

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 136 988

②1 N° d'enregistrement national : 22 06313

⑤1 Int Cl⁸ : A 61 M 16/10 (2022.01), A 61 M 16/06

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24.06.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 29.12.23 Bulletin 23/52.

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 PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE ANONYME —
FR.

⑦2 Inventeur(s) : BOULANGER Thierry, BRANDANI
Federico et PULLUMBI Pluton.

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

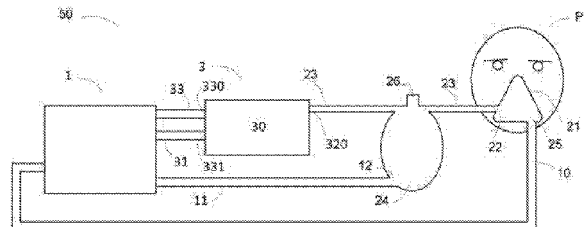
⑦4 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE.

⑤4 Installation de fourniture d'oxygène à un patient incluant un module de séparation électrochimique à membrane céramique.

⑤7 Titre de l'invention
Installation de fourniture d'oxygène à un patient incluant
un module de séparation électrochimique à membrane cé-
ramique

L'invention concerne une installation de fourniture (50) d'un gaz respiratoire à un utilisateur (P) comprenant une source de gaz (3) et une interface respiratoire (21) reliées par une ligne principale d'acheminement de gaz (23) ; une ligne de récupération de gaz (10) reliée à l'interface respiratoire (21) pour récupérer le mélange gazeux CO₂/O₂ expiré par l'utilisateur (P) ; un système de purification de gaz (1) comprenant des adsorbants (130-132) servant à éliminer le CO₂ contenu dans le mélange gazeux CO₂/O₂ expiré et obtenir un gaz purifié contenant majoritairement de l'O₂ ; et une ligne de recyclage de gaz (11) pour acheminer et réinjecter le gaz purifié dans la ligne principale d'acheminement de gaz (23). Selon l'invention, la source de gaz (3) comprend une unité de génération d'oxygène (30) comprenant au moins un module de séparation électrochimique (316).

Figure de l'abrégé: Fig. 1



FR 3 136 988 - A1



Description

Titre de l'invention : Installation de fourniture d'oxygène à un patient incluant un module de séparation électrochimique à membrane céramique

- [0001] La présente invention concerne une installation de fourniture de gaz respiratoire, tel de l'oxygène pur ou quasiment pur, à un individu, i.e. un être humain, typiquement un patient en état hypoxémique, incluant un module de séparation électrochimique à membrane céramique. Une telle installation peut être utilisée pour traiter notamment une personne en état hypoxémique infectée par un coronavirus, tel le Covid-19 ou analogue, que ce soit un adulte, notamment une personne âgée, un adolescent ou enfant.
- [0002] L'administration d'oxygène (O_2) gazeux sert à corriger une situation hypoxémique, c'est-à-dire lorsque la saturation d'oxyhémoglobine dans le sang ou « saturation en oxygène » devient ou est inférieure à une valeur normale, i.e. hors de la plage 95-100%, en particulier inférieure à 90%, chez un individu humain, i.e. un patient dans une population de patients de type nouveaux nés, enfants ou adultes, souffrant d'une pathologie respiratoire, par exemple une Bronchopneumopathie Chronique Obstructive (BPCO) ou un Syndrome de Détresse Respiratoire Aigüe (SDRA), notamment dans le cadre de la pandémie lié au coronavirus Covid-19.
- [0003] A l'hôpital, l'oxygène provient d'un (ou plusieurs) réservoir de grande capacité (i.e. stockage de plusieurs milliers de litres), notamment contenant de l'oxygène sous forme liquide (LOX), qui est d'abord vaporisé, puis acheminé et enfin délivré par une ou des prises de distribution de gaz murales agencées dans les pièces de l'hôpital ou analogue, notamment les chambres, les salles de soins.... Les prises sont connectées fluidiquement au réseau de canalisations d'oxygène de l'hôpital alimenté par le stockage de grande capacité. Une telle installation permet, en temps normal, d'assurer un apport continu d' O_2 gazeux aux patients. Le réservoir de grande capacité doit être régulièrement réapprovisionné en LOX, typiquement par camion-citerne.
- [0004] Selon la criticité de l'état du patient, des débits d'oxygène pouvant être élevés, typiquement pouvant atteindre 15 L/min, voire plus. Le débit d'oxygène souhaité est généralement réglé au moyen d'un débitmètre raccordé fluidiquement à la prise murale fournissant l'oxygène, puis acheminé au patient en ayant besoin, via un conduit d'acheminement de gaz raccordé fluidiquement à la sortie du débitmètre et alimentant une interface respiratoire, tel un masque respiratoire naso-buccal (i.e. facial). Ceci permet d'obtenir une fraction inspirée en oxygène (FiO_2) par le patient qui est supérieure à 90% et, en général, proche de 100%.

- [0005] Or, la pandémie liée au coronavirus COVID-19 a démultiplié le nombre de patients hypoxémiques devant être traités avec de hautes concentrations d'O₂ pour rétablir leur saturation en oxygène normale, ce qui a engendré de nombreux problèmes d'approvisionnement en oxygène dans les pays développés et même rendu la tâche quasi-impossible dans les pays moins avancés, dans lesquels l'accès à l'O₂ est plus difficile, que ce soit pour des raisons de production, de logistique ou autre, entraînant une crise sanitaire inédite pour la population, en particulier pour les malades qui ont été privés ou limités en oxygène.
- [0006] FR2106772 propose de réduire la consommation d'oxygène en éliminant le CO₂ des gaz expirés en utilisant des cartouches d'adsorbant. Le gaz épuré riche en oxygène peut être réinhalé ensuite par le patient. L'adsorbant est périodiquement régénéré par un flux d'air ambiant. Toutefois, ce type de système peut s'avérer insuffisant lorsque des quantités d'oxygène importantes sont requises alors que les sources d'oxygène disponibles sont limitées ou subissent des contraintes, notamment d'encombrement, comme dans les maisons de retraites et/ou les zones rurales éloignées ou difficilement accessibles, ou encore dans le cadre d'une évacuation sanitaire de plusieurs patients par avion, train ou autre. De plus, la régénération par de l'air ambiant est incomplète, ce qui impacte la capacité d'adsorption qui se réduit au fil du temps, et nécessite maintenance fréquente.
- [0007] Alternativement, il est connu, notamment de US-A-4,859,217 et EP-A-785020 et EP-A-1157731, de pouvoir utiliser une installation d'adsorption par modulation de pression de type PSA (pour Pressure Swing Adsorption) pour séparer, directement « sur site », l'air ambiant et produire de l'O₂ gazeux à environ 90% de pureté. Cependant, une installation PSA de ce type ne permet pas de délivrer des débits supérieurs à 10 L/min et est par ailleurs lourde et encombrante. Il n'est par ailleurs pas possible de substituer une installation PSA à la source d'O₂ utilisée dans FR2106772 car les PSA génèrent une mixture de gaz riche en azote et argon ne pouvant être épurés et s'accumulant ainsi au détriment du niveau d'oxygène.
- [0008] Au vu de cela, il est nécessaire de proposer un système, ou une association de systèmes permettant la fourniture d'O₂ pur autorisant une épuration continue du CO₂ et une régénération/stérilisation complètes des cartouches d'adsorption, tout en maîtrisant consommation électrique et complexité.
- [0009] Selon l'invention, il est proposé une installation de fourniture d'un gaz respiratoire à un utilisateur, tel un patient, comprenant :
- [0010] – une source de gaz pour fournir un gaz respiratoire contenant de l'oxygène, en particulier de l'oxygène pur ou quasiment pur (e.g. pureté >99%),
- une interface respiratoire pour administrer un gaz respiratoire à l'utilisateur, lors de chaque phase inspiratoire dudit utilisateur,

- une ligne principale d’acheminement de gaz reliant fluidiquement la source de gaz à l’interface respiratoire pour acheminer le gaz respiratoire de la source de gaz à l’interface respiratoire,
 - une ligne de récupération de gaz en communication fluide avec l’interface respiratoire pour récupérer et acheminer au moins une partie du mélange gazeux CO_2/O_2 expiré se retrouvant dans l’interface respiratoire, lors de chaque phase expiratoire de l’utilisateur,
 - un système de purification de gaz comprenant des adsorbants agencés en parallèle contenant chacun au moins un adsorbant, chaque adsorbant étant configuré pour fonctionner selon des cycles d’adsorption/désorption, ledit système de purification de gaz étant alimenté en mélange gazeux CO_2/O_2 expiré par la ligne de récupération de gaz, et configuré pour éliminer au moins une partie du CO_2 contenu dans le mélange gazeux CO_2/O_2 expiré et obtenir un gaz purifié contenant majoritairement de l’ O_2 ,
 - et une ligne de recyclage de gaz reliant fluidiquement le système de purification de gaz à la ligne principale d’acheminement de gaz pour acheminer au moins une partie du gaz purifié provenant du système de purification de gaz et le réinjecter dans la ligne principale d’acheminement de gaz,
- [0011] caractérisée en ce que la source de gaz comprend une unité de génération d’oxygène comprenant au moins un module de séparation électrochimique.
- [0012] Selon le mode de réalisation considéré, l’installation de fourniture de gaz selon l’invention peut comprendre l’une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :
- [0013] – ledit au moins un module de séparation électrochimique de l’unité de génération d’oxygène comprend une ou plusieurs membranes céramiques.
- de préférence les membranes céramiques sont dopées par un ou des électrolytes.
 - le ou les électrolytes comprennent ou sont par exemple des composés à base de Cérium.
 - la (ou chaque) membrane céramique est configurée pour permettre aux molécules d’ O_2 contenues dans le gaz, i.e. de l’air, de la traverser tout en retenant les molécules d’autres espèces gazeuses, notamment celles d’azote, de CO_2 , d’argon etc....
 - l’unité de génération d’oxygène fournit de l’oxygène à une concentration d’au moins 99% en volume, de préférence d’au moins 99.5 % en volume, avantageusement entre 99.5% et 100%.
 - l’unité de génération d’oxygène comprend en outre première ligne de gaz interne comprenant des moyens d’aspiration de gaz et des moyens de chauffage de gaz.

- lesdits moyens de chauffage de gaz de l'unité de génération d'oxygène sont agencés entre les moyens d'aspiration de gaz et ledit au moins un module de séparation électrochimique.
- des moyens d'échange thermique de l'unité de génération d'oxygène sont agencés, sur la première ligne de gaz interne, entre les moyens d'aspiration de gaz et les moyens de chauffage de gaz.
- l'unité de génération d'oxygène comprend en outre une seconde ligne de gaz interne reliant fluidiquement ledit au moins un module de séparation électrochimique au système de purification de gaz.
- la seconde ligne de gaz interne est agencée en parallèle de la première ligne de gaz interne au sein desdits moyens d'échange thermique.
- le ou chaque module de séparation d'O₂ comprend une entrée d'air par lequel l'air véhiculé par la première ligne de gaz interne pénètre dans le ou chaque module de séparation d'O₂, avant sa séparation par la (ou les) membrane céramique agencée dans le ou chaque module de séparation d'O₂.
- le ou chaque module de séparation d'O₂ comprend une première sortie 316b alimentant le premier conduit de sortie en un flux d'oxygène de haute pureté produit par la (ou les) membrane céramique.
- le ou chaque module de séparation d'O₂ comprend une seconde sortie alimentant la seconde ligne de gaz interne en gaz-déchet n'ayant pas traversé, c'est-à-dire ayant été retenu, par la (ou les) membrane céramique.
- l'unité de génération d'O₂ comprend des premiers moyens de pilotage, de préférence une première carte de commande électronique et une première unité de contrôle à microprocesseur(s), typiquement un (ou des) micro-contrôleur.
- les premiers moyens de pilotage sont configurés pour commander le ou chaque module de séparation d'O₂.
- les premiers moyens de pilotage sont en outre configurés pour commander les moyens de chauffage et/ou les moyens d'aspiration des gaz.
- les premiers moyens de pilotage sont configurés pour alimenter électriquement la (ou les) membranes céramiques du ou de chaque module de séparation d'O₂
- les premiers moyens de pilotage sont alimentés électriquement par des moyens alimentation électrique, tel le secteur (110/220 V) et/ ou une batterie rechargeable ou analogue.
- l'interface respiratoire est un masque respiratoire, en particulier un masque facial, i.e. bucco-nasal, couvrant le nez et la bouche de l'utilisateur.
- l'interface respiratoire est un masque respiratoire comprenant un orifice

- d'entrée d'oxygène et un orifice de sortie de gaz expiré.
- l'interface respiratoire est un masque respiratoire comprenant un orifice d'entrée d'oxygène pour fournir le gaz riche en oxygène et un orifice de sortie de gaz expiré pour évacuer le mélange gazeux CO_2/O_2 expiré par l'utilisateur.
 - le masque respiratoire comprend un coussin souple venant en contact et assurant une étanchéité fluïdique avec le visage de l'utilisateur.
 - le masque respiratoire comprend un corps de masque, par exemple en polymère rigide, formant une coque délimitant une enceinte pour le gaz.
 - le coussin souple est couplé mécaniquement au corps de masque, de préférence de manière détachable.
 - le coussin souple comprend un passage central au sein duquel viennent se loger le nez et la bouche de l'utilisateur, lorsqu'il porte le masque facial.
 - l'utilisateur respire le gaz contenu dans l'enceinte, c'est-à-dire inspire et expire le gaz dans l'enceinte du corps de masque.
 - l'orifice d'entrée d'oxygène et l'orifice de sortie de gaz expiré sont aménagés dans le corps de masque.
 - la ligne principale d'acheminement de gaz et/ou la ligne de récupération de gaz et/ou la ligne de recyclage de gaz sont ou comprennent une ou des conduites de gaz, de préférence souples, c'est-à-dire des tuyaux flexibles, par exemple en polymère.
 - la ligne principale d'acheminement de gaz et/ou la ligne de récupération de gaz viennent se raccorder au corps de masque de manière à être en communication fluïdique avec l'orifice d'entrée d'oxygène et l'orifice de sortie de gaz expiré.
 - la ligne principale d'acheminement de gaz est raccordée fluïdiquement à l'orifice d'entrée d'oxygène et la ligne de récupération de gaz est raccordée fluïdiquement à l'orifice de sortie de gaz expiré de l'interface respiratoire.
 - la ligne principale d'acheminement de gaz est raccordée fluïdiquement à l'orifice d'entrée d'oxygène de l'interface respiratoire de manière à introduire du gaz respiratoire dans l'interface respiratoire.
 - la ligne de récupération de gaz est raccordée fluïdiquement à l'orifice de sortie de gaz expiré de l'interface respiratoire de manière à extraire un gaz expiré par le patient de l'interface respiratoire, typiquement un gaz contenant de l'oxygène et du CO_2 , et habituellement de la vapeur d'eau.
 - la ligne de recyclage de gaz comprend un réservoir-tampon en communication fluïdique avec la ligne principale d'acheminement de gaz.
 - la ligne de recyclage de gaz est raccordée fluïdiquement à la ligne principale d'acheminement de gaz par l'intermédiaire du réservoir-tampon, c'est-à-dire

que la ligne de recyclage de gaz alimente le réservoir-tampon avec du gaz purifié riche en oxygène étant donné que la ligne de recyclage de gaz est raccordée fluidiquement au réservoir-tampon.

- la ligne de recyclage de gaz est raccordée fluidiquement au réservoir-tampon.
- le gaz purifié riche en oxygène acheminé par la ligne de recyclage de gaz contient une proportion (i.e. teneur) d'oxygène inférieure ou égale au gaz provenant de la source de gaz, i.e. d'oxygène pur, et acheminé par la ligne principale d'acheminement de gaz.
- le réservoir-tampon comprend un ballon flexible, un soufflet ou analogue.
- le réservoir-tampon comprend une valve d'échappement permettant d'évacuer à l'atmosphère tout excès de gaz, i.e. d'O₂, lorsque le réservoir-tampon est plein de gaz, i.e. d'oxygène.
- le réservoir-tampon est dimensionné pour contenir de 0.5 à 5 litres de gaz (à l'état non-comprimé).
- le réservoir-tampon est en outre en communication fluidique avec la ligne principale d'acheminement de gaz de manière à être alimenté en gaz respiratoire (i.e. O₂) par la ligne principale d'acheminement de gaz.
- le réservoir-tampon est configuré pour permettre d'y réaliser un mélange de gaz à partir de gaz respiratoire riche en oxygène (de préf. >99% O₂) provenant de la ligne principale d'acheminement de gaz, tel de l'oxygène pur (i.e. 100%), et de gaz purifié, i.e. gaz contenant au moins 99% d'oxygène, provenant de la ligne de recyclage de gaz.
- le réservoir-tampon est configuré pour alimenter la ligne principale d'acheminement de gaz avec le gaz respiratoire, e.g. O₂ pur, ou le mélange de gaz opéré dans ledit réservoir-tampon, i.e. mélange d'O₂ et de gaz purifié.
- le système de purification de gaz comprend au moins un adsorbant présentant une sélectivité supérieure pour le CO₂ que pour l'O₂ de manière à adsorber au moins une partie du CO₂ contenu dans le mélange gazeux CO₂/O₂ expiré.
- le système de purification de gaz comprend au moins un adsorbant zéolitique.
- le système de purification de gaz comprend au moins un adsorbant choisi parmi les silicates.
- le système de purification de gaz comprend plusieurs adsorbants contenant chacun au moins un adsorbant, de préférence un adsorbant zéolitique ou silicate, ou leurs mélanges.
- les adsorbants contiennent chacun au moins un lit d'adsorbant.
- le système de purification de gaz comprend au moins un adsorbant pour éliminer le CO₂ et la vapeur d'eau (H₂O), c'est-à-dire que le CO₂ et la vapeur d'eau sont éliminés sur un même lit d'adsorbant, par exemple un lit de zéolite

unique, ou sur des lits successifs d'absorbants différents, par exemple un lit de silicate et un lit de zéolite.

- les adsorbateurs sont agencés en parallèle et fonctionnent de manière alternée.
- les adsorbateurs sont ou ont une forme de cartouche.
- elle comprend trois adsorbateurs comprenant un premier adsorbateur ou cartouche, un second adsorbateur ou cartouche, et un troisième adsorbateur ou cartouche.
- le système de purification de gaz comprend trois adsorbateurs agencés en parallèle.
- l'un des adsorbateurs est en phase d'adsorption et l'un ou les deux autres adsorbateurs sont en phase de régénération.
- un adsorbateur est en phase de d'adsorption, pendant que deux adsorbateurs sont en phase de régénération, c'est-à-dire qu'il y a toujours plus d'adsorbateurs en phase de régénération qu'en phase de d'adsorption.
- en phase d'adsorption (i.e. de production), l'adsorbant adsorbe, i.e. piège/retient, au moins une partie du CO₂ et de la vapeur d'eau (H₂O) contenus dans le mélange gazeux CO₂/O₂ expiré.
- en phase de régénération (i.e. désorption), au moins une partie du CO₂ et de la vapeur d'eau ayant été adsorbés par l'adsorbant est désorbés, i.e. libérés.
- la régénération par le flux d'air non-chauffé est opérée à contre-courant.
- chaque adsorbateur est configuré pour fonctionner selon des cycles d'adsorption/désorption de type PSA (Pressure Swing Adsorption), i.e. adsorption à pression modulée.
- le système de purification de gaz comprend en outre une ou plusieurs vannes de distribution de gaz agencées, sur le trajet du gaz, en amont et/ou en aval des adsorbateurs pour contrôler les entrées et les sorties de gaz desdits adsorbateurs, par exemple des vannes rotatives ou d'autres vannes.
- l'installation comprend en outre des moyens alimentation électrique alimentant les composants de l'installation ayant besoin de courant électrique pour fonctionner, notamment les moyens de pilotage.
- le système de purification de gaz est agencé dans un boîtier rigide.

[0014] L'invention va maintenant être mieux comprise grâce à la description détaillée suivante, faite à titre illustratif mais non limitatif, en référence aux figures annexées parmi lesquelles :

[0015] [Fig.1] schématise un mode de réalisation d'une installation de fourniture d'O₂ selon la présente invention.

[0016] [Fig.2] schématise un mode de réalisation d'une source d'O₂, ou unité de génération d'O₂, étant avantageusement utilisée dans le cadre de la présente invention.

- [0017] [Fig.3] schématise un mode de réalisation de l'architecture d'une unité de purification des gaz expirés de l'installation de [Fig.1].
- [0018] [Fig.4] représente les sous-ensembles d'une vanne de rotation servant à distribuer les gaz dans l'unité de purification des gaz expirés de [Fig.3].
- [0019] [Fig.5] représente la vanne de rotation servant à distribuer les gaz dans l'unité de purification des gaz expirés de [Fig.3].
- [0020] [Fig.1] schématise un mode de réalisation d'une installation 50 de fourniture d'un mélange gazeux riche en O_2 selon la présente invention comprenant une unité de génération d'oxygène 30 en tant que source de gaz 3 fournissant un gaz respiratoire riche en oxygène (>99% en vol) à une ligne principale d'acheminement de gaz 23, aussi appelée circuit patient, pour acheminer le flux de gaz respiratoire de la source de gaz 3 à une interface respiratoire 21, tel un masque ou analogue, permettant d'administrer le gaz à un utilisateur P, i.e. un patient, lors de ses phases inspiratoires, c'est-à-dire lorsqu'il inhale du gaz.
- [0021] Le fonctionnement et l'architecture de l'unité de génération d'oxygène 30 sont détaillés ci-après.
- [0022] L'installation 50 comprend aussi une ligne de récupération de gaz expiré 10 reliée fluidiquement à l'interface respiratoire 21 qui permet de récupérer et d'acheminer tout ou partie du mélange gazeux CO_2/O_2 expiré par le patient P, lors de ses phases expiratoires, lequel se retrouve dans l'interface respiratoire 21, lorsque le patient P exhale.
- [0023] La ligne de récupération de gaz 10 alimente en mélange gazeux CO_2/O_2 expiré, un système de purification de gaz 1 servant à éliminer la majorité et, de préférence (quasi-) tout, le CO_2 contenu dans le mélange gazeux CO_2/O_2 expiré et obtenir ainsi un gaz purifié contenant essentiellement de l'oxygène, i.e. O_2 , et une ligne de recyclage de gaz 11 récupérant l'oxygène fourni par le système de purification de gaz 1 et l'amenant ensuite jusqu'à la ligne principale d'acheminement de gaz 23, via un réservoir-tampon 24.
- [0024] Autrement dit, la ligne principale d'acheminement de gaz 23, i.e. le circuit patient, comprend un tuyau flexible qui relie fluidiquement l'unité de génération d' O_2 30, à l'orifice ou port d'entrée 22 de l'interface respiratoire 21 de manière à alimenter le patient P en O_2 , par exemple un masque facial.
- [0025] La ligne principale d'acheminement de gaz 23 comprend par ailleurs, i.e. est reliée fluidiquement, le réservoir-tampon 24 qui est en communication fluidique avec le lumen de la ligne principale d'acheminement de gaz 23, et qui sert de réserve de gaz respiratoire, i.e. d'oxygène.
- [0026] Dit autrement, le réservoir-tampon 24 est alimenté en oxygène provenant par la ligne principale d'acheminement de gaz 23 et en gaz purifié recyclé provenant de la ligne de recyclage 11, de préférence de l'oxygène ayant une pureté de 99% ou plus, comme

expliqué ci-après.

- [0027] Lorsque le patient P respire, le réservoir-tampon 24 qui est rempli de gaz, satisfait la demande instantanée du patient P en lui fournissant au moins une partie du gaz qu'il contient, à savoir de l'oxygène pur ou quasi-pur (i.e. traces d'impuretés).
- [0028] Par ailleurs, le gaz expiré par le patient P ressort de l'interface respiratoire 21 par un port ou orifice de sortie 25 aménagé dans l'interface respiratoire 21, avant d'être récupéré et convoyé par la ligne de récupération de gaz 10 formant un circuit expiratoire, tel un conduit ou tuyau de gaz flexible, connecté fluidiquement au port de sortie 25 de l'interface respiratoire 21.
- [0029] La ligne de récupération de gaz 10 permet donc de récupérer et acheminer au moins une partie du mélange gazeux CO_2/O_2 expiré par l'utilisateur se retrouvant dans l'interface respiratoire 21, lors des phases expiratoires de l'utilisateur P, comme expliqué ci-avant.
- [0030] Dans tous les cas, le mélange gazeux CO_2/O_2 expiré contient encore une forte proportion d' O_2 , par exemple au moins 90 à 95% d' O_2 alors que sa teneur en dioxyde de carbone (et en vapeur d'eau) issu de la respiration cellulaire et des échanges pulmonaires est relativement faible, par exemple de l'ordre de 5 % vol. Le gaz expiré peut aussi contenir un ou d'autres composés gazeux, en particulier de la vapeur d'eau (H_2O).
- [0031] Comme déjà dit, le flux gazeux de mélange CO_2/O_2 est acheminé par la ligne de récupération de gaz 10 jusqu'à l'unité de purification 1 des gaz expirés au sein de laquelle le CO_2 et éventuellement la vapeur d'eau sont épurés/éliminés, notamment adsorbés, i.e. captés, par un (ou des) lit d'adsorbants 130-132, comme expliqué ci-après et illustré en [Fig.3].
- [0032] Il est à noter que, dans le cadre de la présente invention, on utilise indifféremment la terminologie « le gaz expiré » ou « les gaz expirés » (i.e. singulier ou pluriel) pour désigner le mélange gazeux rejeté par les poumons du patient lequel contient de l' O_2 , du CO_2 et généralement de la vapeur d'eau.
- [0033] Le gaz purifié produit par l'unité de purification 1 contient essentiellement de l'oxygène et des quantités faibles, voire négligeables, de CO_2 et éventuellement de vapeur d'eau (i.e. humidité). Dans tous les cas, le gaz purifié a, après purification, une teneur en oxygène bien supérieure à celle du gaz expiré, typiquement au moins 99% vol. d'oxygène.
- [0034] Autrement dit, le système de purification de gaz 1 est alimenté en mélange gazeux CO_2/O_2 expiré (i.e. teneur $\text{O}_2 < 95\%$ env.) par la ligne de récupération de gaz 10 et permet d'éliminer la majeure partie du CO_2 et de la vapeur d'eau contenue dans le mélange gazeux CO_2/O_2 expiré et obtenir un gaz purifié contenant essentiellement de l'oxygène (i.e. teneur $\text{O}_2 > 99.9\%$ env., voire $>99.95\%$ vol.) qui est fourni au réservoir-

tampon 24 via la ligne de recyclage de gaz 11.

- [0035] Comme illustré en [Fig.2], l'unité de génération d'oxygène 30 comprend un ou des modules de séparation électrochimique 316 pour fournir le gaz respiratoire riche en oxygène, typiquement de l'oxygène pur ou quasiment pur, par exemple ayant une pureté >99.95%vol., à la ligne principale d'acheminement de gaz 23, aussi appelée circuit patient, alimentant l'interface respiratoire 21, tel un masque facial ou analogue, et permettre d'administrer le gaz respiratoire à l'utilisateur, lors de ses phases inspiratoires.
- [0036] Un exemple d'un module de séparation électrochimique 316 utilisable dans le cadre de la présente invention est décrit par le document : *49th International Conference on Environmental Systems; 7-11 July 2019; Boston (MA); ICES-2019-379; Solid State Electrochemical Oxygen Separation and Compression; M. Reisert et al.; p. 1-10.*
- [0037] [Fig.2] schématise l'architecture et le fonctionnement d'un mode de réalisation d'un module de séparation électrochimique 316 de l'unité de génération d'O₂ 3. Cette unité de génération d'O₂ 3 comprend des premiers moyens de pilotage 350, 351, par exemple une première carte de commande électronique 350 et une première unité de contrôle 351 à microprocesseur(s), typiquement un (ou des) microcontrôleur.
- [0038] Les éléments électromécaniques de l'unité de génération d'O₂ 3 sont alimentés électriquement et commandés par les premiers moyens de pilotage 350, 351.
- [0039] L'unité de génération d'O₂ 3 comprend en outre, comme illustré en [Fig.2] :
- [0040] – une première ligne de gaz interne 3100 comprenant une portion amont appelée conduit d'admission 310 et une portion aval appelée conduit d'entrée 315; et
- une seconde ligne de gaz interne 3200 comprenant une portion amont appelée second conduit de sortie 325 et une portion aval appelée conduit d'échappement 330.
- [0041] Le conduit d'admission 310 interne comprend des moyens d'aspiration de gaz 311, tel qu'un dispositif ventilateur de type soufflante ou analogue, permettant d'aspirer du gaz, i.e. de l'air ambiant comme expliqué ci-après, pour le faire circuler dans le conduit d'admission 310 interne et ensuite au travers de moyens d'échange thermique 312, tel un échangeur de chaleur, agencés aussi sur la première ligne de gaz interne 3100.
- [0042] Après passage dans les moyens d'échange thermique 312, le flux d'air est récupéré et convoyé par le conduit d'entrée 315 de la première ligne de gaz interne 3100, lequel relie les moyens d'échange thermique 312 à des moyens de chauffage de gaz 313, tel qu'un réchauffeur de gaz.
- [0043] Autrement dit, les moyens d'échange thermique 312 sont agencés, sur la première ligne de gaz interne 3100, entre les moyens d'aspiration de gaz 311 et les moyens de chauffage de gaz 313 qui sont eux-mêmes aussi agencés sur la première ligne de gaz

interne 3100. La première ligne de gaz interne 3100 amène le gaz, i.e. l'air, jusqu'au(x) module(s) de séparation d'O₂ électrochimique 316, lesquels sont agencés en aval des moyens de chauffage de gaz 313.

- [0044] Les moyens de chauffage de gaz 313 sont configurés pour préchauffer les gaz véhiculés dans le conduit d'entrée 315 jusqu'à une température supérieure à 600°C avant qu'il ne soit amené à un (ou des) module de séparation d'O₂ électrochimique 316. Selon un autre mode de réalisation, on prévoit plusieurs modules de séparation d'O₂ électrochimique 316, par exemple agencés en parallèle.
- [0045] Le ou chaque module de séparation d'O₂ 316 comprend une ou plusieurs membranes céramiques dopées par un (ou des) électrolyte(s) qui, sous l'action de la chaleur et d'un potentiel électrique appliqué par la première carte de commande 350, permet aux molécules d'O₂ contenues dans le gaz, i.e. de l'air, de traverser la ou les membranes céramiques et d'être récupérées dans un premier conduit de sortie 320 qui alimente alors la ligne principale d'acheminement de gaz 23 en oxygène de très haute pureté, i.e. > 99,5%vol., voire > 99,90%vol à 99,95%vol.
- [0046] L'air est capté à l'atmosphère et véhiculé au travers du système de purification de gaz 1 via sa ligne 102, comme expliqué ci-dessous et visible en [Fig.3].
- [0047] Autrement dit, le ou chaque module de séparation d'O₂ 316 comprend :
- [0048] – une entrée d'air 316a par lequel l'air véhiculé par la première ligne de gaz interne 3100 pénètre dans le ou chaque module de séparation d'O₂ 316, avant sa séparation par la (ou les) membrane céramique qui s'y trouve ;
- une première sortie 316b alimentant le premier conduit de sortie 320 en un flux d'oxygène de haute pureté produit par la (ou les) membrane céramique ;
- et
- une seconde sortie 316c alimentant la seconde ligne de gaz interne 3200 en gaz-déchet n'ayant pas traversé, c'est-à-dire ayant été retenu, par la (ou les) membrane céramique.
- [0049] Ainsi, le flux de gaz obtenu circulant dans le conduit de sortie 320 est de l'oxygène de (très) haute pureté, par exemple d'au moins 99,95% vol. à 99,99% vol., à température ambiante, i.e. de l'ordre de 10 à 30°C, ne contenant pas ou des quantités négligeables d'autres composés, en particulier de l'azote (N₂) ou de l'argon (Ar) en tant qu'impuretés inévitables éventuelles. Autrement dit, la ou les membranes céramiques sont conçues pour ne laisser passer que les molécules d'oxygène.
- [0050] Les autres composés présents, tel l'azote, l'argon ou autres, ressortent du module de séparation d'O₂ 316 par la seconde sortie 316c et sont ensuite convoyés par la seconde ligne de gaz interne 3200 et enfin rejetés à l'atmosphère en tant que gaz-déchet.
- [0051] Plus précisément, du fait de la combinaison du gaz préchauffé et de l'effet Joule se manifestant dans le ou chaque module de séparation d'O₂ 316, le gaz-déchet contenant

lesdits autres composés gazeux, qui est à une température de l'ordre de 850°C, ressort du module de séparation d'O₂ 316 par le second conduit de sortie 325 formant la portion amont de la seconde ligne de gaz interne 3200, lequel convoie le gaz-déchets au travers les moyens d'échange thermique 312, i.e. un échangeur de chaleur, également agencé sur la seconde ligne de gaz interne 3200.

- [0052] Dit autrement, les moyens d'échange thermique 312 sont traversés par la première ligne de gaz interne 3100 et la seconde ligne de gaz interne 3200, comme visible en [Fig.2].
- [0053] Le flux de gaz-déchets en ressort alors par le conduit d'échappement 330 formant la portion aval de la seconde ligne de gaz interne 3200, et est ensuite convoyé jusqu'au système de purification de gaz 1, comme détaillé ci-après.
- [0054] Les moyens d'échange thermique 312 sont configurés pour récupérer une partie de l'énergie calorifique, c'est-à-dire des calories, du gaz-déchets amené par le second conduit de sortie 325 de la seconde ligne de gaz interne 3200 et de la fournir au gaz circulant dans le conduit d'admission 310 de la première ligne de gaz interne 3100 pour le préchauffer et optimiser ainsi la consommation électrique de l'unité de génération d'O₂ 3. Autrement dit, il s'opère un échange thermique, de préférence à contre-courant, entre le flux de gaz circulant dans le conduit d'admission 310 et le flux de déchets amené par le second conduit de sortie 325 au sein des moyens d'échange thermique 312.
- [0055] Après échange thermique au sein des moyens d'échange thermique 312, i.e. de l'échangeur de chaleur, le gaz-déchets évacué par le conduit d'échappement 330 à une température encore élevée, typiquement de l'ordre de 300°C environ, et contient moins de 21%vol. d'O₂ puisqu'une partie de l'oxygène présent dans le flux initial a migré à travers le module de séparation d'O₂ 316 et a été évacué par le premier conduit de sortie 320.
- [0056] Le débit d'O₂ fourni par l'unité de génération d'O₂ 3 est préférentiellement faible, par exemple de l'ordre de 1 L/min, de manière à limiter le poids et l'encombrement de l'unité de génération d'O₂ 3 mais aussi sa consommation électrique.
- [0057] Tous les composants de l'unité de génération d'O₂ 3 sont agencés dans une carcasse ou un boîtier 300 de protection rigide.
- [0058] En aval du système de purification de gaz 1, une ligne de recyclage de gaz 11 reliée fluidiquement au système de purification de gaz 1 et par ailleurs à la ligne principale d'acheminement de gaz 23, via le réservoir-tampon 24, permet de recueillir et acheminer le gaz purifié contenant essentiellement de l'oxygène (i.e. teneur O₂ > 99.9% env.) provenant du système de purification de gaz 1 et le réinjecter dans la ligne principale d'acheminement de gaz 23, c'est-à-dire dans le flux d'oxygène provenant de l'unité de génération d'O₂ 3. En effet, le premier conduit de sortie 320 de l'unité de gé-

nération d'O₂ 3 est connecté fluidiquement à la ligne principale d'acheminement de gaz 23, incluant le réservoir-tampon 24, comme illustré en [Fig.1].

- [0059] La quantité de composés CO₂ et vapeur d'eau résiduels dans le gaz purifié provenant du système de purification de gaz 1 sont négligeables, typiquement <0.1% vol., c'est-à-dire que le gaz purifié est essentiellement constitué d'O₂ quasi-pur.
- [0060] Le gaz purifié, i.e. oxygène, est acheminé par la ligne de recyclage de gaz 11 jusqu'au réservoir 24 et y pénètre via un port d'entrée 12 auquel est raccordée fluidiquement la ligne de recyclage de gaz 11.
- [0061] Le système de purification de gaz 1 constitue donc une unité d'épuration de gaz expirés permettant de purifier et recycler ensuite les gaz expirés riche en O₂ en les débarrassant du CO₂ et éventuellement de la vapeur d'eau (H₂O) qu'ils contiennent, au lieu de les rejeter à l'atmosphère, comme c'est habituellement le cas, et ainsi gaspiller l'oxygène qui s'y trouve encore en grande quantité, typiquement au moins 90% vol. environ.
- [0062] Récupérer la majeure partie de l'O₂ formant le composé fortement majoritaire dans les gaz expirés par le patient P, et la recycler après purification, permet d'éviter son gaspillage, et donc ainsi de limiter le débit d'oxygène fourni par la source d'O₂ 3.
- [0063] Par exemple, la consommation métabolique d'O₂ d'un être humain est de l'ordre de 0.5 L/min. Autrement dit, si un patient a une ventilation minute de 10 L/min, i.e. inhale 10L de gaz en 1 minute, d'O₂ pur, c'est-à-dire à teneur de 100% d'O₂, alors 9.5 L d'O₂ seront expirés, le reste (0.5 L) sera constitué de CO₂ et de vapeur d'eau. Dès lors, le système de purification de gaz 1 permet de récupérer environ 9.5L d'O₂. Par ailleurs, grâce à l'unité de génération d'O₂ 3 fournissant un débit d'O₂ de 1 L/min et au recyclage de l'O₂ contenu dans le gaz expiré et son mélange avec l'O₂ provenant de l'unité de génération d'O₂ 3, le débit d'O₂ obtenu excède la ventilation minute du patient.
- [0064] Par ailleurs, préférentiellement, le réservoir-tampon 24 est muni d'une valve d'échappement 26 permettant d'évacuer à l'atmosphère ambiante tout excès d'O₂ lorsque le réservoir-tampon 24 est plein d'oxygène.
- [0065] En fait, le système de purification de gaz 1 est fluidiquement connecté à l'unité de génération d'O₂ 3 au moyen de deux conduits parallèles, à savoir un premier conduit d'interconnexion 31 et un second conduit d'interconnexion 33 reliés fluidiquement, respectivement, au conduit d'admission 310 et au conduit d'échappement 330.
- [0066] [Fig.3] schématise un mode de réalisation du système de purification de gaz 1, aussi appelé « unité d'épuration de gaz expiré » par le patient, faisant partie de l'installation 50 de fourniture de mélange gazeux respiratoire, typiquement de l'oxygène, illustrée en [Fig.1]. Le gaz expiré par le patient qui contient de l'O₂, du CO₂ et généralement de la vapeur d'eau, y est purifié par élimination du CO₂ et de la vapeur d'eau présente, de

manière à obtenir un gaz purifié contenant une forte proportion d'oxygène, par exemple au moins 99% à 99.9% vol. d'oxygène.

- [0067] Le système de purification de gaz 1 ou unité d'épuration de gaz expiré comprend des seconds moyens de pilotage 150, 151, typiquement une seconde carte de commande électronique 150 et une seconde unité de contrôle 151 à microprocesseur(s), typiquement un (des) microcontrôleur.
- [0068] Tous les éléments électromécaniques du système de purification 1 sont alimentés électriquement et commandés par les seconds moyens de pilotage 150, 151. Les seconds moyens de pilotage 150, 151 sont eux-mêmes alimentés électriquement par une source de courant électrique (non montrée), par exemple une liaison au courant du secteur (110/220V) de type cordon électrique et prise de raccordement, ou une (ou des) batterie d'alimentation électrique, de préférence rechargeable, et/ou un transformateur de courant.
- [0069] La seconde carte de commande 150, i.e. une carte électronique, intègre préférentiellement l'unité de contrôle 151 à microprocesseur et est configurée pour commander et par ailleurs analyser les signaux provenant des différents composants de l'unité d'épuration de l'air expiré 1, tels que vannes, pompe, capteurs...
- [0070] La seconde carte de commande 150 et les autres composants de l'unité de purification 1 sont agencés dans une carcasse ou boîtier 15 externe rigide, par exemple en polymère.
- [0071] L'unité d'épuration de gaz expiré 1 comprend un conduit ou passage d'entrée 100 avec orifice d'entrée qui est relié fluidiquement à la ligne de récupération de gaz 10, aussi appelée circuit expiratoire, c'est-à-dire un conduit, une ligne ou un passage de gaz ou analogue, servant à recueillir le gaz expiré par le patient (i.e. mélange O₂, CO₂, vapeur d'eau...) qui est convoyé par la ligne de récupération de gaz 10, comme expliqué ci-avant.
- [0072] La ligne de récupération de gaz 10 vient se raccorder fluidiquement, par son extrémité aval, au conduit d'entrée 100 via un système de raccordement comprenant par exemple des connecteurs réciproques de type mâle/femelle, permettant d'assurer une connexion mécanique et fluide, et par ailleurs à l'interface respiratoire 21, c'est-à-dire un masque facial par exemple, par son extrémité amont, afin d'y prélever le gaz expiré par le patient P.
- [0073] Autrement dit, l'entrée du gaz expiré par le patient contenant majoritairement de l'O₂, (par exemple de l'ordre de 90 à 95% vol. env.), ainsi que du CO₂ et généralement de la vapeur d'eau, se fait dans la portion amont ou portion d'entrée du conduit d'entrée 100 de l'unité d'épuration de gaz expiré 1, dans lequel est agencé par ailleurs un premier capteur de débit 101, typiquement un capteur de débit massique.
- [0074] En aval du premier capteur de débit 101, le conduit d'entrée 100 se ramifie à

l'embranchement 100a en trois sous-conduits identiques, respectivement appelés sous-conduits d'entrée 1000, 1001, 1002. Le premier sous-conduit d'entrée 1000 débouche sur une première vanne rotative 110, le second sous-conduit d'entrée 1001 débouche sur une seconde vanne rotative 111 et le troisième sous-conduit d'entrée 1002 débouche sur une troisième vanne rotative 112. Les vannes rotatives 110, 111 et 112 sont identiques et leur fonctionnement sera explicité ci-après.

[0075] De plus, l'unité d'épuration de gaz expiré 1 comprend un conduit d'admission d'air 102 relié à l'atmosphère ambiante via un port d'entrée d'air 102c et se sous-divisant (en 102a, 102b) en un premier sous-conduit d'admission 1020, un second sous-conduit d'admission d'air 1021 et un troisième sous-conduit d'admission 1022.

[0076] Les premier, deuxième et troisième sous-conduits d'admission 1020, 1021, 1022 débouchent respectivement sur les première, deuxième et troisième vannes rotatives 110, 111, 112.

[0077] De façon similaire, l'unité d'épuration de gaz expiré 1 comprend un conduit d'échappement 103 relié à l'air ambiant en un port d'évacuation 103c, lequel est formé par réunion (en 103a et 103b) de trois sous-conduits 1030-1032, à savoir respectivement un premier, un second et un troisième sous-conduit d'échappement 1030, 1031, 1032.

[0078] Comme précédemment, les premier, deuxième et troisième sous-conduits d'échappement 1030, 1031, 1032 débouchent respectivement sur les première, deuxième et troisième vannes rotatives 110, 111, 112. Le conduit d'échappement 103 ne possède aucune communication fluidique autre que celles le reliant à ses sous-conduits.

[0079] Chacun des sous-conduits issus des conduits d'entrée 100, d'admission 102 et d'échappement 103 débouchent sur l'une des première, seconde ou troisième vanne rotative 110, 111 ou 112. Par exemple, le premier sous-conduit d'entrée 1000 du conduit d'entrée 100, le premier sous-conduit d'admission 1020 du conduit d'admission 102 et le premier sous-conduit d'échappement 1030 du conduit d'échappement 103 débouchent sur la première vanne rotative 110. Il en va de manière analogue pour les autres sous-conduits 1001, 1021, 1031 ; 1002, 1022, 1032 et autres vannes 111 ; 112, respectivement.

[0080] [Fig.4] est une vue schématique éclatée de la première vanne rotative 110. Elle comprend deux éléments principaux assemblés l'un à l'autre, à savoir :

- [0081] – un élément central 111 formant un cylindre plein traversé par un conduit coudé 112 reliant un orifice latéral 112a à un orifice central 112b ; et
- un élément périphérique 115 formant un « couvercle ». Il comprend une paroi de fond 115-1 en forme de disque et une paroi périphérique 115-2 formant une bordure annulaire périphérique autour de la paroi de fond. La paroi de

fond 115-1 et la paroi périphérique 115-2 délimitent un espace ou logement central 116 configuré et dimensionné pour loger l'élément central 111, i.e. cylindre plein, après assemblage. L'élément périphérique 115 présente trois évidements latéraux 115a, 115b et 115c aménagés dans la bordure annulaire et en communication fluidique avec le logement central 116.

- [0082] Les deuxième et troisième vanne rotative 111, 112 ont des structures identiques et ne sont donc pas détaillées.
- [0083] [Fig.5] illustre l'assemblage de l'élément central 111 et élément périphérique 115 formant un « couvercle » de manière à obtenir ainsi la première vanne rotative 110.
- [0084] Dans cette configuration, l'orifice latéral 112a du conduit 112 du cylindre plein formant l'élément central 111 est en vis-à-vis de l'orifice latéral 115a de l'élément périphérique 115 formant couvercle. A contrario, les orifices latéraux 115b, 115c de l'élément périphérique 115 sont occultés par la paroi latérale 113, i.e. la paroi périphérique 115-2, de l'élément central, i.e. cylindre plein. L'orifice latéral 115a est donc en communication fluidique avec l'orifice central 112b du conduit 112, tandis que les orifices latéraux 115b, 115c de l'élément périphérique 115 sont « bouchés » par la paroi latérale 113 de l'élément central 111.
- [0085] L'absence de fuites entre l'élément périphérique 115, l'élément central 111 et leurs orifices respectifs, peut être assurée en intégrant des joints (non représentés), par exemple des joints toriques, autour des orifices latéraux 115a, 115b, 115c de l'élément périphérique 115.
- [0086] En outre, les orifices 115a, 115b, 115c de ladite première vanne rotative 110 sont respectivement raccordés, par exemple emmanchés à force, soudés ou autre, au premier sous-conduit d'entrée 1000 du conduit d'entrée 100, au premier sous-conduit d'admission 1020 du conduit d'admission 102 et au premier sous-conduit d'échappement 1030 du conduit d'échappement 103.
- [0087] Par ailleurs, l'orifice central 112b du conduit coudé 112 de l'élément central 111 est lui-même raccordé à un premier conduit 120 comme illustré en [Fig.3]. Cette liaison est de type circulaire en ce sens que l'élément central 111 ayant une forme de cylindre plein, peut effectuer un mouvement de rotation autour de l'axe défini par l'orifice central 112b, physiquement raccordé au premier conduit 120. Un tel mouvement de rotation peut être obtenu par le couplage mécanique à un actionneur rotatif (non montré), par exemple un moteur pas-à-pas contrôlé par la seconde carte de commande 150, permettant alors à l'élément central 111 d'effectuer un mouvement de rotation dans l'élément périphérique 115.
- [0088] Moyennant un contrôle approprié par la seconde carte de commande 150, on peut configurer la première vanne rotative 110 de manière à sélectionner une configuration fluidique, c'est-à-dire, sur la [Fig.5], de connecter fluidiquement le premier sous-

conduit d'entrée 1000 du conduit d'entrée 100 au premier conduit 120, alors que le premier sous-conduit d'admission 1020 du conduit d'admission 102 et le premier sous-conduit d'échappement 1030 du conduit d'échappement 103 sont bouchés et ne peuvent pas véhiculer de gaz. En d'autres termes, la première vanne rotative 110 est configurée dans cet exemple pour réaliser une communication fluidique entre le conduit d'entrée 100 et le premier conduit 120, et donc l'intégralité du gaz circulant dans le conduit d'entrée 100 est acheminé dans le premier conduit 120.

- [0089] Une telle configuration peut être modifiée par la seconde carte de commande 150 de manière à connecter fluidiquement le premier sous-conduit d'admission 1020 du conduit d'admission 102 au premier conduit 120, ou le premier sous-conduit d'échappement 1030 du conduit d'échappement 103 au même premier conduit 120.
- [0090] En d'autres termes, en fonction de la configuration de la première vanne rotative 110, le premier conduit 120 est fluidiquement connecté, soit au conduit d'entrée 100, soit au conduit d'admission 102, soit au conduit d'échappement 103.
- [0091] Comme indiqué précédemment, les première, seconde et troisième vannes rotatives 110, 111, 112 sont identiques. Il apparaît ainsi que la seconde vanne rotative 111 peut, en fonction de la configuration déterminée par la seconde carte de commande 150, mettre en relation fluidique un second conduit 121 avec, soit le conduit d'entrée 100, soit le conduit d'admission 102, soit le conduit d'échappement 103. Par analogie, la troisième vanne rotative 112 peut, en fonction de la configuration déterminée par la seconde carte de commande 150, mettre en relation fluidique un troisième conduit 122 avec, soit le conduit d'entrée 100, soit le conduit d'admission 102, soit le conduit d'échappement 103.
- [0092] Par ailleurs, le système de purification de gaz 1 comprend plusieurs adsorbants 130-132, aussi appelés cartouches d'adsorption, contenant chacun un ou des adsorbants servant à purifier le gaz, de préférence 3 adsorbants 130-132 agencés en parallèle, comme illustré sur [Fig.3].
- [0093] Plus précisément, agencée dans le premier conduit 120 se trouve une première cartouche ou adsorbant 130, présentant un premier port amont 130a, i.e. un orifice d'entrée, et un premier port aval 130b, i.e. un orifice de sortie. De façon similaire, une seconde cartouche ou adsorbant 131 se trouve agencée dans le second conduit 121 et présente un second port amont 131a et un second port aval 131b, et une troisième cartouche ou adsorbant 132 se trouve agencée dans le troisième conduit 122 et présente un troisième port amont 132a et troisième port aval 131b.
- [0094] Les première, seconde et troisième cartouches 130, 131, 132 sont des récipients d'adsorption. Elles sont agencées en parallèle les unes des autres sur le trajet du gaz véhiculé par les premier, second et troisième conduits 120-122, respectivement.
- [0095] Comme déjà dit, ces cartouches 130-132 renferment chacune un ou plusieurs ad-

sorbants, i.e. tamis moléculaire, de préférence agencés en lit de particules d'absorbant, par exemple un (ou des) adsorbant de type zéolite, telle une zéolite 13X, et/ou de type silicate. Par exemple, chaque cartouche 130-132 est dimensionnée pour contenir environ 500 g de particules de zéolite 13X et de silicates.

- [0096] Les particules d'adsorbant sont typiquement des billes, des extrudés ou analogues. Dans tous les cas, on choisit un (des) adsorbant permettant d'adsorber ou piéger préférentiellement le CO₂, voire aussi la vapeur d'eau, c'est-à-dire présentant une sélectivité plus élevée pour le CO₂ (et l'eau) que pour l'oxygène, de manière à produire un flux purifié contenant une concentration en oxygène supérieure à celle dans le gaz expiré par le patient, c'est-à-dire avant sa purification. L'adsorbant permet de concentrer le flux en oxygène en éliminant au moins une partie des autres espèces qui s'y trouvent, typiquement le dioxyde de carbone et l'eau.
- [0097] Bien entendu, d'autres matériaux adsorbants, tels que des MOF (Metal Organic Framework) ou autres peuvent être utilisés en remplacement ou supplément pour augmenter la capacité et/ou sélectivité d'adsorption du CO₂.
- [0098] Lorsque le gaz a traversé l'une ou l'autre des cartouches 130-132, il ressort sous forme de gaz purifié par l'un des orifices de sortie ou ports avals 130b-132b, avant d'être acheminé par l'un ou l'autre des premier, second et troisième conduits 120-122 jusqu'à respectivement une quatrième vanne rotative 140, une cinquième vanne rotative 141 et une sixième vanne rotative 142, lesquelles sont identiques ou similaires à la première vanne rotative 110.
- [0099] L'unité de purification de gaz expiré 1 comprend un conduit de sortie 107 résultant de la réunion (en 107a) de trois sous-conduits, à savoir un premier sous-conduit de sortie 1070, un second sous-conduit de sortie 1071 et un troisième sous-conduit de sortie 1072 qui sont respectivement reliés fluidiquement à la quatrième vanne rotative 140, à la cinquième vanne rotative 141 et à la sixième vanne rotative 112.
- [0100] De plus, l'unité de purification de gaz expiré 1 comprend aussi un conduit d'extraction 108 relié au premier conduit d'interconnexion 31 de [Fig.2], via un système de raccordement comprenant par exemple des connecteurs réciproques de type mâle/femelle permettant d'assurer une connexion mécanique et fluidique. Le conduit d'extraction 108 résulte, lui aussi, de la réunion (en 108a, 108b) de trois sous-conduits, à savoir un premier sous-conduit d'extraction 1080, un second sous-conduit d'extraction 1081 et un troisième sous-conduit d'extraction 1082, qui sont respectivement reliés fluidiquement, i.e. débouchent, à la quatrième vanne rotative 140, à la cinquième vanne rotative 141 et à la sixième vanne rotative 142.
- [0101] Enfin, l'unité de purification de gaz expiré 1 comprend un conduit de régénération 109 relié fluidiquement au second conduit d'interconnexion 33 de [Fig.2], comme le premier conduit d'interconnexion 31 l'est au conduit de sortie 107. Là encore, ce

conduit de régénération 109 résulte, lui aussi, de la réunion (en 109a, 109b) de trois sous-conduits, à savoir un premier sous-conduit de régénération 1090, un second sous-conduit de régénération 1091 et un troisième sous-conduit de régénération 1092, qui sont respectivement reliés fluidiquement, i.e. débouchent, à la quatrième vanne rotative 140, à la cinquième vanne rotative 141 et à la sixième vanne rotative 142.

[0102] Etant donné que les différentes vannes rotatives et les différents conduits et sous-conduits agencés de part et d'autre des première, seconde et troisième cartouches 130, 131, 132 sont identiques, en fonction de la configuration déterminée par la seconde carte de commande 150 :

- [0103] – la quatrième vanne rotative 140 peut mettre en relation fluidique le premier conduit 120 avec soit le conduit de sortie 107, soit le conduit d'extraction 108, soit le conduit de régénération 109.
- la cinquième vanne rotative 141 peut mettre en relation fluidique le second conduit 121 avec soit le conduit de sortie 107, soit le conduit d'extraction 108, soit le conduit de régénération 109.
- la sixième vanne rotative 142 peut mettre en relation fluidique le troisième conduit 122 avec soit le conduit de sortie 107, soit le conduit d'extraction 108, soit le conduit de régénération 109.

[0104] Le fonctionnement de l'unité d'épuration de gaz expiré 1 de l'installation de fourniture d'O₂ illustrée en [Fig.1] est décrit ci-après, de manière séquentielle en configurant successivement les vannes de rotation de l'unité d'épuration de gaz expiré 1. On considère comme configuration initiale, c'est-à-dire comme configuration par la carte de commande 150 des différentes vannes rotatives de l'unité d'épuration de gaz expiré 1, les éléments suivants :

- [0105] – la première vanne rotative 110 réalise une communication fluidique entre le conduit d'entrée 100 et le premier conduit 120. La quatrième vanne rotative 140 réalise une communication fluidique entre le premier conduit 120 et le conduit de sortie 107. Il existe ainsi une communication fluidique entre le conduit d'entrée 100 et le conduit de sortie 107.
- la seconde vanne rotative 111 réalise une communication fluidique entre le conduit d'admission 102 et le second conduit 121. La cinquième vanne rotative 141 réalise une communication fluidique entre le second conduit 121 et le conduit d'extraction 108. Il existe ainsi une communication fluidique entre le conduit d'admission 102 et le conduit d'extraction 108.
- la troisième vanne rotative 112 réalise une communication fluidique entre le conduit d'échappement 103 et le troisième conduit 122. La sixième vanne rotative 142 réalise une communication fluidique entre le troisième conduit 122 et le conduit de régénération 109. Il existe ainsi une communication

fluidique entre le conduit d'échappement 103 et le conduit de régénération 109.

- [0106] Le fonctionnement de l'unité d'épuration de gaz expiré 1 est détaillé en lien avec d'abord la première cartouche 130, puis des deuxième et troisième cartouches 131, 132.
- [0107] Le gaz expiré par le patient P, qui contient une haute teneur en O₂, par exemple de l'ordre de 90% vol., mais aussi du CO₂ et généralement de la vapeur d'eau, emprunte, la ligne de récupération de gaz 10 formant un circuit expiratoire, avant d'être admis dans l'unité d'épuration de gaz expiré 1 de [Fig.3], via le conduit d'entrée 100.
- [0108] Du fait des configurations pneumatiques imposées par la carte de commande 150, le conduit d'entrée 100 est fluidiquement relié au conduit de sortie 107 via le premier conduit 120, dans lequel est agencé la première cartouche 130 ou adsorbent.
- [0109] Ainsi, le gaz empruntant le conduit d'entrée 100 est dirigé dans la première cartouche 130, via son premier port amont 130a, pour y être épuré du CO₂ et de la vapeur d'eau, c'est-à-dire que le ou les adsorbants remplissant la première cartouche ou adsorbent 130 captent, c'est-à-dire retiennent/piègent les molécules de CO₂ et de vapeur d'eau, en laissant passer l'O₂, c'est-à-dire sans l'adsorber.
- [0110] Par exemple, la capacité et/ou la sélectivité d'adsorption du CO₂ et de la vapeur d'eau des zéolites, en particulier la zéolite 13X, ou bien des silicates est supérieure à la capacité/sélectivité d'adsorption de l'O₂ de sorte que ces composés CO₂ et vapeur d'eau soient préférentiellement piégés/adsorbés, alors que l'oxygène peut traverser librement le lit d'adsorbant sans y être retenu ou très peu.
- [0111] Ainsi, le gaz purifié sortant de la première cartouche 130, via le premier port aval, 130b est épuré du CO₂ et de la vapeur d'eau, et contient de préférence plus de 99.5% d'oxygène. Après sa sortie de l'unité d'épuration de gaz expiré 1, il est récupéré et acheminé par la ligne de recyclage de gaz 11 formant un circuit d'échappement, en ayant au préalable transité dans le premier conduit 120 situé en aval de la première cartouche 130 et le conduit de sortie 107.
- [0112] Le gaz purifié peut être alors réinjecté dans la ligne principale d'acheminement de gaz 23, via le réservoir 24 dans lequel il pénètre via le port additionnel 12. Ce flux de gaz purifié qui contient de l'oxygène à haute concentration (e.g. >99.5%) se mélange donc, au sein du réservoir 24, avec de l'oxygène (e.g. 100%) provenant de la source d'oxygène 3 de manière à obtenir un mélange d'oxygène de très haute pureté (i.e. proche de 100% vol), qui peut être ensuite acheminé jusqu'au patient P et lui être administré via l'interface respiratoire 21 afin d'être ré-inhalé.
- [0113] Autrement dit, le flux de gaz purifié vient se substituer à une partie de l'oxygène provenant de la source d'oxygène 3, ce qui permet de limiter la consommation d'oxygène provenant de ladite source d'oxygène 3 et par ailleurs le gaspillage

d'oxygène en recyclant le gaz expiré qui serait normalement rejeté à l'atmosphère.

- [0114] L'installation de fourniture 50 de gaz respiratoire, i.e. d'oxygène, selon l'invention comprend un système de purification de gaz 1 qui fonctionne de manière cyclique, du fait de l'utilisation d'adsorbant(s) qui nécessite d'être régénéré afin de désorber/libérer les composés ayant été piégés, à savoir le CO₂ et la vapeur d'eau.
- [0115] Plus précisément, le patient respire le gaz riche en oxygène en alternant phases inspiratoires avec inhalation d'oxygène et phases expiratoires avec rejet de mélange CO₂/O₂/H₂O.
- [0116] Dans l'unité de purification de gaz expiré 1, les composés CO₂ et la vapeur d'eau sont adsorbés, c'est-à-dire retenus par l'adsorbant. Or, celui-ci possède une capacité maximale d'adsorption au-delà de laquelle l'adsorbant (ou les adsorbants) est saturé, c'est-à-dire ne peut plus capter les molécules de CO₂, voire celles d'eau, qui peuvent alors traverser l'adsorbant avec l'oxygène et se retrouver dans le gaz « purifié ».
- [0117] Afin d'éviter une telle situation de saturation de l'adsorbant, et donc que le patient P ne puisse ré-inhaler du CO₂ et donc éviter une situation dangereuse pour le patient, il convient de régénérer périodiquement chaque adsorbant afin de le débarrasser des composés qui y sont adsorbés/retenus, en particulier le CO₂.
- [0118] Selon un mode de réalisation, la capacité maximale d'adsorption de la première cartouche 130, c'est-à-dire le volume maximal de CO₂ pouvant y être retenu, i.e. capté, est connue et mémorisée au sein du microcontrôleur 151 ou ailleurs.
- [0119] En mesurant le volume total de gaz expiré ayant été admis dans l'unité d'épuration des gaz expirés 1, au moyen du premier capteur de débit 101, et en considérant une concentration de CO₂ de l'ordre de 5% vol., le microcontrôleur 151 est en mesure de déterminer que la première cartouche 130 est proche d'arriver à saturation. On procède de la même manière pour les autres cartouches 131, 132.
- [0120] Bien entendu, selon d'autres modes de réalisation, l'évaluation du taux de saturation des cartouches 130-132 pourrait être opérée autrement, par exemple en mesurant la température des adsorbants ou encore en intégrant une mesure de teneur en CO₂ dans le conduit de sortie 107. Selon encore un autre mode de réalisation, la régénération des cartouches 130-132 pourrait aussi être opérée après une durée donnée ou de toute autre façon.
- [0121] Lorsque la première cartouche 130 parvient à saturation, le microcontrôleur 151 commande la seconde vanne rotative 111 et la cinquième vanne rotative 141 afin de basculer sur une cartouche non saturée et/ou ayant été régénérée, afin de permettre au système de continuer à purifier les gaz expirés par le patient P.
- [0122] La seconde vanne rotative 111 réalise une connexion fluïdique entre le conduit d'entrée 100 et le second conduit 121, alors que, dans le même temps, la cinquième vanne rotative 141 réalise une connexion fluïdique entre le même second conduit 121,

en particulier sa portion aval située en aval du second port aval 131b de la seconde cartouche 131, et le conduit de sortie 107. Dans le même temps, le microcontrôleur 151 commande la première vanne rotative 110 et la quatrième vanne rotative 140 de manière à mettre en relation fluidique respectivement le conduit d'échappement 103 et le premier conduit 120, ainsi que la portion aval du premier conduit 120, i.e. en aval du premier port aval 130b de la première cartouche 130, et le conduit de régénération 109.

[0123] Le microcontrôleur 151 commande par ailleurs la troisième vanne rotative 112 et la sixième vanne rotative 142 de manière à mettre en relation fluidique respectivement le conduit d'admission 102 et le troisième conduit 122, ainsi que la portion aval du même dit troisième conduit 122 et le conduit d'extraction 108.

[0124] Lorsque la première cartouche 130 est saturée, elle doit être régénérée.

[0125] Classiquement, lors d'une régénération d'un lit d'adsorbant, un gaz sec, c'est-à-dire dépourvu d'humidité, i.e. de vapeur d'eau, par exemple du N_2 issu d'une bouteille, est chauffé à haute température, par exemple supérieure à $250^\circ C$ et traverse l'adsorbant. En gérant de façon appropriée le profil de température, il est possible de régénérer l'adsorbant. Toutefois, dans le cadre de la présente invention, une régénération de ce type n'est pas adaptée du fait de l'absence, en général, d'une source de gaz sec sur site d'utilisation, typiquement en hôpital ou analogue. De plus, le fait de devoir porter le gaz à haute température entraîne une complexité technique et donc induit un surcoût ainsi qu'une consommation électrique importante.

[0126] Dans le cadre de l'invention, on utilise les propriétés de l'unité de génération d' O_2 3 pour opérer la régénération. En effet, on comprend, au vu de [Fig.2], que le conduit d'échappement 330 de l'unité de génération d' O_2 3 convoie un gaz appauvri en O_2 (i.e. de concentration inférieure à 21% vol.) à haute température, c'est-à-dire à au moins $300^\circ C$ environ. Or, ce conduit d'échappement 330 est fluidiquement relié au second conduit d'interconnexion 33, lui-même fluidiquement relié au conduit de régénération 109 de l'unité d'épuration de gaz expiré 1. Dès lors, le gaz circulant dans le conduit de régénération 109 est un gaz à haute température qui est dirigé ensuite dans le premier conduit 120 de la première cartouche 130, du fait de la configuration pneumatique de la quatrième vanne rotative 140. Ce gaz va pénétrer la première cartouche 130 via le premier port aval 130b, entraîner une partie du CO_2 et de la vapeur d'eau contenus dans la première cartouche 130 et en sortir par le premier port amont 130a.

[0127] En d'autres termes, le débit d'air sortant de la première cartouche 130 via le premier port amont 130a est enrichi en CO_2 et en vapeur d'eau. Bien que le gaz circulant dans le conduit de régénération 109 contienne des traces (i.e. très faibles teneurs) de vapeur d'eau et de CO_2 , puisqu'il émane de l'air ambiant ayant circulé dans le conduit d'admission 310 de l'unité de génération d' O_2 3, la température élevée, i.e. d'au moins $300^\circ C$ environ, permet d'assurer une désorption complète de la première cartouche 130

sans entrainer par ailleurs d'adsorption temporaire desdites traces de vapeur d'eau et de CO₂.

- [0128] Le débit gazeux circulant dans la portion amont du premier conduit 120 arrive alors sur la première vanne rotative 110 et emprunte, du fait de la configuration pneumatique de ladite première vanne rotative 110, le conduit d'échappement 103, pour être évacué à l'air ambiant via le port de sortie 103c du conduit d'échappement 103.
- [0129] Autrement dit, on obtient une régénération par le flux d'air chauffé laquelle est opérée à contre-courant, c'est-à-dire dans le sens opposé au sens de circulation du gaz pendant l'étape d'adsorption, c'est-à-dire de production d'oxygène.
- [0130] Pendant que la première cartouche 130 est en phase de régénération, le gaz empruntant le conduit d'entrée 100 est dirigé dans la seconde cartouche 131, via son second port amont 131a, pour y être épuré du CO₂ et de la vapeur d'eau. Ainsi, le gaz purifié sortant de la seconde cartouche 131, via le second port aval, 130b est également débarrassé du CO₂ et de la vapeur d'eau, et contient de préférence plus de 99.5% vol. d'oxygène.
- [0131] Après sa sortie de l'unité de purification de gaz expiré 1, il est récupéré et acheminé par la ligne de recyclage de gaz 11 en ayant au préalable transité dans le second conduit 121 situé en aval de la seconde cartouche 131 et le conduit de sortie 107. Ce gaz purifié est alors réinjecté dans la ligne principale d'acheminement de gaz 23, via le réservoir 24 dans lequel il pénètre par le port additionnel 12, pour être ensuite acheminé jusqu'au patient P.
- [0132] Comme précédemment, le microcontrôleur 151 peut alors déterminer que la seconde cartouche 131 parvient également à saturation et commande alors la troisième vanne rotative 112 et la sixième vanne rotative 142 afin de basculer sur une cartouche non saturée et/ou ayant été régénérée, permettant de continuer à épurer les gaz expirés par le patient P.
- [0133] A ce moment, la troisième vanne rotative 112 réalise une connexion fluidique entre le conduit d'entrée 100 et le troisième conduit 122, alors que dans le même temps, la sixième vanne rotative 142 réalise une connexion fluidique entre le même troisième conduit 122, en particulier sa portion aval située en aval du troisième port aval 132b de la troisième cartouche 132, et le conduit de sortie 107.
- [0134] Dans le même temps, le microcontrôleur 151 commande la première vanne rotative 110 et la quatrième vanne rotative 140 de manière à mettre en relation fluidique respectivement le conduit d'admission 102 et le premier conduit 120, ainsi que la portion aval du premier conduit 120, i.e. en aval du premier port aval 130b de la première cartouche 130, et le conduit d'extraction 108.
- [0135] Le microcontrôleur 151 commande par ailleurs la deuxième vanne rotative 111 et la cinquième vanne rotative 141 de manière à mettre en relation fluidique respectivement

le conduit d'échappement 103 et le second conduit 121, ainsi que la portion aval du second conduit 122 et le conduit de régénération 109.

[0136] Le gaz empruntant le conduit d'entrée 100 est alors dirigé dans la troisième cartouche 132, via le troisième port amont 131a, pour y être débarrassé du CO₂ et de la vapeur d'eau et sortir de la troisième cartouche 131 pour emprunter le conduit de sortie 107 par le troisième conduit 122.

[0137] Là encore, après sa sortie de l'unité de purification de gaz expiré 1, le gaz est récupéré et acheminé au patient P par la ligne de recyclage de gaz 11 et les lignes d'acheminement successives.

[0138] Dans le même temps, le gaz à haute température circulant dans le conduit de régénération 109, est dirigé dans le second conduit 121 de la seconde cartouche 131, du fait de la configuration pneumatique de la cinquième vanne rotative 141. Ce gaz va pénétrer la seconde cartouche 131 via le second port aval 131b et entraîner une partie du CO₂ et de la vapeur d'eau que ladite cartouche 131 contient pour en sortir via le second port amont 131a. Le débit se propageant dans la portion amont du second conduit 121 débouche alors sur la seconde vanne rotative 111 et emprunte, du fait de la configuration pneumatique de cette seconde vanne rotative 111, le conduit d'échappement 103, pour être évacué à l'air ambiant par le port de sortie 103c du conduit d'échappement 103.

[0139] Comme illustré en [Fig.2], l'unité de génération d'O₂ 3 comprend un conduit d'admission 310 relié à l'ambiant, dans lequel est agencé un ventilateur 311 de type soufflante, permettant d'aspirer l'air ambiant.

[0140] Dans l'installation de fourniture d'O₂ 50 de [Fig.1], le conduit d'admission 310 de l'unité de génération d'O₂ 3 de [Fig.2] est relié au conduit d'extraction 108 de l'unité d'épuration de gaz expiré 1 de [Fig.3], via le premier conduit d'interconnexion 31.

[0141] De plus, la quatrième vanne rotative 140 réalise une connexion fluidique entre la portion aval du premier conduit 120, i.e. en aval du premier port aval 130b de la première cartouche 130, et le conduit d'extraction 108, alors que la première vanne rotative 110 réalise une connexion fluidique entre le conduit d'admission 102 et le premier conduit 120. Il existe alors une communication fluidique entre le conduit d'admission 102 et le conduit d'extraction 108 via respectivement le premier conduit 120 et première cartouche 130. Comme le conduit d'admission 102 est relié à l'air ambiant en son port 102c, on peut alors considérer que le ventilateur 311 agencé dans le conduit d'admission 310 de l'unité de génération d'O₂ 3 peut aspirer de l'air ambiant à travers le port 102c, et que le gaz aspiré transite alors dans, respectivement, le conduit d'admission 102, le premier conduit 120 dans lequel est agencé la première cartouche 130 et le canal d'admission 108 de l'unité d'épuration de gaz expiré 1, pour ensuite en sortir via le premier conduit d'interconnexion 31, réalisant une connexion

fluidique avec ledit conduit d'admission 310.

[0142] Autrement dit, l'unité de génération d'O₂ 3 est alimentée en air par le conduit d'interconnexion 31 qui vient se raccorder fluidiquement au conduit d'admission 310 par une de ses extrémités, ledit conduit d'interconnexion 31 étant raccordé fluidiquement, via son autre extrémité, au conduit 108 lui-même relié au conduit d'admission 102 en communication avec l'atmosphère via son orifice 102c.

[0143] Le gaz aspiré étant à température ambiante, ce dernier va refroidir la première cartouche 130 en la traversant, alors que celle-ci a été précédemment chauffée par les gaz ayant transité dans le conduit de régénération 109 et d'échappement 103. Ceci représente une troisième phase, utilisant de façon avantageuse l'unité de génération d'O₂ 3, permettant à la première cartouche 130, maintenant dépourvue de CO₂ et vapeur d'eau résiduels après la phase de régénération, de revenir à température ambiante avant d'être réutilisée comme cartouche permettant de capter le CO₂ et la vapeur d'eau contenue dans les gaz expirés.

[0144] On comprend que l'unité d'épuration de gaz expiré 1 est commandée de manière cyclique afin d'assurer en permanence sa fonction d'épuration des gaz expirés tout en assurant la régénération et reconditionnement en température, i.e. refroidissement, des différentes cartouches d'adsorption.

[0145] Dans l'exemple ci-dessus, lorsque la première cartouche 130 est saturée, la seconde cartouche 131 devient la cartouche active permettant d'épurer les gaz expirés, alors que la première cartouche 130 entame sa phase de régénération. Lorsque la seconde cartouche 131 devient saturée, la troisième cartouche 132 devient la cartouche active. La seconde cartouche 131 entame sa phase de régénération alors que la première cartouche 130 entame une phase de refroidissement. Lorsque la troisième cartouche 132 devient saturée, la première cartouche 130 redevient alors la cartouche active, tandis que ladite troisième cartouche entame 132 sa phase de régénération. La seconde cartouche 131 entame sa phase de refroidissement. Une telle séquence se répète de façon cyclique.

[0146] Selon les conditions et paramètres de fonctionnement et l'architecture de l'installation, tel que dimensionnement des cartouches, nature des adsorbants, température de régénération..., les durées ou temps respectifs pour arriver à la saturation, à la complète régénération et au refroidissement à température ambiante des différentes cartouches d'adsorption peuvent être équivalents ou égaux, ou différents. Ainsi, en fonction des disparités observées entre les différents temps de saturation, de régénération et de refroidissement, un nombre additionnel de cartouches, associées à leurs propres vannes rotatives, connectées via des sous-conduits additionnels aux conduits décrits ci-dessus peut être intégré dans l'unité de purification de gaz expiré 1. Par exemple, si le temps pour régénérer et refroidir une cartouche est le double du temps

nécessaire à sa limite de saturation, l'unité de purification de gaz expiré 1 peut intégrer 5 cartouches afin de doubler les temps de régénération et de refroidissement une fois qu'une cartouche est arrivée à saturation.

- [0147] L'installation de fourniture de gaz respiratoire de l'invention est adaptée à l'administration de gaz à un patient en état hypoxémique, notamment une personne en état hypoxémique infectée par un coronavirus, tel le Covid-19 ou analogue, que ce soit un adulte, notamment une personne âgée, un adolescent ou enfant.
- [0148] Une telle installation de fourniture de gaz 50 constitue un ensemble de fourniture d'oxygène mettant en œuvre une source « sur site » d'oxygène gazeux permettant de délivrer un flux d'alimentation riche en oxygène gazeux, tel de l'oxygène pur ou quasiment pur (i.e. 99.5% à 100%vol.), d'une part, et un système d'épuration des gaz expirés, d'autre part, pour récupérer l'oxygène, normalement perdu, qui est présent dans les gaz expirés par le patient (en mélange avec du CO₂), puis le recycler ensuite dans le flux d'alimentation riche en oxygène, et ainsi assurer une délivrance d'oxygène à haute concentration d'O₂ (>95 à 99%vol) à un utilisateur, typiquement un patient.
- [0149] Ceci permet de limiter la consommation globale d'O₂ tout en garantissant la fourniture d'une haute concentration d'O₂.
- [0150] Autrement dit, grâce à l'installation de fourniture de gaz de l'invention, on peut assurer une FiO₂ supérieure à 90% chez le patient sans avoir recours à un débit élevé d'oxygène provenant de la source d'oxygène étant donné qu'une proportion non-négligeable du flux d'oxygène fourni au patient se compose d'oxygène ayant été purifié au sein du système de purification de gaz puis recyclé dans la ligne principale d'acheminement de gaz, via la ligne de recyclage de gaz.
- [0151] Réutiliser une partie de l'oxygène normalement rejeté à l'atmosphère permet de réduire la consommation globale d'oxygène et donc de limiter fortement le stress sur les réserves d'O₂ disponibles sur le site considéré, i.e. hôpital ou autre, en limitant les pertes d'oxygène.
- [0152] Par ailleurs, utiliser un (ou des) module de séparation électrochimique 316 à membrane céramique, de préférence dopée, présente l'avantage de fournir de l'oxygène très haute pureté, condition nécessaire pour permettre à l'installation de fourniture de gaz de la présente invention de recycler les gaz expirés par le patient.

Revendications

[Revendication 1]

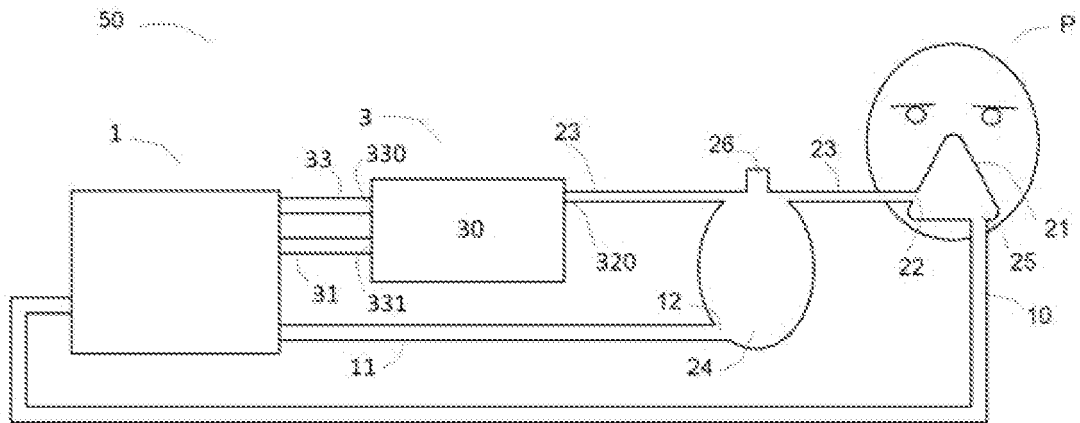
Installation de fourniture (50) d'un gaz respiratoire à un utilisateur (P) comprenant :

- une source de gaz (3) pour fournir un gaz respiratoire contenant de l'oxygène,
- une interface respiratoire (21) pour administrer un gaz respiratoire à l'utilisateur, lors de chaque phase inspiratoire dudit utilisateur (P),
- une ligne principale d'acheminement de gaz (23) reliant fluidiquement la source de gaz (3) à l'interface respiratoire (21) pour acheminer le gaz respiratoire de la source de gaz (3) à l'interface respiratoire (21),
- une ligne de récupération de gaz (10) en communication fluide avec l'interface respiratoire (21) pour récupérer et acheminer au moins une partie du mélange gazeux CO_2/O_2 expiré se retrouvant dans l'interface respiratoire (21), lors de chaque phase expiratoire de l'utilisateur (P),
- un système de purification de gaz (1) comprenant des adsorbants (130-132) agencés en parallèle contenant chacun au moins un adsorbant, chaque adsorbant (130-132) étant configuré pour fonctionner selon des cycles d'adsorption/désorption, ledit système de purification de gaz (1) étant alimenté en mélange gazeux CO_2/O_2 expiré par la ligne de récupération de gaz (10), et configuré pour éliminer au moins une partie du CO_2 contenu dans le mélange gazeux CO_2/O_2 expiré et obtenir un gaz purifié contenant majoritairement de l' O_2 ,
- et une ligne de recyclage de gaz (11) reliant fluidiquement le système de purification de gaz (1) à la ligne principale d'acheminement de gaz (23) pour acheminer au moins une partie du gaz purifié provenant du système de purification de gaz (1) et le réinjecter dans la ligne principale d'acheminement de gaz (23),

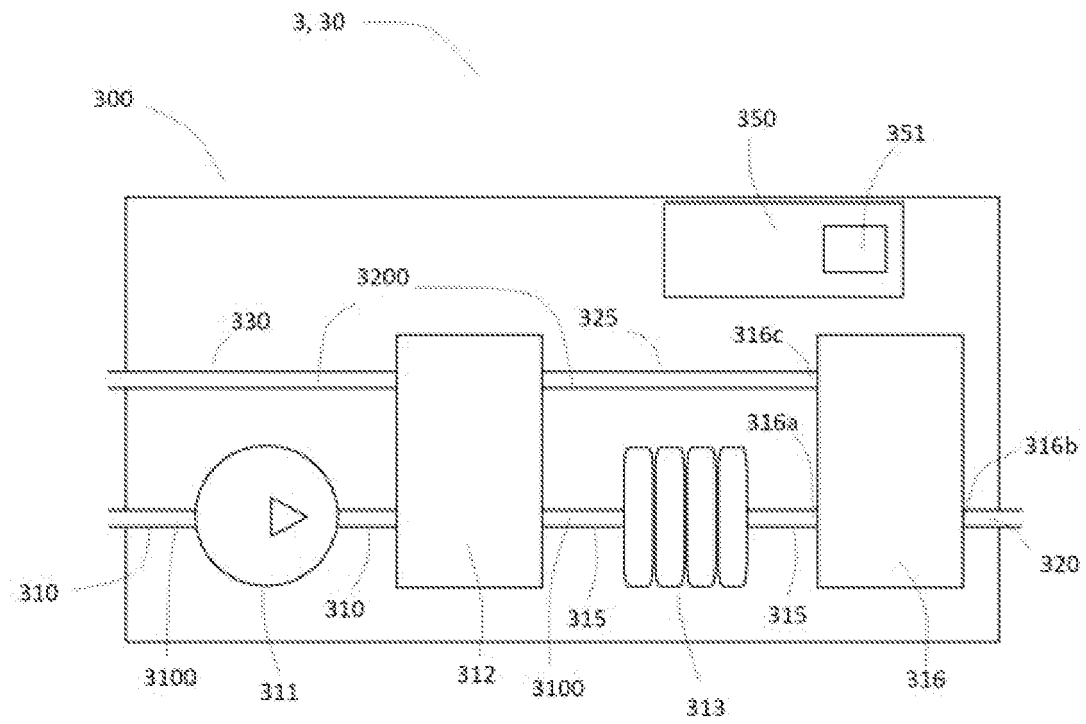
caractérisée en ce que la source de gaz (3) comprend une unité de génération d'oxygène (30) comprenant au moins un module de séparation

- électrochimique (316).
- [Revendication 2] Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend trois adsorbants (130-132) agencés en parallèle.
- [Revendication 3] Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que la ligne de recyclage de gaz (11) comprend un réservoir-tampon (24) en communication fluide avec la ligne principale d'acheminement de gaz (23), la ligne de recyclage de gaz (11) étant raccordée fluidiquement au réservoir-tampon (24).
- [Revendication 4] Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'interface respiratoire (21) est un masque respiratoire.
- [Revendication 5] Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit au moins un module de séparation électrochimique (316) de l'unité de génération d'oxygène (30) comprend une ou plusieurs membranes céramiques, de préférence une ou plusieurs membranes céramiques dopées par un ou des électrolytes.
- [Revendication 6] Installation selon la revendication 1 ou 5, caractérisée en ce que l'unité de génération d'oxygène (30) comprend en outre première ligne de gaz interne (3100) comprenant des moyens d'aspiration de gaz (311) et des moyens de chauffage de gaz (313), lesdits moyens de chauffage de gaz (313) étant agencés entre les moyens d'aspiration de gaz (311) et ledit au moins un module de séparation électrochimique (316).
- [Revendication 7] Installation selon la revendication 6, caractérisée en ce que des moyens d'échange thermique (312) sont agencés sur la première ligne de gaz interne (3100), entre les moyens d'aspiration de gaz (311) et les moyens de chauffage de gaz (313).
- [Revendication 8] Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'unité de génération d'oxygène (30) comprend en outre une seconde ligne de gaz interne reliant fluidiquement ledit au moins un module de séparation électrochimique (316) au système de purification de gaz (1).
- [Revendication 9] Installation selon les revendications 7 et 8, caractérisée en ce que la seconde ligne de gaz interne (3200) est agencée en parallèle de la première ligne de gaz interne (3100) au sein desdits moyens d'échange thermique (312).
- [Revendication 10] Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce que l'unité de génération d'O₂ (30) comprend des premiers moyens de pilotage (350, 351) configurés pour alimenter électriquement la ou les membranes céramiques du ou de chaque module de séparation d'O₂ (316).

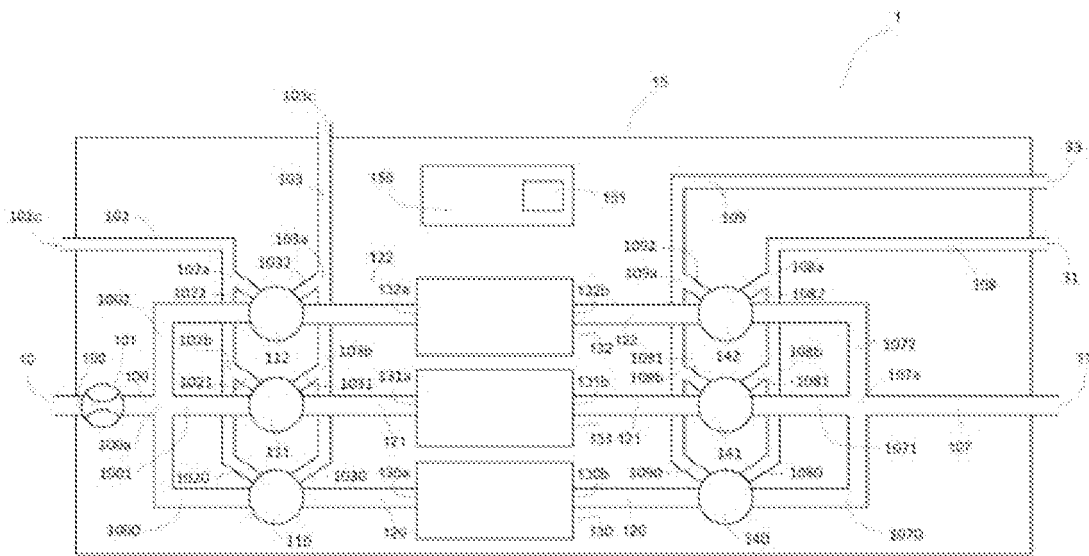
[Fig. 1]



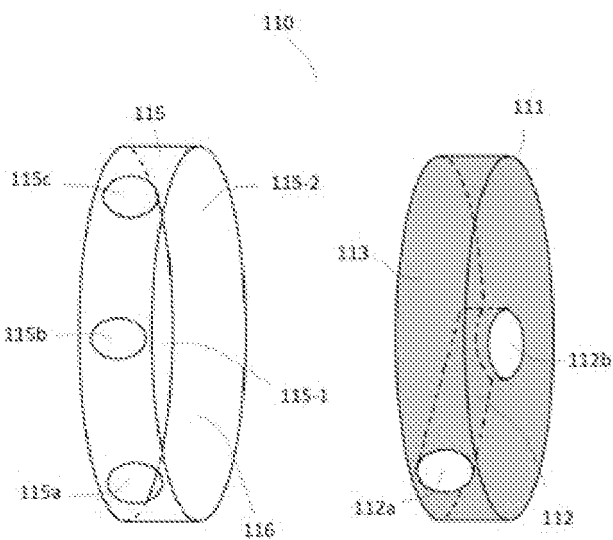
[Fig. 2]



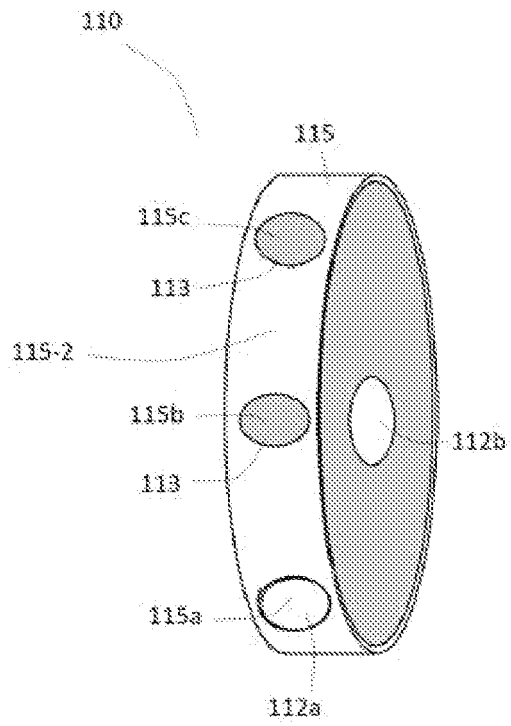
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 908083
FR 2206313

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	WO 98/22173 A1 (GIBECK AB LOUIS [SE]; LAMBERT HANS [SE]) 28 mai 1998 (1998-05-28) * page 7, lignes 19-27 * * page 9, lignes 15-19 * * page 15, ligne 16 - page 17, ligne 23; revendications; figures * -----	1-10	A61M16/10 A61M16/06
Y	US 2018/093063 A1 (RAJAN GOVINDA NALLAPPA [NL] ET AL) 5 avril 2018 (2018-04-05) * alinéas [0025] - [0030], [0061] - [0068]; figures 1, 3 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) A61M
Y	US 2003/145855 A1 (FUHRMAN BRADLEY P [US] ET AL) 7 août 2003 (2003-08-07) * alinéas [0021] - [0032]; figure 1 * -----	1-10	
Y	US 2006/062707 A1 (CROME VICTOR P [US] ET AL) 23 mars 2006 (2006-03-23) * alinéas [0003], [0008], [0015], [0026], [0043], [0049], [0079] - [0082], [0085]; figures * -----	1-10	
Y	EP 1 574 230 A1 (TEIJIN PHARMA LTD [JP]) 14 septembre 2005 (2005-09-14) * alinéas [0016], [0019]; figures * -----	1-10	
Y	WO 2010/054323 A2 (SEQUAL TECHNOLOGIES INC [US]; UC SURGEONS [US] ET AL.) 14 mai 2010 (2010-05-14) * alinéas [0041], [0082], [0165]; figures * -----	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 février 2023		Cametz, Cécile	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2206313 FA 908083**

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 **08-02-2023**
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
WO 9822173	A1	28-05-1998	AT 261327 T	15-03-2004
			AU 745192 B2	14-03-2002
			DE 69728061 T2	03-03-2005
			EP 0952861 A1	03-11-1999
			JP 2001504021 A	27-03-2001
			US 6279576 B1	28-08-2001
			WO 9822173 A1	28-05-1998

US 2018093063	A1	05-04-2018	CN 109803703 A	24-05-2019
			EP 3519027 A1	07-08-2019
			US 2018093063 A1	05-04-2018
			WO 2018060826 A1	05-04-2018

US 2003145855	A1	07-08-2003	US 2003145855 A1	07-08-2003
			WO 2004074746 A2	02-09-2004

US 2006062707	A1	23-03-2006	CA 2576413 A1	30-03-2006
			EP 1807137 A2	18-07-2007
			EP 2196235 A1	16-06-2010
			EP 2204205 A1	07-07-2010
			JP 5160228 B2	13-03-2013
			JP 5396512 B2	22-01-2014
			JP 5799065 B2	21-10-2015
			JP 2008513114 A	01-05-2008
			JP 2012210417 A	01-11-2012
			JP 2014014700 A	30-01-2014
			KR 20070053292 A	23-05-2007
			US 2006062707 A1	23-03-2006
			WO 2006033896 A2	30-03-2006

EP 1574230	A1	14-09-2005	CN 1726061 A	25-01-2006
			EP 1574230 A1	14-09-2005
			HK 1085680 A1	01-09-2006
			JP 4598357 B2	15-12-2010
			JP 2004194800 A	15-07-2004
			KR 20050084347 A	26-08-2005
			US 2006048781 A1	09-03-2006
			WO 2004054648 A1	01-07-2004

WO 2010054323	A2	14-05-2010	EP 2355882 A2	17-08-2011
			JP 2012508074 A	05-04-2012
			US 2010116270 A1	13-05-2010
			WO 2010054323 A2	14-05-2010

EPO FORM P0465