

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 078 635

21 N° d'enregistrement national : 18 52051

51 Int Cl⁸ : B 01 D 53/047 (2018.01), C 01 B 13/02

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.03.18.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.09.19 Bulletin 19/37.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : MONEREAU CHRISTIAN, MORINEAU BENJAMIN et RODRIGUES GUILLAUME.

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

74 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

54 ADSORBEUR AVEC AU MOINS UNE GRAPPE DE PLUSIEURS MODULES D'ADSORBANT.

57 Unité de purification par adsorption d'un mélange gazeux comprenant au moins un adsorbant comprenant au moins une grappe de N modules d'adsorbant identiques et fonctionnant en parallèle, avec N ξ 3 2, chaque grappe de N modules d'adsorbant comprenant :

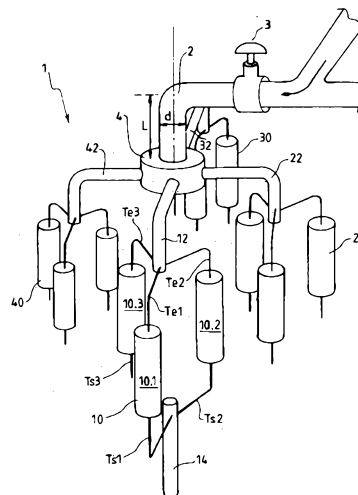
- un collecteur commun d'entrée comprenant un canal droit d'entrée d'axe Xe alimentant N tubulures d'entrée Tei avec i allant de 1 à N, connectées respectivement aux entrées Ei, avec i allant de 1 à N, des N modules de ladite grappe,

- un collecteur commun de sortie comprenant un canal droit de sortie d'axe Xs collectant le flux sortant des N tubulures de sortie Tsi avec i allant de 1 à N, connectées respectivement aux sorties Si, avec i allant de 1, des N modules de ladite grappe,

caractérisé en ce que :

- les axes Xe et Xs sont sensiblement confondus,
- les N entrées Ei des N modules sont sensiblement situées sur un premier cercle centré sur l'axe Xe ou Xs,
- les N sorties Si des N modules sont sensiblement situées sur un deuxième cercle centré sur l'axe Xe ou Xs,
- les N tubulures d'entrée Tei sont de géométries sensiblement identiques, et
- les N tubulures de sortie Tsi sont de géométrie sensi-

blement identiques.



FR 3 078 635 - A1



La présente invention est relative à une unité de purification par adsorption d'un mélange gazeux comprenant au moins un adsorbant comprenant au moins une grappe de N modules d'adsorbant identiques et fonctionnant en parallèle.

5 L'adsorption est largement utilisée pour purifier ou séparer les gaz. On peut citer la séparation de n et iso paraffines, la séparation des xylènes, d'alcools, la production d'azote ou d'oxygène à partir d'air atmosphérique, le déballastage en CO₂ de gaz de combustion, de gaz de hauts fourneaux. Côté épuration, on trouve les sécheurs, la purification d'hydrogène ou d'hélium, la purification de gaz riche en méthane, l'adsorption d'impuretés en traces dans de
10 nombreux fluides (arrêt de mercure, NO_x, produits soufrés...).

Les procédés mettant en œuvre l'adsorption sont de plusieurs types selon que l'adsorbant est régénérable ou pas in situ. On parle donc d'adsorption "à charge perdue" c'est-à-dire à renouveler quand le produit est saturé en impuretés (on utilise aussi dans ce cas le terme de "lit de garde" pour qualifier une telle épuration) ou de cycles d'adsorption dans
15 l'autre cas.

Les cycles d'adsorption diffèrent en premier lieu par la façon dont l'adsorbant est régénéré. Si la régénération se fait essentiellement par augmentation de la température, il s'agit d'un procédé TSA (Température Swing Adsorption = adsorption avec variation de température). Si par contre, la régénération s'effectue par baisse de la pression, il s'agit d'un
20 procédé PSA (Pressure Swing Adsorption = adsorption à pression modulée);

De façon générale, on désigne par les termes PSA tout procédé d'épuration ou de séparation de gaz mettant en œuvre une variation cyclique de la pression que voit l'adsorbant entre une pression haute, dite pression d'adsorption, et une pression basse, dite pression de régénération. Ainsi, cette appellation générique de PSA est employée indifféremment pour
25 désigner les procédés cycliques suivants, auxquels il est aussi courant de donner des noms plus spécifiques en fonction des niveaux de pression mis en jeu ou du temps nécessaire à un adsorbant pour revenir à son point initial (temps de cycle):

- Les procédés VSA dans lesquels l'adsorption s'effectue sensiblement à la pression atmosphérique, préférentiellement entre 0.95 et 1.25 bar abs et la pression de désorption est
30 inférieure à la pression atmosphérique, typiquement de 50 à 400 mbar abs ;

- Les procédés MPSA ou VPSA dans lesquels l'adsorption s'effectue à une pression haute supérieure à la pression atmosphérique, typiquement entre 1.35 et 6 bar abs, et la désorption à une pression basse inférieure à la pression atmosphérique, généralement comprise entre 200 et 650 mbar abs ;

5 - Les procédés PSA proprement dits dans lesquels la pression haute est sensiblement supérieure à la pression atmosphérique, typiquement entre 3 et 50 bar abs et la pression basse sensiblement égale ou supérieure à la pression atmosphérique, généralement entre 1 et 9 bar abs ;

10 - Les procédés RPSA (Rapid PSA) pour lesquels la durée du cycle de pression est typiquement inférieure à la minute

- Les procédés URPSA (Ultra Rapid PSA) pour lesquels la durée du cycle de pression est de l'ordre de quelques secondes maximum.

Il convient de noter que ces diverses appellations ne sont pas standardisées et qu'en particulier les limites indiquées sont sujettes à variation selon les auteurs.

15 Dans tous ces procédés, l'adsorbant est logé dans un réservoir appelé adsorbeur. Divers types d'adsorbeurs sont utilisés selon les débits mis en jeu ou les conditions économiques locales : adsorbeur cylindrique à axe vertical, adsorbeur cylindrique à axe horizontal, adsorbeur radial. Des ensembles d'adsorbeurs cylindriques à axe vertical de petites ou moyennes dimensions sont également utilisés en parallèle en remplacement d'un
20 adsorbeur unique plus gros. On parle alors de grappes (ou de groupes), l'élément de base étant un « petit » adsorbeur comprenant une virole renfermant un adsorbant, une entrée et une sortie étant appelé alors module (ou sous volume), termes que nous retenons par la suite. En résumé dans le cadre de l'invention, une grappe peut donc être définie comme un ensemble de plusieurs modules. Notons également que par « petit adsorbeur », on entend un
25 adsorbeur présentant un diamètre de 0.4 à 2.5 mètres et une hauteur de 0.4 à 5m pour des volumes allant d'environ 50 litres à 25 m³.

L'utilisation de petits adsorbeurs (modules) pouvant fonctionner en parallèle permet leur production en nombre avec des coûts réduits. Par « petit adsorbeur », on entend un
30 adsorbeur présentant un diamètre de 0.4 à 2.5 mètres et une hauteur de 0.4 à 5m pour des volumes allant d'environ 50 litres à 25 m³. Il peut sembler paradoxal de vouloir remplacer par exemple un adsorbeur de volume V par 4 adsorbeurs de volume V/4 mais une analyse détaillée du coût de revient final permet d'expliquer ce fait. En plus de l'effet de série - plus

important qu'il n'y parait ici, et sur lequel on reviendra plus bas -, le coût relatif des fonds, la manutention et plus généralement la fabrication qui sont facilitées, le transport et le fait qu'un plus grand nombre d'ateliers, équipés pour fabriquer des équipements de dimensions moyennes, puissent être mis en concurrence, tout cela fait que dans un certain nombre de cas au moins, la solution des grappes s'imposent.

Néanmoins, on conçoit que l'utilisation de N modules en parallèle à la place d'un seul adsorbant pose un nouveau problème, celui d'une bonne distribution des fluides entre les divers modules devant fonctionner à priori de manière identique.

Il convient de noter qu'il est relativement facile de bien répartir un fluide entre plusieurs modules identiques et d'ailleurs plus généralement entre des équipements identiques (tubes, échangeurs, filtres...) soit en utilisant un volume de distribution suffisamment important, soit en mettant en œuvre une même restriction sur tous les circuits en parallèle créant ainsi une perte de charge nettement supérieure aux différences de pression pouvant exister d'un circuit à l'autre, ou enfin si on équilibre les circuits par des dispositifs adéquats, par exemple des vannes.

La Figure 1 illustre ce propos.

Le graphe 1.a représente un collecteur 1 alimentant avec le fluide 4 les 3 sous volumes 10, 20, 30 par l'intermédiaire de 3 conduits identiques 11, 21, 31. Il est connu que si la vitesse du fluide dans le collecteur 1 est suffisamment faible, on pourra considérer que tout le collecteur 1 est à équi-pression, c'est-à-dire en pratique que les variations de pression dues à la fois à la friction et aux variations de vitesse après chaque embranchement (11, 21) sont négligeables devant les autres variations de pression dans le système considéré. De la sorte, les sous débits 4.1, 4.2 et 4.3 peuvent être identiques et égaux chacun au tiers du débit du fluide 4. On notera également que ce système ne rajoute pas de pertes de pression à l'unité et qu'au contraire, du fait du collecteur largement dimensionné, il les minimise.

Le graphe 1.b illustre une autre solution classique. Du fait de la vitesse plus élevée dans le collecteur, celui-ci n'est plus à équi-pression mais subit les modifications de pression dues à la friction et aux variations de vitesse après chaque embranchement, avec respectivement $V_1 > V_2 > V_3$. Pour fixer les idées, à l'échelle des graphiques, le facteur 2 entre les diamètres du collecteur du graphe 1.a et du collecteur du graphe 1.b conduit à un facteur 4 sur la section et donc les vitesses qui lui-même va conduire en première approximation à un facteur 16 sur les variations de pression à débit identique. Dans ce cas, la solution pour obtenir malgré tout une

bonne distribution du fluide entre les modules 10, 20 et 30 consiste à rajouter une perte de charge DP importante via par exemple un orifice calibré identique respectivement référencé 13, 23, 33 sur les branches 11, 21 et 31. Dès lors que cette perte de charge DP est grande par rapport aux variations de pression dans le collecteur, l'écart entre les sous débits 4.1, 4.2 et 5 4.3 peut être rendu aussi petit que l'on veut. En pratique, c'est l'orifice calibré qui à lui tout seul distribue les débits équitablement entre les différents circuits. Ce principe est connu et très largement utilisé dans l'industrie (buses d'injection, distributeur à faible taux de perforation, orifice calibré...)

Ces 2 solutions sont peu coûteuses en investissement (augmentation du diamètre des collecteurs, adjonction d'orifices calibrés) et peuvent éventuellement se combiner pour 10 rechercher l'optimum économique. Dans ce cas, on retiendra par exemple un collecteur de taille intermédiaire ce qui permettra de diminuer la perte de charge de l'orifice calibré.

Elles sont aussi couramment utilisées dans les procédés par adsorption, d'autant que la perte de charge commune additionnelle, représentée ici par un orifice calibré (13, 23, 33), peut être 15 utilisé pour répartir le fluide à l'intérieur du module, par exemple via un distributeur faiblement perforé qui aura alors la double fonction de répartir le gaz entre modules et dans la masse adsorbante de chaque module.

Cependant la contrepartie, c'est-à-dire l'augmentation du volume des collecteurs comme dans le graphe 1.a et/ou l'adjonction d'une perte de charge comme dans le graphe 20 1.b, peut dans certains procédés avoir un effet négatif très sensible sur les performances. On reviendra sur ces points plus bas. On peut cependant noter dès à présent que lorsqu'on met en œuvre une grappe de modules en remplacement d'un adsorbant unique, les vannes liées au procédé qui permettent d'effectuer le cycle de pression retenu et les échanges gazeux correspondant sont situées, en entrée : sur le collecteur d'entrée commun, à l'amont des N collecteurs allant vers les N modules et de même en sortie : sur le collecteur de sortie 25 commun, à l'aval des N collecteurs de sortie issus des N modules. De la sorte, tous les collecteurs liés aux modules font partie intégrante de l'adsorbant équivalent formé par les modules de la grappe. Ce point est illustré par la Figure 2.

Elle représente schématiquement une unité de type VSA ou VPSA comportant 2 adsorbants 2 30 et 3 fonctionnant en décalage de phase. L'unité est alimentée par un gaz de charge 1 à pression atmosphérique ou sous une pression de quelques bars. Ce gaz est séparé en deux fractions : la fraction 4 qui renferme les composés les moins adsorbables et la fraction 5 qui

renferme les constituants les plus adsorbables et qui est extraite via la pompe à vide 6. L'adsorbant 3 a été représenté sous la forme de 6 modules identiques 3.1 à 3.6 alors que l'adsorbant 2 n'a été représenté que globalement à titre de comparaison. Le bon déroulement du cycle envisagé ici nécessite les vannes 12 et 13 côté alimentation, 32 et 33 pour extraire la fraction 5, 22 et 23 côté production du fluide 4 et la vanne 24 pour des transferts entre adsorbants 2 et 3.

Les collecteurs 7 et 8 sont situés entre les vannes de procédé et font partie intégrante de l'adsorbant. En particulier, ils subissent les mêmes variations de pression que l'adsorbant, et sont donc pressurisés ou dépressurisés comme lui. Pour l'adsorbant 3, en plus des collecteurs 7 et 8, il faut prendre en compte les tubulures d'entrée de chaque module, à savoir 7.1 à 7.6 et les tubulures de sortie 8.1 à 8.6. On conçoit que les volumes morts de l'adsorbant 3 peuvent être largement supérieur à ceux de l'adsorbant 2. Ce sera en particulier le cas si l'on veut distribuer les différents flux de manière identique entre les 6 modules en limitant les pertes de charge dans les collecteurs communs 7 et 8 de l'adsorbant 3. En pratique, le volume des collecteurs de l'adsorbant 3, dans une telle configuration, peut être plus élevé d'environ un ordre de grandeur que celui qu'aurait le collecteur d'un adsorbant unique, telle la représentation de l'adsorbant 2, contenant le même volume global d'adsorbant. Le gaz d'alimentation contenu en fin d'étape d'adsorption dans ce collecteur va être en grande partie perdu, c'est-à-dire qu'il va être pompé et partir avec le fluide 5. Ceci a plusieurs conséquences négatives : si la production valorisée est la fraction 4, cela entraîne une chute du rendement d'extraction car, comme on vient de le dire, cette partie du gaz d'alimentation n'est pas traitée par l'adsorbant mais est directement évacuée et une augmentation de l'énergie car cette fraction est comprimée dans la pompe à vide 6. Si la fraction valorisable est la fraction 5, le gaz d'alimentation avec ses constituants les moins adsorbables vient polluer la production et ce gaz additionnel, comme on vient de le voir, doit être également comprimé. Si on veut valoriser les deux fractions 4 et 5, alors on cumule ces 2 désavantages.

De façon générale, on appelle ces volumes associés aux adsorbants mais qui ne participent pas directement à la séparation, des volumes "morts" par opposition aux volumes actifs ou volumes d'adsorbant. Les collecteurs ne représentent souvent qu'une faible partie de ces volumes morts, mettons de 10 à 35% des volumes morts totaux, l'essentiel de ces volumes étant généralement à l'intérieur de l'adsorbant lui-même. Dans le système tel que décrit plus haut, on va avoir généralement le phénomène inverse et ces volumes morts liés

aux collecteurs peuvent devenir prépondérant et jouer très sensiblement, de façon négative, sur les performances. On peut noter également au passage que les volumes morts liés aux collecteurs sont essentiellement fonction du débit traité par l'unité d'adsorption alors que le volume d'adsorbant installé dépend lui de la quantité de gaz à traiter par cycle, c'est-à-dire bien sûr, du débit d'alimentation mais aussi directement du temps de cycle et plus particulièrement du temps d'adsorption. On sait qu'une des tendances fortes dans le dimensionnement des unités de type PSA est de réduire le temps de cycle pour minimiser la quantité d'adsorbant à utiliser et par là l'investissement. On peut retenir que la solution consistant à grossir les collecteurs pour réaliser une bonne distribution des fluides à travers les différents modules s'applique difficilement aux PSA et ce d'autant plus que les cycles utilisés sont courts.

De la même manière, on peut démontrer que la solution consistant à rajouter des orifices calibrés – ou l'équivalent- pour équilibrer les débits entre modules n'est pas toujours applicable. En effet, l'Homme de l'Art sait qu'une perte de charge donnée n'a pas le même impact énergétique en fonction de la pression du fluide. Cet impact est d'autant plus important que la pression est faible. On peut estimer le coût énergétique correspondant à une perte de charge additionnelle de 50 mbars par exemple créée dans un fluide circulant soit sous une pression de 1 bar abs, soit sous une pression de 30 bar abs, en comparant les énergies de compression perdues dans les 2 cas, c'est-à-dire respectivement de 1.0 à 0.95 et de 30 à 29.95 bar abs. On obtient un facteur de l'ordre de 30... Dans le cas de la Figure 2, le gaz adsorbé est extrait par une pompe à vide. On utilise généralement dans ce type de procédé des machines de type Roots dont le débit volume est constant en première approximation et l'énergie de compression est proportionnelle à la différence de pression amont – aval de la pompe. Une pression typique de fin de pompage est de l'ordre de 400 mbar avec donc une énergie à ce point proportionnelle à $1000 - 400 = 600$ mbar en supposant comme c'est généralement le cas que cette pompe à vide permet de remonter à la pression atmosphérique. Introduire une perte de charge de 50 mbar mesurée à la pression atmosphérique sur le circuit d'évacuation des modules va pénaliser le pompage tout au long de l'étape. On notera que compte tenu du choix de la machine, cette perte de charge évoluera en première approximation comme la pression d'aspiration de la pompe à vide. La différence sera très sensible au début du pompage où la pompe à vide travaillera par exemple de 0.905 à 1 bar au lieu de 0.95 à 1.0 bar abs et on devra en fin d'étape descendre la pression d'aspiration à 380

mbar si l'on veut régénérer l'adsorbant sous les conditions de pression retenues lors du dimensionnement. En ce point, la pompe devra alors remonter la pression de 620 mbar au lieu de 600, entraînant une surconsommation, minimale en ce point, encore un peu supérieure à 3%. Pour pomper la même quantité de gaz, la machine devra être environ 5% plus grosse. Le procédé est alors pénalisé à la fois en énergie et en investissement.

L'adjonction d'une perte de charge pour assurer une bonne répartition ne s'applique généralement pas aux procédés par adsorption à basse pression, en particulier s'ils comportent une étape de régénération sous vide. Cependant l'une ou l'autre des solutions décrites (grossissement des collecteurs, adjonction d'un orifice calibré...) peut être la meilleure solution dans le cas de lit de garde, d'unité de type TSA avec des temps de cycle relativement longs (supérieur à 1 heure par exemple) ou dans le cas d'unités fonctionnant sous pression comme certaines unités de dessiccation/ décarbonation de gaz de synthèse pour lesquelles l'adsorption et la régénération se déroulent à plus de 10 bars, voire à plus de 20 bar abs.

Cependant, de ce qui précède, on voit néanmoins qu'il y a un besoin de trouver un moyen autre que le grossissement des collecteurs et/ou l'adjonction de pertes de charge importantes dès lors que l'on souhaite utiliser des modules en grappe dans un procédé par adsorption de type PSA fonctionnant en basse pression, en particulier de type VPSA, c'est-à-dire avec régénération de l'adsorbant sous vide et ce d'autant que les cycles utilisés vont être courts.

Une solution de la présente invention est une unité de purification par adsorption d'un mélange gazeux comprenant au moins un adsorbant comprenant au moins une grappe de N modules d'adsorbant identiques et fonctionnant en parallèle, avec $N \geq 2$, chaque grappe de N modules d'adsorbant comprenant :

- un collecteur commun d'entrée comprenant un canal droit d'entrée d'axe Xe alimentant N tubulures d'entrée Tei avec i allant de 1 à N, connectées respectivement aux entrées Ei, avec i allant de 1 à N, des N modules de ladite grappe,
 - un collecteur commun de sortie comprenant un canal droit de sortie d'axe Xs collectant le flux sortant des N tubulures de sortie Tsi avec i allant de 1 à N, connectées respectivement aux sorties Si, avec i allant de 1, des N modules de ladite grappe,
- caractérisé en ce que :
- les axes Xe et Xs sont sensiblement confondus,

- les N entrées E_i des N modules sont sensiblement situées sur un premier cercle centré sur l'axe X_e ou X_s ,

- les N sorties S_i des N modules sont sensiblement situées sur un deuxième cercle centré sur l'axe X_e ou X_s ,

5 - les N tubulures d'entrée Te_i sont de géométries sensiblement identiques, et

- les N tubulures de sortie Ts_i sont de géométrie sensiblement identiques.

De façon préférentielle, le collecteur d'entrée comprendra entre le canal droit d'entrée et les tubulures d'entrée une pièce de séparation. De même le collecteur de sortie comprendra entre les tubulures de sortie et le canal droit de sortie une pièce de collecte.

10 Les figures 3 et 4 illustrent schématiquement les principes de l'invention sur un cas simple. Sur la Figure 3, on a représenté un seul module 1 de la grappe de 3 modules constituant un des deux adsorbants de l'unité PSA. Son entrée E_1 , à la partie inférieure, est connectée au collecteur commun d'entrée d'axe X_e par l'intermédiaire de la tubulure d'entrée Te_1 . Sa sortie S_1 , à la partie supérieure, est connectée au collecteur de sortie d'axe X_s par
15 l'intermédiaire de la tubulure de sortie Ts_1 . Selon l'invention, les axes X_e et X_s sont confondus pour former l'axe unique 6 et d'une part les 3 tubulures d'entrée, d'autre part, les 3 tubulures de sortie sont géométriquement identiques à celles représentées sur la Figure 3 (longueur droite, coude, longueur droite).

La Figure 4 est une vue de dessous de la grappe de 3 modules (1,2,3) constituant un
20 des adsorbants de l'unité PSA. Les entrées des modules sont à présent repérés (E_1, E_2, E_3) et les tubulures d'entrée (Te_1, Te_2, Te_3). Selon l'invention, les 3 entrées (E_1, E_2, E_3) sont sur le cercle (7). On notera que selon une variante préférentielle de l'invention, les angles entre les tubulures d'entrée (angle repéré (6) entre les modules 1 et 3) mesurent chacun environ 120° . Le mot " sensiblement " utilisé dans la définition de l'alignement des axes des collecteurs, de
25 la position des entrées et sorties des modules, de la géométrie identique des tubulures signifie ici " aux tolérances habituelles de réalisation près ". Ces tolérances concernent à la fois la construction des différents éléments, leur implantation et raccordement sur le site, et les légères modifications qui peuvent se produire l'unité étant en fonctionnement (effet de la température, de la pression, des contraintes...). Les tolérances envisagées ici sont les
30 tolérances normales correspondant à ce type d'unité. Ainsi, par exemple, les axes X_e et X_s pourront ne pas être totalement verticaux comme représentés mais différés de la verticale de quelques degrés. Par rapport à un axe vertical "sensiblement" commun, les centres respectifs

des collecteurs commun d'entrée et sortie pourront en être éloigné d'un centimètre par exemple. On veut signifier par là que la réalisation de l'unité se fait selon les Règles de l'Art classiques pour une unité industrielle sans rajout de contraintes supplémentaires qui pourraient éventuellement améliorer la distribution des fluides dans les différents modules fonctionnant en parallèle mais en renchériraient le coût et/ou rendraient plus difficile la réalisation.

On notera que l'on appelle ici "entrée " et "sortie " du module le centre de l'orifice généralement circulaire par où les fluides entrent et sortent du module.

Quand N est supérieur à 4 ou à 6, on pourrait éventuellement procéder à des réunions intermédiaires de $N/2$, $N/3$,....modules puis collecter entre eux ces sous-ensembles. Néanmoins, cela entraîne une complexification du système de distribution avec plus d'accidents " (coudes, tés, pièces de jonction) causant plus de pertes de charge, plus de volumes morts et augmentant le risque de mauvaise distribution entre modules. Pour ces raisons, on privilégie l'implantation décrite précédemment.

Selon le cas, le procédé selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous :

- la longueur du canal droit d'entrée est supérieure à 3 fois son diamètre, préférentiellement à 5 fois son diamètre ;
- la longueur du canal droit de sortie est supérieure à 3 fois son diamètre, préférentiellement à 5 fois son diamètre ; cette caractéristique ainsi que la précédente permettent d'avoir des lignes de courant approximativement homogènes et parallèle à la paroi à l'endroit de la séparation ou réunion de courant afin de ne pas privilégier tel ou tel module selon la présence par exemple d'un coude ou d'un té trop proche de cette zone. Si l'on ne prête pas une grande attention à ce point, on peut obtenir des défauts de distribution majeurs entre modules ;
- le canal droit d'entrée et/ou le canal droit de sortie comprend à l'intérieur un système d'homogénéisation de la circulation du mélange gazeux à purifier ou purifié ; ceci permet d'obtenir un écoulement régulier dans les collecteurs communs dans les zones de collectage (séparation, réunion) des tubulures. Ce dispositif devra être impérativement utilisé si par construction, il est impossible de disposer d'une longueur droite de collecteur commun suffisante, c'est-à-dire égale à plusieurs diamètres ou si à cause d'autres dispersions inévitables dans d'autres tronçons de tuyauterie, on cherche à avoir à ce niveau une distribution quasi parfaite, par exemple inférieure à + ou - 0.5 %, voire de l'ordre de 0.25%.

Plusieurs dispositifs sont disponibles à cette fin comme une, ou préférentiellement 2 ou 3, plaques largement perforées avec un nombre et un diamètre de trous adaptés aux conditions opératoires. D'autres types de dispositifs seront cependant à privilégier. Ainsi, l'intérêt d'un système de type mélangeur statique ou garnissage est qu'il est à la fois efficace et ne crée
5 pratiquement pas de pertes de charge.

On notera bien qu'il s'agit là d'un dispositif fixe installé dans les collecteurs communs et non d'un système réglable installé au niveau des tubulures de chaque module. Le seul but du dispositif en question est de se rapprocher respectivement à l'amont côté entrée et à l'aval côté sortie du profil de vitesse qui caractérise un fluide circulant en régime établi dans une
10 tuyauterie rectiligne.

- le système d'homogénéisation est un mélangeur statique ou de type garnissage croisé.
- le premier cercle et le deuxième cercles présentent des rayons sensiblement identiques. Ce mode de réalisation sera très généralement retenu dès lors que l'adsorbant est sous forme de particules. Il minimise le risque de contournement et permet d'obtenir des interfaces bien
15 régulières entre adsorbants ou entre adsorbant et support. Dans le cas de monolithes et plus généralement de contacteurs à passages parallèles, d'autres implantations, comme un arrangement horizontal ou en biais, sont possibles et les entrées et sorties peuvent se retrouver sur des cercles de rayons différents. Par entrée et sortie, on rappelle que l'on veut signifier ici le centre des orifices d'entrée et sortie des modules.

- les raccords des tubulures d'entrée Te_i , i allant de 1 à N , des N modules au canal droit d'entrée du collecteur commun d'entrée sont espacés d'un angle d'environ $360/N$ degrés.

- les raccords des tubulures d'entrée Te_i , i allant de 1 à N , des N modules au canal droit d'entrée du collecteur commun d'entrée sont espacés d'un angle d'environ $360/N$ degrés. Cette caractéristique ainsi que la précédente permettent à nouveau de favoriser la symétrie
25 des ensembles de collectage des tubulures. Une telle distribution dans l'espace n'est pas obligatoire dès lors que l'on peut calculer la conséquence d'un autre agencement grâce par exemple à la Mécanique Des Fluides et intégrer cette conséquence dans les calculs de répartition. Néanmoins, une répartition des tubulures comme préconisé sera préférable chaque fois que possible car elle permet de mieux optimiser le système global en limitant la
30 présence de défauts là où ils sont quasiment inévitables (soudures...)

- chaque adsorbeur comprend une grappe de 2 à 12 modules identiques et fonctionnant en parallèle, de préférence de 3 à 6 modules identiques et fonctionnant en parallèle.

- chaque adsorbeur comprend 2 à 5 grappes de 2 à 12 modules fonctionnant en parallèle, de préférence de 3 à 6 modules fonctionnant en parallèle, avec l'ensemble des modules de l'unité étant identiques. Notons que les grappes de N modules sont de géométries similaires. En effet, les différences entre les adsorbeurs résideront uniquement dans l'implantation et l'orientation des modules différentes d'un adsorbeur à l'autre.

- ladite unité est une unité de type VSA O₂ ou MPSA O₂ comprenant 1 à 4 adsorbeurs comprenant 1 à 4 grappes de 3 à 6 modules.

- ladite unité est une unité de type VSA CO₂, MPSA CO₂ ou PSA CO₂ comprenant 1 à 12 adsorbeurs comprenant 1 à 6 grappes de 2 à 8 modules.

- ladite unité est une unité de type VSA CO ou MPSA CO comprenant 1 à 8 adsorbeurs comprenant 1 à 4 grappes de 3 à 6 modules.

- les N modules comprennent chacun un volume d'adsorbant compris entre 50 litres et 25 m³.

Comme expliqué ci-dessus, selon un mode préférentiel l'unité met en œuvre une pluralité M d'adsorbeurs (M= ou >1), chacun de ces adsorbeurs étant constitués par une grappe comportant de 2 à 12 modules, préférentiellement de 2 à 6 modules, identiques et fonctionnant en parallèle. Au-delà de 6 modules, leur implantation de manière symétrique peut nécessiter plus de place que disponible et rallonge les tubulures. Il peut être alors intéressant de remplacer un adsorbeur de grosse taille par plusieurs grappes de quelques modules chacune plutôt que de mettre en œuvre une grappe comportant de trop nombreux modules. Dans ce cas, on privilégiera des grappes comportant un nombre identique de modules.

Pour des unités PSA traitant de gros débits, on utilisera donc une variante mettant en œuvre une pluralité M d'adsorbeurs (M= ou >1), chacun de ces adsorbeurs étant constitué de K grappes avec K compris préférentiellement entre 2 et 5, comportant chacune N modules identiques, N compris préférentiellement entre 3 et 6 modules, l'ensemble fonctionnant en parallèle. Avec une telle disposition, il est possible de couvrir une large gamme de débit.

Dans une telle configuration, à savoir une unité PSA comportant une pluralité M d'adsorbeurs, chacun de ces adsorbeurs étant constitués par une pluralité K de grappes de N modules identiques fonctionnant en parallèle, les K collecteurs d'entrée des grappes sont connectés au collecteur principal d'entrée de l'adsorbeur constitué par ces K grappes, et les K collecteurs de sortie des grappes sont connectés au collecteur de sortie principal de ce même adsorbeur.

La Figure 5 illustre une telle implantation dans le cas où chaque adsorbeur est formé par 4 grappes de 3 modules identiques. Seul le premier adsorbeur est représenté et de façon incomplète pour éviter de surcharger la figure. L'adsorbeur 1 est donc constitué par les grappes référencées 10, 20, 30 et 40. Chaque grappe comprend 3 modules tels 10.1, 10.2, 10.3 pour la grappe 10. Chaque grappe à son collecteur d'entrée (12, 22, 32, 42) et son collecteur de sortie (14,...). Les tubulures d'entrée de chaque module de la grappe 10, à savoir les tubulures Te1, Te2 et Te3 se rejoignent sur le collecteur 12. Il en est de même en sortie avec les tubulures Ts1, Ts2 et Ts3 et le collecteur commun 14. Les 4 collecteurs d'entrée des 4 grappes se connectent à la pièce de séparation 4 située en bout du canal droit d'entrée du collecteur d'entrée 2 de l'adsorbeur 1. La vanne 3 située sur ce collecteur permet d'effectuer le cycle de pression. Toutes les tuyauteries à l'aval de cette vanne, y compris la pièce de distribution 4 font donc partie des volumes morts côté alimentation. Le système de collectage des sorties des modules et des grappes, très partiellement représenté, est semblable au système mis en œuvre pour l'entrée.

Comme représenté sur la Figure 5, on fera en sorte que les débits des flux gazeux allant vers ou venant des K grappes via les collecteurs communs d'entrée et de sortie soient rendus très sensiblement égaux par un tracé géométrique équivalent de ces tuyauteries. En pratique, on appliquera le même type de règles que pour la répartition entre modules d'une même grappe. La pièce de collecte – non représentée- permettant de collecter les collecteurs de sortie des 4 grappes, équivalente à la pièce 4 côté entrée, aura le même axe que cette pièce d'entrée. Afin que le régime d'écoulement soit homogène, on prévoira des longueurs droites L suffisantes, à savoir égale au moins à 3 fois le diamètre d, préférentiellement à 5 fois le diamètre d. Si nécessaire, on utilisera dans ces tronçons de tuyauterie, un système permettant de supprimer les distorsions d'écoulement liées à la présence de coudes, tés et de façon générale de tout obstacle rencontré par le fluide.

On conçoit que par souci de simplification et de symétrie, dans une unité d'adsorption à modulation de pression comportant une pluralité M d'adsorbeurs ($M =$ ou > 1), chacun de ces adsorbeurs étant constitués par une pluralité (K, $K =$ ou > 1) de grappes comportant chacune N ($N =$ ou > 2) modules, les $M \cdot K$ grappes constituant la dite unité ont une configuration géométrique essentiellement identique, l'orientation dans l'espace de ces grappes pouvant quant à elle être différente.

On notera que là également, il existe d'autres manières de réunir les collecteurs des 4 grappes de façon symétrique. On peut d'abord réunir les collecteurs de 2 grappes sur un collecteur intermédiaire et procéder de même pour les 2 autres grappes. On réunit ensuite les 2 collecteurs intermédiaires sur le collecteur commun de l'adsorbeur. De la même manière que pour les modules, une telle implantation n'est pas souhaitable à cause des pertes de charge et volumes additionnels mais peut être rendue nécessaire par des contraintes d'implantation, par exemple la largeur disponible qui n'autorise pas à cette échelle une installation circulaire.

On va à présent expliciter le principe de l'invention par son application à une unité de production d'oxygène à partir d'air atmosphérique via un procédé de type MPSA avec une pression haute de 1.55 bar abs et une pression basse de 0.47 bar abs. Le cycle à 2 adsorbours comprend une étape de production d'oxygène à pression montante d'environ 1.4 à 1.55 bar abs, une étape de décompression à co-courant, une étape de décompression à co-courant avec simultanément pompage à contre-courant, une étape de pompage à contre-courant, deux étapes d'élution avec du gaz de production et du gaz issu d'une décompression, une étape de repressurisation avec simultanément à co-courant de l'air atmosphérique et du gaz issu d'une décompression, une recompression finale à l'air et éventuellement à l'oxygène. La durée totale du cycle est de 38 secondes plus ou moins 3 secondes selon les conditions particulières du site. Les réservoirs utilisés (modules) sont tous identiques avec une virole cylindrique de diamètre 2100 mm et une hauteur de 1300 mm. L'unité prise comme exemple est une unité de taille moyenne, chaque adsorbeur étant constitué par une seule grappe de 3 modules. La production oxygène va d'environ 33 à un peu plus de 40t/j suivant la pureté recherchée (de 90 à 93.5% mole), le choix des machines, des adsorbants et les conditions locales (température, humidité, altitude...). Le choix des machines et de l'adsorbant est un choix essentiellement économique entre investissement et consommation énergétique. De l'entrée vers la sortie, dans le sens alimentation en air vers sortie oxygène, chaque module comprend une ouverture d'entrée connectée à la tubulure d'entrée, un répartiteur de débit de type calotte sphérique ou de forme cylindrique, très perforé jouant le rôle de déflecteur, un lit de particules inerte de diamètre 25 ou 40 mm permettant au fluide de se répartir régulièrement sur toute la section de l'adsorbeur, le matériau adsorbant, un système permettent de réduire les volumes morts en partie supérieure et servant au maintien du lit, un second répartiteur/ collecteur de débit et une ouverture de sortie connectée à la tubulure de sortie. Le matériau adsorbant consiste, de l'entrée vers la sortie, en une ou deux couches

d'adsorbant servant à arrêter l'essentiel de l'humidité, du CO₂ et des polluants atmosphériques, une couche de zéolite servant à la fois à retenir les toutes dernières traces d'impuretés et participant à la séparation O₂/N₂ et une ou deux couches de zéolite échangée au lithium adaptées à la séparation O₂/N₂. Des matériaux à changement de phase peuvent être rajoutés dans tout ou partie des lits de zéolite. On signalera à ce sujet qu'un intérêt supplémentaire lié à l'utilisation d'adsorbants axiaux à la place d'adsorbants radiaux est la plus grande facilité de mettre en œuvre plusieurs couches d'adsorbants différents qu'il s'agit ici de simplement superposer lors du remplissage. Chacun des adsorbants sélectionnés fait l'objet d'une spécification particulière avec leurs fournisseurs afin de disposer de produits aux caractéristiques constantes dans le temps. C'est en particulier le cas pour la granulométrie, la densité, les caractéristiques d'adsorption. Les modules sont remplis en atelier avec des outillages spécifiques et des protocoles détaillés. Ainsi les différences entre les modules d'une unité sont minimisées. Les tolérances de fabrication sont les tolérances standards de ce type de construction, c'est-à-dire de l'ordre de quelques millimètres. Ces tolérances n'ont pas d'impact sur les performances des modules. Elles sont moindres en pratique que ce que l'on peut avoir sur des adsorbants radiaux où la non-concentricité, la flexion longitudinale des grilles peuvent introduire des effets plutôt supérieurs.

La Figure 6 est une vue en 3 dimensions des 3 modules constituant la grappe. Côté entrée, en partie inférieure, les 3 tubulures sont connectées au collecteur commun d'entrée. Celui-ci présente une longueur droite de l'ordre de 5 fois le diamètre avant de partir perpendiculairement par l'intermédiaire d'un coude. Le diamètre de la tubulure est de 200 ou 250mm suivant le modèle et le diamètre du collecteur commun est de 400 ou 450 mm. Les trois tubulures sont connectées au même niveau, à 120°C les unes des autres, et sont géométriquement identiques. L'arrangement des tubulures côté production, en partie supérieure, est identique avec des tubulures de diamètre 150 ou 200 mm et un collecteur commun de 300mm. Un système G de type mélangeur statique (ou garnissage) est prévu pour supprimer les effets sur l'écoulement d'un té (non représenté) situé à proximité. Les axes des parties droites des collecteurs sont alignés et les entrées et sorties des modules, par raison de symétrie, sont sur des cercles de même rayon. Les vitesses de circulation des gaz dans les différents tuyaux vont, suivant les cas, de 15 à environ 50 m/s. On voit que la grappe utilisée ici est exactement du même principe qu'une des grappes de la Figure 5.

La Figure 7 est une vue partielle de dessus de l'unité montrant les 2 grappes de 3 modules avec leurs tubulures, positionnées sur une structure métallique standard d'environ 12 mètres de long pour 2.5 mètres de large, contenant l'essentiel des tuyauteries et vannes de l'unité et pouvant être transporté tel quel. Les machines non représentées sur la Fig. 7, compresseur d'air et pompe à vide, sont disposées à l'extérieur de la structure, dans le prolongement de son grand axe. Un système de support prolongeant localement la structure métallique est rajouté en partie supérieure de façon à maintenir fixement 2 des pieds de soutien des 4 modules installés en partie en porte à faux. Les différences entre les branches permettant la séparation des fluides ou leur réunion pour chaque grappe sont minimales et essentiellement dues à la présence de coudes ou de tés sur les collecteurs communs ou à la présence de cordons de soudure plus ou moins épais. Les calculs via les formules classiques de pertes de charge et/ou via des simulations de Mécanique des fluides englobant les modules avec leurs internes (distributeur, matériau adsorbant, système de maintien ...) montrent que moyennant les précautions énumérées précédemment concernant la fabrication, en particulier le remplissage et l'implantation, la distribution entre modules peut être d'au moins aussi bonne qualité que la distribution dans les adsorbants radiaux utilisés depuis plus d'une décennie dans ce type de procédé.

Il est donc tout à fait possible de mettre en œuvre des grappes de modules en lieu et place d'adsorbant de taille plus importante sans avoir à installer des systèmes d'équilibrage entre modules plus complexe, plus coûteux, et pouvant en cas de mauvais réglage du par exemple à une dérive de l'instrumentation aller en sens opposé de l'effet recherché. Une réalisation industrielle correspondant à une unité MPSA O₂ de taille intermédiaire a été prise comme exemple mais on conçoit que le principe de l'invention peut être appliqué à des grappes comportant plus de modules, à des adsorbants comportant par exemple 2 grappes de 3 modules. Une solution possible dans ce cas consiste à conserver pour un adsorbant la configuration de la Figure 7, un autre élément identique étant implanté en parallèle et les machines positionnées entre les deux structures. On dispose d'une grande souplesse d'implantation à partir du moment où l'on respecte une symétrie vis-à-vis des modules, vis-à-vis des différentes grappes constituant un adsorbant. Avec une seule géométrie pour les modules, on peut couvrir une gamme entière de production allant par exemple pour les MPSA O₂ de 15 à 120 t/j d'oxygène. On conçoit alors que l'effet de série joue en plein sur la réduction des coûts.

L'invention va s'appliquer avantageusement aux VSA et MPSA O₂, aux PSA (au sens large) CO₂ ou CO, ces procédés ayant généralement une basse pression proche de la pression atmosphérique et très souvent inférieure à cette dernière. Elle peut être utilisée de façon plus générale lorsqu'on veut diminuer les volumes morts ou les pertes de charge tout en assurant
5 une bonne distribution des fluides à travers les masses absorbantes. Le nombre d'adsorbants mis en œuvre va dépendre de la séparation envisagée et surtout de la complexité du cycle de pression mis en jeu. Pour les séparations citées ci-dessus, ce nombre restera préférentiellement inférieur ou égal à 4 pour la production d'oxygène, à 6/8 pour la production de CO, à 8/12 pour la capture de CO₂. Le nombre de grappes et de modules par
10 grappe va essentiellement tenir au débit de gaz de charge et à la taille retenue pour les modules. On va généralement utiliser de 1 à 6 grappes par adsorbant et de 2 à 6 modules par grappes.

Les dimensions des modules vont généralement être limitées vers le haut par le transport et vers le bas par un bilan économique (plusieurs petits adsorbants à comparer à un
15 adsorbant de taille moyenne). D'autres critères non cités ici peuvent favoriser le choix de plusieurs petits adsorbants (c'est-à-dire des grappes de N modules) : évolution du débit de l'unité dans le temps en rajoutant des modules, changement périodique des modules en cas de pollution. On prévoit une large plage de dimensions possibles pour ces modules, par exemple un diamètre de 0.4 à 2.5 mètres et une hauteur de 0.4 à 5m pour des volumes allant
20 d'environ 50 litres à 25 m³.

Revendications

1. Unité de purification par adsorption d'un mélange gazeux comprenant au moins un adsorbant comprenant au moins une grappe de N modules d'adsorbant identiques et fonctionnant en parallèle, avec $N \geq 2$, chaque grappe de N modules d'adsorbant comprenant :
- un collecteur commun d'entrée comprenant un canal droit d'entrée d'axe X_e alimentant N tubulures d'entrée Te_i avec i allant de 1 à N, connectées respectivement aux entrées E_i , avec i allant de 1 à N, des N modules de ladite grappe,
 - un collecteur commun de sortie comprenant un canal droit de sortie d'axe X_s collectant le flux sortant des N tubulures de sortie Ts_i avec i allant de 1 à N, connectées respectivement aux sorties S_i , avec i allant de 1, des N modules de ladite grappe,
- caractérisé en ce que :
- les axes X_e et X_s sont sensiblement confondus,
 - les N entrées E_i des N modules sont sensiblement situées sur un premier cercle centré sur l'axe X_e ou X_s ,
 - les N sorties S_i des N modules sont sensiblement situées sur un deuxième cercle centré sur l'axe X_e ou X_s ,
 - les N tubulures d'entrée Te_i sont de géométries sensiblement identiques, et
 - les N tubulures de sortie Ts_i sont de géométrie sensiblement identiques.
2. Unité de purification selon la revendication 1, caractérisé en ce que la longueur du canal droit d'entrée est supérieure à 3 fois son diamètre, préférentiellement à 5 fois son diamètre.
3. Unité de purification selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la longueur du canal droit de sortie est supérieure à 3 fois son diamètre, préférentiellement à 5 fois son diamètre.
4. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le canal droit d'entrée et/ou le canal droit de sortie comprend à l'intérieur un système d'homogénéisation de la circulation du mélange gazeux à purifier ou purifié.

5. Unité de purification selon la revendication 4, caractérisé en ce que le système d'homogénéisation est un mélangeur statique ou de type garnissage croisé.

6. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le premier
5 cercle et le deuxième cercle présentent des rayons sensiblement identiques.

7. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les raccords des tubulures d'entrée Te_i , i allant de 1 à N , des N modules au canal droit d'entrée du collecteur commun d'entrée sont espacés d'un angle d'environ $360/N$ degrés.

10

8. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les raccords des tubulures d'entrée Te_i , i allant de 1 à N , des N modules au canal droit d'entrée du collecteur commun d'entrée sont espacés d'un angle d'environ $360/N$ degrés.

15 9. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que chaque adsorbeur comprend une grappe de 2 à 12 modules identiques et fonctionnant en parallèle, de préférence de 3 à 6 modules identiques et fonctionnant en parallèle.

10. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que chaque
20 adsorbeur comprend 2 à 5 grappes de 2 à 12 modules fonctionnant en parallèle, de préférence de 3 à 6 modules fonctionnant en parallèle, avec l'ensemble des modules de l'unité étant identiques.

11. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ladite
25 unité est une unité de type VSA O₂ ou MPSA O₂ comprenant 1 à 4 adsorbeurs comprenant 1 à 4 grappes de 3 à 6 modules.

12. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ladite
30 unité est une unité de type VSA CO₂, MPSA CO₂ ou PSA CO₂ comprenant 1 à 12 adsorbeurs comprenant 1 à 6 grappes de 2 à 8 modules.

13. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ladite unité est une unité de type VSA CO ou MPSA CO comprenant 1 à 8 adsorbeurs comprenant 1 à 4 grappes de 3 à 6 modules.

5 14. Unité de purification selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que les N modules comprennent chacun un volume d'adsorbant compris entre 50 litres et 25 m³.

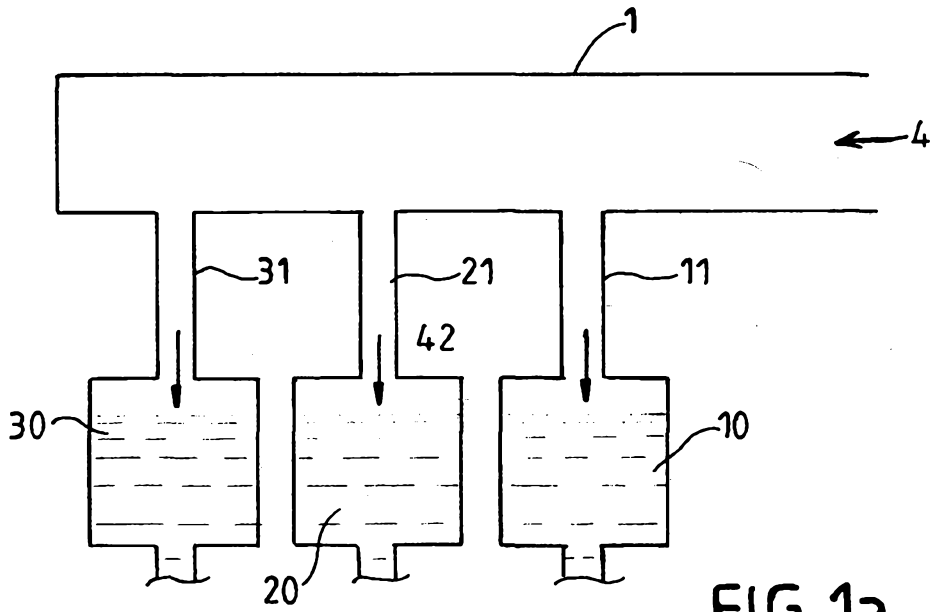


FIG. 1a

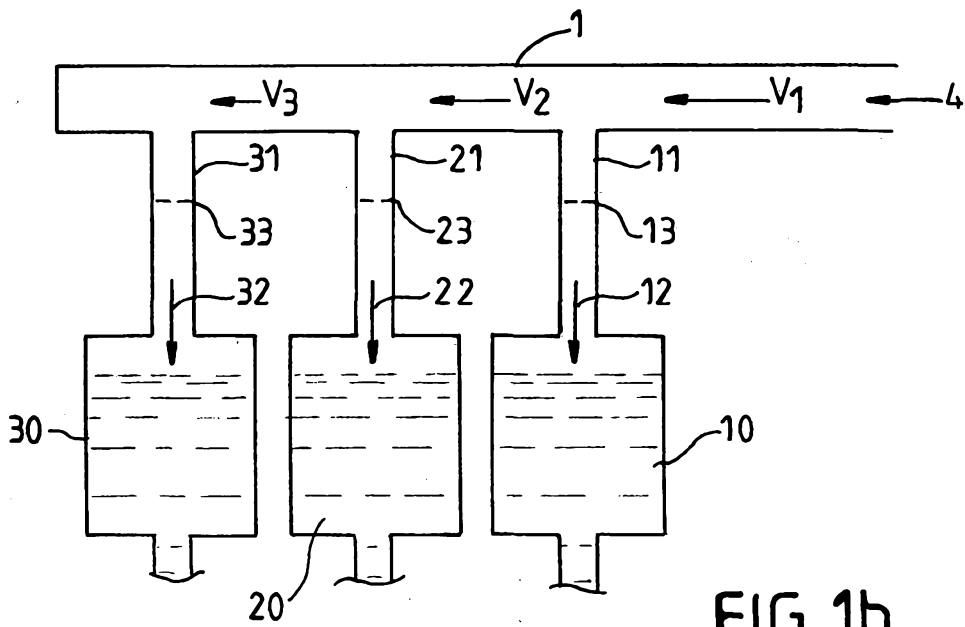


FIG. 1b

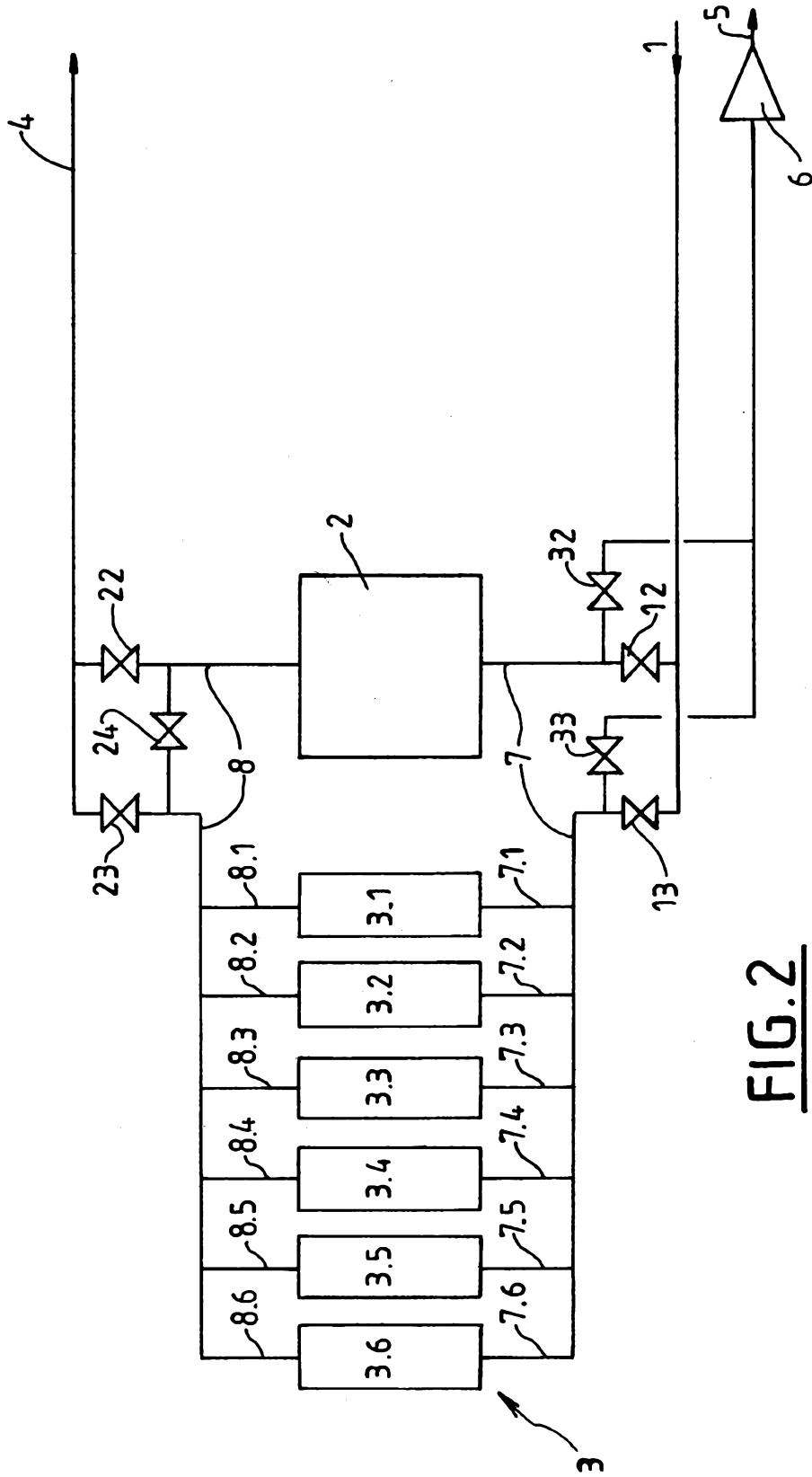
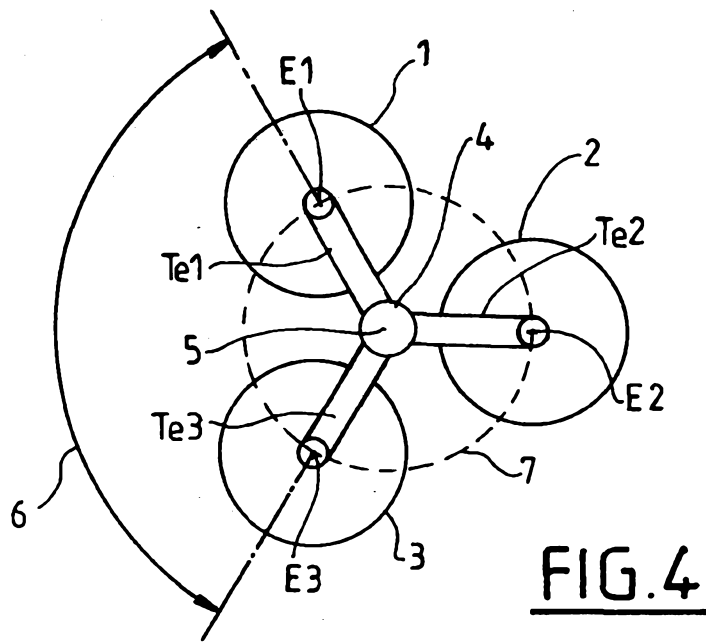
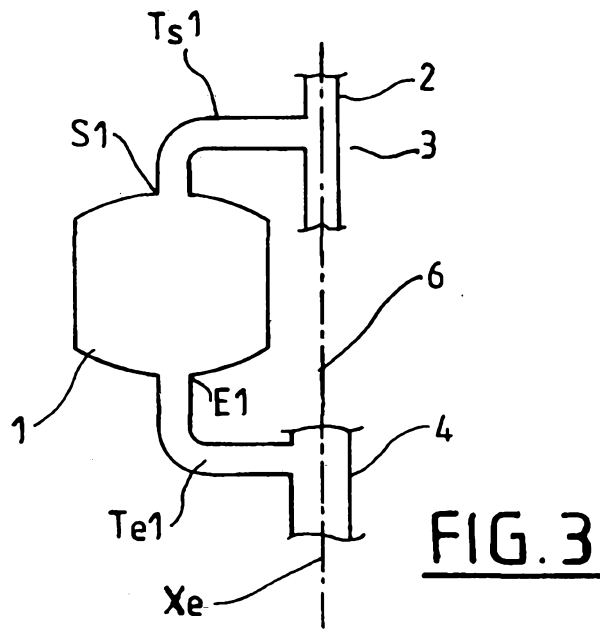
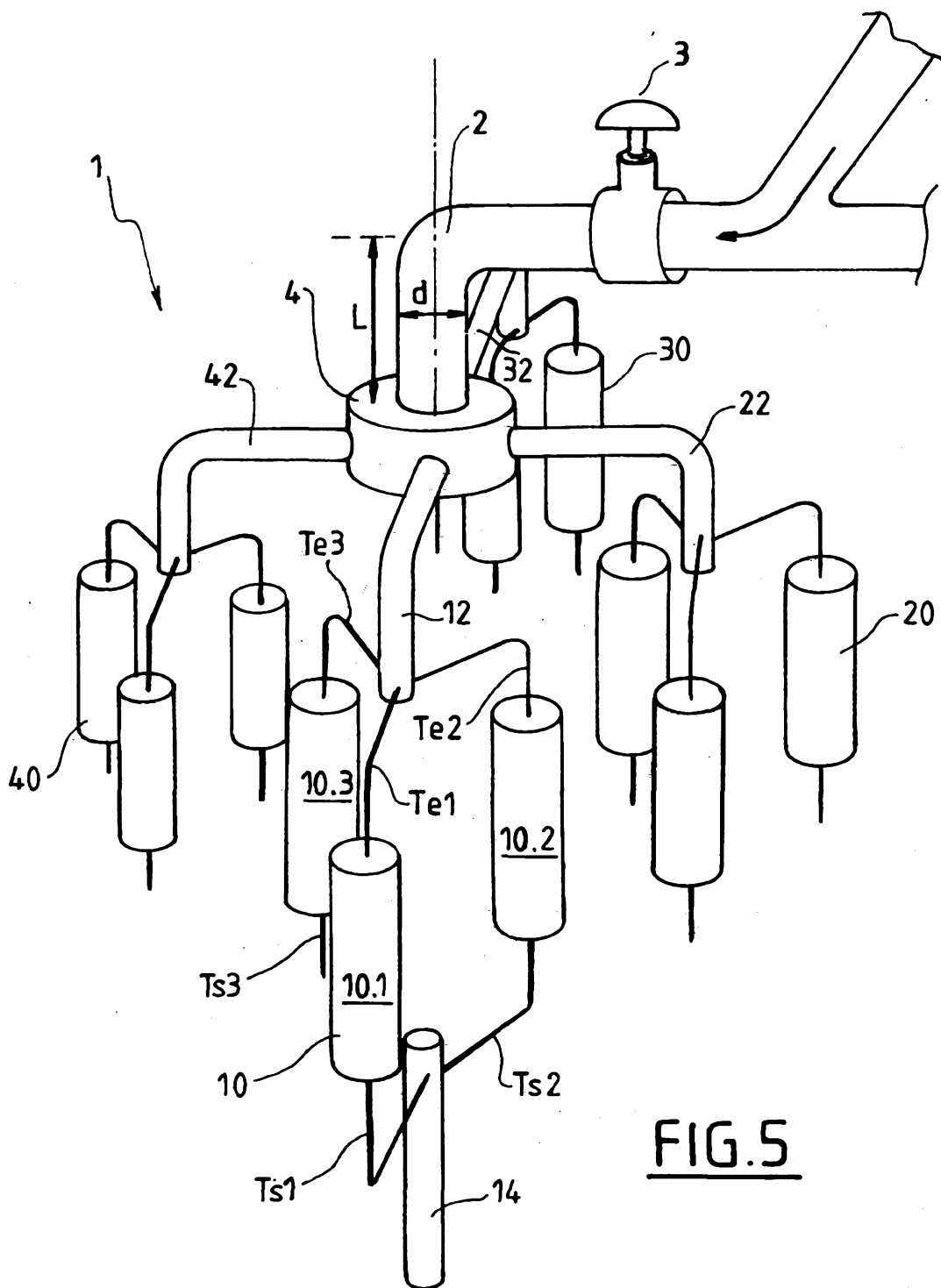


FIG. 2



FIG.5

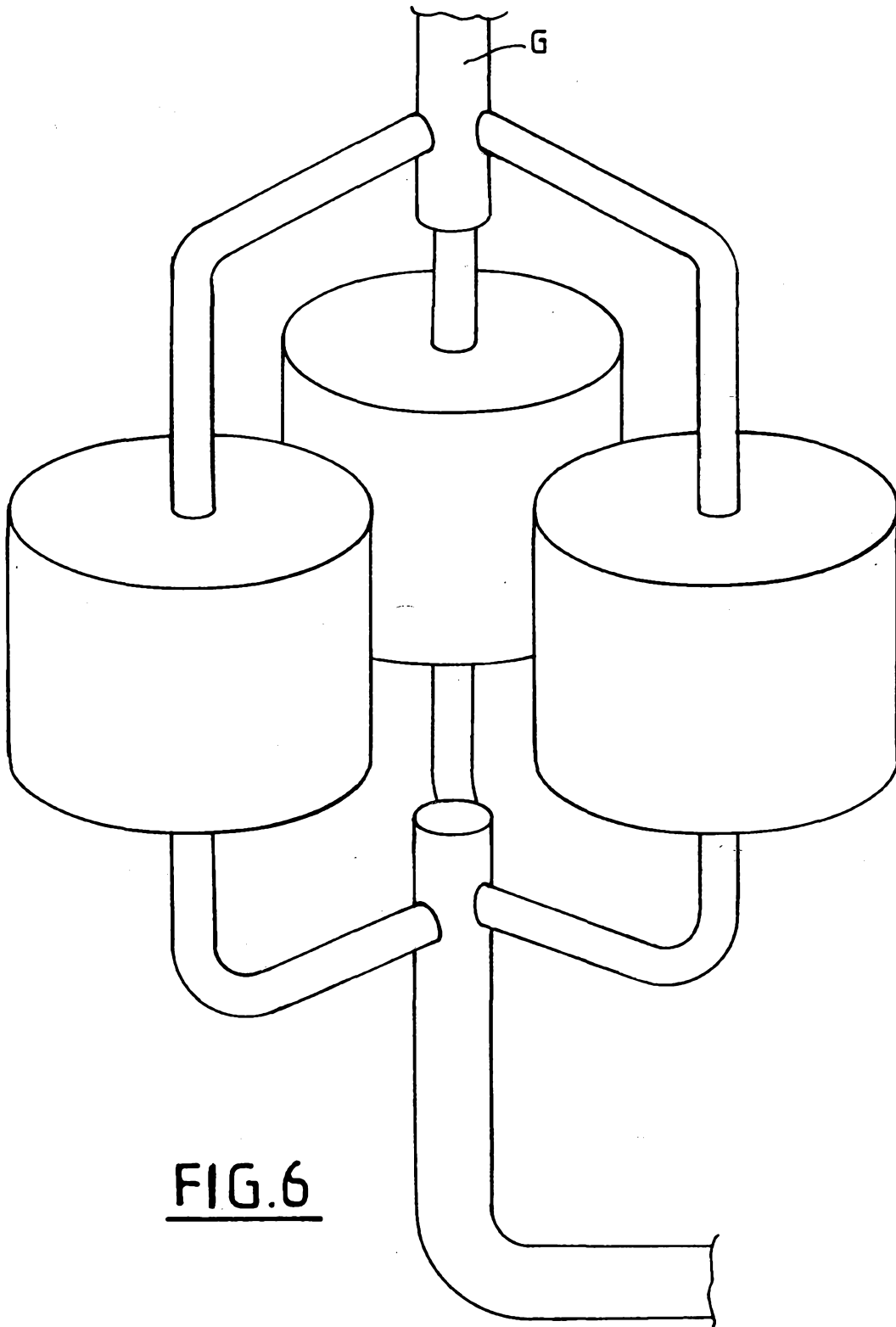


FIG.6

6/6

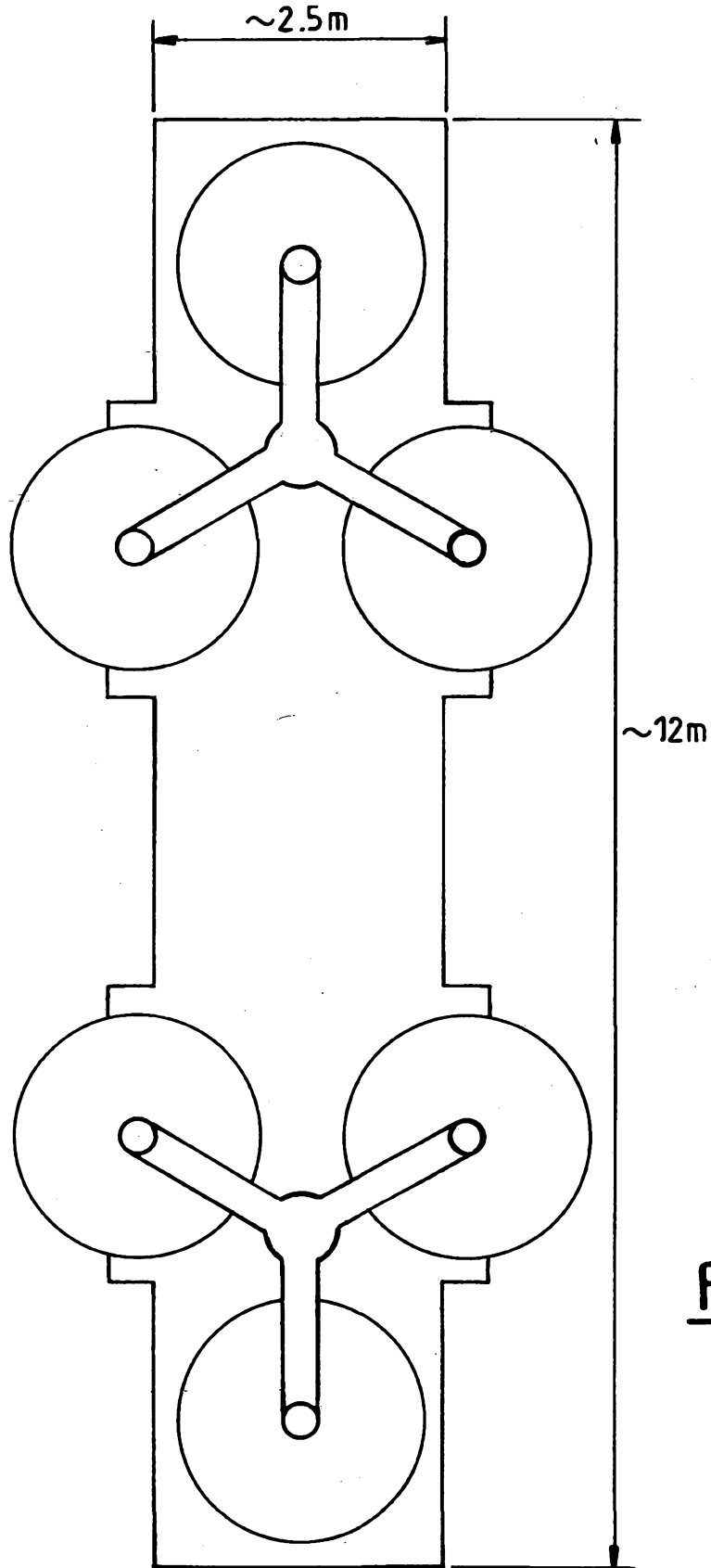


FIG.7



INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 852016
FR 1852051

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	US 2006/288869 A1 (WARREN JOHN L [CA] ET AL) 28 décembre 2006 (2006-12-28) * alinéa [0003]; figures 1-9 *	1-14	B01D53/047 C01B13/02
Y	US 2017/021302 A1 (GALBRAITH STEPHEN DOUGLAS [US] ET AL) 26 janvier 2017 (2017-01-26) * alinéas [0003] - [0007]; figure 19 *	1-14	
Y	US 2015/276066 A1 (TAMMERA ROBERT F [US]) 1 octobre 2015 (2015-10-01) * figures 14,15 *	1-14	
Y	US 2 753 950 A (ROBERT BAKER CHARLES ET AL) 10 juillet 1956 (1956-07-10) * figure 1 *	1-14	
Y	US 2 083 732 A (MOORE WILLIAM E ET AL) 15 juin 1937 (1937-06-15) * figure 1 *	1-14	
A	EP 0 258 206 A1 (VOEST ALPINE AG [AT]) 2 mars 1988 (1988-03-02) * figure 1 *	1-14	
A	US 4 971 609 A (PAWLOS ROBERT A [US]) 20 novembre 1990 (1990-11-20) * figures 1,2 *	1-14	B01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 novembre 2018		de Biasio, Arnaldo	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1852051 FA 852016**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 13-11-2018

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006288869 A1	28-12-2006	EP 1907098 A1	09-04-2008
		US 2006288869 A1	28-12-2006
		US 2009145300 A1	11-06-2009
		US 2009229459 A1	17-09-2009
		WO 2007000050 A1	04-01-2007

US 2017021302 A1	26-01-2017	US 2013216627 A1	22-08-2013
		US 2015104524 A1	16-04-2015
		US 2017021302 A1	26-01-2017

US 2015276066 A1	01-10-2015	US 2013340619 A1	26-12-2013
		US 2015276066 A1	01-10-2015
		WO 2012118757 A1	07-09-2012

US 2753950	A	10-07-1956	AUCUN

US 2083732	A	15-06-1937	AUCUN

EP 0258206	A1	AT 386545 B	12-09-1988
		EP 0258206 A1	02-03-1988

US 4971609	A	20-11-1990	AUCUN

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82