméat et à fournir un troisième perméat et un troisième rétentat,
- au moins un moyen de mesure de la pression du flux gazeux d'alimentation à l'entrée de la première unité de séparation par membrane,
- au moins un moyen de mesure de la concentration en méthane CH<sub>4</sub> dans le second rétentat,

et

- au moins un compresseur B permettant d'ajuster la pression d'aspiration du troisième perméat en fonction de la pression mesurée du flux gazeux d'alimentation et de la concentration en méthane mesurée dans le second rétentat,

avec chaque unité de séparation par membrane comprenant au moins une membrane plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane et les membranes utilisées dans les unités de séparation par membrane ont la même sélectivité.

[Revendication 2]

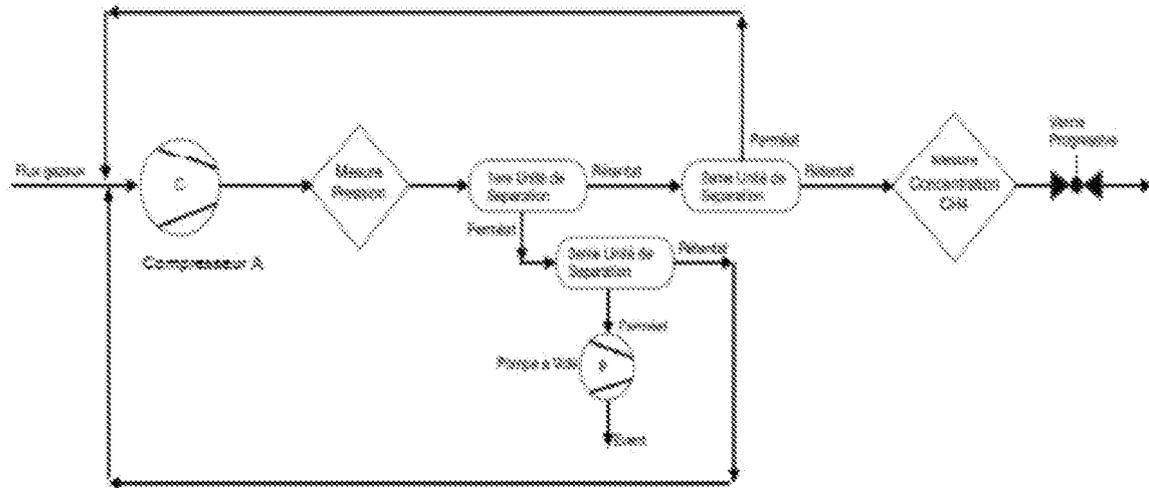
Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le troisième rétentat est recyclé dans le flux gazeux d'alimentation en amont du compresseur A.

[Revendication 3]

Installation selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le deuxième perméat est recyclé dans le flux gazeux d'alimentation en

- amont du compresseur.
- [Revendication 4] Installation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'au moins une unité de séparation par membrane comprend au moins deux membranes.
- [Revendication 5] Procédé de commande d'une installation telle que définie dans l'une des revendications 1 à 4, comprenant les étapes suivantes :
- a) mesure de la pression du flux gazeux d'alimentation à l'entrée de la première unité de séparation par membrane,
  - b) mesure de la concentration en méthane CH<sub>4</sub> dans le second rétentat,
  - c) comparaison de la pression mesurée à l'étape a) et de la concentration mesurée à l'étape b) avec des valeurs consigne, et de détermination de l'écart par rapport à ces valeurs consigne
- et
- d) une étape d'ajustement de la pression d'aspiration du troisième perméat à l'aide du compresseur B, avec à l'étape d'ajustement le compresseur B subit une accélération ou une décélération.
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'à l'étape d) on ajuste à la fois la pression d'aspiration du troisième perméat à l'aide du compresseur B et la pression du flux gazeux d'alimentation à l'aide du compresseur A ou à l'aide d'une vanne de coupure et de mise en pression progressive.
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'ajustement de la pression du flux gazeux d'alimentation comprend une augmentation ou une diminution de la pression.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que l'étape de comparaison et l'étape d'ajustement sont réalisées automatiquement par des moyens de transmission de données et de traitement de données.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que le flux gazeux d'alimentation est du biogaz.

[Fig. 1]



# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

WO 2014/183977 A1 (EVONIK INDUSTRIES AG [DE]; SCHOLZ MARCO [DE]; WESSLING MATTHIAS [DE]) 20 novembre 2014 (2014-11-20)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

US 7 537 641 B2 (MEMBRANE TECH & RES INC [US]) 26 mai 2009 (2009-05-26)

US 2018/223205 A1 (MITARITEN MICHAEL J [US]) 9 août 2018 (2018-08-09)

US 2013/098242 A1 (UNGERANK MARKUS [AT] ET AL) 25 avril 2013 (2013-04-25)

EP 2 735 355 A1 (TECH UNIVERSITÄT WIEN [AT]; BIOENERGY 2020 & GMBH [AT]) 28 mai 2014 (2014-05-28)

AT 515 137 B1 (GRUBER-SCHMIDT JOHANN [AT]) 15 janvier 2016 (2016-01-15)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT