

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

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

**3 141 076**

②1 N° d'enregistrement national : **22 10871**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 01 D 53/02 (2023.01)**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 Module de distribution et commutation de gaz entre adsorbateurs.

②2 Date de dépôt : 20.10.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 26.04.24 Bulletin 24/17.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 06.09.24 Bulletin 24/36.

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, SOCIETE  
ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION  
DES PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE  
ANONYME — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : PEREIRA Patrick, PEREZ Maxime et  
MONEREAU Christian.

⑦3 Titulaire(s) : *L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME  
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES  
PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE  
ANONYME.*

⑦4 Mandataire(s) : *L'Air Liquide, Société Anonyme pour  
l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude.*

**FR 3 141 076 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Module de distribution et commutation de gaz entre adsorbateurs**

- [0001] L'invention concerne un module de distribution et commutation de gaz entre adsorbateurs d'une unité de séparation ou purification par adsorption et concerne une telle unité comprenant ledit module.
- [0002] De façon générale, les unités de séparation de gaz par adsorption sont dimensionnées pour produire une fraction à une pureté spécifiée, par exemple de l'hydrogène de pureté 99,999 % mole, de l'air épuré avec moins de 1ppm d'impuretés totales, de l'oxygène à 93% mole. Cette pureté étant atteinte, les performances de l'unité s'exprime alors généralement par un rendement d'extraction du produit et par l'énergie spécifique de production généralement exprimée en KWH/Nm<sup>3</sup>.
- [0003] Un rendement élevé permet pour une production donnée, d'avoir à traiter moins de gaz d'alimentation. Une énergie spécifique faible permet de limiter la consommation énergétique. Ces deux critères jouent sur le résultat économique global de l'unité.
- [0004] De façon générale les performances des unités de séparation de gaz par adsorption se sont améliorées au cours de ces dernières décennies grâce à des développements touchant d'une part les adsorbants, d'autre part le procédé lui-même, c'est-à-dire les cycles d'adsorption mis en jeu. Il en a résulté à la fois des unités plus complexes avec un nombre élevé d'étapes et adsorbateurs et la mise en œuvre d'adsorbants efficaces mais coûteux.
- [0005] Cette évolution a donc entraîné en parallèle des efforts pour réduire la taille des adsorbateurs et le volume de la masse adsorbante. Ceci est obtenu par la réduction des temps de cycle. Ainsi par exemple les VPSA O<sub>2</sub> produisant de l'oxygène à partir d'air, par exemple atmosphérique, utilisent à présent de la zéolite échangée au lithium de cinétique améliorée et ont ainsi connu des gains de 30% et plus sur l'énergie spécifique de production tout en voyant leur cycle passer de 3 minutes à 30 secondes.
- [0006] Ces évolutions ont cependant induit un effet négatif sur les performances d'une majorité d'unités de séparation de gaz par adsorption ne leur permettant pas d'atteindre le gain escompté théorique. Cet écart provient de l'augmentation des volumes morts.
- [0007] Dans ce type d'unités, on appelle généralement volumes morts, les volumes libres occupés par le fluide gazeux entre les vannes d'entrée et de sortie d'un adsorbateur. Ils comprennent les volumes libres dans l'adsorbateur proprement dit, c'est-à-dire en particulier la zone allant du fond de l'adsorbateur jusqu'à l'interface d'entrée avec l'adsorbant et la zone équivalente en sortie. Ils comprennent d'autre part, à l'extérieur de l'adsorbateur proprement dit, le volume des tuyauteries et équipements éventuels

(piquages divers, filtres...) jusqu'aux vannes qui isolent l'adsorbant des collecteurs généraux durant le déroulement du cycle (vanne d'alimentation, de résiduaire...).

- [0008] On notera que ces différents volumes morts sont généralement rapportés au volume d'adsorbant contenu dans l'adsorbant et de ce fait exprimés en pourcentage.
- [0009] On notera également que le volume libre entre particules d'adsorbant à travers lequel circulent les différents flux gazeux est généralement compté à part et n'intervient pas dans le calcul des volumes morts.
- [0010] Sans entrer dans le détail des nombreux cycles d'adsorption, on peut comprendre en quoi la présence des volumes morts est néfaste à l'obtention des meilleures performances atteignables. Un volume mort à l'amont de la masse adsorbante va contenir du gaz d'alimentation non utilisé qui va ensuite partir avec le gaz résiduaire. On perd alors le coût de la matière première (par exemple de l'hydrogène) et éventuellement l'énergie de pression du gaz d'alimentation (par exemple de l'air comprimé). L'évacuation de ce surplus de gaz avec le résiduaire peut également avoir un coût en cas de compression (cas d'une évacuation avec pompe à vide en particulier. En outre, le gaz résiduaire situé en fin de cycle dans ce volume amont va être entraîné avec le gaz d'alimentation utilisant inutilement une partie de la capacité d'adsorption de la masse adsorbante.
- [0011] On peut raisonner de la même manière pour les volumes morts avals : perte de production, pollution du circuit de production par un gaz de régénération ou élution.
- [0012] Il est logique de rapporter, comme mentionné précédemment, ces volumes morts au volume d'adsorbant car ce dernier est proportionnel au volume de gaz d'alimentation que l'on traite par cycle. Le pourcentage de volume mort est donc en quelque sorte représentatif d'un volume de gaz perdu sur le volume de gaz traité.
- [0013] Ces effets sont connus de l'homme du métier mais ont pris de plus en plus d'importance au cours du temps, conséquence des développements techniques précédemment décrits et mis en œuvre sur ces unités.
- [0014] En effet, raccourcir le temps de phase d'une unité par adsorption consiste à faire travailler plus souvent et plus vite l'adsorbant. Il en résulte que pour les mêmes débits d'alimentation, de production, de résiduaire, le volume nécessaire d'adsorbants est réduit. Les débits restant identiques, il n'y a à priori pas lieu de diminuer le diamètre de l'adsorbant (en particulier pour éviter les risques d'attrition), ni le diamètre des différentes tuyauteries et vannes. Les fonds des adsorbants demeurent inchangés dans leur dimensionnement car celui-ci est dépendant du diamètre lui aussi inchangé de l'adsorbant. Les volumes morts internes aux adsorbants augmentent donc également.
- [0015] La perte de performances en résultant étant importante, l'homme du métier a également fait évoluer les équipements pour limiter les effets négatifs associés au développement des adsorbants et des cycles. Différentes méthodes ont été proposées pour

réduire les volumes morts internes.

- [0016] Pour les volumes morts externes, la tendance a été de réduire le diamètre des tuyauteries et de minimiser leur longueur. En contrepartie, on augmente évidemment les pertes de charge singulières (coudes, tés...) et les pertes de charge par friction. D'autre part, la réduction des longueurs de tuyauterie réduit la souplesse des tronçons de tuyauteries et augmente les contraintes qu'elles subissent.
- [0017] Une autre manière de limiter les volumes morts a consisté à utiliser une même tuyauterie pour deux fonctions différentes, dès lors que les deux flux à véhiculer l'étaient toujours à des moments différents du cycle. Ainsi, la tuyauterie d'amenée du gaz de charge à un adsorbeur peut, dans une autre étape, servir sur une au moins une portion de sa longueur à véhiculer, en particulier à contre-courant du sens de circulation du gaz de charge, un flux de dépressurisation de l'adsorbeur ou un gaz d'élution.
- [0018] Il y a donc toute une optimisation à faire entre volumes morts, pertes de charge et souplesse des tuyauteries. Pour les unités comportant plusieurs circuits en haute pression (supérieure à 10 bar absolus, préférentiellement supérieure à 25 bar abs), il est relativement facile de réduire sensiblement les volumes morts sans se pénaliser outre mesure. En effet, à ces pressions élevées, des pertes de charge de quelques dizaines de millibars ont un faible coût énergétique. La tendance va donc être vers la réduction des volumes morts au détriment de la perte de charge.
- [0019] Il en va différemment pour les unités de séparation de gaz fonctionnant à basse pression, en particulier si le cycle nécessite un pompage sous vide. A la fois, les volumes morts et les pertes de charge ont un effet négatif très sensibles sur les performances.
- [0020] Il y a donc un besoin de développer un système permettant de réduire les volumes morts tout en créant un minimum de pertes de charge et en ne générant pas de contraintes mécaniques excessives.
- [0021] L'invention a pour objet un module pour une unité de séparation ou purification par adsorption, le module étant configuré pour la distribution et la commutation d'un gaz entre un premier adsorbeur, un deuxième adsorbeur, un collecteur de gaz d'alimentation et un collecteur de gaz évacué de ladite unité, le module comprenant :
- une conduite d'alimentation configurée pour être raccordée fluidiquement au collecteur de gaz d'alimentation, la conduite d'alimentation bifurquant au niveau d'une bifurcation en une première conduite configurée pour être raccordée fluidiquement au premier adsorbeur et une deuxième conduite configurée pour être raccordée fluidiquement au deuxième adsorbeur,
  - une troisième conduite et une quatrième conduite et une jonction de la troisième conduite et de la quatrième conduite en une conduite d'évacuation configurée pour être

raccordée fluidiquement au collecteur de gaz évacué,

- un premier raccord entre la première et la troisième conduite,
- un deuxième raccord entre la deuxième et la quatrième conduite,

la conduite d'alimentation ensemble avec la première conduite formant une première voie d'alimentation du premier adsorbeur en gaz d'alimentation issu du collecteur de gaz d'alimentation,

la conduite d'alimentation ensemble avec la deuxième conduite formant une deuxième voie d'alimentation du deuxième adsorbeur en gaz d'alimentation issu du collecteur de gaz d'alimentation,

une portion de la première conduite ensemble avec la troisième conduite et la conduite d'évacuation formant une troisième voie d'évacuation du gaz évacué du premier adsorbeur vers le collecteur de gaz évacué,

une portion de la deuxième conduite ensemble avec la quatrième conduite et la conduite d'évacuation formant une quatrième voie d'évacuation du gaz évacué du deuxième adsorbeur vers le collecteur de gaz évacué,

le module comprenant :

- un premier obturateur disposé entre la bifurcation et le premier raccord, le premier obturateur étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la première voie,
- un deuxième obturateur disposé entre la bifurcation et le deuxième raccord, le deuxième obturateur étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la deuxième voie,
- un troisième obturateur disposé entre le premier raccord et la jonction, le troisième obturateur étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la troisième voie,
- un quatrième obturateur disposé entre le deuxième raccord et la jonction, le quatrième obturateur étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la quatrième voie,

chaque obturateur comprenant, dans le sens de circulation dans sa voie respective, une entrée et une sortie,

module dans lequel :

- la première voie comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le premier obturateur selon un angle  $A1$  entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en entrée de la bifurcation et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à l'entrée du premier obturateur et comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le premier adsorbeur selon un angle  $A5$  entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à la sortie du premier obturateur et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en sortie du premier raccord,

- la deuxième voie comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième obturateur selon un angle A2 entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en entrée de la bifurcation et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à l'entrée du deuxième obturateur et comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième adsorbeur selon un angle A7 entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à la sortie du deuxième obturateur et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en sortie du deuxième raccord,

- la troisième voie comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué du premier adsorbeur vers le troisième obturateur selon un angle A6 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué en entrée du premier raccord et une direction d'écoulement dudit gaz évacué à l'entrée du troisième obturateur et comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué du premier adsorbeur vers le collecteur de gaz évacué selon un angle A3 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué à la sortie du troisième obturateur et une direction d'écoulement dudit gaz évacué en sortie de la jonction,

- la quatrième voie comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué du deuxième adsorbeur vers le quatrième obturateur selon un angle A8 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué en entrée du deuxième raccord et une direction d'écoulement dudit gaz évacué à l'entrée du quatrième obturateur et comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué du deuxième adsorbeur vers le collecteur de gaz évacué selon un angle A4 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué à la sortie du quatrième obturateur et une direction d'écoulement dudit gaz évacué en sortie de la jonction,

caractérisé en ce que chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est inférieur à 90°.

[0022] Le module ainsi dimensionné offre une géométrie de distribution et commutation du gaz limitant les changements brusques de direction et les obstacles, ce qui permet de réduire les pertes de charges, sans augmenter les volumes morts et les contraintes mécaniques. Aucun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 n'est supérieur ou égal à 90°.

[0023] Selon un mode de réalisation, chacun des coudes est configuré pour rediriger le gaz selon un angle inférieur à 90°.

[0024] Selon un mode de réalisation, chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est compris entre 20° et 80°, bornes incluses.

[0025] Selon un mode de réalisation :

- A1 + A5 est inférieur ou égal à 90°,
- A2 + A7 est inférieur ou égal à 90°,
- A6 + A3 est inférieur ou égal à 90°,

- et/ou  $A8 + A4$  est inférieur ou égal à  $90^\circ$ .

[0026] Selon un mode de réalisation :

- la première voie comprend un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle  $A1$  et/ou un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle  $A5$ ,

- la deuxième voie comprend un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle  $A2$  et/ou un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle  $A7$ ,

- la troisième voie comprend un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle  $A6$  et/ou un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle  $A3$  et/ou

- la quatrième voie comprend un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle  $A8$  et/ou un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle  $A4$ .

En particulier, le coude de redirection selon l'angle  $A1$  et le coude de redirection selon l'angle  $A2$  sont disposés sur la bifurcation, le coude de redirection selon l'angle  $A3$  et le coude de redirection selon l'angle  $A4$  sont disposés sur la jonction, le coude de redirection selon l'angle  $A5$  et le coude de redirection selon l'angle  $A6$  sont disposés sur le premier raccord et/ou le coude de redirection selon l'angle  $A7$  et le coude de redirection selon l'angle  $A8$  sont disposés sur le deuxième raccord.

[0027] Selon un mode de réalisation, le module présente une première symétrie par rapport à un premier plan de symétrie passant par la bifurcation et la jonction. En particulier, le module présente également une deuxième symétrie par rapport à un deuxième plan de symétrie passant par le premier raccord et le deuxième raccord, le deuxième plan de symétrie étant perpendiculaire au premier plan de symétrie.

[0028] Selon un mode de réalisation, l'ensemble des conduites s'étend dans un même plan d'extension.

[0029] Selon un mode de réalisation, la section des conduites est circulaire. En particulier, le diamètre interne des conduites est compris entre 6'' et 48'' (entre 0,15 et 1,22 mètres), de préférence entre 8'' et 40'' entre (entre 0,2 et 1,02 mètres).

[0030] Selon un mode de réalisation, la longueur entre la bifurcation et le premier raccord, entre la bifurcation et le deuxième raccord, entre le premier raccord et la jonction et/ou entre le deuxième raccord et la jonction d'une conduite est comprise entre 1 fois et 10 fois  $D$ ,  $D$  étant le diamètre équivalent hydraulique de la conduite. En particulier, le diamètre équivalent hydraulique de la conduite est le diamètre interne de la conduite lorsque celle-ci est de section circulaire.

[0031] Selon un mode de réalisation :

- les conduites formant au moins une des première, deuxième, troisième et quatrième voies ont un diamètre équivalent hydraulique,

-  $D_c$  est le diamètre équivalent hydraulique des conduites au niveau d'au moins un coude d'au moins une des première, deuxième, troisième et quatrième voie,

- $R_c$  est le rayon de courbure du au moins un coude au centre des conduites,
- et  $R_c/D_c$  est compris entre 0,05 et 5, en particulier est compris entre 0,05 et 2,5, en particulier est compris entre 0,5 et 1,5.

En particulier, pour chacun des coudes du module,  $R_c/D_c$  est compris entre 0,05 et 5, en particulier est compris entre 0,05 et 2,5, en particulier est compris entre 0,5 et 1,5. En particulier, le diamètre équivalent hydraulique des conduites est le diamètre interne des conduites lorsque celles-ci sont de section circulaire. Selon un mode de réalisation particulier, les coudes ont un rayon de courbure nul. Chacune des conduites est notamment essentiellement rectiligne. En particulier, les conduites forment ensemble un quadrilatère convexe. Préférentiellement, les coudes ont un rayon de courbure non-nul.

[0032] Selon un mode de réalisation, le module comprend :

- une bride de fixation et connexion fluidique de la première conduite à l'entrée du premier obturateur et une bride de fixation et connexion fluidique de la première conduite à la sortie du premier obturateur,
- une bride de fixation et connexion fluidique de la deuxième conduite à l'entrée du deuxième obturateur et une bride de fixation et connexion fluidique de la deuxième conduite à la sortie du deuxième obturateur,
- une bride de fixation et connexion fluidique de la troisième conduite à l'entrée du troisième obturateur et une bride de fixation et connexion fluidique de la troisième conduite à la sortie du troisième obturateur et
- une bride de fixation et connexion fluidique de la quatrième conduite à l'entrée du quatrième obturateur et une bride de fixation et connexion fluidique de la quatrième conduite à la sortie du quatrième obturateur.

[0033] Selon un mode de réalisation, les obturateurs sont des vannes d'arrêt, des vannes Tout ou Rien (TOR) par exemple. Alternativement, les obturateurs sont des vannes proportionnelles, telles que des vannes papillons, configurées pour réguler le débit de circulation dans la voie respective. Dans un mode de réalisation, les obturateurs sont configurés pour laisser la section maximale de circulation de la conduite libre pour la circulation du gaz lorsqu'ils sont en position ouverte.

[0034] Selon un mode de réalisation, l'ensemble des conduites comprend une pluralité de tube de circulation des gaz et au moins une liaison fluidique entre deux des tubes, ladite liaison fluidique étant configurée pour relier de façon étanche lesdits deux tubes et assurer un degré de liberté sur la position desdits deux tubes l'un par rapport à l'autre. La jonction fluidique est par exemple une bride à épaulement de soudure ou une collerette à emboîtement.

[0035] Selon un mode de réalisation, le module comprend une structure support, l'ensemble des conduites étant monté sur ladite structure support, le module comprenant des

moyens de manutention fixés à la structure support.

[0036] L'invention a également pour objet une unité de séparation ou purification par adsorption comprenant au moins un couple d'un premier adsorbeur et d'un deuxième adsorbeur, au moins deux collecteurs dont un collecteur de gaz d'alimentation et un collecteur de gaz évacué et le module tel que décrit précédemment, unité dans laquelle :

- le collecteur de gaz d'alimentation est connecté fluidiquement à la conduite d'alimentation,
- le collecteur de gaz évacué est connecté fluidiquement à la conduite d'évacuation,
- le premier adsorbeur est connecté fluidiquement à la première conduite,
- le deuxième adsorbeur est connecté fluidiquement à la deuxième conduite.

[0037] Selon un mode de réalisation, l'unité comprend N couples de deux adsorbeurs et N modules tel que décrit précédemment, avec  $N > 1$ . En particulier, l'unité comprend N couples de deux adsorbeurs et 2N modules tel que décrit précédemment.

[0038] Selon un mode de réalisation, les adsorbeurs comprennent des grappes de modules d'adsorption, les modules d'adsorption opérant en parallèle.

[0039] Selon un mode de réalisation, l'unité de séparation ou purification par adsorption est une unité modulée en température (unité TSA).

[0040] Selon un mode de réalisation, le collecteur de gaz d'alimentation est un collecteur d'un gaz de charge, l'unité de séparation ou purification étant configurée pour, lors d'une étape d'adsorption, séparer dans l'un des premier et deuxième adsorbeurs ledit gaz de charge en un gaz produit et un gaz résiduaire et le collecteur de gaz évacué est un collecteur dudit gaz résiduaire.

[0041] En particulier, l'unité comprend un collecteur d'un gaz de régénération ou élution, pour, suite à l'étape d'adsorption, régénérer le premier ou le deuxième adsorbeur et un collecteur dudit gaz produit (collecteur de gaz produit),

le module est un premier module et l'unité comprend un deuxième module tel que décrit précédemment et :

- la conduite d'alimentation du deuxième module est connectée fluidiquement au collecteur de gaz de régénération ou élution,
- la conduite d'évacuation du deuxième module est connectée fluidiquement au collecteur du gaz produit,
- la première conduite du deuxième module est connectée fluidiquement au premier adsorbeur,
- la deuxième conduite du deuxième module est connectée fluidiquement au deuxième adsorbeur.

[0042] En particulier, le premier adsorbeur comprend une première extrémité et une deuxième extrémité opposée à la première extrémité, le deuxième adsorbeur comprend

une troisième extrémité située au niveau de la première extrémité, le deuxième adsorbeur comprenant une quatrième extrémité opposée à la troisième extrémité et située au niveau de la deuxième extrémité, le premier module étant agencé dans l'unité entre le premier et le deuxième adsorbeur, au niveau de la première et de la troisième extrémité, le deuxième module étant agencé dans l'unité entre le premier et le deuxième adsorbeur, notamment au niveau de la deuxième et de la quatrième extrémité. En particulier, l'unité comprend N modules agencés entre le premier et le deuxième adsorbeur, au niveau de la première et de la troisième extrémité et N modules agencés entre le premier et le deuxième adsorbeur, notamment au niveau de la deuxième et de la quatrième extrémité.

[0043] Alternativement, l'unité de séparation ou purification est configurée pour, lors d'une étape d'adsorption, séparer dans l'un des premier et deuxième adsorbeur un gaz de charge en un gaz produit et un gaz résiduaire, le collecteur de gaz d'alimentation est un collecteur d'un gaz de régénération ou élution pour, suite à l'étape d'adsorption, régénérer le premier ou le deuxième adsorbeur, et le collecteur de gaz évacué est un collecteur dudit gaz produit.

[0044] Selon un mode de réalisation, l'unité de séparation ou purification par adsorption est une unité modulée en pression. En particulier, l'unité est configurée pour produire un flux enrichi en oxygène à partir d'air, par exemple atmosphérique, la teneur en oxygène de la production étant préférentiellement comprise entre 88 % et 94 % mole, notamment entre 90 % et 93 % mole. Il s'agit par exemple d'une unité VSA ou VPSA dans laquelle une pompe à vide est connectée fluidiquement au collecteur de gaz résiduaire. La pompe à vide est notamment une soufflante (blower en anglais).

[0045] L'unité de séparation ou purification peut mettre en œuvre un procédé de distribution et commutation, l'unité étant alimentée en gaz d'alimentation et de laquelle un gaz évacué est extrait,

le procédé comprenant une première étape, la première étape comprenant les sous-étapes suivantes :

- ouverture du premier obturateur et du quatrième obturateur,
- fermeture du deuxième obturateur et du troisième obturateur,
- circulation du gaz d'alimentation dans le collecteur de gaz d'alimentation et dans la première voie,
- redirection du gaz d'alimentation vers le premier obturateur selon l'angle A1,
- circulation du gaz d'alimentation à travers le premier obturateur,
- redirection du gaz d'alimentation vers le premier adsorbeur selon l'angle A5,
- alimentation du premier adsorbeur en gaz d'alimentation,
- extraction du deuxième adsorbeur du gaz évacué,
- circulation du gaz évacué dans la quatrième voie,

- redirection du gaz évacué vers le quatrième obturateur selon l'angle A8,
  - circulation du gaz évacué à travers le quatrième obturateur,
  - redirection du gaz évacué vers le collecteur de gaz évacué selon un l'angle A4,
- le procédé comprenant une deuxième étape, la deuxième étape comprenant les sous-étapes suivantes:
- ouverture du deuxième obturateur et du troisième obturateur,
  - fermeture du premier obturateur et du quatrième obturateur,
  - circulation du gaz d'alimentation dans le collecteur de gaz d'alimentation et dans la deuxième voie,
  - redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième obturateur selon l'angle A2,
  - circulation du gaz d'alimentation à travers le deuxième obturateur,
  - redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième adsorbeur selon l'angle A7,
  - alimentation en gaz d'alimentation du deuxième adsorbeur,
  - extraction du premier adsorbeur du gaz évacué
  - circulation du gaz évacué dans la troisième voie,
  - redirection du gaz évacué vers le troisième obturateur selon l'angle A6,
  - circulation du gaz évacué à travers le troisième obturateur,
  - redirection du gaz évacué vers le collecteur de gaz évacué selon l'angle A3.

[0046] L'unité comprenant un collecteur d'un gaz de charge et un collecteur de gaz résiduaire peut mettre en œuvre procédé décrit plus haut, procédé dans lequel le gaz d'alimentation est un gaz de charge et le gaz d'évacuation est un gaz résiduaire, procédé dans lequel la première étape comprend en outre les étapes suivantes :

- séparation dans le premier adsorbeur du gaz de charge en un premier gaz résiduaire adsorbé et un premier gaz produit,
- régénération ou élution du deuxième adsorbeur et désorption d'un deuxième gaz résiduaire adsorbé dans le deuxième adsorbeur,

procédé dans lequel la deuxième étape comprend en outre les étapes suivantes :

- séparation dans le deuxième adsorbeur régénéré lors de la première étape du gaz de charge en le deuxième gaz résiduaire adsorbé et un deuxième gaz produit,
- régénération ou élution du premier adsorbeur et désorption du premier gaz résiduaire adsorbé dans le premier adsorbeur lors de la première étape.

[0047] L'unité comprenant un collecteur d'un gaz de régénération ou élution et un collecteur de gaz produit peut mettre en œuvre le procédé décrit plus haut, procédé dans lequel le gaz d'alimentation est un gaz de régénération ou élution et le gaz évacué est un gaz produit, l'unité étant alimentée en gaz de charge,

procédé dans lequel la première étape comprend en outre les étapes suivantes :

- régénération ou élution du premier adsorbeur alimenté en gaz de régénération ou élution et désorption d'un premier gaz résiduaire adsorbé dans le premier adsorbeur,

- séparation du gaz de charge dans le deuxième adsorbeur en un deuxième gaz résiduaire adsorbé et un deuxième gaz produit,

procédé dans lequel la deuxième étape comprend en outre les étapes suivantes :

- régénération ou élution du deuxième adsorbeur alimenté en gaz de régénération ou élution et désorption du deuxième gaz résiduaire adsorbé lors de la première étape,

- séparation dans le premier adsorbeur régénéré durant la première étape du gaz de charge en le premier gaz résiduaire adsorbé et un premier gaz produit.

[0048] Selon une mise en œuvre, le premier procédé de distribution et commutation comprend une étape d'équilibrage durant laquelle les premier, deuxième, troisième et quatrième obturateurs sont fermés, isolant ainsi le premier et le deuxième adsorbeur du collecteur de gaz d'alimentation et du collecteur de gaz évacué.

[0049] L'unité comprenant un collecteur d'un gaz de charge, un collecteur de gaz résiduaire, un collecteur d'un gaz de régénération ou élution et un collecteur de gaz produit, l'unité comprenant le premier et le deuxième module tels que décrits précédemment peut mettre en œuvre le premier et le deuxième procédé de commutation et distribution, la première étape du premier procédé ayant lieu durant la deuxième étape du deuxième procédé, la deuxième étape du premier procédé ayant lieu durant la première étape du deuxième procédé.

[0050] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'un mode de réalisation non limitant :

[0051] La [Fig.1] représente une vue schématique de l'unité de séparation ou purification par adsorption ;

La [Fig.2] représente un exemple de bifurcation, de jonction ou de raccord du module selon l'invention ;

La [Fig.3] représente un exemple de procédé de fabrication d'une bifurcation, d'une jonction ou d'un raccord ;

La [Fig.4] représente une vue de dessus d'un module selon l'invention ;

La [Fig.5] représente le premier procédé de commutation et distribution mise en œuvre par une unité comprenant un module selon l'invention ;

La [Fig.6] représente le deuxième procédé de commutation et distribution mise en œuvre par une unité comprenant un module selon l'invention ;

La [Fig.7] représente une unité comprenant deux modules selon l'invention.

[0052] Les figures 1 et 4 représentent un module 1 pour une unité 2 de séparation ou purification par adsorption. Le module 1 est configuré pour la distribution et la commutation d'un gaz (module de distribution et commutation) entre différents composants de l'unité, parmi lesquels un premier adsorbeur 3a, un deuxième adsorbeur 3b, un collecteur 4a de gaz d'alimentation et un collecteur 4b de gaz évacué.

[0053] Par gaz d'alimentation, on entend ici un flux gazeux qui pénètre au cours du cycle

successivement dans les différents adsorbants. Il peut s'agir du gaz de charge à fractionner ou à épurer dans l'unité mais également d'un flux gazeux recyclé, d'un gaz de régénération (cas d'une unité TSA) ou élution (cas d'une unité PSA) issu de l'unité ou de provenance externe à cette unité. De la même façon, le gaz évacué peut être la production, qu'elle soit produite à la haute ou à la basse pression du cycle, un gaz de dépressurisation, un flux gazeux issu de la phase de régénération ou élution.

[0054] Le module 1 comprend ainsi une conduite d'alimentation 5 (voir la [Fig.4]) configurée pour être raccordée fluidiquement au collecteur 4a d'alimentation. La conduite d'alimentation 5 bifurque au niveau d'une bifurcation 6 en une première conduite 7 configurée pour être raccordée fluidiquement au premier adsorbant 3a et une deuxième conduite 8 configurée pour être raccordée fluidiquement au deuxième adsorbant 3b. Le module 1 comprend également une troisième conduite 9 et une quatrième conduite 10 et une jonction 11 de la troisième conduite 9 et de la quatrième conduite 10 en une conduite d'évacuation 12. La conduite d'évacuation 12 est configurée pour être raccordée fluidiquement au collecteur 4b de gaz évacué. Le module 1 comprend enfin un premier raccord 13 entre la première conduite 7 et la troisième conduite 9 et un deuxième raccord 14 entre la deuxième conduite 8 et la quatrième conduite 10.

[0055] Le module 1 comprend ainsi plusieurs voies de circulation du gaz. La conduite d'alimentation 5 ensemble avec la première conduite 7 forment une première voie 15 d'alimentation du premier adsorbant 3a en gaz d'alimentation issu du collecteur 4a de gaz d'alimentation (voir [Fig.5]). La conduite d'alimentation 5 ensemble avec la deuxième conduite 8 forment une deuxième voie 16 d'alimentation du deuxième adsorbant 3b en gaz d'alimentation issu du collecteur 4a de gaz d'alimentation (voir [Fig.6]). Une portion de la première conduite 7, configurée pour être raccordée au premier adsorbant 3a et disposée, sur la première conduite 7, en amont du premier raccord 13 dans le sens de circulation du gaz évacué issu du premier adsorbant 3a constitue, ensemble avec la troisième conduite 9 et la conduite d'évacuation 12, une troisième voie 17 d'évacuation du gaz évacué issu du premier adsorbant 3a vers le collecteur 4b de gaz évacué. Une portion de la deuxième conduite 8, configurée pour être raccordée au deuxième adsorbant 3b et disposée, sur la deuxième conduite 8, en amont du deuxième raccord 14 dans le sens de circulation du gaz évacué issu du deuxième adsorbant 3b constitue, ensemble avec la quatrième conduite 10 et la conduite d'évacuation 12, une quatrième voie 18 d'évacuation du gaz évacué issu du deuxième adsorbant 3b vers le collecteur 4b de gaz évacué.

[0056] Le module 1 comprend un premier obturateur 21 disposé sur la première voie 15 entre la bifurcation 6 et le premier raccord 13. Le premier obturateur est configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la première voie 15. Le premier ob-

turateur 21 comprend, dans le sens de circulation du gaz dans la première voie 15 une entrée 21a pour ledit gaz et une sortie 21b pour ledit gaz.

[0057] Le module 1 comprend un deuxième obturateur 22 disposé sur la deuxième voie 16 entre la bifurcation 6 et le deuxième raccord 14. Le deuxième obturateur 22 est configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la deuxième voie 16. Le deuxième obturateur 22 comprend, dans le sens de circulation du gaz dans la deuxième voie 16 une entrée 22a pour ledit gaz et une sortie 22b pour ledit gaz.

[0058] Le module 1 comprend un troisième obturateur 23 disposé sur la troisième voie 17 entre le premier raccord 13 et la jonction 11. Le troisième obturateur est configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la circulation dans la troisième voie 17. Le troisième obturateur comprend, dans le sens de circulation du gaz dans la troisième voie 17 une entrée 23a pour ledit gaz et une sortie 23b pour ledit gaz.

[0059] Le module 1 comprend un quatrième obturateur 24 disposé sur la quatrième voie 18 entre le deuxième raccord 14 et la jonction 11. Le quatrième obturateur 24 est configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la circulation dans la quatrième voie 18. Le quatrième obturateur 24 comprend, dans le sens de circulation du gaz dans la quatrième voie 18 une entrée 24a pour ledit gaz et une sortie 24b pour ledit gaz.

La première voie 15 comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation circulant vers le premier obturateur 21 selon un angle A1 entre une direction générale d'écoulement dans la conduite d'alimentation 5 dudit gaz d'alimentation, en entrée de la bifurcation 6, immédiatement en amont de la bifurcation 6 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la première voie 15, avant que la conduite d'alimentation 5 ne bifurque et une direction générale d'écoulement dans la première conduite 7 dudit gaz d'alimentation, à l'entrée 21a du premier obturateur 21, immédiatement en amont du premier obturateur 21 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la première voie 15. La première voie 15 comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation circulant vers le premier adsorbeur 3a selon un angle A5 entre une direction générale d'écoulement dans la première conduite 7 dudit gaz d'alimentation, à la sortie 21b du premier obturateur 21, immédiatement en aval du premier obturateur 21 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la première voie 15 et une direction générale d'écoulement dans la première conduite 7 dudit gaz d'alimentation, en sortie du premier raccord 13, immédiatement en aval du premier raccord 13 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la première voie 15, après que la troisième conduite 9 soit raccordée à la première conduite 7.

[0060] La deuxième voie 16 comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation circulant vers le deuxième obturateur 22 selon un angle A2 entre une direction générale d'écoulement dans la conduite d'alimentation 5 dudit gaz

d'alimentation, en entrée de la bifurcation 6, immédiatement en amont de la bifurcation 6 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la deuxième voie 16, avant que la conduite d'alimentation 5 ne bifurque et une direction générale d'écoulement dans la deuxième conduite 8 dudit gaz d'alimentation, à l'entrée 22a du deuxième obturateur 22, immédiatement en amont du deuxième obturateur 22 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la deuxième voie 16. La deuxième voie 16 comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation circulant vers le deuxième adsorbeur 3b selon un angle A7 entre une direction générale d'écoulement dans la deuxième conduite 8 dudit gaz d'alimentation, à la sortie 22b du deuxième obturateur 22, immédiatement en aval du deuxième obturateur 22 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la deuxième voie 16 et une direction générale d'écoulement dans la deuxième conduite 8 dudit gaz d'alimentation, en sortie du deuxième raccord 14, immédiatement en aval du deuxième raccord 14 dans le sens de circulation du gaz d'alimentation dans la première voie 15, après que la quatrième conduite 10 soit raccordée à la deuxième conduite 8.

[0061] La troisième voie 17 comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué issu du premier adsorbeur 3a circulant vers le troisième obturateur 23 selon un angle A6 entre une direction générale d'écoulement dans la première conduite 7 dudit gaz évacué, en entrée du premier raccord 13, immédiatement en amont du premier raccord 13 dans le sens de circulation du gaz évacué dans la troisième voie 17, avant que la troisième conduite 9 ne soit raccordée à la première conduite 7 et une direction générale d'écoulement dans la troisième conduite 9 dudit gaz évacué, à l'entrée 23a du troisième obturateur 23, immédiatement en amont troisième obturateur 23 dans le sens de circulation du gaz évacué dans la troisième voie 17. La troisième voie 17 comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué issu du premier adsorbeur 3a circulant vers le collecteur 4b de gaz évacué selon un angle A3 entre une direction générale d'écoulement dans la troisième conduite 9 dudit gaz évacué, à la sortie 23b du troisième obturateur 23, immédiatement en aval du troisième obturateur 23 dans le sens de circulation du gaz évacué dans la troisième voie 17 et une direction générale d'écoulement dans la conduite d'évacuation 12 dudit gaz évacué, en sortie de la jonction 11, immédiatement en aval de la jonction 11 dans le sens de circulation du gaz évacué dans la troisième voie 17, après que la troisième conduite 9 soit jointe à la quatrième conduite 10 en la conduite d'évacuation 12.

[0062] La quatrième voie 18 comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué issu du deuxième adsorbeur 3b circulant vers le quatrième obturateur 24 selon un angle A8 entre une direction générale d'écoulement dans la deuxième conduite 8 dudit gaz évacué, en entrée du deuxième raccord 14, immédiatement en amont du deuxième raccord 14 dans le sens de circulation du gaz évacué dans la quatrième voie 18, avant

que la quatrième conduite 10 ne soit raccordée à la deuxième conduite 8 et une direction générale d'écoulement dans la quatrième conduite 10 dudit gaz évacué, à l'entrée 24a du quatrième obturateur 24, immédiatement en amont quatrième obturateur 24 dans le sens de circulation du gaz évacué dans la quatrième voie 18. La quatrième voie 18 comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué issu du deuxième adsorbeur 3b circulant vers le collecteur 4b de gaz évacué selon un angle A4 entre une direction générale d'écoulement dans la quatrième conduite 10 dudit gaz évacué, à la sortie 24b du quatrième obturateur 24, immédiatement en aval du quatrième obturateur 24 dans le sens de circulation du gaz évacué dans la quatrième voie 18 et une direction générale d'écoulement dans la conduite d'évacuation 12 dudit gaz évacué, en sortie de la jonction 11, immédiatement en aval de la jonction 11, dans le sens de circulation du gaz évacué dans la quatrième voie 18, après que la troisième conduite 9 soit jointe à la quatrième conduite 10 en la conduite d'évacuation 12.

- [0063] Les voies comprennent donc des coudes ou tubes coudés, ce terme couvrant tous les rayons de courbure praticables dans le cadre de l'invention.
- [0064] Les coudes selon l'invention peuvent être situés sur la première, la deuxième, la troisième ou la quatrième conduite 10, sur le premier raccord 13, à cheval entre la première et la troisième conduite 9, sur le deuxième raccord 14, à cheval entre la deuxième et la quatrième conduite 10, sur la bifurcation 6, à cheval entre la conduite d'alimentation 5 et la première conduite 7 ou la deuxième conduite 8 ou sur la jonction 11, à cheval entre la conduite d'évacuation 12 et la troisième conduite 9 ou la quatrième conduite 10.
- [0065] Selon l'invention, chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est inférieur à 90°. Le ou les coudes de chacune des voies, pris dans leur ensemble, provoque(nt) donc une redirection du gaz selon un angle maximum A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 ou A8 strictement inférieur à 90°. Le module 1 ainsi dimensionné offre une géométrie de distribution et commutation du gaz limitant les changements brusques de direction et les obstacles, ce qui permet de réduire les pertes de charges, sans augmenter les volumes morts et les contraintes mécaniques. Aucun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 n'est supérieur ou égal à 90°.
- [0066] Dans le mode de réalisation décrit, chacun des coudes est configuré pour rediriger le gaz selon un angle inférieur à 90°. Autrement dit, aucun des coudes n'est configuré pour rediriger le gaz selon un angle supérieur ou égal à 90°, chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est strictement inférieur à 90°. Le module 1 comprend donc au moins 8 coudes. Un coude redirige le gaz selon un angle, le gaz s'écoulant après redirection dans une nouvelle direction générale d'écoulement dans la conduite en question. L'angle entre ladite nouvelle direction générale d'écoulement et la direction générale d'écoulement en amont de la redirection est inférieur à 90°. Chacun des

coudes du module 1 est, en tant que tel, configuré pour rediriger le gaz selon un angle inférieur à  $90^\circ$ , entre une direction d'écoulement du gaz immédiatement en amont dudit coude et une direction d'écoulement du gaz immédiatement en aval dudit coude. Rediriger le gaz selon un angle suffisamment faible (inférieur à  $90^\circ$ ) limite les pertes de charge. Dans le mode de réalisation représenté, les coudes sont configurés pour rediriger le gaz selon un angle environ égal à  $45^\circ$  ce qui limite encore davantage les pertes de charge.

- [0067] La [Fig.2] montre un exemple de bifurcation 6 permettant une redirection du gaz dans le module 1 selon l'invention. L'angle AX entre la direction générale d'écoulement 19 du gaz en amont de la redirection (et en amont de la bifurcation 6) et la direction générale d'écoulement 20 du gaz en aval de la redirection (et en aval de la bifurcation 6) est strictement inférieur à  $90^\circ$ . L'angle de redirection dans le sens de circulation du gaz est donc l'angle selon lequel le gaz en aval de la redirection a été dévié de sa direction générale d'écoulement initiale en amont de la redirection.
- [0068] Le module 1 (parfois appelé skid en anglais) comprend l'ensemble d'équipements dont en particulier, l'ensemble de conduites, les obturateurs (vannes par exemple), le tout permettant la distribution et la commutation des différents flux de gaz vers les adsorbateurs ou provenant des adsorbateurs, vers les collecteurs ou provenant des collecteurs, au cours du fonctionnement d'une unité 2 de séparation ou purification par adsorption.
- [0069] Un collecteur est canalisation qui raccorde fluidiquement différents équipements et qui est agencée pour recevoir de ceux-ci ou distribuer vers ces derniers divers fluides. Lesdits équipements peuvent être des unités de traitement de fluides (filtre, adsorbateur, machine...) ou d'autres canalisations ou conduites. Dans le contexte de la demande, les fluides en circulation pouvant être sous pression, voire sous vide, il s'agira généralement de tuyaux de section circulaire, éventuellement en polymères (PVC, PER...) mais préférentiellement métalliques (acier carbone, inox, alliages d'aluminium...). Ces collecteurs sont généralement différenciés selon leur fonction: collecteur d'alimentation, d'évacuation, de production, de gaz de régénération ou élution, etc. Mais il convient de noter qu'un même collecteur peut avoir 2 fonctions ou plus, les fluides circulant éventuellement en sens inverse selon le cas.
- [0070] Dans le mode de réalisation de la [Fig.1], chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est sensiblement égal à  $45^\circ$ , aux écarts de mesure et tolérances prêt. L'invention s'étend cependant au-delà de ce mode de réalisation.
- [0071] Dans le mode de réalisation représenté, la somme de l'angle A1 et de l'angle A5 est égale à  $90^\circ$ , la somme de l'angle A2 et de l'angle A7 est égale à  $90^\circ$ , la somme de l'angle A6 et de l'angle A3 est égale à  $90^\circ$  et la somme de l'angle A8 et de l'angle A4 est égale à  $90^\circ$ .

[0072] Dans le mode de réalisation décrit, la première voie 15 comprend un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle A1 et un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle A5, la deuxième voie 16 comprend un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle A2 et un seul coude de redirection du gaz d'alimentation selon l'angle A7, la troisième voie 17 comprend un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle A6 et un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle A3 et la quatrième voie 18 comprend un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle A8 et un seul coude de redirection du gaz évacué selon l'angle A4. Le coude de redirection selon l'angle A1 et le coude de redirection selon l'angle A2 sont disposés sur la bifurcation 6, le coude de redirection selon l'angle A3 et le coude de redirection selon l'angle A4 sont disposés sur la jonction 11, le coude de redirection selon l'angle A5 et le coude de redirection selon l'angle A6 sont disposés sur le premier raccord 13 et/ou le coude de redirection selon l'angle A7 et le coude de redirection selon l'angle A8 sont disposés sur le deuxième raccord 14. L'invention s'étend cependant au-delà de ce qui est représenté à la [Fig.1].

[0073] Ainsi, dans un mode de réalisation non-représenté :

- la première voie 15 comprend au moins trois coudes, deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz d'alimentation selon l'angle A1 ou deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz d'alimentation selon l'angle A5,
- la deuxième voie 16 comprend au moins trois coudes, deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz d'alimentation selon l'angle A2 ou deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz d'alimentation selon l'angle A7,
- la troisième voie 17 comprend au moins trois coudes, deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz évacué selon l'angle A6 ou deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz évacué selon l'angle A3,
- la quatrième voie 18 comprend au moins trois coudes, deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz évacué selon l'angle A8 ou deux coudes parmi lesdits au moins trois coudes étant ensemble configurés pour rediriger le gaz évacué selon l'angle A4.

[0074] Chacune des premières, deuxième, troisième et quatrième voies peut comprendre une pluralité de coudes. Les coudes de chacune des voies pris ensemble font en sorte que le gaz circulant soit redirigé selon les angles maximum au sens de l'invention, respectivement A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8.

[0075] Le module 1 des figures 1 et 4 présente une première symétrie par rapport à un premier plan de symétrie, passant par la bifurcation 6 et la jonction 11. Ainsi, les voies

d'alimentation du premier adsorbeur 3a et du deuxième adsorbeur 3b permettent une alimentation desdits adsorbeurs selon des trajets identiques. L'alimentation des adsorbeurs se fait donc de manière équilibrée d'un point de vue fluïdique. Cela permet de diminuer le recours à des moyens de régulation des débit des gaz circulants, pour équilibrer l'alimentation des adsorbeurs en gaz et est avantageux en termes de pertes de charges. De même, les voies d'évacuation du premier adsorbeur 3a et du deuxième adsorbeur 3b permettent une évacuation desdits adsorbeurs selon des trajets identiques. Il peut être avantageux de configurer les voies d'évacuation de manière symétrique entre elles mais avec des coudes générant moins de pertes de charges que les coudes des voies d'alimentation, les angles restant tous inférieurs à 90°. La basse pression pouvant jouer substantiellement sur les performances de séparation de l'unité, cela offre une flexibilité utile par exemple lorsqu'une pompe est utilisée pour l'évacuation. En particulier, la conduite d'alimentation 5 et la conduite d'évacuation 12 s'étendent dans le premier plan. En particulier, le premier obturateur 21 est disposé dans le module 1 symétriquement par rapport au deuxième obturateur 22 et le troisième obturateur 23 est disposé dans le module 1 symétriquement par rapport au quatrième obturateur 24. Les relations suivantes sont notamment vérifiées :

- $A1 = A2$ ,
- $A3 = A4$ ,
- $A5 = A7$ ,
- $A6 = A8$ ,
- $L1 = L2$ , avec  $L1$  étant la longueur de la première conduite 7 entre la bifurcation 6 et le premier raccord 13 et  $L2$  étant la longueur de la deuxième conduite 8 entre la bifurcation 6 et le deuxième raccord 14 et
- $L3 = L4$ , avec  $L3$  étant la longueur de la troisième conduite 9 entre le premier raccord 13 et la jonction 11 et  $L4$  étant la longueur de la quatrième conduite 10 entre le deuxième raccord 14 et la jonction 11.

[0076] Le module 1 des figures 1 et 4 présente également une deuxième symétrie par rapport à un deuxième plan de symétrie passant par le premier raccord 13 et le deuxième raccord 14, le deuxième plan de symétrie étant perpendiculaire au premier plan de symétrie. L'évacuation du premier adsorbeur 3a et du deuxième adsorbeur 3b se fait alors de manière équilibrée d'un point de vue fluïdique par rapport à leur alimentation. En particulier, la portion de la première conduite 7 en amont du premier raccord 13 dans le sens de circulation du gaz évacué issu du premier adsorbeur 3a et la portion de la deuxième conduite 8 en amont du deuxième raccord 14 dans le sens de circulation du gaz évacué issu du deuxième adsorbeur 3b s'étendent dans le deuxième plan. En particulier, le premier obturateur 21 est disposé dans le module 1 symétriquement par rapport au troisième obturateur 23 par rapport au deuxième plan et le deuxième ob-

turateur 22 est disposé dans le module 1 symétriquement au quatrième obturateur 24 par rapport au deuxième plan. Les relations suivantes sont notamment vérifiées :

- $A1 = A3$ ,
- $A2 = A4$ ,
- $A5 = A6$ ,
- $A7 = A8$  et
- $L1 = L3$  et  $L2 = L4$ .

[0077] Les relations suivantes sont vérifiées :  $L1 = L2 = L3 = L4$  et  $A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6 = A7 = A8$ .

[0078] Dans l'espace, la conduite d'alimentation 5, la première conduite 7, la deuxième conduite 8, la troisième conduite 9, la quatrième conduite 10 et la conduite d'évacuation 12 s'étendent dans un même plan d'extension. Ainsi, les angles de redirection de la circulation du gaz sont limités dans la direction Z et les pertes de charges sont réduites encore davantage. Le plan d'extension est perpendiculaire au premier plan de symétrie et au deuxième plan de symétrie.

[0079] Dans le mode de réalisation de la [Fig.4], la section des conduites est circulaire.

[0080] Typiquement, le module 1 est dimensionné de la façon suivante :

[0081] - le diamètre interne des conduites est compris entre 6'' et 48'' (entre 0,15 et 1,22 mètres), de préférence entre 8'' et 40'' (entre 0,2 et 1,02 mètres).

- [0082]
- $D \leq L1 \leq 10 \times D$
  - $D \leq L2 \leq 10 \times D$
  - $D \leq L3 \leq 10 \times D$
  - $D \leq L4 \leq 10 \times D$

avec D le diamètre équivalent hydraulique des conduites. Dans le mode de réalisation de la [Fig.4] dans lequel la section des conduites est circulaire, le diamètre équivalent hydraulique de la conduite est le diamètre interne de la conduite.

[0083] - et  $Rc/Dc$  est compris entre 0,05 et 5, en particulier est compris entre 0,05 et 2,5, en particulier est compris entre 0,5 et 1,5

avec  $Dc$  le diamètre équivalent hydraulique des conduites dans leurs portions coudées et  $Rc$  le rayon de courbure desdits coude au centre des conduites. C'est le rayon du cercle tangent à la courbe que suis la conduite en son centre. Le centre des conduites correspond, en chaque point des conduites sur leur longueur, au centre de la section des conduites en ce point. Dans le mode de réalisation de la [Fig.4] dans lequel la section des conduites est circulaire, le diamètre équivalent hydraulique des conduites au niveau des coudes correspond à leur diamètre interne. En outre, le diamètre interne des conduites étant sensiblement le même sur leur longueur,  $Dc$  est égal à D. Il existe donc plusieurs types de coudes. En premier lieu, on distingue entre coude brusque avec un rayon de courbure égal à 0 et coude progressif avec un rayon de courbure non nul.

Dans un mode de réalisation similaire à la [Fig.4] avec un rayon de courbure nul pour chacun des coudes, une telle géométrie pour la bifurcation 6, la jonction 11 et/ou les raccords est dite géométrie en Y (raccord, bifurcation ou jonction en Y). Il est à noter que la bifurcation 6, la jonction 11 et/ou les raccords peuvent avoir entre eux une géométrie différente.

[0084] Dans un mode de réalisation où chacune des conduites est essentiellement rectiligne, l'ensemble des première, deuxième, troisième et quatrième conduites définit un quadrilatère convexe, par exemple un rectangle, un carré, un parallélogramme ou un losange. Ledit quadrilatère a pour sommets la bifurcation 6, la jonction 11, le premier raccord 13 13 et le deuxième raccord 14 14. Dans ce cas, la somme des angles A1 à A8 est égale à 360°. Un losange comprend par exemple une bifurcation en Y, une jonction en Y et deux raccords en Y, la géométrie en Y de la bifurcation et de la jonction étant différente de la géométrie en Y des raccords. Dans ce cas, les relations suivantes sont vérifiées :

-  $A1 = A2 = A3 = A4$  et

-  $A5 = A6 = A7 = A8$ .

Dans un autre exemple où la géométrie en Y de la bifurcation est différente de la géométrie en Y de la jonction, l'ensemble des conduites forme une géométrie dite en cerf-volant. Lorsque les première, deuxième, troisième et quatrième conduites forment ensemble un carré, chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est sensiblement égal à 45°, aux écarts de mesure et tolérances prêt.

[0085] Dans le mode de réalisation de la [Fig.4], les coudes ont un rayon de courbure non-nul. Une telle géométrie pour la bifurcation 6, la jonction 11 et/ou les raccords est dite géométrie en queue d'hirondelle (swallowtail en anglais). Les pertes de charge s'en trouvent d'avantage optimisées.

[0086] Les obturateurs (ou moyens d'obturation) sont configurés pour autoriser, interdire ou réguler la circulation du gaz dans la conduite respective. Les obturateurs sont typiquement des vannes d'arrêt, des vannes Tout ou Rien (TOR) par exemple. Alternativement, les obturateurs sont des vannes proportionnelles, telles que des vannes papillons, configurées pour réguler le débit de circulation dans la voie respective. Les vannes proportionnelles permettent de régler plus précisément le débit. Dans un mode de réalisation particulier, les obturateurs sont configurés pour laisser la section maximale de circulation de la conduite libre pour la circulation du gaz lorsqu'ils sont en position ouverte. Les pertes de charges sont ainsi davantage limitées.

[0087] Chaque obturateur est disposé entre deux portions de la première, de la deuxième, de la troisième ou de la quatrième conduite 10. Ainsi, le module 1 de la [Fig.4] comprend :

- une bride de fixation et connexion fluide de la première conduite 7 à l'entrée 21a

du premier obturateur 21 et une bride de fixation et connexion fluidique de la première conduite 7 à la sortie 21b du premier obturateur 21,

- une bride de fixation et connexion fluidique de la deuxième conduite 8 à l'entrée 22a du deuxième obturateur 22 et une bride de fixation et connexion fluidique de la deuxième conduite 8 à la sortie 22b du deuxième obturateur 22,

- une bride de fixation et connexion fluidique de la troisième conduite 9 à l'entrée 23a du troisième obturateur 23 et une bride de fixation et connexion fluidique de la troisième conduite 9 à la sortie 23b du troisième obturateur 23 et

- une bride de fixation et connexion fluidique de la quatrième conduite 10 à l'entrée 24a du quatrième obturateur 24 et une bride de fixation et connexion fluidique de la quatrième conduite 10 à la sortie 24b du quatrième obturateur 24.

[0088] L'ensemble des conduites du module 1 de la [Fig.4] comprend une pluralité de tube de circulation des gaz liés entre eux fluidiquement. Une liaison fluidique entre deux desdits tubes est par exemple configurée pour relier de façon étanche lesdits deux tubes et assurer un degré de liberté sur la position desdits deux tubes l'un par rapport à l'autre. La jonction 11 fluidique est par exemple une bride à épaulement de soudure ou une collerette à emboîtement. Une telle liaison fluidique permet une plus grande tolérance lors de l'installation du module 1 dans une unité 2 de séparation ou purification par adsorption et permet de limiter les contraintes mécaniques sur le montage final. Un tube de circulation est par exemple raccordé à l'entrée ou la sortie de l'un des obturateurs, par l'une des brides de fixation et connexion fluidique du module 1.

[0089] Dans un mode de réalisation d'un skid, le module 1 comprend une structure support, l'ensemble des conduites étant monté sur ladite structure support, le module 1 comprenant des moyens de manutention fixés à la structure support. Les moyens de manutention peuvent être entre la structure support et le sol, des moyens de préhension ou des moyens de fixation à un engin de manutention. Le module 1 peut alors être transporté sur site pour être raccordé à des équipement de grande taille tels des réservoirs (par exemple des adsorbants), des machines ou à des collecteurs d'alimentation ou d'évacuation.

[0090] La [Fig.3] montre un exemple de fabrication à partir d'un coude à 90° d'une bifurcation 6, d'une jonction 11 ou d'un raccord d'une des voies, pour le module 1 selon l'invention. Un tube coudé 25 à 90° est d'abord coupé en deux tubes coudés 25a ; 25b à 45°, le tube coudé 25 en traits fins et le coudé en traits gras. Chacun des tubes coudés 25a ; 25b à 45° est coupé selon un plan perpendiculaire au plan de l'une de leur section d'entrée, perpendiculaire au plan de la courbure du coude en question et passant le centre de ladite section. Deux parties principales référencées 26 et 27 sont ainsi obtenues. Les deux parties principales 26 et 27 sont accolées et soudées pour donner la bifurcation 6, la jonction 11 ou le raccord. Ainsi, par exemple, le gaz peut entrer via la

section d'entrée 28 et ressortir par les sections 29 ou 30 suivant la position des équipements d'obturation. Une telle méthode de fabrication se révèle bon marché.

[0091] Le module 1 peut être monté dans une unité 2 de séparation ou purification par adsorption comprenant au moins un couple d'un premier adsorbeur 3a et d'un deuxième adsorbeur 3b, au moins deux collecteurs dont un collecteur 4a de gaz d'alimentation et un collecteur 4b de gaz évacué et le module 1 de la [Fig.4]. Dans ce cas :

- le collecteur 4a de gaz d'alimentation est connecté fluidiquement à la conduite d'alimentation 5,

- le collecteur 4b de gaz évacué est connecté fluidiquement à la conduite d'évacuation 12,

- le premier adsorbeur 3a est connecté fluidiquement à la première conduite 7,

- le deuxième adsorbeur 3b est connecté fluidiquement à la deuxième conduite 8.

[0092] Les adsorbeurs comprennent par exemple des grappes de modules d'adsorption, les modules d'adsorption opérant en parallèle, ce qui veut dire que chacun des modules d'adsorption d'une même grappe subit la même étape du cycle de pression ou de température de l'unité 2 de séparation ou purification par adsorption que les autres modules d'adsorption de ladite grappe. Le module de distribution et commutation est alors connecté à un tronçon de conduite commun des modules d'adsorption.

[0093] L'unité 2 de séparation ou purification par adsorption est par exemple une unité modulée en température (unité TSA) ou une unité modulée en pression. En particulier, l'unité 2 est configurée pour produire un flux enrichi en oxygène à partir d'air atmosphérique, la teneur en oxygène de la production étant préférentiellement comprise entre 88 % et 94 % mole, notamment entre 90 % et 93 % mole. Il s'agit par exemple d'une unité VSA ou VPSA dans laquelle une pompe à vide est connectée fluidiquement au collecteur de gaz résiduaire. La pompe à vide est notamment une soufflante à air (air blower en anglais).

[0094] L'unité 2 dans le mode de réalisation particulier de la [Fig.7] va maintenant être décrite. Le collecteur 4a de gaz d'alimentation est un collecteur d'un gaz de charge, l'unité 2 de séparation ou purification étant configurée pour, lors d'une étape d'adsorption, séparer dans l'un des premier et deuxième adsorbeur 3b ledit gaz de charge en un gaz produit et un gaz résiduaire et le collecteur 4b de gaz évacué est un collecteur dudit gaz résiduaire. L'unité 2 comprend en outre un collecteur d'un gaz de régénération ou élution, pour, suite à l'étape d'adsorption, régénérer le premier ou le deuxième adsorbeur 3b et un collecteur dudit gaz produit (collecteur de gaz produit). Un agencement de modules de distribution et commutation est illustré par référence à un procédé de séparation ou purification dans lequel le gaz produit est produit à la haute pression du cycle. L'unité 2 comprend un premier module 1a et un deuxième module 1b selon l'invention. Ainsi :

- la conduite d'alimentation 5 du deuxième module 1b est connectée fluidiquement au collecteur de gaz de régénération ou élution,
- la conduite d'évacuation 12 du deuxième module 1b est connectée fluidiquement au collecteur du gaz produit,
- la première conduite 7 du deuxième module 1b est connectée fluidiquement au premier adsorbeur 3a,
- la deuxième conduite 8 du deuxième module 1b est connectée fluidiquement au deuxième adsorbeur 3b.

Par référence à un procédé dans lequel le gaz produit est produit à la basse pression du cycle, le collecteur 4a de gaz d'alimentation est un collecteur de gaz de charge et le collecteur 4b de gaz évacué est un collecteur de gaz produit. La conduite d'alimentation du premier module 1a est alors connectée fluidiquement au collecteur de gaz de charge et la conduite d'évacuation du premier module 1a est alors connectée fluidiquement au collecteur de gaz produit. En outre, l'unité comprend un collecteur du gaz résiduaire et un collecteur de gaz de régénération ou élution. La conduite d'évacuation 12 du deuxième module 1b est alors connectée fluidiquement au collecteur de gaz résiduaire et la conduite d'alimentation du deuxième module est connectée fluidiquement au collecteur de gaz de régénération ou élution. Néanmoins, une telle illustration par référence à un procédé dans lequel le gaz produit est produit à la basse pression du cycle ou par référence à un procédé dans lequel le gaz produit est produit à la haute pression du cycle ne change rien à l'agencement dans l'unité du premier et du deuxième module de distribution et commutation.

- [0095] Comme visible sur la [Fig.7] le premier adsorbeur 3a de type cylindrique comprend une première extrémité et une deuxième extrémité opposée à la première extrémité. Le deuxième adsorbeur 3b de type cylindrique comprend une troisième extrémité située au niveau de la première extrémité. Le deuxième adsorbeur 3b comprend une quatrième extrémité opposée à la troisième extrémité et située au niveau de la deuxième extrémité. Le premier module 1a est agencé dans l'unité 2 entre le premier et le deuxième adsorbeur 3b, au niveau de la première et de la troisième extrémité, tandis que le deuxième module 1b est agencé dans l'unité 2 entre le premier et le deuxième adsorbeur 3b, au niveau de la deuxième et de la quatrième extrémité.
- [0096] L'unité 2 de la [Fig.7] en fonctionnement, alimentée en gaz de charge, peut mettre en œuvre un procédé de distribution et commutation pour la séparation ou purification par adsorption d'un gaz de charge.
- [0097] Le premier procédé comprend une première étape représentée à la [Fig.5], la première étape comprenant les sous-étapes suivantes :
- ouverture du premier obturateur 21 et du quatrième obturateur 24,
  - fermeture du deuxième obturateur 22 et du troisième obturateur 23,

- circulation du gaz de charge dans le collecteur de gaz de charge et dans la première voie 15,
- redirection du gaz de charge circulant vers le premier obturateur 21 selon l'angle A1,
- circulation du gaz de charge à travers le premier obturateur 21,
- redirection du gaz de charge circulant vers le premier adsorbeur 3a selon l'angle A5,
- alimentation du premier adsorbeur 3a en gaz de charge,
- séparation dans le premier adsorbeur 3a du gaz de charge en un premier gaz résiduaire adsorbé et un premier gaz produit,
- régénération ou élution du deuxième adsorbeur 3b et désorption d'un deuxième gaz résiduaire adsorbé dans le deuxième adsorbeur 3b,
- circulation du deuxième gaz résiduaire dans la quatrième voie 18,
- redirection du deuxième gaz résiduaire circulant vers le quatrième obturateur 24 selon l'angle A8,
- circulation du deuxième gaz résiduaire à travers le quatrième obturateur 24,
- redirection du deuxième gaz résiduaire circulant vers le collecteur de gaz résiduaire selon un l'angle A4.

Durant la première étape, le deuxième obturateur 22 fermé empêche le gaz de charge de circuler dans la deuxième conduite 8 et d'être redirigé vers le deuxième adsorbeur 3b dans la bifurcation 6. Le troisième obturateur 23 fermé empêche le deuxième gaz résiduaire de circuler dans la troisième conduite 9 et d'être redirigé vers le premier adsorbeur 3a.

[0098] Le premier procédé comprend en outre une deuxième étape représentée à la [Fig.6], la deuxième étape comprenant les sous-étapes suivantes:

- ouverture du deuxième et du troisième obturateur 23,
- fermeture du premier et du quatrième obturateur 24,
- circulation du gaz de charge dans le collecteur de gaz de charge et dans la deuxième voie 16,
- redirection du gaz de charge circulant vers le deuxième obturateur 22 selon l'angle A2,
- circulation du gaz de charge à travers le deuxième obturateur 22,
- redirection du gaz de charge circulant vers le deuxième adsorbeur 3b selon l'angle A7,
- alimentation en gaz de charge du deuxième adsorbeur 3b régénéré lors de la première étape,
- séparation dans le deuxième adsorbeur 3b du gaz de charge en le deuxième gaz résiduaire adsorbé et un deuxième gaz produit,
- régénération ou élution du premier adsorbeur 3a et désorption du premier gaz résiduaire adsorbé dans le premier adsorbeur 3a lors de la première étape,

- circulation du premier gaz résiduaire dans la troisième voie 17,
- redirection du premier gaz résiduaire circulant vers le troisième obturateur 23 selon l'angle A6,
- circulation du premier gaz résiduaire à travers le troisième obturateur 23,
- redirection du premier gaz résiduaire circulant vers le collecteur de gaz résiduaire selon l'angle A3.

Durant la deuxième étape, le premier obturateur 21 fermé empêche le gaz de charge de circuler dans la première conduite 7 et d'être redirigé vers le premier adsorbeur 3a dans la bifurcation 6 et le quatrième obturateur 24 fermé empêche le premier gaz résiduaire d'être redirigé vers le deuxième adsorbeur 3b.

[0099] L'unité 2 de la [Fig.7] alimentée en gaz de charge et en un gaz de régénération ou élution et/ou l'unité 2 produisant ledit gaz de régénération ou élution peut, en fonctionnement, mettre en œuvre un deuxième procédé de distribution et commutation pour la séparation ou purification par adsorption d'un gaz de charge.

[0100] Le deuxième procédé comprend une première étape, également représentée à la [Fig.5], la première étape comprenant les sous-étapes suivantes :

- ouverture du premier obturateur 21 et du quatrième obturateur 24,
- fermeture du deuxième obturateur 22 et du troisième obturateur 23,
- circulation du gaz de régénération ou élution dans le collecteur de gaz de régénération ou élution et dans la première voie 15,
- redirection du gaz de régénération ou élution circulant vers le premier obturateur 21 selon l'angle A1,
- circulation du gaz de régénération ou élution à travers le premier obturateur 21,
- redirection du gaz de régénération ou élution circulant vers le premier adsorbeur 3a selon l'angle A5,
- alimentation du premier adsorbeur 3a en gaz de régénération ou élution,
- régénération ou élution du premier adsorbeur 3a,
- séparation du gaz de charge dans le deuxième adsorbeur 3b en un deuxième gaz résiduaire adsorbé et un deuxième gaz produit,
- circulation du deuxième gaz produit dans la quatrième voie 18,
- redirection du deuxième gaz produit circulant vers le quatrième obturateur 24 selon l'angle A8,
- circulation du deuxième gaz produit à travers le quatrième obturateur 24,
- redirection du deuxième gaz produit circulant vers le collecteur de gaz produit selon l'angle A4.

Durant la première étape, le deuxième obturateur 22 fermé empêche le gaz de régénération ou élution de circuler dans la deuxième conduite 8 et d'être redirigé vers le deuxième adsorbeur 3b dans la bifurcation 6 et le troisième obturateur 23 fermé

empêche le deuxième gaz produit de circuler dans la troisième conduite 9 et d'être redirigé vers le premier adsorbeur 3a.

[0101] Le deuxième procédé comprend une deuxième étape, également représentée à la [Fig.6], la deuxième étape comprenant les sous-étapes suivantes :

- ouverture du deuxième et du troisième obturateur 23,
- fermeture du premier et du quatrième obturateur 24,
- circulation du gaz de régénération ou élution dans le collecteur de gaz de régénération ou élution et dans la deuxième voie 16,
- redirection du gaz de régénération ou élution circulant vers le deuxième obturateur 22 selon l'angle A2,
- circulation du gaz de régénération ou élution à travers le deuxième obturateur 22,
- redirection du gaz de régénération ou élution circulant vers le deuxième adsorbeur 3b selon l'angle A7,
- alimentation du deuxième adsorbeur 3b en gaz de régénération ou élution,
- régénération ou élution du deuxième adsorbeur 3b,
- séparation dans le premier adsorbeur 3a régénéré durant la première étape du gaz de charge en un premier gaz résiduaire adsorbé et un premier gaz produit
- circulation du premier gaz produit dans la troisième voie 17,
- redirection du premier gaz produit circulant vers le troisième obturateur 23 selon l'angle A6,
- circulation du premier gaz produit à travers le troisième obturateur 23,
- redirection du premier gaz produit circulant vers le collecteur de gaz produit selon l'angle A3.

Durant la deuxième étape, le premier obturateur 21 fermé empêche le gaz de régénération ou élution de circuler dans la première conduite 7 et d'être redirigé vers le premier adsorbeur 3a et le quatrième obturateur 24 fermé empêche le premier gaz produit de circuler dans la quatrième conduite 10 et d'être redirigé vers le deuxième adsorbeur 3b.

[0102] L'unité 2 de la [Fig.7] peut mettre en œuvre une étape d'équilibrage (non-représentée) durant laquelle le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième obturateur 24 du premier module 1a et du deuxième module 1b sont fermés, isolant ainsi complètement le premier et le deuxième adsorbeur 3b des différents collecteurs. Ladite étape d'équilibrage peut se faire grâce à une conduite d'équilibrage non-comprise dans le module, conduite d'équilibrage comprenant une première extrémité reliée à la première conduite et une deuxième extrémité reliée à la deuxième conduite.

[0103] En particulier, le premier et le deuxième procédé de commutation et distribution peuvent avoir lieu simultanément, la première étape du premier procédé ayant lieu durant la deuxième étape du deuxième procédé, la deuxième étape du premier procédé

ayant lieu durant la première étape du deuxième procédé.

[0104] Mis en œuvre dans l'unité 2 de séparation ou purification par adsorption, le module 1 ; 1a ; 1b selon l'invention permet une commutation entre la première et la deuxième étape tout en présentant un bon compromis entre la limitation des pertes de charge, les volumes morts et les contraintes mécaniques. La première et la deuxième étape d'un même procédé de distribution et commutation sont des étapes d'un cycle d'adsorption, décalées dans le temps d'un temps de phase.

## Revendications

- [Revendication 1] Module pour une unité (2) de séparation ou purification par adsorption, le module (1) étant configuré pour la distribution et la commutation d'un gaz entre un premier adsorbeur (3a), un deuxième adsorbeur (3b), un collecteur (4a) de gaz d'alimentation et un collecteur (4b) de gaz évacué de ladite unité (2), le module (1) comprenant :
- une conduite d'alimentation (5) configurée pour être raccordée fluidiquement au collecteur (4a) de gaz d'alimentation, la conduite d'alimentation (5) bifurquant au niveau d'une bifurcation (6) en une première conduite (7) configurée pour être raccordée fluidiquement au premier adsorbeur (3a) et une deuxième conduite (8) configurée pour être raccordée fluidiquement au deuxième adsorbeur (3b),
  - une troisième conduite (9) et une quatrième conduite (10) et une jonction (11) de la troisième conduite (9) et de la quatrième conduite (10) en une conduite d'évacuation (12) configurée pour être raccordée fluidiquement au collecteur (4b) de gaz évacué,
  - un premier raccord (13) entre la première et la troisième conduite (9),
  - un deuxième raccord (14) entre la deuxième et la quatrième conduite (10),
- la conduite d'alimentation (5) ensemble avec la première conduite (7) formant une première voie (15) d'alimentation du premier adsorbeur (3a) en gaz d'alimentation issu du collecteur (4a) de gaz d'alimentation, la conduite d'alimentation (5) ensemble avec la deuxième conduite (8) formant une deuxième voie (16) d'alimentation du deuxième adsorbeur (3b) en gaz d'alimentation issu du collecteur (4a) de gaz d'alimentation, une portion de la première conduite (7) ensemble avec la troisième conduite (9) et la conduite d'évacuation (12) formant une troisième voie (17) d'évacuation du gaz évacué du premier adsorbeur (3a) vers le collecteur (4b) de gaz évacué,
- une portion de la deuxième conduite (8) ensemble avec la quatrième conduite (10) et la conduite d'évacuation (12) formant une quatrième voie (18) d'évacuation du gaz évacué du deuxième adsorbeur (3b) vers le collecteur (4b) de gaz évacué,
- le module (1) comprenant :
- un premier obturateur (21) disposé entre la bifurcation (6) et le premier raccord (13), le premier obturateur (21) étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la première voie (15),

- un deuxième obturateur (22) disposé entre la bifurcation (6) et le deuxième raccord (14), le deuxième obturateur (22) étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la deuxième voie (16),
- un troisième obturateur (23) disposé entre le premier raccord (13) et la jonction (11), le troisième obturateur (23) étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la troisième voie (17),
- un quatrième obturateur (24) disposé entre le deuxième raccord (14) et la jonction (11), le quatrième obturateur (24) étant configuré pour autoriser ou interdire la circulation du gaz dans la quatrième voie (18), chaque obturateur comprenant, dans le sens de circulation dans sa voie respective, une entrée (21a ; 22a ; 23a ; 24a) et une sortie (21b ; 22b ; 23b ; 24b),

module (1) dans lequel :

- la première voie (15) comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le premier obturateur (21) selon un angle A1 entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en entrée de la bifurcation (6) et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à l'entrée (21a) du premier obturateur (21) et comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le premier adsorbent (3a) selon un angle A5 entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à la sortie (21b) du premier obturateur (21) et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en sortie du premier raccord (13),
- la deuxième voie (16) comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième obturateur (22) selon un angle A2 entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en entrée de la bifurcation (6) et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à l'entrée (22a) du deuxième obturateur (22) et comprend au moins un coude de redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième adsorbent (3b) selon un angle A7 entre une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation à la sortie (22b) du deuxième obturateur (22) et une direction d'écoulement dudit gaz d'alimentation en sortie du deuxième raccord (14),
- la troisième voie (17) comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué du premier adsorbent (3a) vers le troisième obturateur (23) selon un angle A6 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué en entrée du premier raccord (13) et une direction d'écoulement dudit gaz évacué à l'entrée (23a) du troisième obturateur (23) et comprend au

moins un coude de redirection du gaz évacué du premier adsorbeur (3a) vers le collecteur (4b) de gaz évacué selon un angle A3 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué à la sortie (23b) du troisième obturateur (23) et une direction d'écoulement dudit gaz évacué en sortie de la jonction (11),

- la quatrième voie (18) comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué du deuxième adsorbeur (3b) vers le quatrième obturateur (24) selon un angle A8 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué en entrée du deuxième raccord (14) et une direction d'écoulement dudit gaz évacué à l'entrée (24a) du quatrième obturateur (24) et comprend au moins un coude de redirection du gaz évacué du deuxième adsorbeur (3b) vers le collecteur (4b) de gaz évacué selon un angle A4 entre une direction d'écoulement dudit gaz évacué à la sortie (24b) du quatrième obturateur (24) et une direction d'écoulement dudit gaz évacué en sortie de la jonction (11),

caractérisé en ce que chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est inférieur à 90°.

[Revendication 2]

Module selon la revendication précédente, dans lequel chacun des angles A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 et A8 est compris entre 20° et 80°.

[Revendication 3]

Module selon l'une des revendications précédentes, le module (1) présentant une première symétrie par rapport à un premier plan de symétrie passant par la bifurcation (6) et la jonction (11).

[Revendication 4]

Module selon la revendication précédente, le module (1) présentant une deuxième symétrie par rapport à un deuxième plan de symétrie passant par le premier raccord (13) et le deuxième raccord (14), le deuxième plan de symétrie étant perpendiculaire au premier plan de symétrie.

[Revendication 5]

Module selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'ensemble des conduites s'étend dans un même plan d'extension.

[Revendication 6]

Module selon l'une des revendications précédentes, dans lequel :

- les conduites formant au moins une des première, deuxième, troisième et quatrième voies ont un diamètre équivalent hydraulique,
- Dc est le diamètre équivalent hydraulique des conduites au niveau d'au moins un coude d'au moins une des première, deuxième, troisième et quatrième voie,
- Rc est le rayon de courbure du au moins un coude au centre des conduites,
- et Rc/Dc est compris entre 0,05 et 5, en particulier entre 0,05 et 2,5, en particulier entre 0,5 et 1,5.

- [Revendication 7] Module selon l'une des revendications précédentes, le module (1) comprenant une structure support, l'ensemble des conduites étant monté sur ladite structure support, le module (1) comprenant des moyens de manutention fixés à la structure support.
- [Revendication 8] Unité de séparation ou purification par adsorption comprenant au moins un couple d'un premier adsorbent (3a) et d'un deuxième adsorbent (3b), au moins deux collecteurs dont un collecteur (4a) de gaz d'alimentation et un collecteur (4b) de gaz évacué, l'unité (2) comprenant le module (1) selon l'une des revendications précédentes, unité (2) dans laquelle :
- le collecteur (4a) de gaz d'alimentation est connecté fluidiquement à la conduite d'alimentation (5),
  - le collecteur (4b) de gaz évacué est connecté fluidiquement à la conduite d'évacuation (12),
  - le premier adsorbent (3a) est connecté fluidiquement à la première conduite (7),
  - le deuxième adsorbent (3b) est connecté fluidiquement à la deuxième conduite (8).
- [Revendication 9] Unité selon la revendication précédente, dans laquelle le collecteur (4a) de gaz d'alimentation est un collecteur d'un gaz de charge, l'unité (2) de séparation ou purification étant configurée pour, lors d'une étape d'adsorption, séparer dans l'un des premier et deuxième adsorbent (3b) ledit gaz de charge en un gaz produit et un gaz résiduaire et le collecteur (4b) de gaz évacué est un collecteur dudit gaz résiduaire.
- [Revendication 10] Unité selon la revendication précédente, l'unité (2) comprenant un collecteur d'un gaz de régénération ou élution, pour, suite à l'étape d'adsorption, régénérer le premier ou le deuxième adsorbent (3b) et un collecteur dudit gaz produit,
- unité (2) dans laquelle le module (1) est un premier module (1a) et l'unité (2) comprenant un deuxième module (1b) selon l'une des revendications 1 à 7, unité (2) dans laquelle :
- la conduite d'alimentation (5) du deuxième module (1b) est connectée fluidiquement au collecteur de gaz de régénération ou élution,
  - la conduite d'évacuation (12) du deuxième module (1b) est connectée fluidiquement au collecteur du gaz produit,
  - la première conduite (7) du deuxième module (1b) est connectée fluidiquement au premier adsorbent (3a),
  - la deuxième conduite (8) du deuxième module (1b) est connectée fluidiquement au deuxième adsorbent (3b).

- [Revendication 11] Unité selon la revendication précédente, dans laquelle le premier adsorbeur (3a) comprend une première extrémité et une deuxième extrémité opposée à la première extrémité, le deuxième adsorbeur (3b) comprend une troisième extrémité située au niveau de la première extrémité, le deuxième adsorbeur (3b) comprenant une quatrième extrémité opposée à la troisième extrémité et située au niveau de la deuxième extrémité, le premier module (1a) étant agencé dans l'unité (2) entre le premier adsorbeur (3a) et le deuxième adsorbeur (3b), au niveau de la première et de la troisième extrémité, le deuxième module (1b) étant agencé dans l'unité (2) entre le premier adsorbeur (3a) et le deuxième adsorbeur (3b), au niveau de la deuxième et de la quatrième extrémité.
- [Revendication 12] Unité selon l'une des revendications 8 à 11, l'unité (2) de séparation ou purification par adsorption étant une unité (2) modulée en pression, l'unité (2) étant en particulier configurée pour produire un flux enrichi en oxygène à partir d'air.
- [Revendication 13] Procédé de distribution et commutation dans lequel une unité selon l'une des revendications 8 à 12 est alimentée en gaz d'alimentation et de laquelle un gaz évacué est extrait, le procédé comprenant une première étape, la première étape comprenant les sous-étapes suivantes :
- ouverture du premier obturateur (21) et du quatrième obturateur (24),
  - fermeture du deuxième obturateur (22) et du troisième obturateur (23),
  - circulation du gaz d'alimentation dans le collecteur (4a) de gaz d'alimentation et dans la première voie (15),
  - redirection du gaz d'alimentation vers le premier obturateur (21) selon l'angle A1,
  - circulation du gaz d'alimentation à travers le premier obturateur (21),
  - redirection du gaz d'alimentation vers le premier adsorbeur (3a) selon l'angle A5,
  - alimentation du premier adsorbeur (3a) en gaz d'alimentation,
  - extraction du deuxième adsorbeur (3b) du gaz évacué,
  - circulation du gaz évacué dans la quatrième voie (18),
  - redirection du gaz évacué vers le quatrième obturateur (24) selon l'angle A8,
  - circulation du gaz évacué à travers le quatrième obturateur (24),
  - redirection du gaz évacué vers le collecteur (4b) de gaz évacué selon un l'angle A4,

le procédé comprenant une deuxième étape, la deuxième étape comprenant les sous-étapes suivantes:

- ouverture du deuxième obturateur (22) et du troisième obturateur (23),
- fermeture du premier obturateur (21) et du quatrième obturateur (24),
- circulation du gaz d'alimentation dans le collecteur (4a) de gaz d'alimentation et dans la deuxième voie,
- redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième obturateur (22) selon l'angle A2,
- circulation du gaz d'alimentation à travers le deuxième obturateur (22),
- redirection du gaz d'alimentation vers le deuxième adsorbteur (3b) selon l'angle A7,
- alimentation en gaz d'alimentation du deuxième adsorbteur (3b),
- extraction du premier adsorbteur (3a) du gaz évacué
- circulation du gaz évacué dans la troisième voie,
- redirection du gaz évacué vers le troisième obturateur (23) selon l'angle A6,
- circulation du gaz évacué à travers le troisième obturateur (23),
- redirection du gaz évacué vers le collecteur (4b) de gaz évacué selon l'angle A3.

[Revendication 14]

Procédé selon la revendication précédente, mis en œuvre par l'unité selon l'une des revendications 9 à 11 ou selon la revendication 12 prise dans sa dépendance de l'une des revendications 9 à 11, procédé dans lequel le gaz d'alimentation est un gaz de charge et le gaz d'évacuation est un gaz résiduaire,

procédé dans lequel la première étape comprend en outre les étapes suivantes :

- séparation dans le premier adsorbteur (3a) du gaz de charge en un premier gaz résiduaire adsorbé et un premier gaz produit,
- régénération ou élution du deuxième adsorbteur (3b) et désorption d'un deuxième gaz résiduaire adsorbé dans le deuxième adsorbteur (3b),

procédé dans lequel la deuxième étape comprend en outre les étapes suivantes :

- séparation dans le deuxième adsorbteur (3b) régénéré lors de la première étape du gaz de charge en le deuxième gaz résiduaire adsorbé et un deuxième gaz produit,
- régénération ou élution du premier adsorbteur (3a) et désorption du premier gaz résiduaire adsorbé dans le premier adsorbteur (3a) lors de la

première étape.

[Revendication 15]

Procédé selon la revendication 13, mis en œuvre par l'unité selon la revendication 10 ou 11 ou selon la revendication 12 prise dans sa dépendance de la revendication 10 ou 11, procédé dans lequel le gaz d'alimentation est un gaz de régénération ou élution et le gaz évacué est un gaz produit, l'unité étant alimentée en gaz de charge, procédé dans lequel la première étape comprend en outre les étapes suivantes :

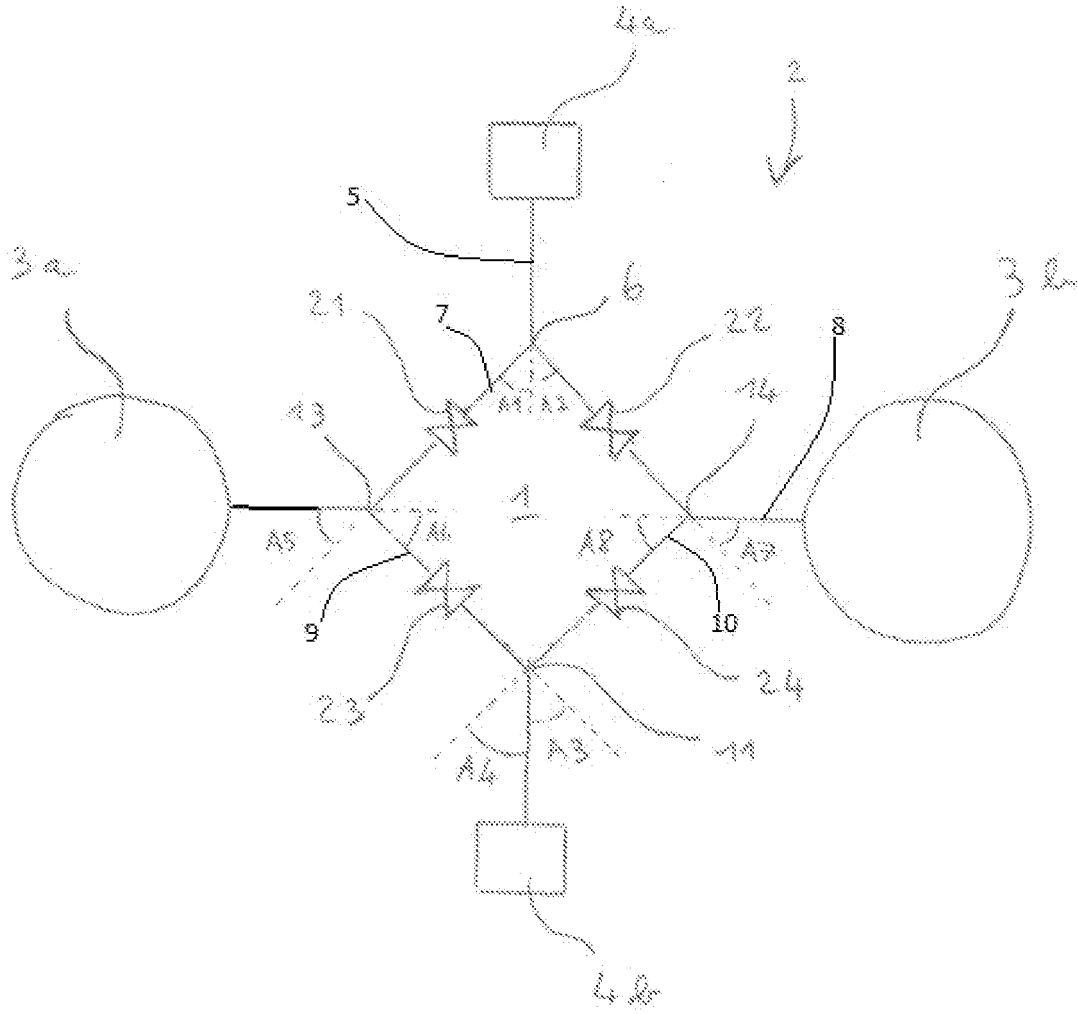
- régénération ou élution du premier adsorbeur (3a) alimenté en gaz de régénération ou élution et désorption d'un premier gaz résiduaire adsorbé dans le premier adsorbeur,

- séparation du gaz de charge dans le deuxième adsorbeur (3a) en un deuxième gaz résiduaire adsorbé et un deuxième gaz produit, procédé dans lequel la deuxième étape comprend en outre les étapes suivantes :

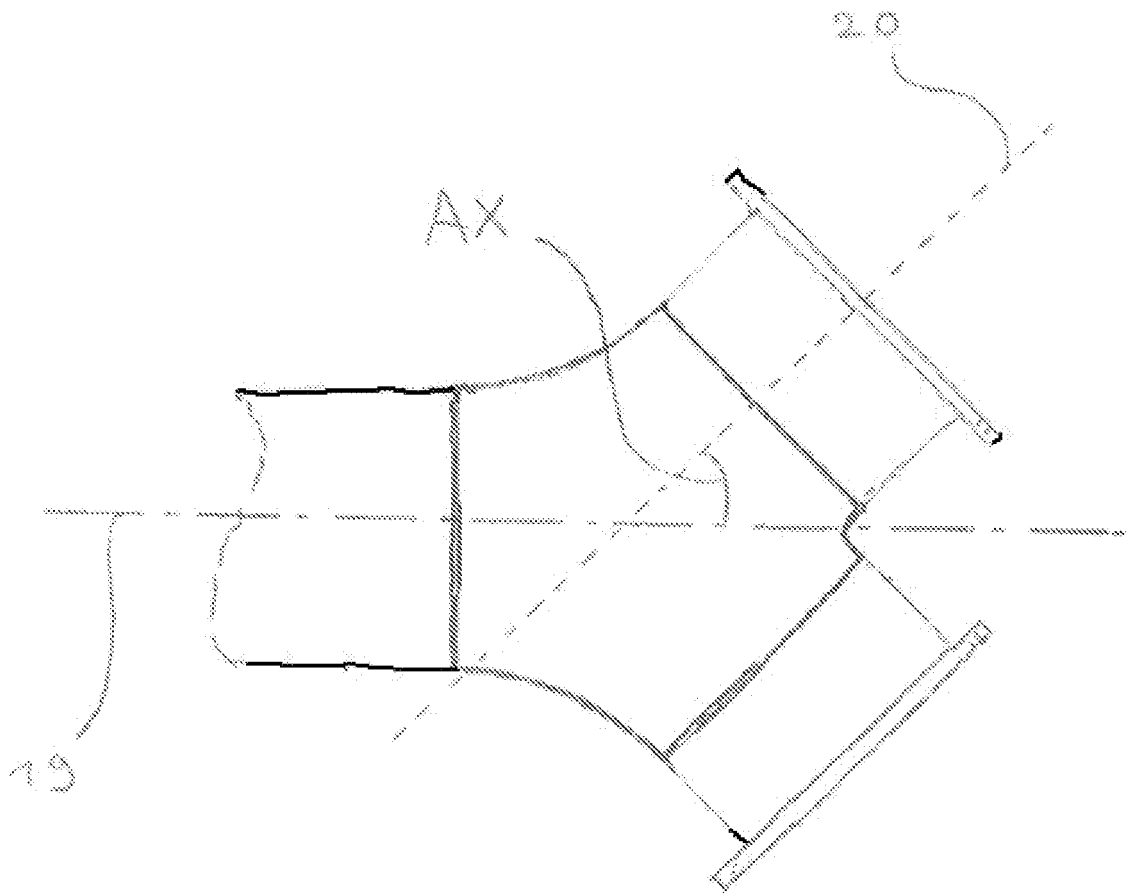
- régénération ou élution du deuxième adsorbeur (3b) alimenté en gaz de régénération ou élution et désorption du deuxième gaz résiduaire adsorbé lors de la première étape,

- séparation dans le premier adsorbeur (3a) régénéré durant la première étape du gaz de charge en le premier gaz résiduaire adsorbé et un premier gaz produit.

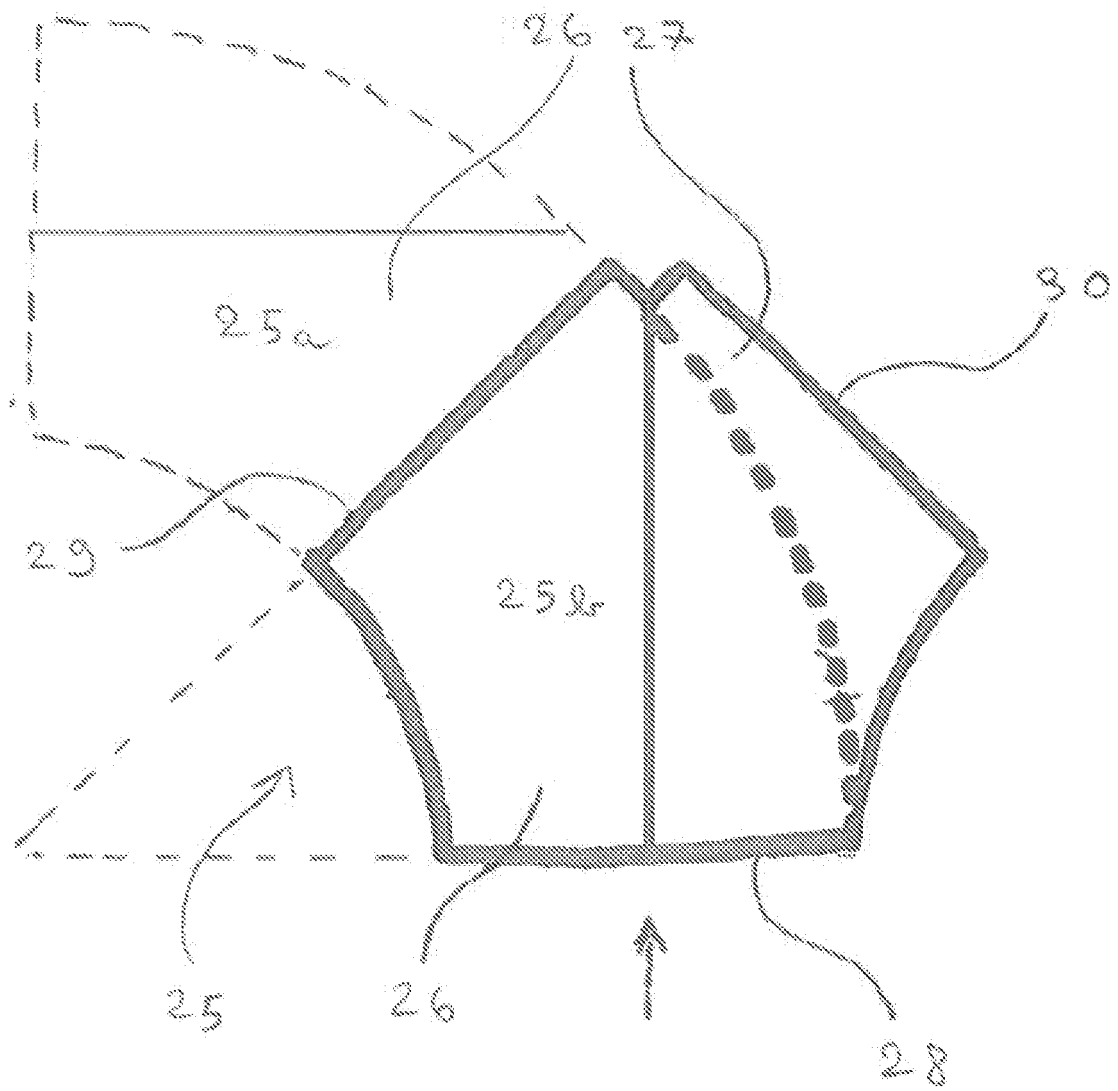
[Fig. 1]



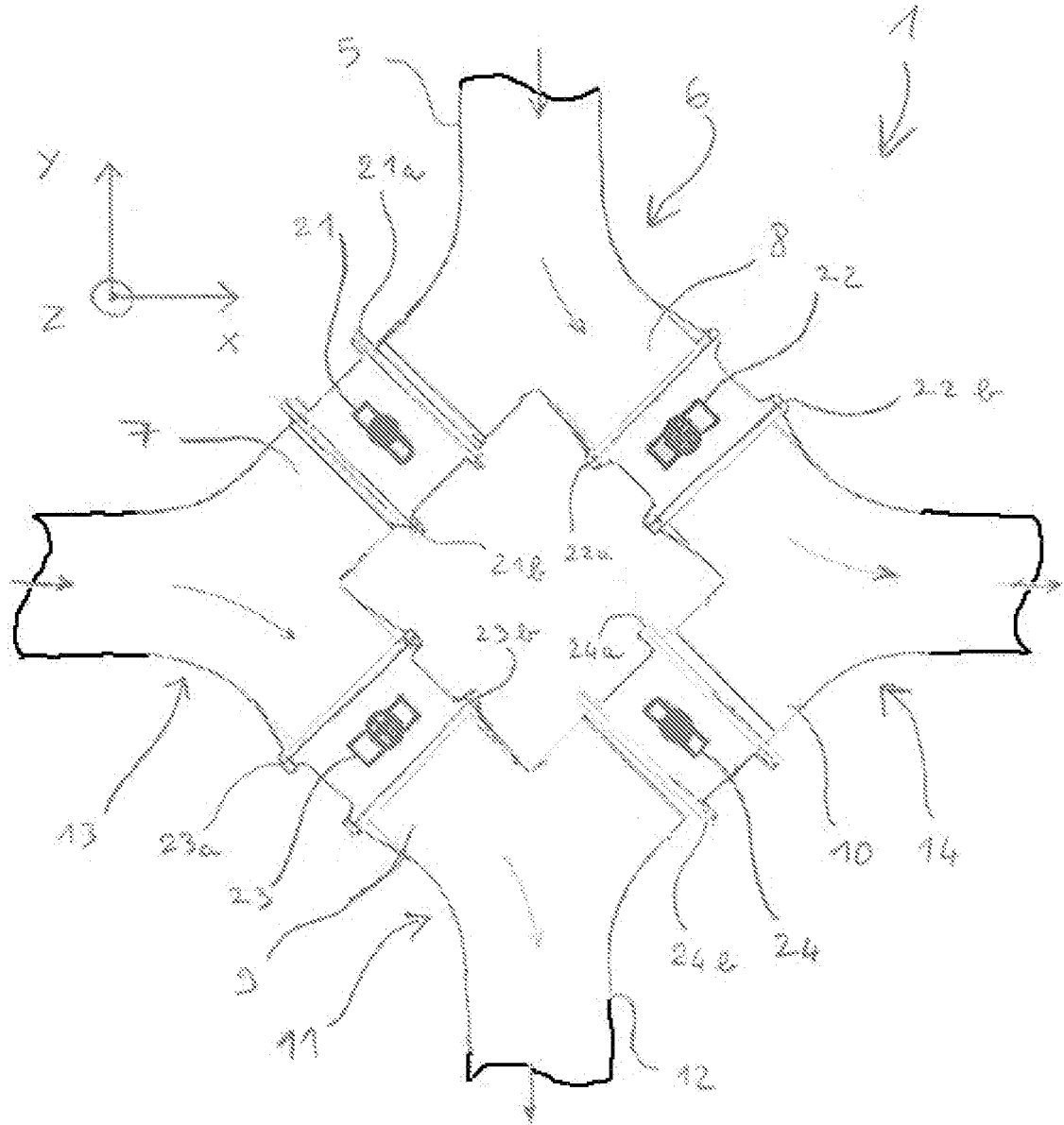
[Fig. 2]



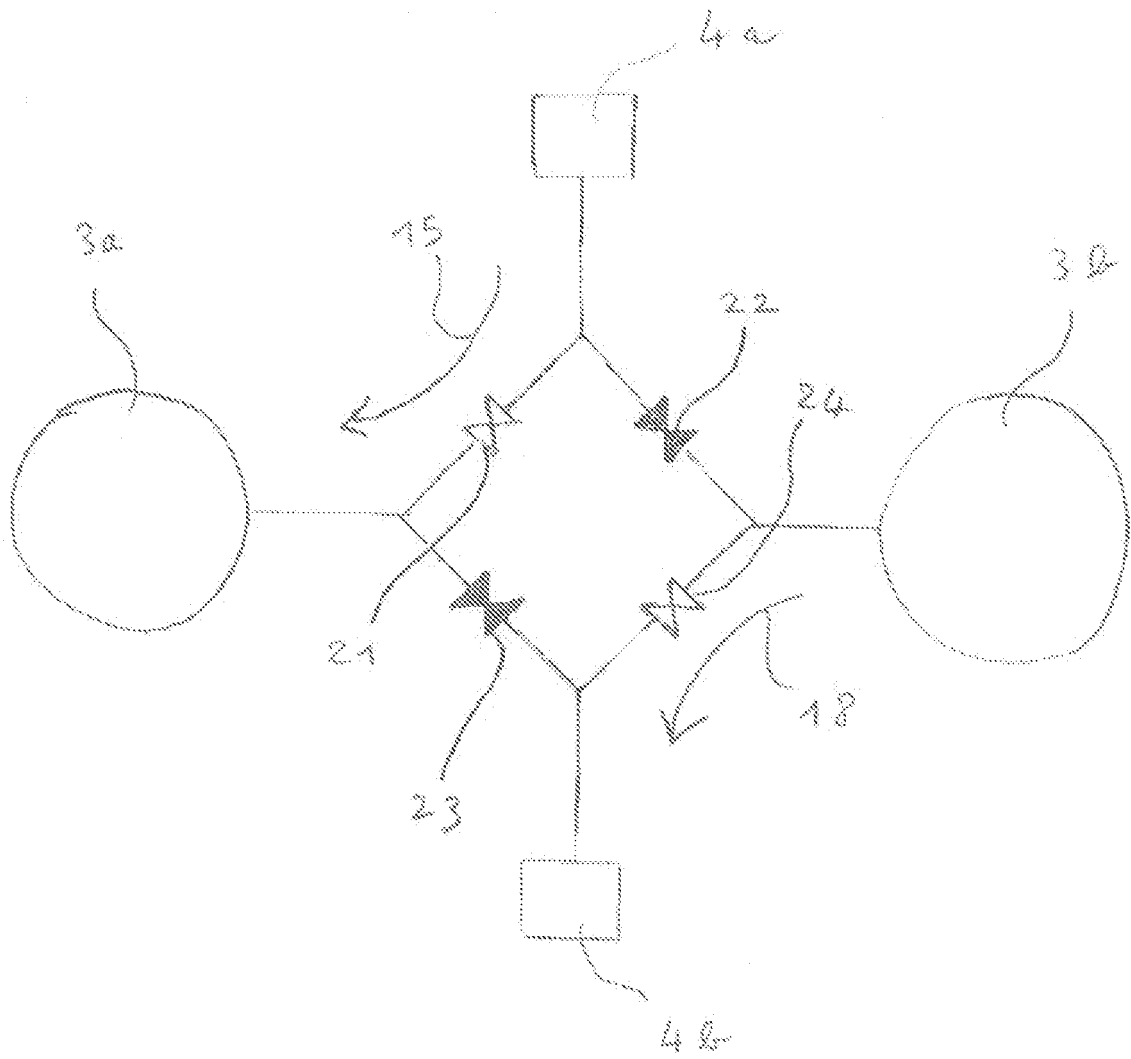
[Fig. 3]



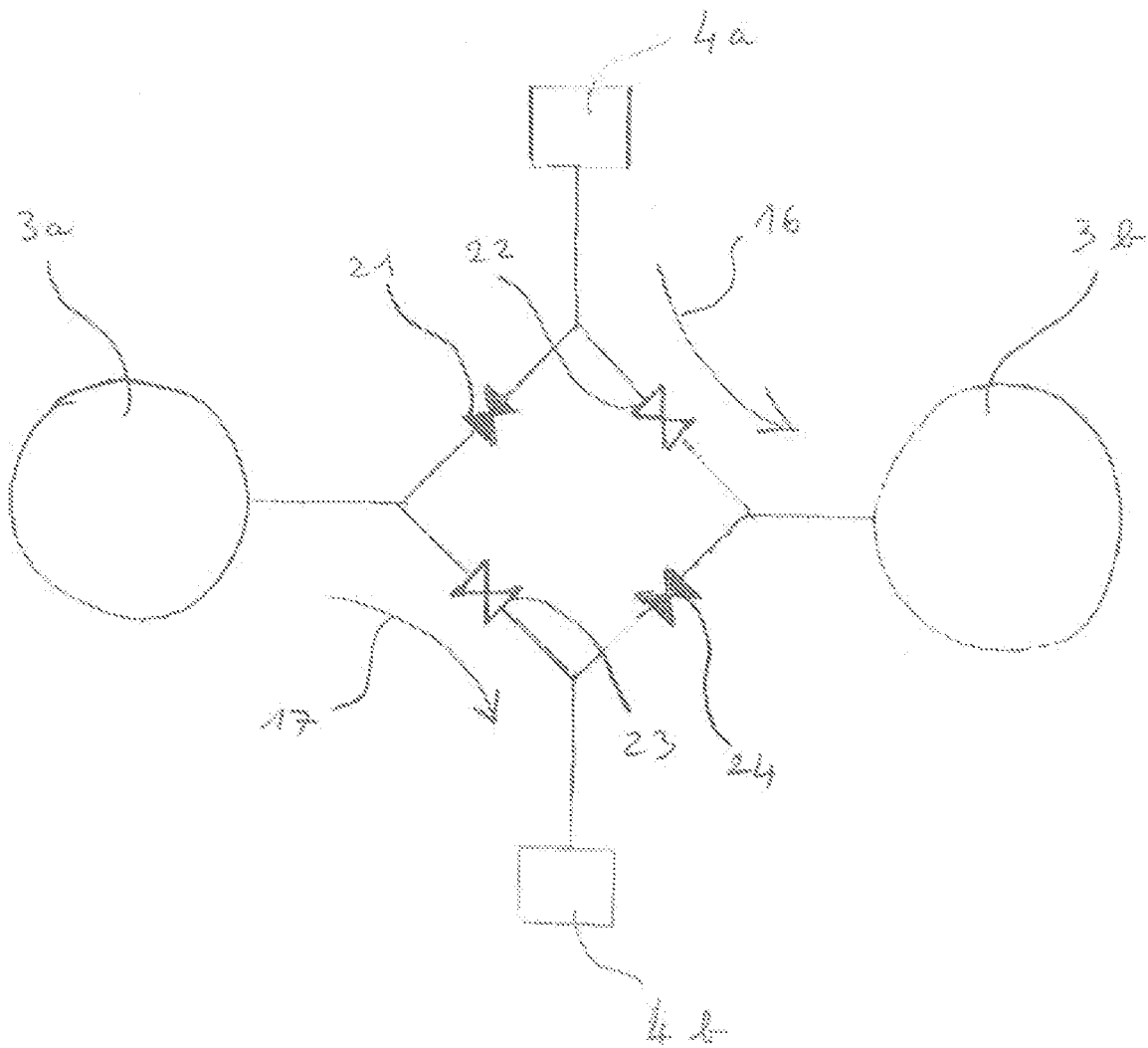
[Fig. 4]



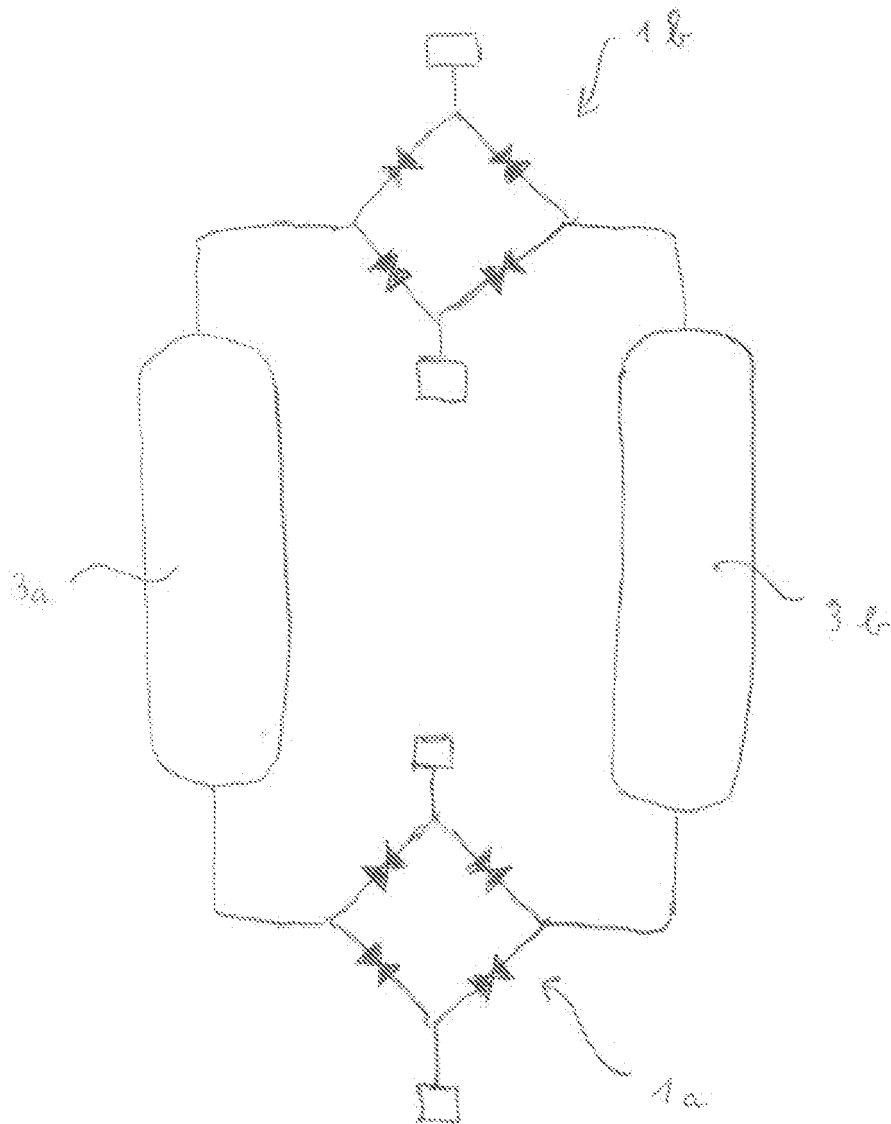
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



# 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**

NEANT

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

US 2018/280865 A1 (BAHNER VALDO [DE] ET  
AL) 4 octobre 2018 (2018-10-04)

FR 2 769 851 A1 (AIR LIQUIDE [FR])  
23 avril 1999 (1999-04-23)

FR 2 818 920 A1 (AIR LIQUIDE [FR])  
5 juillet 2002 (2002-07-05)

FR 3 078 635 A1 (AIR LIQUIDE [FR])  
13 septembre 2019 (2019-09-13)

US 2 753 950 A (ROBERT BAKER CHARLES ET  
AL) 10 juillet 1956 (1956-07-10)

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

NEANT