

Description

Titre de l'invention : Installation et procédé de conditionnement d'un mélange de gaz

- [0001] La présente invention concerne une installation de préparation et de conditionnement d'un mélange de gaz destiné à être conditionné dans au moins un récipient de fluide. L'invention porte également sur un procédé de conditionnement de mélange mettant en œuvre une telle installation.
- [0002] En particulier, une installation et un procédé selon l'invention sont destinés à conditionner un mélange comprenant un ou plusieurs gaz minoritaires comme le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote, le monoxyde d'azote, l'oxygène, l'hydrogène, des hydrocarbures tel le méthane ou le propane, et comprenant un gaz porteur, notamment de l'azote, de l'argon, de l'hélium.
- [0003] L'invention peut s'appliquer notamment à la préparation et au conditionnement de mélanges de gaz de calibration utilisés pour l'étalonnage et/ou l'ajustement d'équipements d'analyse ou de détection de gaz. L'invention peut aussi s'appliquer au conditionnement de mélanges de gaz utilisés dans le domaine de l'électronique, notamment dans le processus de fabrication des circuits intégrés et la réalisation de semi-conducteurs.
- [0004] Habituellement, les mélanges de gaz sont conditionnés sous forme comprimée dans des récipients, en particulier des bouteilles. Le remplissage d'une bouteille de gaz s'effectue en mode séquentiel, les constituants du mélange étant introduits les uns après les autres dans la bouteille, en commençant par le constituant dont la teneur est la plus faible. Pour chaque constituant, un contrôle de la quantité de gaz introduit dans la bouteille est réalisé, soit par suivi de la pression dans la bouteille pendant et après l'introduction du constituant, soit par pesée de la bouteille lors de l'introduction du constituant. Une telle installation de conditionnement de mélanges de gaz est notamment décrite dans le document WO2010/031940A1.
- [0005] Afin de garantir à l'utilisateur la fiabilité et la reproductibilité des performances de ses équipements, il est nécessaire de réaliser des mélanges de gaz offrant une grande précision sur les concentrations de chaque constituant. Selon les applications, la tolérance maximale de variation des valeurs effectives des concentrations par rapport aux valeurs cibles peut être de 1 % (% relatif), voire 0,7 % ou même moins. De telles tolérances sont d'autant plus difficiles à respecter que le nombre de constituants est grand et/ou que leurs teneurs sont faibles.
- [0006] Selon la précision requise, les méthodes de conditionnement actuelles peuvent se révéler insuffisantes. En particulier, le conditionnement manométrique par contrôle de

la pression offre une précision limitée intrinsèquement par la précision du capteur de pression et par les variations de la température qui influence le calcul de la quantité de gaz. A l'incertitude sur les valeurs de concentration du mélange de gaz fabriqué s'ajoute les écarts de concentrations entre les mélanges conditionnés dans différentes bouteilles.

- [0007] Le conditionnement gravimétrique par pesée des constituants offre une plus grande précision sur la composition du mélange mais impose toujours un remplissage séquentiel des bouteilles. Après l'introduction de chaque constituant, un temps d'attente est nécessaire pour stabiliser les conditions de mesure avant de contrôler la quantité de gaz introduit. De plus, une étape finale d'homogénéisation du mélange est nécessaire, par exemple en mettant la bouteille en mouvement à l'aide d'un rouleau de bouteille.
- [0008] En outre, l'analyse du mélange est effectuée après le remplissage. S'il y a un écart par rapport aux valeurs cibles de concentration, la correction est difficile, voire impossible. C'est le cas notamment lorsque l'introduction des constituants doit suivre un ordre donné et que certains ne peuvent être réintroduits par la suite, comme les constituants inflammables. Et comme les analyses sont effectuées individuellement sur chaque bouteille, la reproductibilité des teneurs du mélange est difficile à garantir d'une bouteille à l'autre.
- [0009] Un autre inconvénient des méthodes de conditionnement actuelles est leur efficacité limitée, typiquement à une cadence journalière de 8 à 10 bouteilles par station de remplissage. Par ailleurs, les bouteilles sont remplies une par une, ce qui impose des opérations de déconnexion et de reconnexion à chaque changement de bouteille. Enfin, le choix de la composition du mélange est limité par les constituants présents sur la station de remplissage, ce qui laisse peu de liberté dans la gamme de mélanges qui peuvent être fabriqués.
- [0010] L'invention a pour but de pallier tout ou partie des inconvénients mentionnés ci-dessus, notamment en proposant une installation de conditionnement d'un mélange de gaz offrant plus de précision, de reproductibilité et de flexibilité dans la composition du mélange, ainsi qu'un remplissage plus rapide et efficace des récipients de fluide.
- [0011] A cette fin, la solution de l'invention est une installation de conditionnement d'un mélange de gaz dans au moins un récipient, ladite installation comprenant :
- une source d'un gaz minoritaire,
 - une source d'un gaz porteur,
 - un dispositif mélangeur relié fluidiquement à la source de gaz minoritaire et à la source de gaz porteur, ledit dispositif mélangeur étant configuré pour produire à une sortie un mélange de gaz comprenant le gaz porteur et le gaz minoritaire,
 - un premier circuit de transfert reliant fluidiquement la source de gaz mi-

noritaire au dispositif mélangeur, le premier circuit de transfert comprenant un premier dispositif régulateur de débit configuré pour réguler le débit de gaz minoritaire s'écoulant vers le dispositif mélangeur suivant une première consigne de débit déterminée en fonction d'une teneur cible du mélange de gaz en le gaz minoritaire,

- un deuxième circuit de transfert reliant fluidiquement la source d'un gaz porteur au dispositif mélangeur,
- un circuit de distribution configuré pour distribuer le mélange de gaz depuis le dispositif mélangeur vers ledit au moins un récipient, le circuit de distribution comprenant un deuxième dispositif régulateur de débit configuré pour réguler le débit du mélange de gaz s'écoulant vers le au moins un récipient suivant une deuxième consigne de débit, le deuxième dispositif régulateur de débit comprenant un organe élévateur de pression, le premier dispositif régulateur de débit comprenant plusieurs organes régulateurs configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives, les organes régulateurs étant agencés en parallèle dans le premier circuit de transfert, l'installation comprenant une unité de commande reliée aux organes régulateurs et configurée pour sélectionner au moins un des organes régulateurs sur la base d'au moins une comparaison de la première consigne de débit avec une valeur minimale et/ou une valeur maximale d'au moins une des plages de débit, l'unité de commande étant configurée pour commander les organes régulateurs de façon à permettre un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via ledit au moins un organe régulateur sélectionné et de façon à empêcher un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via le ou les organes régulateurs non sélectionnés, les organes régulateurs comprenant chacun un débitmètre associé à un organe de régulation.

- [0012] Selon le cas, l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques énoncées ci-après.
- [0013] Le premier circuit de transfert et le deuxième circuit de transfert comportent chacun un organe de détente.
- [0014] Un tel organe de détente permet d'effectuer le mélange à basse pression ce qui permet d'utiliser des organes régulateurs plus précis. Ceci permet donc d'améliorer significativement la précision du mélange.
- [0015] Le débitmètre comporte un débitmètre massique et l'organe de régulation comporte une vanne, notamment une vanne piézoélectrique.
- [0016] Une telle vanne piézoélectrique permet, en combinaison avec l'organe de détente et l'organe élévateur de pression, d'améliorer significativement la précision du mélange.

- [0017] Au moins deux des organes régulateurs sont configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives ayant des valeurs minimales de débit distinctes et/ou des valeurs maximales de débit distinctes.
- [0018] Tous les organes régulateurs sont configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives ayant des valeurs minimales de débit distinctes et/ou des valeurs maximales de débit distinctes.
- [0019] Le deuxième circuit de transfert est dépourvu de tout dispositif régulateur de débit pour réguler le débit du gaz porteur s'écoulant vers le dispositif mélangeur.
- [0020] Ceci permet de simplifier l'installation, étant donné qu'un organe élévateur de pression est utilisé en sortie du mélangeur.
- [0021] L'unité de commande est configurée pour sélectionner un organe régulateur pour lequel la première consigne de débit est comprise entre la valeur minimale de débit et la valeur maximale de débit de la plage de débit dudit organe régulateur, notamment lorsque la première consigne de débit est inférieure ou égale à la valeur maximale la plus élevée des plages de débit des organes régulateurs.
- [0022] Lorsque la première la consigne de débit est supérieure à la valeur maximale la plus élevée des plages de débit des organes régulateurs, l'unité de commande est configurée pour sélectionner l'organe régulateur dont la plage de débit présente la valeur maximale la plus élevée, pour déterminer au moins une nouvelle consigne de débit égale à la différence entre la première consigne de débit et ladite valeur maximale la plus élevée et pour sélectionner au moins un autre organe régulateur de sorte que la nouvelle consigne de débit est comprise entre la valeur minimale de débit et la valeur maximale de la plage de débit dudit autre organe régulateur.
- [0023] Le premier dispositif régulateur de débit comprend plusieurs organes régulateurs configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire vers le dispositif mélangeur sur des plages de débit successives présentant des valeurs minimales croissantes et des valeurs maximales croissantes, la valeur maximale d'au moins une plage de débit étant comprise entre la valeur minimale et la valeur maximale de la plage de débit successive, l'unité de commande étant configurée pour sélectionner l'organe régulateur ayant la valeur minimale de débit la plus petite lorsque la consigne de débit ou la nouvelle consigne de débit est comprise entre la valeur maximale de ladite au moins une plage de débit et la valeur minimale de ladite plage de débit successive.
- [0024] L'étendue de ladite au moins une plage de débit est définie comme la différence entre sa valeur minimale et sa valeur maximale et l'étendue de la zone de recouvrement est définie comme la différence entre la valeur maximale de ladite au moins une plage de débit et la valeur minimale de ladite plage de débit successive, la zone de recouvrement représentant entre 15 et 50 %, de préférence entre 15 et 30%, de l'étendue de ladite au moins une plage de débit.

- [0025] Chacun des organes régulateurs peut se déplacer entre une position fermée dans laquelle le débit de gaz minoritaire est nul et une position totalement ouverte dans laquelle le débit de gaz minoritaire présente sa valeur maximale, les organes régulateurs pouvant occuper au moins une position intermédiaire entre la position fermée et la position ouverte dans laquelle le débit de gaz minoritaire présente sa valeur minimale, la valeur minimale correspondant à un débit de gaz minoritaire égal à au moins 20%, de préférence à au moins 25%, de préférence encore à au moins 35%, de la valeur maximale respective.
- [0026] Le premier circuit de transfert comprend des moyens d'isolation fluidique associés à chacun des organes régulateurs, lesdits moyens d'isolation fluidique étant actionnables de façon à autoriser l'écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via ledit au moins un organe régulateur sélectionné et à empêcher l'écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via le ou les autres organes régulateurs non sélectionné.
- [0027] L'installation comprend plusieurs sources de gaz minoritaires, plusieurs premier circuit de transfert reliant fluidiquement chacune des sources de gaz minoritaire au dispositif mélangeur, les premiers circuits de transfert comprenant chacun un premier dispositif régulateur de débit configuré pour réguler le débit de gaz minoritaire s'écoulant vers le dispositif mélangeur suivant une première consigne de débit déterminée en fonction d'une teneur cible du mélange de gaz en le gaz minoritaire, l'installation comprenant en outre des troisièmes moyens de raccordement fluidique agencés chacun un circuit de transfert entre un premier dispositif régulateur de débit respectif et le dispositif mélangeur, chacun des troisièmes moyens de raccordement fluidique comprenant au moins une vanne de distribution déplaçable en position de façon à permettre ou empêcher la distribution du gaz minoritaire venant premier dispositif régulateur de débit et une vanne d'isolation agencée en aval de la vanne de distribution, ladite vanne d'isolation étant configurée pour isoler fluidiquement la vanne de distribution du dispositif mélangeur lorsque la vanne de distribution est dans une position empêchant la distribution du gaz minoritaire.
- [0028] L'organe élévateur de pression comprend une pompe ou un compresseur.
- [0029] L'organe élévateur de pression est configuré de sorte qu'au moins un paramètre de fonctionnement détermine le débit de mélange de gaz s'écoulant vers le récipient.
- [0030] Le deuxième dispositif régulateur de débit comprend un variateur de vitesse d'un moteur de l'organe élévateur de pression, la vitesse de rotation dudit moteur déterminant le débit de mélange de gaz s'écoulant vers le récipient, le deuxième dispositif régulateur de débit comprenant un premier contrôleur de débit relié au variateur de vitesse et configuré pour mesurer le débit de mélange de gaz s'écoulant vers ledit récipient, le premier contrôleur de débit étant configuré pour contrôler et/ou

ajuster une position du dispositif variateur de débit de façon à faire tendre le débit de mélange de gaz mesuré vers la deuxième consigne de débit.

- [0031] Le deuxième circuit de transfert comprend un capteur de débit ou débitmètre configuré pour mesurer le débit de gaz porteur s'écoulant jusqu'au dispositif mélangeur.
- [0032] L'installation comprend une unité d'analyse configurée pour mesurer au moins une teneur en le gaz minoritaire et/ou le gaz porteur du mélange de gaz produit à la sortie du dispositif mélangeur, l'unité de commande étant reliée à l'unité d'analyse et configurée pour élaborer un signal de commande sur la base d'au moins une comparaison de ladite au moins une teneur mesurée avec au moins une teneur cible en le gaz minoritaire et/ou une teneur cible en le gaz porteur, et pour adapter la première consigne de débit en réponse audit signal de commande.
- [0033] L'unité d'analyse produit un signal de mesure représentatif de ladite au moins une teneur mesurée, l'unité de commande comprenant une boucle de régulation de la première consigne de débit sur le signal de mesure fourni par l'unité d'analyse, ladite boucle comprenant :
- un comparateur agencé au sein de l'unité de commande et configuré pour élaborer au moins un signal d'erreur à partir d'une comparaison du signal de mesure avec au moins un paramètre choisi parmi : une teneur cible en le gaz minoritaire, une teneur cible en le gaz porteur,
 - un correcteur agencé au sein de l'unité de commande, en particulier du type proportionnel, intégral et dérivé, et configuré pour élaborer le signal de commande à partir du signal d'erreur,
 - les organes régulateurs étant reliés au correcteur et configurés pour se déplacer en position en réponse audit signal de commande.
- [0034] Le circuit de distribution comprend un réservoir tampon agencé entre le dispositif mélangeur et l'organe élévateur de pression.
- [0035] L'installation comprend plusieurs récipients raccordés fluidiquement au circuit de distribution par au moins une rampe de remplissage.
- [0036] L'installation comprend plusieurs modules et des moyens de solidarisation amovible desdits modules, lesquels modules comprennent :
- un ou plusieurs modules de gaz minoritaire, chaque module de gaz minoritaire ayant une première paroi sur laquelle sont fixés un premier circuit de transfert et des premiers moyens de raccordement fluidique du premier circuit de transfert à une source de gaz minoritaire respective,
 - un ou plusieurs modules de gaz porteur, chaque module de gaz porteur ayant une deuxième paroi sur laquelle sont fixés le deuxième circuit de transfert et des deuxième moyens de raccordement fluidique du deuxième circuit de

- transfert à une source de gaz porteur respective,
- des troisièmes moyens de raccordement fluidique configurés pour raccorder sélectivement le dispositif mélangeur à un ou plusieurs premiers circuits de transfert et à un ou plusieurs deuxièmes circuits de transfert.

[0037] En outre, l'invention concerne un procédé de conditionnement d'un mélange de gaz comprenant les étapes suivantes :

- a. passage d'un gaz minoritaire dans un premier circuit de transfert comprenant un premier dispositif régulateur de débit de façon à distribuer le gaz minoritaire vers un dispositif mélangeur suivant une première consigne de débit déterminée en fonction d'une teneur cible du mélange de gaz en le gaz minoritaire,
- b. passage d'un gaz porteur dans un deuxième circuit de transfert de façon à distribuer le gaz porteur vers le dispositif mélangeur,
- c. production par une sortie du dispositif mélangeur d'un mélange de gaz comprenant le gaz minoritaire et le gaz porteur,
- d. passage du mélange de gaz dans un circuit de distribution comprenant un deuxième dispositif régulateur de débit de façon à distribuer le mélange de gaz vers ledit au moins un récipient suivant une deuxième consigne de débit, le deuxième dispositif régulateur de débit comprenant un organe élévateur de pression, le premier dispositif régulateur de débit comprenant plusieurs organes régulateurs agencés en parallèle dans le premier circuit de transfert, les organes régulateurs étant configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives, le procédé comprenant en outre les étapes suivantes :
- e. comparaison de la première consigne de débit avec au moins une valeur minimale et/ou au moins une valeur maximale d'au moins une des plages de débit,
- f. sélection d'au moins un des organes régulateurs sur la base de la comparaison réalisée à l'étape e) et commande des organes régulateurs de façon à permettre sélectivement l'écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via ledit au moins un organe régulateur sélectionné et de façon à empêcher un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via le ou les organes régulateurs non sélectionnés.

[0038] Selon le cas, l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques énoncées ci-après.

[0039] Le premier circuit de transfert et le deuxième circuit de transfert comportent chacun un organe de détente.

- [0040] Les organes régulateurs comportent chacun un débitmètre associé à un organe de régulation.
- [0041] Le débitmètre comporte un débitmètre massique et l'organe de régulation comporte une vanne, notamment une vanne piézoélectrique.
- [0042] Au moins deux des organes régulateurs sont configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives ayant des valeurs minimales de débit distinctes et/ou des valeurs maximales de débit distinctes.
- [0043] Tous les organes régulateurs sont configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives ayant des valeurs minimales de débit distinctes et/ou des valeurs maximales de débit distinctes.
- [0044] Le deuxième circuit de transfert est dépourvu de tout dispositif régulateur de débit pour réguler le débit du gaz porteur s'écoulant vers le dispositif mélangeur.
- [0045] Les caractéristiques relatives à l'installation, telles que décrites ci-dessus sont applicables seules ou en combinaison audit procédé.
- [0046] Enfin, l'invention concerne une installation de conditionnement d'un mélange de gaz dans au moins un récipient, ladite installation comprenant :
- une source d'un gaz minoritaire,
 - une source d'un gaz porteur,
 - un dispositif mélangeur relié fluidiquement à la source de gaz minoritaire et à la source de gaz porteur, ledit dispositif mélangeur étant configuré pour produire à une sortie un mélange de gaz comprenant le gaz porteur et le gaz minoritaire,
 - un premier circuit de transfert reliant fluidiquement la source de gaz minoritaire au dispositif mélangeur, le premier circuit de transfert comprenant un premier dispositif régulateur de débit configuré pour réguler le débit de gaz minoritaire s'écoulant vers le dispositif mélangeur suivant une première consigne de débit déterminée en fonction d'une teneur cible du mélange de gaz en le gaz minoritaire,
 - un deuxième circuit de transfert reliant fluidiquement la source d'un gaz porteur au dispositif mélangeur,
 - un circuit de distribution configuré pour distribuer le mélange de gaz depuis le dispositif mélangeur vers ledit au moins un récipient, le circuit de distribution comprenant un deuxième dispositif régulateur de débit configuré pour réguler le débit du mélange de gaz s'écoulant vers le au moins un récipient suivant une deuxième consigne de débit, caractérisée en ce que le premier dispositif régulateur de débit comprend un ensemble d'organes régulateurs agencés en parallèle dans le premier circuit de transfert, les organes régulateurs étant configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit res-

pectives ayant des valeurs minimales de débit distinctes et des valeurs maximales de débit distinctes, l'installation comprenant une unité de commande reliée aux organes régulateurs et configurée pour sélectionner au moins un des organes régulateurs sur la base d'au moins une comparaison de la première consigne de débit avec une valeur minimale et/ou une valeur maximale d'au moins une plage de débit respective, l'unité de commande étant configurée pour commander les organes régulateurs de façon à permettre un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via ledit au moins un organe régulateur sélectionné et de façon à empêcher un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire et le dispositif mélangeur via le ou les organes régulateurs non sélectionnés.

- [0047] L'invention va maintenant être mieux comprise grâce à la description détaillée suivante faite à titre illustratif et non limitatif en référence aux figures annexées décrites ci-après.
- [0048] [Fig.1] schématise le fonctionnement d'une installation selon un mode de réalisation de l'invention,
- [0049] [Fig.2] schématise des plages de débit d'un premier dispositif régulateur de débit selon des modes de réalisation de l'invention,
- [0050] [Fig.3] schématise le fonctionnement d'une installation selon un autre mode de réalisation de l'invention,
- [0051] [Fig.4] représente un mode de réalisation d'une installation selon l'invention comprenant un assemblage de plusieurs modules.
- [0052] La [Fig.1] représente une installation selon l'invention comprenant une source de gaz minoritaire 1 et une source de gaz porteur 2. Le gaz minoritaire 1 et le gaz porteur 2 sont de nature différente. Il s'agit de préférence de corps purs, simples ou composés. Chacune des sources de gaz peut être une bouteille de gaz, typiquement une bouteille pouvant présenter un volume en eau jusqu'à 50 L, un ensemble de bouteilles raccordées entre elles pour former un cadre de bouteilles ou un réservoir de plus grande contenance, notamment une contenance jusqu'à 1000 L, tel un réservoir de stockage cryogénique ou un réservoir agencé sur un camion-remorque. De préférence, les sources distribuent des fluides à l'état gazeux. Avant distribution, les fluides peuvent être stockés à l'état gazeux, à l'état liquide, i. e. de gaz liquéfiés ou à l'état diphasique liquide/gaz.
- [0053] La [Fig.1] illustre le cas où l'installation est configurée pour produire un mélange de gaz binaire, i. e. à deux constituants, à partir de deux sources de gaz. Bien entendu, une installation selon l'invention pourra produire des mélanges à plus de deux constituants, en particulier des mélanges de gaz ternaires ou quaternaires. Le mélange pourra ainsi

comprendre un gaz porteur et plusieurs gaz minoritaires distincts. Par « gaz minoritaire », on entend un gaz dont la teneur dans le mélange est inférieure à la teneur en gaz porteur. Par « gaz porteur », on entend un gaz majoritaire dans le mélange, en particulier un gaz dont la teneur dans le mélange est d'au moins 50%, plus particulièrement d'au moins 60%, voire au moins 80%.

- [0054] Chacune des sources de gaz 1, 2 est reliée respectivement par un premier 6 et un deuxième circuit de transfert 7 à un dispositif mélangeur 3. Le premier circuit de transfert 6 comprend une première canalisation 12 et un premier dispositif régulateur de débit 4 relié à première canalisation 12 et configuré pour réguler le débit de gaz minoritaire s'écoulant vers le dispositif mélangeur de gaz 3 suivant une première consigne de débit D1. L'installation comprend en outre une unité de commande 5 qui est reliée aux premier dispositif régulateur de débit 4 de façon à en commander le fonctionnement conformément à la première consigne de débit D1.
- [0055] De préférence, le premier circuit de transfert 6 se sépare avantageusement en plusieurs branches 6a, 6b, 6c, 6d agencées en parallèles et reliées chacune fluidiquement à la source de gaz minoritaire 1 d'une part et d'autre part au mélangeur 3. Notons que les branches 6a, 6b, 6c, 6d peuvent aussi bien être reliées à une canalisation commune alimentant le dispositif mélangeur 3, comme illustré, qu'être reliées directement au dispositif mélangeur 3. Chaque branche 6a, 6b, 6c, 6d comprend un organe régulateur 41, 42, 43, 44.
- [0056] Le deuxième circuit de transfert 7 comprend une deuxième canalisation 22. De préférence, les canalisations 12, 22 débouchent chacune dans deux entrées distinctes du dispositif mélangeur 3. Notons qu'il est aussi envisageable que les canalisations 21, 22 se rejoignent en un point de raccordement situé en amont du dispositif mélangeur 3 pour former une portion commune de canalisation reliée à une entrée du dispositif mélangeur.
- [0057] Typiquement, le dispositif mélangeur 3 comprend un volume mélangeur commun dans lequel débouchent la ou les entrées et la sortie 33 du mélangeur et dans lequel le mélange est homogénéisé. On pourra par exemple utiliser un mélangeur 3 du type mélangeur statique permettant un mélange en continu des fluides entrant dans le mélangeur. Ce type de mélangeur comprend généralement au moins un élément perturbateur, telle une plaque, une portion de tuyau, un insert, apte à perturber l'écoulement des fluides, générer des pertes de charges et/ou des turbulences pour favoriser le mélange des fluides et son homogénéisation.
- [0058] Un circuit de distribution 8 relie une sortie du dispositif mélangeur 3 à un ou plusieurs récipients 10 adaptés à contenir le mélange de gaz. Le circuit de distribution 8 comprend un deuxième dispositif régulateur de débit 9 configuré pour réguler et/ou ajuster le débit de mélange de gaz s'écoulant vers le récipient 10 suivant une deuxième

consigne de débit D.

- [0059] En pratique, le dispositif mélangeur 3 produit à sa sortie un mélange de gaz s'écoulant avec un débit de distribution D qui correspond, dans le cas d'un mélange à deux constituants, à la somme des débits de gaz minoritaire et de gaz porteur alimentant le dispositif mélangeur 3. Le débit de gaz porteur est conditionné par le débit de distribution du mélange D et par la teneur souhaitée C1 en gaz minoritaire. Il correspond à la différence entre le débit de mélange D et le débit de gaz minoritaire D1. De préférence, le deuxième circuit de transfert est dépourvu de tout dispositif adapté à réguler et/ou ajuster le débit de gaz porteur, celui-ci étant une résultante des consignes de débit pour le gaz minoritaire et le gaz porteur.
- [0060] Notons que si l'installation est destinée à la distribution d'un mélange à deux gaz minoritaires dans le gaz porteur, le débit D est la somme des débits de chaque gaz minoritaire et du gaz porteur.
- [0061] La première consigne de débit D1 est déterminée en fonction d'une teneur cible C1 en gaz minoritaire. De préférence, l'unité de commande 5 calcule la première consigne de débit D1 par rapport à la deuxième consigne de débit D souhaitée pour le mélange et à la teneur cible C1, de sorte que le ratio D1/D corresponde à C1.
- [0062] Considérons l'exemple d'une installation configurée pour produire un mélange à deux gaz avec un débit de distribution D en sortie du dispositif mélangeur 3 de 1666.66 sL/min (litre standard par minute), i. e. 100 Nm³/h (normo mètre cube par heure). Le normo mètre cube est une unité de mesure de quantité de gaz qui correspond au contenu d'un volume d'un mètre cube, pour un gaz se trouvant dans les conditions normales de température et de pression (0 ou 15 ou plus rarement 20°C selon les référentiels et 1 atm, soit 101 325 Pa). Pour un gaz pur, un normo mètre cube correspond à environ 44,6 moles de gaz. Le mélange de gaz souhaité est un mélange formé du gaz minoritaire avec une teneur cible C1 de 10 ppm (ppm volumique) et du gaz porteur pour le reste. Une première consigne de débit D1 de 0,017 sL/min, correspondant à une proportion de 0,001% par rapport à D, est donc appliquée au dispositif régulateur de débit 4. Si la teneur cible C1 est de 5000 ppm, le débit total étant toujours 100 Nm³/h, la première consigne D1 est de 8,33 sL/min.
- [0063] De préférence, l'unité de commande 5 n'effectue pas de calcul de consigne de débit de gaz porteur, les circuits de fluide de l'installation étant configuré de sorte que le débit de gaz porteur est régulé via la régulation des débits de gaz minoritaire et de débit de distribution.
- [0064] Selon une possibilité de mise en œuvre, l'unité de commande 5 comprend une interface homme-machine comprenant une interface de saisie, par exemple un écran tactile, permettant la saisie par un utilisateur de la teneur cible du premier gaz et du débit de distribution souhaité pour le mélange de gaz. Par exemple, les teneurs peuvent

être exprimées en pourcentage volumique de premier gaz présent dans le mélange de gaz. De façon plus générale, l'interface homme-machine peut permettre à l'utilisateur de donner des instructions à l'unité de commande 5.

- [0065] Avantageusement, l'unité de commande 5 comprend un automate programmable, également appelé système « PLC » pour « Programmable Logic Controller » en anglais, c'est-à-dire un système de contrôle d'un procédé industriel comprenant une interface homme-machine pour la supervision et un réseau de communication numérique. Le système PLC peut comprendre plusieurs contrôleurs modulaires qui commandent les sous-systèmes ou équipements de contrôle de l'installation. Ces équipements sont configurés chacun pour assurer au moins une opération parmi : l'acquisition des données d'au moins un capteur de mesure, le contrôle d'au moins un actionneur relié à au moins un organe contrôleur de débit, la régulation et l'asservissement de paramètres, la transmission de données entre les différents équipements du système. Notons que sur la [Fig.1] et sur la [Fig.3], les signaux reçus et envoyés entre les différents éléments de l'installation sont schématisés par des lignes en pointillés.
- [0066] L'unité de commande 5 peut ainsi comprendre au moins l'un parmi : un micro-contrôleur, un microprocesseur, un ordinateur. L'unité de commande 5 peut être reliée aux différents équipements de contrôle de l'installation, notamment aux organes régulateurs de débit, aux capteurs, et communiquer avec lesdits équipements par des liaisons électriques, Ethernet, Modbus... D'autres modes de liaisons et/ou transmission d'informations, sont envisageables pour tout ou partie des équipements de l'installation, par exemple par liaisons radiofréquence, WIFI, Bluetooth...
- [0067] Selon l'invention, le premier dispositif régulateur de débit 4 comprend plusieurs organes régulateurs 41, 42, 43, 44 agencés en parallèle dans le premier circuit de transfert 6. Les organes régulateurs 41, 42, 43, 44 sont configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives ayant des valeurs minimales de débit distinctes et des valeurs maximales de débit distinctes.
- [0068] L'unité de commande 5 est configurée pour sélectionner un de ces organes régulateurs 41, 42, 43, 44 sur la base d'au moins une comparaison de la première consigne de débit D1 avec les valeurs minimales et maximales d'au moins une plage de débit respective. L'unité de commande 5 est reliée aux organes régulateurs 41, 42, 43, 44. En fonction du résultat de la comparaison, l'unité de commande 5 commande le fonctionnement des organes régulateurs 41, 42, 43, 44 de façon à autoriser sélectivement l'écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire 1 et le dispositif mélangeur 3 via le au moins un organe régulateur 41, 42, 43, 44 qui a été sélectionné par l'unité de commande 5.
- [0069] L'installation selon l'invention permet de conditionner simultanément les

constituants du mélange dans un récipient 10. Le débit de mélange de gaz est entraîné par l'organe élévateur de pression, ce qui assure un grand débit de mélange de gaz vers le récipient 10 et donc un conditionnement du mélange plus rapide et dans un plus grand nombre de récipients en un temps donné. La composition du mélange est plus homogène entre différents récipients.

[0070] L'organe élévateur de pression permet en outre de réguler le débit de mélange de gaz.

[0071] En outre, l'utilisation sélective des organes régulateurs de débit en fonction de leur plage de fonctionnement et de la consigne de débit souhaitée permet de fabriquer des mélanges dont la composition est contrôlée de façon plus précise. En effet, les organes régulateurs de débit sont des composants calibrés pour une échelle de débit donnée. Typiquement, les organes régulateurs sont préréglés en usine avec des débits de référence. La précision d'un organe régulateur est d'autant plus grande que son échelle de débit est réduite. Travailler avec plusieurs organes régulateurs ayant des plages de débit ciblées plutôt qu'avec un organe régulateur ayant une plage de débit plus large, permet de couvrir une large gamme de débits, et donc de teneurs en gaz minoritaire souhaités, tout en garantissant une grande précision du mélange puisque c'est l'organe régulateur le mieux dimensionné qui est sélectionné.

[0072] Chaque organe régulateur 41, 42, 43, 44 est un organe régulateur de débit qui peut être tout moyen configuré pour régler, réguler, ajuster le débit d'écoulement d'un fluide pour l'amener à une valeur de débit la plus proche de la consigne, i. e. de la valeur souhaitée.

[0073] Typiquement, les organes régulateurs de débit comprennent chacun un capteur de débit, ou débitmètre, associé à un organe de régulation, tel une vanne, par exemple une vanne à réglage proportionnel. De tels organes régulateurs de débit sont plus précis, ce qui permet d'améliorer la précision du mélange.

[0074] La vanne peut être piézoélectrique, analogique ou numérique. La vanne comprend une partie mobile, typiquement au moins un obturateur, qui est placé dans le débit de fluide et dont le déplacement permet de faire varier la section de passage, et ainsi faire varier le débit pour l'amener à la valeur de consigne. En particulier, les organes régulateurs de débit peuvent être des régulateurs de débit massique comprenant un capteur de débit massique et une vanne de contrôle proportionnelle. Notons que même si la régulation est basée sur une mesure de masse de fluide, les valeurs de débits de consigne et mesurées ne sont pas nécessairement exprimées en masse. Ainsi, une consigne de débit volumique peut être exprimée en pourcentage d'ouverture de la vanne de contrôle proportionnelle, auquel correspond une valeur de tension à appliquer à la vanne de contrôle de l'organe régulateur. La conversion entre pourcentage d'ouverture en valeur de débit massique ou volumique se fait en connaissant la valeur nominale du débit régulé pour une ouverture à 100%.

- [0075] Selon une réalisation avantageuse, la vanne est piézoélectrique. Ce type de vanne offre une grande précision, une bonne reproductibilité grâce à la surveillance de la tension appliquée à la vanne. De telles vannes sont aussi peu sensibles aux champs magnétiques et au bruit radiofréquence. Leur consommation d'énergie est faible avec une génération de chaleur minimale. La surface de contrôle métal sur métal réduit, voire élimine, les réactions avec le gaz. Enfin, du fait d'un volume de cavité de contrôle de débit relativement faible, notamment par rapport à celui d'une électrovanne, il est possible d'avoir une excellente réponse dynamique.
- [0076] Les organes régulateurs de débit 41, 42, 43, 44 comprennent chacun avantageusement un système de régulation à boucle fermée qui se voit donner des consignes de débit par l'unité de commande 5. Ces consignes sont ensuite comparées par le système de régulation à boucle fermée avec les valeurs mesurées par les capteurs de débit des organes régulateurs de débit et leurs positions sont ajustées par ledit système en conséquence pour envoyer le débit le plus proche possible de la première consigne D1 vers le dispositif mélangeur 3.
- [0077] Selon un mode de réalisation avantageux, le premier circuit de transfert 6 comprend des moyens de liaison fluide 61, 62, 63, 64, tels des vannes, associés à chacun des organes régulateurs 41, 42, 43, 44. Les moyens de liaison fluide 61, 62, 63, 64 sont configurés de manière à empêcher une communication fluide entre le dispositif mélangeur 3 et la source 1 par des organes régulateurs 41, 42, 43, 44 qui ne sont pas sélectionnés. Comme illustré par exemple sur la [Fig.1], chaque branche 6a, 6b, 6c, 6d comprend un organe régulateur 41, 42, 43, 44 respectif associé à un moyen de liaison fluide 61, 62, 63, 64 respectif. Les moyens de liaison fluide 61, 62, 63, 64 peuvent être agencés en amont ou en aval des organes régulateurs 41, 42, 43, 44.
- [0078] En fonctionnement, le gaz minoritaire provenant de la source 1 alimente les organes régulateurs 41, 42, 43, 44. Dans le cas d'un organe régulateur 41, 42, 43, 44 sélectionné par l'unité de commande 5, le moyen de liaison fluide 61, 62, 63, 64 qui lui est associé est positionné de manière à permettre le passage du gaz minoritaire vers le dispositif mélangeur 3. Dans le cas d'un organe régulateur 41, 42, 43, 44 qui n'est pas sélectionné par l'unité de commande 5, le moyen de liaison fluide 61, 62, 63, 64 qui lui est associé est positionné de manière à isoler fluidiquement l'organe régulateur du dispositif mélangeur 3.
- [0079] Les moyens de liaison fluide 61, 62, 63, 64 font office de moyens d'isolation fluide entre la source 1 et le mélangeur 3. Ainsi, même lorsqu'un organe régulateur n'est pas sélectionné et qu'il est donc en position fermée, ce qui correspond à une consigne de débit nulle, des fuites peuvent malgré tout se produire à travers cet organe régulateur. Les moyens de liaison fluide 61, 62, 63, 64 permettent, en plus de la possibilité de mettre un organe régulateur en position fermée, d'isoler fluidiquement

cet organe régulateur. On peut ainsi s'affranchir d'éventuelles fuites internes, même minimales, qui pourraient influencer la teneur du mélange en gaz minoritaire. Cela améliore la précision sur les mélange à faibles teneurs, typiquement jusqu'à des teneurs minimales de 2 à 3 ppm.

- [0080] De préférence, l'unité de commande 5 est configurée pour sélectionner un seul organe régulateur 41, 42, 43, 44 pour lequel la première consigne de débit D1 est comprise entre la valeur minimale et la valeur maximale de la plage de débit dudit organe régulateur 41, 42, 43, 44.
- [0081] Selon une autre possibilité, l'unité de commande est configurée pour sélectionner plusieurs organes régulateurs au sein de l'ensemble d'organes régulateurs 41, 42, 43, 44, de sorte que la première consigne de débit D1 est comprise entre la somme des valeurs minimales de débit des organes sélectionnés et la somme des valeurs maximales de débit des organes sélectionnés. Cette possibilité est mise en œuvre dans le cas où la première consigne de débit D1 est supérieure à la valeur maximale la plus élevée des plages de débit des organes régulateurs. En particulier, l'unité de commande 5 peut être configurée de manière à déterminer plusieurs consignes de débit intermédiaires dont la somme est égale à la première consigne D1. Chaque organe régulateur sélectionné régule un débit partiel de gaz minoritaire suivant la consigne de débit intermédiaire qui lui est appliquée. Les débits intermédiaires distribués par chaque organe régulateur sont ensuite recombinaés pour former le débit de gaz minoritaire circulant vers le dispositif mélangeur 3. Travailler simultanément avec plusieurs organes régulateurs permet d'atteindre des teneurs en gaz minoritaire plus élevées, tout en préservant la précision sur ces teneurs.
- [0082] De préférence, lorsque la première consigne de débit D1 est supérieure à la valeur maximale la plus élevée des plages de débit des organes régulateurs 41, 42, 43, 44, l'unité de commande 5 est configurée pour sélectionner l'organe régulateur dont la plage de débit présente la valeur maximale la plus élevée parmi les organes régulateurs 41, 42, 43, 44 de l'installation. La logique électronique 5 détermine au moins une nouvelle consigne de débit D_n égale à la différence entre la première consigne de débit D1 et ladite valeur maximale la plus élevée et compare la nouvelle consigne D_n avec une valeur maximale et/ou une valeur minimale d'une plage de débit d'au moins un autre organe régulateur 41, 42, 43, 44 et sélectionne un autre organe régulateur pour lequel la nouvelle consigne de débit D_n est comprise entre la valeur minimale de débit et la valeur maximale de la plage de débit dudit autre organe régulateur. Notons que ces étapes peuvent être répétées si la nouvelle consigne de débit déterminée en premier lieu reste supérieure à la valeur maximale la plus élevée des plages de débit des organes régulateurs 41, 42, 43, 44. Il est à noter que si un organe régulateur est déjà sélectionné, il ne peut pas l'être à nouveau. De préférence, la logique électronique

n'effectue pas de comparaison de consignes avec des valeurs maximale et/ou minimale de la plage d'un régulateur déjà sélectionné.

- [0083] Avantageusement, le premier dispositif régulateur de débit 4 comprend plusieurs organes régulateurs 41, 42, 43, 44 configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire vers le dispositif mélangeur 3 respectivement sur des plages de débit successives. Par « successives » on entend des plages de débit qui se suivent dans un ordre croissant de débit de sorte que ces plages présentant des valeurs minimales $d_{\min i}$, $d_{\min i+1}$, ... croissantes et des valeurs maximales $d_{\max i}$, $d_{\max i+1}$, ... croissantes.
- [0084] Selon un mode de réalisation dont un exemple est illustré sur la [Fig.2] en (a), les plages de débit successives peuvent couvrir une gamme de débit discontinue, c'est-à-dire que les plages de débit de chaque organe régulateur ne sont pas nécessairement contiguës. Notons que l'installation selon l'invention peut être modulable et que l'utilisateur peut, selon les teneurs qu'il souhaite obtenir dans le mélange, ajouter un ou plusieurs organes régulateurs dont la plage de fonctionnement permet d'atteindre les teneurs manquantes.
- [0085] Selon un autre mode de réalisation dont un exemple est illustré sur la [Fig.2] en (b), la valeur maximale $d_{\max i}$ d'au moins une plage de débit peut être comprise entre la valeur minimale $d_{\min i+1}$ et la valeur maximale $d_{\max i+1}$ de la plage de débit successive, c'est-à-dire la plage de débit venant consécutivement à ladite au moins une plage dans l'ordre croissant de débit. L'unité de commande 5 est configurée pour sélectionner l'organe régulateur ayant la valeur minimale de débit $d_{\min i}$ la plus petite lorsque la consigne de débit D1 est comprise entre la valeur maximale $d_{\max i}$ de ladite au moins une plage de débit et la valeur minimale $d_{\min i+1}$ de ladite plage de débit successive. Les avantages d'avoir une zone de recouvrement entre des plages de débit successives permet d'éviter des sélections intempestives d'un autre organe régulateur qui pourraient se produire au cas où la première consigne D1 se situe à la limite entre deux plages successives, ce qui favorise la stabilité de fonctionnement de l'installation. Lorsque la consigne de débit se situe dans une telle zone de recouvrement, le fait de sélectionner l'organe régulateur dont la plage de débit se situe à un niveau inférieur sur la gamme totale de débits permet de travailler en partie supérieure de cette plage, là où la précision de l'organe régulateur est la meilleure. On gagne ainsi en précision dans la composition du mélange distribué.
- [0086] Dans le cas illustré en (b), trois organes régulateurs de débit fonctionnent selon trois plages de débit possible, la première plage ayant la valeur minimale la plus faible. La première plage présente une zone de recouvrement avec la deuxième plage successive et la deuxième plage présente une zone de recouvrement avec la troisième plage successive.
- [0087] L'étendue de ladite au moins une plage de débit est définie comme la différence entre

sa valeur minimale $d_{\min i}$ et sa valeur maximale $d_{\max i}$ et l'étendue de la zone de recouvrement est définie comme la différence entre la valeur maximale $d_{\max i}$ de ladite au moins une plage de débit et la valeur minimale $d_{\min i+1}$ de ladite plage de débit successive, l'étendue de la zone de recouvrement représentant entre 15 et 50 %, de préférence 15 et 30%, de l'étendue de ladite au moins une plage de débit. Cela permet d'améliorer encore la fiabilité du fonctionnement de l'installation.

- [0088] Dans le cadre de l'invention, chacun des organes régulateurs 41, 42, 43, 44 peut de préférence se déplacer entre une position fermée dans laquelle le débit de gaz minoritaire est nul et une position totalement ouverte dans laquelle le débit de gaz minoritaire présente sa valeur maximale $d_{\max i}$, $d_{\max i+1}$, ..., les organes régulateurs 41, 42, 43, 44 pouvant occuper au moins une position intermédiaire entre la position fermée et la position ouverte.
- [0089] Avantagusement, les organes régulateurs sont configurés de sorte que, lorsqu'ils occupent leur position intermédiaire, le débit de gaz minoritaire est distribué avec sa valeur minimale $d_{\min i}$, $d_{\min i+1}$, ..., la valeur minimale correspondant à un débit de gaz minoritaire égal à au moins 20 %, de préférence à au moins 25%, de préférence encore à au moins 35%, voire au moins 50%, de la valeur maximale respective de chaque organe régulateur. Cela permet de travailler dans des plages de débit où la précision des organes régulateurs, plus précisément la précision des capteurs de débit mis en œuvre dans les organes régulateurs, est la meilleure.
- [0090] De préférence, le deuxième dispositif régulateur de débit 9, FC1 comprend un organe élévateur de pression 9, en particulier une pompe ou un compresseur, dont au moins un paramètre de fonctionnement détermine le débit de mélange de gaz s'écoulant vers le récipient 10.
- [0091] Le deuxième dispositif régulateur de débit peut en outre comprendre un variateur de vitesse d'un moteur de l'organe élévateur de pression 9. Le débit de mélange de gaz s'écoulant vers le récipient 10 varie en fonction de la position du variateur de vitesse qui détermine la vitesse de variation du moteur.
- [0092] Le deuxième dispositif régulateur de débit peut comprendre au moins un premier contrôleur de débit FC1 associé au variateur de vitesse. Par exemple, l'organe élévateur de pression 9 peut être muni d'un moteur à vitesse variable, ledit moteur comprenant un variateur de vitesse commandé par le premier contrôleur FC1.
- [0093] Le premier contrôleur de débit FC1 reçoit des signaux de commande représentatifs de la deuxième consigne de débit D. Le débit de mélange de gaz s'écoulant vers le récipient 10 est mesuré et comparé avec la deuxième consigne afin d'ajuster en conséquence la vitesse de rotation du moteur et le débit de mélange pour le faire tendre vers la valeur de consigne.
- [0094] L'unité de commande 5 est reliée électriquement ou électromagnétiquement au

deuxième dispositif régulateur 9 de façon à commander son fonctionnement conformément à la deuxième consigne de débit D. Il est aussi envisageable que le deuxième dispositif régulateur 9 soit commandé par un système indépendant de l'unité de commande et relié ou intégré au premier contrôleur de débit FC1.

- [0095] Selon une possibilité, le deuxième circuit de transfert 7 comprend un capteur de débit ou débitmètre FC2 configuré pour mesurer le débit de gaz porteur s'écoulant jusqu'au dispositif mélangeur 3. Cela permet de disposer la valeur de débit pour ajuster le débit de gaz mineur et par ce biais la concentration en gaz mineur en temps réel.
- [0096] De préférence, les premier et deuxième circuits de transfert sont munis chacun d'un organe de détente 15, 16, tel un détendeur ou une vanne, et d'un capteur de pression PC permettant de mesurer la pression régnant dans ces circuits. On réduit ainsi la pression des gaz qui sont stockés le plus souvent sous forme de gaz comprimés à haute pression, typiquement plus de 20 bar, dans leurs récipients. Cela permet d'assurer une meilleure précision sur la composition du mélange. Les gaz minoritaire et porteur sont de préférence maintenus chacun à des pressions constantes lors de leur distribution vers le dispositif mélangeur 3, de préférence entre 1 et 10 bar(g) (bar gauge).
- [0097] De préférence, un réchauffeur 17, 18 est agencé en amont de chaque organe de détente 15, 16 de façon à chauffer les gaz avant leur détente. Cela permet de compenser le refroidissement causé par l'effet Joule-Thomson lors de l'expansion adiabatique du gaz.
- [0098] Selon un mode de réalisation avantageux, deux organes de détente peuvent éventuellement être agencés en série, avec de préférence un autre réchauffeur agencé entre deux organes de détente. En effet, lors de la détente de gaz à haute pression, la température des réchauffeurs peut atteindre 70 à 100°C. Avoir recours à deux niveau de détentes permet de réduire le phénomène de surchauffe au niveau des réchauffeurs, ainsi que de réduire la puissance de chauffe de chaque réchauffeur. De préférence, la puissance de chauffe de chaque réchauffeur est commandée individuellement en fonction de la pression avant détente et de la pression souhaitée après détente. Notons qu'au moins un réchauffeur et au moins un détendeur peuvent également être agencés sur les circuits de transfert additionnels le cas échéant.
- [0099] Par ailleurs, l'installation peut comprendre une unité d'analyse 14 configurée pour mesurer au moins une teneur en le gaz minoritaire et/ou le gaz porteur du mélange de gaz produit à la sortie 33 du dispositif mélangeur 3. L'unité de commande 5 est reliée électriquement ou électromagnétiquement à l'unité d'analyse 14 et reçoit de l'unité d'analyse 14 un signal de mesure représentatif de ladite au moins une teneur mesurée. En fonctionnement, l'unité de commande 5 effectue au moins une comparaison entre ladite teneur mesurée et la teneur cible correspondante en gaz minoritaire et/ou en gaz porteur. De préférence, l'unité d'analyse 14 est configurée pour analyser uniquement la

teneur en le gaz minoritaire dans le mélange de gaz.

- [0100] En fonction du résultat de la comparaison, l'unité de commande 5 est configurée pour maintenir ou ajuster la première consigne de débit D1 appliquée au premier dispositif régulateur 4 de manière à maintenir ou à faire tendre la teneur mesurée vers la teneur cible. Cela permet d'ajuster la proportion de la première consigne de débit D1 par rapport au débit de distribution D de sorte que la composition effective du mélange de gaz sortant du dispositif mélangeur 3 se rapproche de la composition cible.
- [0101] Ce contrôle des teneurs du mélange produit par le dispositif mélangeur permet de compenser d'éventuelles erreurs entre le débit effectivement réglé par le premier dispositif régulateur de débit 4 et la consigne de débit D1 qui lui est appliquée. Le dispositif mélangeur 3 produit un mélange dont le contrôle peut être effectué de façon continue. Notons qu'un écart entre les teneurs mesurées et cibles peuvent également provenir de l'incertitude sur le débit de distribution du mélange qui peut ne pas correspondre exactement à la deuxième consigne de débit D appliquée au deuxième dispositif régulateur 9.
- [0102] En particulier, l'unité de commande 5 peut comprendre une boucle d'asservissement du débit de gaz minoritaire sur le signal de mesure fourni par l'unité d'analyse 14. Par « boucle d'asservissement » on entend généralement un système de contrôle d'un procédé dans lequel une grandeur réglante agit sur une grandeur réglée, i. e. une grandeur à asservir, pour l'amener le plus rapidement possible à une valeur de consigne et l'y maintenir. Le principe de base d'un asservissement est de mesurer, en permanence, l'écart entre la valeur réelle de la grandeur à asservir et la valeur de consigne que l'on désire atteindre, et de calculer la commande appropriée à appliquer à un ou plusieurs actionneurs de façon à réduire cet écart le plus rapidement possible. On parle également de système commandé en boucle fermée. Dans la boucle d'asservissement, les grandeurs réglantes sont la ou les teneurs mesurées par l'unité d'analyse 14, la grandeur réglée est le débit du gaz minoritaire. La première consigne D1 est variable selon la ou les teneurs effectives mesurées.
- [0103] Ladite boucle comprend un comparateur agencé au sein de l'unité de commande 5 et configuré pour élaborer au moins un signal d'erreur à partir de la une comparaison du signal de mesure avec la teneur cible C1 en le gaz minoritaire et/ou la teneur cible C2 en le gaz porteur. La boucle comprend en outre un correcteur, en particulier du type proportionnel, intégral et dérivé (PID), ce qui permet d'améliorer les performances d'un asservissement grâce à trois actions combinées : une action proportionnelle, une action intégrale, une action dérivée.
- [0104] Le correcteur peut comporter notamment un microprocesseur, des registres de mémoire, des instructions de programmation pour traiter le premier signal d'erreur et élaborer par calcul numérique les termes proportionnel, intégral, et dérivé de la boucle

d'asservissement. Ces termes, qui peuvent être déterminés par calcul et/ou expérimentalement, sont combinés pour fournir le signal de commande des organes régulateurs 41, 42. Le terme dérivé du D peut éventuellement être nul.

- [0105] Le correcteur est configuré pour élaborer le signal de commande à partir du signal d'erreur représentatif d'un écart entre la teneur cible et la teneur mesurée. S'il existe un écart, la première consigne de débit D1 est modifiée conformément au premier signal de commande. Les organes régulateurs 41, 42, 43, 44 sont reliés au correcteur et configurés pour se déplacer en réponse audit signal de commande de façon à réduire l'écart.
- [0106] De préférence, le signal de commande est élaboré à partir d'un signal d'erreur contenant au moins une information sur l'écart entre une teneur mesurée et une teneur cible, pour le gaz minoritaire. Cet écart peut être notamment exprimé comme selon la formule : $\Delta C1 = (M1 - C1) / (C1)$, où M1 est la teneur mesurée pour le premier gaz. L'écart relatif $\Delta C1$ peut être utilisé comme facteur de correction de la première consigne de débit D1.
- [0107] Notons que l'unité d'analyse peut aussi permettre, au cours du démarrage de l'installation ou au cours du remplissage du récipient 10, de conditionner la distribution du mélange de gaz à la conformité des teneurs mesurées avec les teneurs cibles. Une tolérance de l'ordre de 1% au plus, voire de 0,7% au plus (% relatif), par rapport aux teneurs cibles C1, C2 peut être fixée. Si le mélange produit n'est pas conforme, le remplissage peut éventuellement être stoppé.
- [0108] Le mélange de gaz produit peut éventuellement être distribué à un évent relié fluidiquement au circuit de distribution 8, dans le cas notamment où la composition du mélange ne serait pas conforme à la composition cible.
- [0109] La canalisation prélevant le mélange et le conduisant dans l'unité d'analyse 14 a avantageusement une longueur la plus faible possible afin que l'analyseur fournisse une réponse très précise en temps réel ou quasi-réel. De préférence, la canalisation est telle que le décalage entre le moment où le mélange est prélevé en son point de prélèvement et le moment où l'unité d'analyse donne sa mesure est minimal, typiquement inférieur à 30 secondes, en particulier compris entre 1 et 30 secondes.
- [0110] Avantageusement, le circuit de distribution 8 comprend un réservoir tampon 11. De préférence, le réservoir tampon 11 est agencé entre le dispositif mélangeur 3 et le deuxième dispositif régulateur de débit 9, FC1. Le réservoir tampon 11 permet d'amortir les fluctuations de pression en entrée du deuxième dispositif régulateur de débit 9 et de compléter l'homogénéisation du mélange sortant du mélangeur.
- [0111] De préférence, l'unité d'analyse 14 est reliée fluidiquement au circuit de distribution 8 en un point de prélèvement situé entre la sortie du dispositif mélangeur et l'entrée du réservoir tampon 11. Cela permet de détecter et de réagir plus rapidement à

d'éventuelles variations de teneurs, réduisant encore le risque de conditionner un mélange non conforme dans le récipient 10.

- [0112] Optionnellement, l'installation peut comprendre une alarme configurée pour émettre un signal d'alarme si l'unité d'analyse détecte des teneurs en dehors des plages de tolérance prévues.
- [0113] L'unité d'analyse 14 peut être choisie notamment parmi les types de détecteurs suivants : un détecteur de conductivité thermique, un détecteur de pression alternante paramagnétique, un détecteur à adsorption catalytique, un détecteur à absorption dans l'infrarouge non dispersive, un spectromètre infrarouge. On pourra adapter le type d'unité d'analyse selon la nature des gaz à analyser.
- [0114] De préférence, seule la première consigne D1 est ajustée en fonction de la mesure de l'unité d'analyse 14, l'unité de commande 5 commandant le maintien de la deuxième consigne D. Etant entendu qu'il est envisageable que D aussi soit ajusté en réponse au signal de commande.
- [0115] Comme représenté sur la [Fig.1], l'installation comprend avantageusement plusieurs récipients 10 raccordés fluidiquement au circuit de distribution 8 par une rampe de remplissage 60. La rampe de remplissage 60 est configurée pour le remplissage plusieurs récipients 10 à partir d'un même circuit de distribution 8, ce qui est particulièrement intéressant en termes d'efficacité de remplissage et d'homogénéité de composition du mélange entre les récipients 10. La rampe de remplissage 60 peut être reliée à un système de contrôle indépendant ou à l'unité de commande 5. La rampe de remplissage 60 comprend de préférence en ensemble de vannes automatiques qui sont configurées pour s'ouvrir lors du remplissage d'un récipient et se fermer lorsque la quantité souhaitée de mélange de gaz a été introduite dans le récipient. Les vannes automatiques peuvent être reliée à un système de mesure de la quantité de gaz dans chaque récipient, tel un appareil de pesée de chaque récipient 10, de telle sorte que lorsque la quantité de gaz souhaitée est atteinte dans le récipient considéré, la vanne automatique correspondante est fermée et la vanne automatique d'un autre récipient est ouverte afin de procéder à son remplissage.
- [0116] L'installation selon l'invention peut notamment être utilisée pour produire des mélanges de gaz ayant les compositions suivantes :
- hydrogène (H₂) dans un gaz inerte tel l'azote (N₂), l'argon ou l'hélium,
 - hélium dans un gaz inerte tel l'azote ou l'argon,
 - monoxyde de carbone (CO) dans un gaz inerte tel l'azote, l'argon ou l'hélium,
 - dioxyde de carbone (CO₂) dans un gaz inerte tel l'azote, l'argon ou l'hélium,
 - méthane (CH₄) dans un gaz inerte tel l'azote, l'argon ou l'hélium,
 - oxygène (O₂) dans un gaz inerte tel l'azote, l'argon ou l'hélium,
 - monoxyde d'azote (NO) dans un gaz inerte tel l'azote, l'argon ou l'hélium,

- propane (C_3H_8) dans un gaz inerte tel l'azote, l'argon ou l'hélium,
 - N_2 comme gaz mineur dans un gaz inerte tel l'argon ou l'hélium.
- [0117] De préférence, les teneurs cibles C1 en gaz minoritaire sont comprises entre 1 ppm et 40%, de préférence entre 2 et 20%, le reste étant le gaz porteur.
- [0118] L'installation selon l'invention peut aussi être utilisée pour produire des mélanges de gaz tels que ceux utilisés dans le domaine de l'électronique, notamment dans le processus de fabrication des circuits intégrés et la réalisation de semi-conducteurs, en particulier le dopage de plaquettes de silicium. Le mélange de gaz peut ainsi comprendre un gaz porteur tel que l'argon, l'azote, l'hélium et au moins un gaz dopant en tant que gaz minoritaire dont la formule contient par exemple du germanium, du phosphore, de l'arsenic, l'antimoine, du bore, du gallium, de l'aluminium.
- [0119] Il est à noter que la présente description décrit un mélange de gaz à deux constituants mais qu'elle est transposable à tout mélange ayant un plus grand nombre de constituants. Par exemple, dans le cas d'un mélange de gaz ternaire, trois sources distribuent deux types de gaz minoritaire et un gaz porteur. Des organes régulateurs de débit reçoivent pour consigne de l'unité de commande 5 de réguler l'écoulement de chaque gaz minoritaire à une consigne de débit respective D1A, D1B. Le dispositif mélangeur est configuré pour distribuer un mélange de débit D égal à la somme de D1A, D1B, D2. Tout ou partie des caractéristiques déjà décrites pour un mélange à deux gaz sont transposables à ce mélange à trois ou plus gaz.
- [0120] La [Fig.3] schématise un mode de réalisation d'une installation ayant deux sources de gaz minoritaire 1A, 1B reliées chacune à un premier circuit de transfert 6A, 6B tel que décrit précédemment. Les premiers circuits de transfert 6A, 6B comprennent chacun un premier dispositif régulateur de débit 4A, 4B configuré pour réguler le débit de gaz minoritaire s'écoulant vers le dispositif mélangeur 3 suivant une consigne de débit déterminée en fonction d'une teneur cible du mélange de gaz en chacun des gaz mineurs. Avantageusement, l'installation comprend des troisièmes moyens de raccordement fluide 20A, 20B agencés chacun un circuit de transfert 6A, 6B entre un premier dispositif régulateur de débit 4A, 4B respectif et le dispositif mélangeur (3). Chacun des troisièmes moyens de raccordement fluide 20A, 20B comprend au moins une vanne de distribution. La vanne de distribution, selon sa position, empêche ou permet le passage du gaz minoritaire vers le dispositif mélangeur 3. La vanne d'isolation est configurée de façon à pouvoir isoler fluidiquement la vanne de distribution du mélangeur 3. Cela permet de s'assurer que chaque gaz minoritaire distribué par le dispositif régulateur de débit 4A, 4B soit disponible rapidement car en attente sous pression en amont troisièmes moyens de raccordement fluide 20A, 20B.
- [0121] De préférence, la vanne d'isolation et la vanne de distribution sont reliées par une

portion de canalisation à laquelle est connecté un organe de mesure de pression et une vanne d'évacuation. En cas de défaillance d'une des vannes, notamment en cas de fuite, une accumulation anormale de gaz a lieu au niveau de la portion de canalisation ce qui engendre une augmentation de la pression mesurée par l'organe de mesure. Si cette pression dépasse un certain seuil, l'ouverture de la vanne d'évacuation peut être déclenchée, notamment par l'unité de commande 5, afin de mettre à l'évent le gaz accumulé et éviter ainsi qu'il ne contamine le gaz minoritaire ou le mélange de gaz. Ainsi, on améliore encore la précision sur le mélange.

[0122] L'installation peut être mise en œuvre pour distribuer un mélange comprenant, selon les besoins, l'un ou l'autre des gaz minoritaires. Les sources de gaz minoritaire sont disponibles sur place et la source souhaitée est raccordée avec son dispositif de régulation de débit au dispositif mélangeur. Il est aussi envisageable de raccorder les deux sources de gaz minoritaire 1A, 1B au dispositif mélangeur de façon à distribuer un mélange contenant les deux gaz minoritaires.

[0123] La [Fig.4] schématise un mode de réalisation d'une installation comprenant plusieurs modules de gaz minoritaire A, B, C, un module de gaz porteur D et des moyens de solidarisation amovible 50 desdits modules entre eux. Chaque module de gaz minoritaire comprend une première paroi 51 sur laquelle sont fixés un premier circuit de transfert 6 et des premiers moyens de raccordement fluidique 30 du premier circuit de transfert 6 à une source de gaz minoritaire 1A respective. Chaque module de gaz porteur a une deuxième paroi 52 sur laquelle sont fixés le deuxième circuit de transfert 7 et des deuxièmes moyens de raccordement fluidique 40 du deuxième circuit de transfert 7 à une source de gaz porteur 2. Des troisièmes moyens de raccordement fluidique 20 sont prévus pour raccorder sélectivement le dispositif mélangeur 3 à un ou plusieurs premiers circuits de transfert 6 et au deuxième circuit de transfert 7.

[0124] Dans ce mode de réalisation, les sources de gaz de l'installation, l'unité de commande 5, les modules de gaz sont positionnées à distance les uns des autres et forment des ensembles physiquement distincts et déplaçables indépendamment. L'intérêt d'un tel arrangement est d'être modulable en fonction des besoins de l'utilisateur en termes de nature et de débit des gaz du mélange. Des modules peuvent être ajoutés ou retirés de l'installation afin de s'adapter à un changement de constituants du mélange. Au sein d'un même module, des éléments tels que les détendeurs, réchauffeurs de gaz, organes régulateurs de débit peuvent aussi être ajoutés ou retirés pour s'adapter à un changement de teneur cible et donc à une évolution du débit souhaité pour le gaz minoritaire.

[0125] Les modules comprennent des ouvertures d'entrée de gaz pour une alimentation avec les gaz minoritaires et porteur. D'autres entrées de gaz peuvent être prévues, notamment pour un gaz de balayage ou un gaz étalon pour la calibration de l'unité

d'analyse.

- [0126] Peuvent aussi être prévus au sein des modules, en étant fixée sur les parois de manière connue dans l'état de la technique : un réservoir tampon, un système de conduites de gaz, des moyens de contrôle et/ou de maintenance du système de conduites de gaz tels que des vannes, des détendeurs, des organes de mesure de pression,... permettant de réaliser les opérations telles que la distribution de gaz, l'ouverture ou la fermeture de certaines conduites ou portions de conduites, la gestion de la pression de gaz, la réalisation de cycles de purge, de tests de fuite,...

Revendications

- [Revendication 1] Installation de conditionnement d'un mélange de gaz dans au moins un récipient (10), ladite installation comprenant :
- une source d'un gaz minoritaire (1),
 - une source d'un gaz porteur (2),
 - un dispositif mélangeur (3) relié fluidiquement à la source de gaz minoritaire (1) et à la source de gaz porteur (2), ledit dispositif mélangeur (3) étant configuré pour produire à une sortie (33) un mélange de gaz comprenant le gaz porteur et le gaz minoritaire,
 - un premier circuit de transfert (6) reliant fluidiquement la source de gaz minoritaire (1) au dispositif mélangeur (3), le premier circuit de transfert (6) comprenant un premier dispositif régulateur de débit (4) configuré pour réguler le débit de gaz minoritaire s'écoulant vers le dispositif mélangeur (3) suivant une première consigne de débit (D1) déterminée en fonction d'une teneur cible (C1) du mélange de gaz en le gaz minoritaire,
 - un deuxième circuit de transfert (7) reliant fluidiquement la source d'un gaz porteur (2) au dispositif mélangeur (3),
 - un circuit de distribution (8) configuré pour distribuer le mélange de gaz depuis le dispositif mélangeur (3) vers ledit au moins un récipient (10), le circuit de distribution (8) comprenant un deuxième dispositif régulateur de débit (9, FC1) configuré pour réguler le débit du mélange de gaz s'écoulant vers le au moins un récipient (10) suivant une deuxième consigne de débit (D),
- le deuxième dispositif régulateur de débit (9, FC1) comprenant un organe élévateur de pression (9),
- le premier dispositif régulateur de débit (4) comprenant plusieurs organes régulateurs (41, 42, 43, 44) configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives, les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) étant agencés en parallèle dans le premier circuit de transfert (6), l'installation comprenant une unité de commande (5) reliée aux organes régulateurs (41, 42, 43, 44) et configurée pour sé-

lectionner au moins un des organes régulateurs (41, 42, 43, 44) sur la base d'au moins une comparaison de la première consigne de débit (D1) avec une valeur minimale et/ou une valeur maximale d'au moins une des plages de débit, l'unité de commande (5) étant configurée pour commander les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) de façon à permettre un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire (1) et le dispositif mélangeur (3) via ledit au moins un organe régulateur (41, 42, 43, 44) sélectionné et de façon à empêcher un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire (1) et le dispositif mélangeur (3) via le ou les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) non sélectionnés, les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) comprenant chacun un débitmètre associé à un organe de régulation.

- [Revendication 2] Installation selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le premier circuit de transfert (6) et le deuxième circuit de transfert (7) comportent chacun un organe de détente (15, 16).
- [Revendication 3] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le débitmètre comporte un débitmètre massique et en ce que l'organe de régulation comporte une vanne, notamment une vanne piézoélectrique.
- [Revendication 4] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'unité de commande (5) est configurée pour sélectionner un organe régulateur (41, 42, 43, 44) pour lequel la première consigne de débit (D1) est comprise entre la valeur minimale de débit et la valeur maximale de débit de la plage de débit dudit organe régulateur (41, 42, 43, 44), notamment lorsque la première consigne de débit (D1) est inférieure ou égale à la valeur maximale la plus élevée des plages de débit des organes régulateurs (41, 42, 43, 44).
- [Revendication 5] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que, lorsque la première la consigne de débit (D1) est supérieure à la valeur maximale la plus élevée des plages de débit des organes régulateurs (41, 42, 43, 44), l'unité de commande (5) est configurée pour sélectionner l'organe régulateur (41, 42, 43, 44) dont la plage de débit présente la valeur maximale la plus élevée, pour déterminer au moins une nouvelle consigne de débit (D_n) égale à la différence entre la première consigne de débit D1 et ladite valeur maximale la plus élevée et pour sélectionner au moins un autre organe régulateur (41, 42, 43, 44) de sorte que la nouvelle consigne de débit (D_n) est comprise entre la valeur minimale de débit et la valeur maximale de la plage de débit

dudit autre organe régulateur (41, 42, 43, 44).

- [Revendication 6] Installation selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le premier dispositif régulateur de débit (4) comprend plusieurs organes régulateurs configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire vers le dispositif mélangeur (3) sur des plages de débit successives ($P_i, P_{i+1}, \dots$) présentant des valeurs minimales ($d_{\min i}, d_{\min i+1}, \dots$) croissantes et des valeurs maximales ($d_{\max i}, d_{\max i+1}, \dots$) croissantes, la valeur maximale ($d_{\max i}$) d'au moins une plage de débit (P_i) étant comprise entre la valeur minimale ($d_{\min i+1}$) et la valeur maximale ($d_{\max i+1}$) de la plage de débit successive, l'unité de commande (5) étant configurée pour sélectionner l'organe régulateur (41) ayant la valeur minimale de débit ($d_{\min i}$) la plus petite lorsque la consigne de débit (D_1) ou la nouvelle consigne de débit (D_n) est comprise entre la valeur maximale ($d_{\max i}$) de ladite au moins une plage de débit (P_i) et la valeur minimale ($d_{\min i+1}$) de ladite plage de débit successive (P_{i+1}).
- [Revendication 7] Installation selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'étendue de ladite au moins une plage de débit (P_i) est définie comme la différence entre sa valeur minimale ($d_{\min i}$) et sa valeur maximale ($d_{\max i}$) et l'étendue de la zone de recouvrement est définie comme la différence entre la valeur maximale ($d_{\max i}$) de ladite au moins une plage de débit (P_i) et la valeur minimale ($d_{\min i+1}$) de ladite plage de débit successive (P_{i+1}), la zone de recouvrement représentant entre 15 et 50 %, de préférence entre 15 et 30%, de l'étendue de ladite au moins une plage de débit (P_i).
- [Revendication 8] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que chacun des organes régulateurs (41, 42, 43, 44) peut se déplacer entre une position fermée dans laquelle le débit de gaz minoritaire est nul et une position totalement ouverte dans laquelle le débit de gaz minoritaire présente sa valeur maximale ($d_{\max i}, d_{\max i+1}, \dots$), les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) pouvant occuper au moins une position intermédiaire entre la position fermée et la position ouverte dans laquelle le débit de gaz minoritaire présente sa valeur minimale ($d_{\min i}, d_{\min i+1}, \dots$), la valeur minimale correspondant à un débit de gaz minoritaire égal à au moins 20%, de préférence à au moins 25%, de préférence encore à au moins 35%, de la valeur maximale respective.
- [Revendication 9] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le premier circuit de transfert (6) comprend des moyens d'isolation fluidique (61, 62, 63, 64) associés à chacun des organes régulateurs (41, 42, 43, 44), lesdits moyens d'isolation fluidique (61, 62,

63, 64) étant actionnables de façon à autoriser l'écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire (1) et le dispositif mélangeur (3) via ledit au moins un organe régulateur (41, 42, 43, 44) sélectionné et à empêcher l'écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire (1) et le dispositif mélangeur (3) via le ou les autres organes régulateurs (41, 42, 43, 44) non sélectionné.

[Revendication 10]

Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs sources de gaz minoritaires (1A, 1B), plusieurs premier circuit de transfert (6A, 6B) reliant fluidiquement chacune des sources de gaz minoritaire (1A, 1B) au dispositif mélangeur (3), les premiers circuits de transfert (6A, 6B) comprenant chacun un premier dispositif régulateur de débit (4A, 4B) configuré pour réguler le débit de gaz minoritaire s'écoulant vers le dispositif mélangeur (3) suivant une première consigne de débit (D1) déterminée en fonction d'une teneur cible (C1) du mélange de gaz en le gaz minoritaire, l'installation comprenant en outre des troisièmes moyens de raccordement fluide (20A, 20B) agencés chacun un circuit de transfert (6A, 6B) entre un premier dispositif régulateur de débit (4A, 4B) respectif et le dispositif mélangeur (3), chacun des troisièmes moyens de raccordement fluide (20A, 20B) comprenant au moins une vanne de distribution déplaçable en position de façon à permettre ou empêcher la distribution du gaz minoritaire venant premier dispositif régulateur de débit (4A) et une vanne d'isolation agencée en aval de la vanne de distribution, ladite vanne d'isolation étant configurée pour isoler fluidiquement la vanne de distribution du dispositif mélangeur (3) lorsque la vanne de distribution est dans une position empêchant la distribution du gaz minoritaire.

[Revendication 11]

Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le deuxième dispositif régulateur de débit comprend un variateur de vitesse d'un moteur de l'organe élévateur de pression (9), la vitesse de rotation dudit moteur déterminant le débit de mélange de gaz s'écoulant vers le récipient (10), le deuxième dispositif régulateur de débit comprenant un premier contrôleur de débit (FC1) relié au variateur de vitesse et configuré pour mesurer le débit de mélange de gaz s'écoulant vers ledit récipient (10), le premier contrôleur de débit (FC1) étant configuré pour contrôler et/ou ajuster une position du dispositif variateur de débit de façon à faire tendre le débit de mélange de gaz mesuré vers la deuxième consigne de débit (D).

- [Revendication 12] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le deuxième circuit de transfert (7) comprend un capteur de débit ou débitmètre (FC2) configuré pour mesurer le débit de gaz porteur s'écoulant jusqu'au dispositif mélangeur (3).
- [Revendication 13] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend une unité d'analyse (14) configurée pour mesurer au moins une teneur en le gaz minoritaire et/ou le gaz porteur du mélange de gaz produit à la sortie (33) du dispositif mélangeur (3), l'unité de commande (5) étant reliée à l'unité d'analyse (14) et configurée pour élaborer un signal de commande sur la base d'au moins une comparaison de ladite au moins une teneur mesurée avec au moins une teneur cible (C1) en le gaz minoritaire et/ou une teneur cible (C2) en le gaz porteur, et pour adapter la première consigne de débit (D1) en réponse audit signal de commande.
- [Revendication 14] Installation selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'unité d'analyse (14) produit un signal de mesure représentatif de ladite au moins une teneur mesurée, l'unité de commande (5) comprenant une boucle de régulation de la première consigne de débit (D1) sur le signal de mesure fourni par l'unité d'analyse (14), ladite boucle comprenant :
- un comparateur agencé au sein de l'unité de commande (5) et configuré pour élaborer au moins un signal d'erreur à partir d'une comparaison du signal de mesure avec au moins un paramètre choisi parmi : une teneur cible (C1) en le gaz minoritaire, une teneur cible (C2) en le gaz porteur,
 - un correcteur agencé au sein de l'unité de commande (5), en particulier du type proportionnel, intégral et dérivé (PID), et configuré pour élaborer le signal de commande à partir du signal d'erreur,
 - les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) étant reliés au correcteur et configurés pour se déplacer en position en réponse audit signal de commande.
- [Revendication 15] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le circuit de distribution (8) comprend un réservoir tampon (11) agencé entre le dispositif mélangeur (3) et l'organe élévateur de pression (9).
- [Revendication 16] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en

ce qu'elle comprend plusieurs récipients (10) raccordés fluidiquement au circuit de distribution (8) par au moins une rampe de remplissage (60).

- [Revendication 17] Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs modules et des moyens de solidarisation amovible (50) desdits modules, lesquels modules comprennent :
- un ou plusieurs modules de gaz minoritaire (A, B, C), chaque module de gaz minoritaire ayant une première paroi (51) sur laquelle sont fixés un premier circuit de transfert (6) et des premiers moyens de raccordement fluidique (30) du premier circuit de transfert (6) à une source de gaz minoritaire (1) respective,
 - un ou plusieurs modules de gaz porteur (D), chaque module de gaz porteur ayant une deuxième paroi (52) sur laquelle sont fixés le deuxième circuit de transfert (7) et des deuxième moyens de raccordement fluidique (40) du deuxième circuit de transfert (7) à une source de gaz porteur (2) respective,
 - des troisièmes moyens de raccordement fluidique (20A, 20B) configurés pour raccorder sélectivement le dispositif mélangeur (3) à un ou plusieurs premiers circuits de transfert (6) et à un ou plusieurs deuxièmes circuits de transfert (7).

- [Revendication 18] Procédé de conditionnement d'un mélange de gaz comprenant les étapes suivantes:
- a. passage d'un gaz minoritaire (1) dans un premier circuit de transfert (6) comprenant un premier dispositif régulateur de débit (4) de façon à distribuer le gaz minoritaire (1) vers un dispositif mélangeur (3) suivant une première consigne de débit (D1) déterminée en fonction d'une teneur cible (C1) du mélange de gaz en le gaz minoritaire,
 - b. passage d'un gaz porteur (2) dans un deuxième circuit de transfert (7) de façon à distribuer le gaz porteur (2) vers le dispositif mélangeur (3),
 - c. production par une sortie (33) du dispositif mélangeur (3) d'un mélange de gaz comprenant le gaz minoritaire et le gaz porteur,
 - d. passage du mélange de gaz dans un circuit de distribution (8)

comprenant un deuxième dispositif régulateur de débit (9, FC1) de façon à distribuer le mélange de gaz vers ledit au moins un récipient (10) suivant une deuxième consigne de débit (D), le deuxième dispositif régulateur de débit (9, FC1) comprenant un organe élévateur de pression (9), le premier dispositif régulateur de débit (4) comprenant plusieurs organes régulateurs (41, 42, 43, 44) agencés en parallèle dans le premier circuit de transfert (6), les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) étant configurés pour réguler le débit de gaz minoritaire sur des plages de débit respectives, le procédé comprenant en outre les étapes suivantes :

- e. comparaison de la première consigne de débit (D1) avec au moins une valeur minimale et/ou au moins une valeur maximale d'au moins une des plages de débit,
- f. sélection d'au moins un des organes régulateurs (41, 42, 43, 44) sur la base de la comparaison réalisée à l'étape e) et commande des organes régulateurs (41, 42, 43, 44) de façon à permettre sélectivement l'écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire (1) et le dispositif mélangeur (3) via ledit au moins un organe régulateur (41, 42, 43, 44) sélectionné et de façon à empêcher un écoulement du gaz minoritaire entre la source de gaz minoritaire (1) et le dispositif mélangeur (3) via le ou les organes régulateurs (41, 42, 43, 44) non sélectionnés.