

DESCRIPTION

**TITRE : Production d'électricité sur site non connecté à un réseau électrique à
partir de méthane ou de méthanol, avec circularité du dioxyde de carbone**

La présente invention est relative à une installation de production d'électricité au sein d'une unité, appelée ci-après « deuxième unité », à partir de méthane ou de méthanol produit sur une autre unité, appelée ci-après « première unité », avec récupération de dioxyde de carbone, les deux unités étant situés sur deux sites industriels distincts.

En particulier, l'invention s'appliquera au cas d'une première unité connectée au réseau électrique classique (réseau métropolitain continental), préférentiellement une unité terrestre, et d'une deuxième unité non connectée au réseau électrique classique.

Comme unité non connectée au réseau électrique classique, on peut citer à titre d'exemple les unités sur site aquatique (mer, lac ou cours d'eau), les unités situées en zone rurale non desservie un réseau électrique, les unités situées en zone insulaire... et/ou toutes unités mobiles.

A titre d'exemple, sur une unité aquatique, de nombreux éléments auxiliaires consomment de l'énergie: les réfrigérateurs, feux de navigations, feux de mouillages, VHF, éclairages intérieurs, appareils d'aide à la navigation, pompe à eau etc... Cette énergie, nécessaire à la sécurité et au confort, est puisée dans les batteries de bord qui ont donc besoin d'être rechargées régulièrement.

Une unité aquatique tel que les bateaux, aura un besoin d'énergie important au niveau de la puissance moteur.

Une des solutions qui existe pour générer cette énergie et recharger les batteries nécessaires aux auxiliaires est l'utilisation de pile à combustible.

Une pile à combustible permet la production d'un courant électrique par réaction électrochimique entre un fluide combustible, et le dioxygène de l'air. La pile à combustible est typiquement constituée d'une ou de plusieurs piles à combustibles à oxydes solides (ou « SOFC » selon l'acronyme anglais de « Solid Oxide Fuel Cells »).

Ces piles sont prévues principalement pour les applications stationnaires avec une puissance de sortie allant de 1 kW à 2 MW. Dans le cadre de l'invention, le dispositif de pile à combustible fournira de préférence une puissance de sortie allant de 15 MW à 100 MW.

Un élément de SOFC est généralement constitué de quatre couches, trois d'entre elles étant des céramiques. Une pile unique constituée de ces quatre couches superposées

possède une épaisseur typique de quelques millimètres. Des dizaines de ces piles sont alors superposées en série pour former un empilement (ou « stack »).

Dans ces piles, des ions oxygène formés du côté cathode sont déplacés au travers d'un oxyde solide pris comme électrolyte à haute température afin de réagir avec le gaz combustible, par exemple l'hydrogène, du côté anode.

Cette réaction électrochimique conduit à la production d'électricité ainsi qu'à la formation de dioxyde de carbone et d'eau, issus de la réaction électrochimique.

Le dioxyde de carbone CO₂ est cependant l'un des principaux gaz à effet de serre, dont les rejets dans l'atmosphère participent au réchauffement climatique. Afin de réduire l'impact environnemental des piles à combustible, il est donc nécessaire de réduire au maximum les rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Partant de là, un problème qui se pose est de fournir une installation de production d'électricité avec un impact environnemental réduit.

Une solution de la présente invention est une installation de production d'électricité 1, comprenant deux unités, une première unité A et une deuxième unité B, situées sur deux sites industriels distincts avec :

- la première unité A comprenant un dispositif de synthèse 8 apte à produire du méthane ou du méthanol 15 à partir d'hydrogène 2 et du dioxyde de carbone 4 issu de la deuxième unité B, et

- la deuxième unité B comprenant un dispositif de pile à combustible 5 apte à fournir un courant électrique 1 à partir du méthane ou du méthanol 15 issu de la première unité A et un flux gazeux anodique 6 comprenant du dioxyde de carbone, ledit dispositif de pile à combustible étant combiné à un dispositif de captage 7 du dioxyde de carbone 17 compris dans le flux anodique 6 et destiné à la première unité A.

L'installation selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute combinaison techniquement possible :

- la première unité est connectée au réseau électrique métropolitain et la deuxième unité est non connectée au réseau électrique métropolitain ;

- la première unité comprend un électrolyseur apte à produire de l'hydrogène à partir d'eau et d'électricité, et un moyen de liquéfaction du méthane ou du méthanol ;

- la deuxième unité comprend en amont du dispositif de pile à combustible un moyen de stockage du méthane liquide ou du méthanol liquide issu de la première unité et un moyen de gazéification du méthane liquide ou du méthanol liquide ;

- la deuxième unité comprend un moyen de liquéfaction du dioxyde de carbone issu du dispositif de captage du dioxyde de carbone ;

- la deuxième unité est choisie parmi un bateau ou une plate-forme fixe ou flottante.

L'invention a également pour objet un procédé de production d'électricité mettant en œuvre une installation telle que définie plus haut et comprenant les étapes suivantes :

5 a) Sur la première unité, une étape de production de méthane ou de méthanol à partir d'hydrogène et du dioxyde de carbone issu de la deuxième unité,

b) Sur la deuxième unité, une étape de production d'électricité et d'un flux gazeux anodique comprenant du dioxyde de carbone au moyen du dispositif de pile à combustible à partir du méthane ou du méthanol issu de la première unité et

10 c) Sur la deuxième unité, une étape de captage de dioxyde de carbone pour former un courant gazeux de dioxyde de carbone utilisé à l'étape a) et un flux anodique appauvri en dioxyde de carbone.

Le procédé selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute combinaison techniquement possible :

15 - le procédé comprend en amont de l'étape a) une étape de production d'hydrogène par électrolyse, réalisée sur la première unité ;

- le procédé comprend entre les étapes a) et b) :

- Une étape de liquéfaction du méthanol ou du méthane produit à l'étape a), réalisée sur la première unité,

20 - Une étape de stockage du méthanol liquéfié ou du méthane liquéfié, réalisée sur deuxième unité, et

- Une étape de gazéification du méthanol stocké ou du méthane stocké, réalisée sur la deuxième unité ;

25 - le procédé comprend entre les étapes b) et c) une étape de refroidissement et de condensation du flux anodique comprenant du dioxyde de carbone de manière à sécher ledit flux anodique ;

- le procédé comprend en aval de l'étape c) une étape de recyclage du flux anodique appauvri en dioxyde de carbone dans le dispositif de pile à combustible ;

30 - le procédé comprend en aval de l'étape c) une étape de liquéfaction du courant gazeux de dioxyde de carbone ;

- à l'étape c) le flux anodique est mis en contact avec un solvant liquide apte à absorber du dioxyde de carbone pour former le flux anodique appauvri en dioxyde de carbone et un flux de pied liquide comprenant le solvant liquide chargé en dioxyde de carbone.

35 [Fig 1] La figure 1 représente un schéma de l'installation selon l'invention.

Par dispositif de synthèse, on entend de préférence un "réacteur de synthèse".

Par « deux sites industriels distincts » on entend de préférence deux sites séparés l'un de l'autre d'une distance supérieure à 30 km, de préférence supérieure à 100 km, encore plus préférentiellement une distance de plusieurs centaines de kilomètres.

Aussi, l'invention consiste en un couplage entre une première unité de synthèse d'un combustible, qui est dans le cas présent du méthane ou du méthanol, et une deuxième unité de production d'électricité.

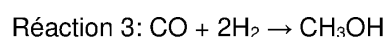
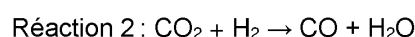
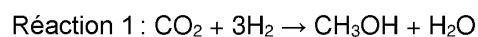
Le méthanol de synthèse peut être produit par différentes méthode :

- Méthanation Thermocatalytique : l'hydrogène et le CO₂ sont pressurisés puis mélangés avant d'être envoyés dans une série de réacteur catalytique permettant de produire du méthane de synthèse

- Méthanation par Réduction Electrochimique : l'eau, le CO₂ sont injectés dans un électrolyseur afin de produire directement du méthane de synthèse, Alternativement ce procédé peut être fait en deux étapes: une étape dite de co-electrolyse dans laquelle l'eau et le CO₂ sont transformé en CO et H₂ dans un SOEC, le CO et l'H₂ étant ensuite transformé en CH₄ via voie thermocatalytique.

- Méthanation biologique: le méthane de synthèse par voie biologique, c'est à dire en utilisant des micro-organisme. L'H₂ peut être envoyé directement dans un méthaniseur afin d'avoir une transformatino du CO₂ in-situ. Selon une méthode alternative on utilise un réacteur biologique dédié qu'on alimente en H₂ et CO₂ afin de produire du méthane.

La synthèse du méthanol à partir d'hydrogène et de dioxyde de carbone est représentée par trois réactions macroscopiques :



Le CO₂ réagit avec l'hydrogène pour la production de méthanol et d'eau, par la réaction 1. Elle est accompagnée de la réaction 2, la réaction du gaz à l'eau dans le sens inverse (RWGS), qui consomme les mêmes réactifs, mais qui n'est pas désirée dans notre application. La production de CO par RWGS entraîne l'apparition d'une voie supplémentaire pour la synthèse de méthanol : par hydrogénation de CO (réaction 3).

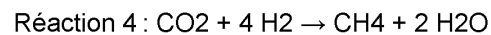
La synthèse du méthanol est réalisée sur un ou plusieurs types de catalyseurs solides, de préférence des catalyseurs à base de cuivre. Parmi eux, le Cu/ZnO/Al₂O₃ est le catalyseur classique grâce à son excellente activité ainsi que son bas prix comparé aux autres. Lorsque le cuivre est supporté sur l'alumine la sélectivité envers le méthanol est la plus élevée, tandis que le rendement en méthanol le plus important a été observé sur l'oxyde de zinc. Ils ont conclu que l'alumine améliore la sélectivité en méthanol, car elle

facilite la réduction des espèces de cuivre qui seraient responsables de la synthèse du méthanol.

La synthèse du méthanol sera de préférence réalisée dans un réacteur tubulaire à lit fixe, de préférence dans un réacteur tubulaire semblable à celui décrit dans le document FR3103714.

Le principe du procédé de production de méthanol à partir de CO₂ est assez simple. Le mélange H₂/CO₂, de préférence préchauffé, est envoyé vers le réacteur, dont le courant de sortie est dirigé vers une section de séparation où le méthanol (accompagné d'eau et quelques petits pourcentages d'alcools d'ordre supérieur) est condensé. Les gaz n'ayant pas réagi sont renvoyés dans le réacteur afin de maximiser le rendement, car la conversion est souvent autour de 20 %. Le méthanol est finalement purifié par distillation.

La synthèse de méthane, quant à elle, appelée réaction de Sabatier (Sabatier 1902) est réalisée à partir de dioxyde de carbone et de dihydrogène :



Cette réaction s'effectue en présence d'un catalyseur, de préférence du nickel. La conversion du CO₂ en CH₄ est négligeable à des températures inférieures à 200 °C. La synthèse du méthane s'effectuera de préférence à une température comprise entre 250 et 700°C.

De même que la synthèse du méthanol, la synthèse du méthane sera de préférence réalisée dans un réacteur tubulaire à lit fixe, de préférence dans un réacteur tubulaire semblable à celui décrit dans le document FR3103714.

Le principe du procédé de production de méthane à partir de CO₂ est semblable à celui de production de méthanol. Le mélange H₂/CO₂ est envoyé vers le réacteur, dont le courant de sortie est dirigé vers une section de séparation où le méthane est condensé. Les gaz n'ayant pas réagi sont renvoyés dans le réacteur afin de maximiser le rendement. Le méthanol est finalement purifié par distillation.

Le dispositif de pile à combustible constituée d'une ou de plusieurs piles à combustibles à oxydes solides (SOFC). Chaque pile à combustible est alimentée en continu avec le flux de méthane ou de méthanol injecté au niveau du système d'anodes (un réformage partiel a lieu avant injection au niveau des anodes) et avec un flux gazeux riche en dioxygène injecté au niveau du système de cathodes.

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

- la première unité A est connecté au réseau électrique métropolitain et la deuxième unité B est non connecté au réseau électrique métropolitain. Comme mentionné précédemment, comme unité non connectée au réseau électrique métropolitain on peut

citer à titre d'exemple les unités sur site aquatique (mer, lac ou cours d'eau), les unités situées en zone rurale non desservie un réseau électrique, les unités situées en zone insulaire... et/ou toutes unités mobiles ;

- la première unité A et la deuxième unité B sont deux unités terrestres ;

5 - la première unité A est une unité fixe, de préférence une unité terrestre, et la deuxième unité B est une unité mobile, de préférence une unité aquatique ;

- la deuxième unité est choisie parmi un bateau ou une plate-forme fixe ou flottante.

Par plate-forme fixe on entend une plate-forme encrée dans le fond marin. Dans le cas d'un bateau, l'électricité fournie par le dispositif de pile à combustible peut être utilisé comme
10 puissance motrice.

- la première unité A comprend un électrolyseur 8 apte à produire de l'hydrogène 2 à partir d'eau 9 et d'électricité 10, et un moyen de liquéfaction du méthane ou du méthanol 15. De préférence, l'électricité proviendra d'une source d'énergie renouvelable. De préférence, le méthane est liquéfié au travers d'une série de cycles cryogéniques.
15 Alternativement le méthane peut également être liquéfié en "cycle ouvert", c'est à dire en passant le méthane lui-même au travers de compresseur et refroidisseurs de manière à lui faire subir une détente pour générer le froid nécessaire.

- la deuxième unité B comprend en amont du dispositif de pile à combustible 5 un moyen de stockage 14 du méthane liquide ou du méthanol liquide issu de la première unité
20 A et un moyen de gazéification 11 du méthane liquide ou du méthanol liquide.

- la deuxième unité B comprend un moyen de liquéfaction 12 du dioxyde de carbone 17 issu du dispositif de captage 7 du dioxyde de carbone. La deuxième unité comprendra de préférence entre le dispositif de captage 7 du dioxyde de carbone et le moyen de liquéfaction 12 un compresseur. Le dioxyde de carbone liquéfié 16 pourra ensuite être
25 stocké sur la deuxième unité B avant d'être envoyé sur la première unité A, puis stocké sur cette première unité A dans un moyen de stockage 13 et enfin utilisé dans le dispositif de synthèse 8 de méthane ou méthanol.

- Le moyen de gazéification 11 du méthane liquide ou du méthanol liquide et le moyen de liquéfaction 12 du dioxyde de carbone sont combinés en seul dispositif d'échange
30 de chaleur. Le dioxyde carbone transfère sa chaleur au méthane liquide ou au méthanol liquide et inversement, ainsi le dioxyde de carbone est liquéfié tandis que le méthane ou méthanol est gazéifié.

- la deuxième unité comprend en amont du dispositif de captage 7 du dioxyde de carbone un dispositif de post-traitement, de refroidissement et de condensation destinée à
35 refroidir et sécher le flux gazeux anodique 6 pour former un flux anodique sec.

- le dispositif de captage 7 du dioxyde de carbone comprend :

- un absorbeur destiné à mettre en contact le flux anodique sec avec un solvant liquide apte à absorber du dioxyde de carbone pour former en tête de l'absorbeur le flux anodique appauvri en dioxyde de carbone et en pied de l'absorbeur un flux de pied liquide comprenant le solvant liquide chargé en dioxyde de carbone,

- au moins un système d'échangeur thermique destiné à chauffer le flux de pied liquide pour former un flux de pied chauffé,

- un ballon relié audit au moins un système d'échangeur thermique destiné à former en tête du ballon le courant de dioxyde de carbone et, en pied du ballon un courant de solvant liquide partiellement régénéré destiné à être injectée dans l'absorbeur.

- Le dispositif de captage de dioxyde de carbone est dépourvu de colonne de stripage.

L'électrolyseur sera de préférence alimenté par une source d'énergie décarbonée, de préférence une source d'énergie renouvelable. Dans l'électrolyseur, à l'anode, l'eau (H₂O) est dissociée sous l'effet du courant électrique en formant de l'oxygène (O₂) et des ions H⁺ ; à la cathode, les ions H⁺ se recombinent et forment de l'hydrogène (H₂). Cet hydrogène est dit « vert » quand il est obtenu à partir d'énergie décarbonée.

L'électrolyseur sera de préférence un électrolyseur à échange de protons (PEM) ou un électrolyseur à haute température (type SOEC) ou Alkaline.

De préférence, le dispositif de post-traitement, de refroidissement et de condensation permet également de convertir au moins une partie du monoxyde de carbone présent dans le flux gazeux anodique en dihydrogène et dioxyde de carbone, typiquement par réaction avec de la vapeur d'eau. Cette conversion permet alors de limiter l'oxydation du solvant liquide utilisé dans le dispositif de captage de dioxyde de carbone par les molécules oxydantes de monoxyde de carbone et d'augmenter la concentration en dioxyde de carbone dans le flux gazeux anodique afin d'en faciliter la capture dans le dispositif de capture.

L'installation selon l'invention comprendra de préférence un moyen de récupération d'un flux gazeux appauvri en dioxygène. Ce flux gazeux appauvri en dioxygène sera post-traité et/ou rejeté à l'atmosphère.

L'étape de désulfuration ne sera pas nécessaire en amont de la pile à combustible car les gaz de synthèse (méthane ou méthanol) n'en contiennent pas.

La présente invention a également pour objet un procédé de production d'électricité en mer mettant en œuvre une installation selon l'invention et comprenant les étapes suivantes :

8

a) Sur la première unité A, une étape de production de méthane ou de méthanol 15 à partir d'hydrogène 2 et du dioxyde de carbone 4 issu de la deuxième unité B,

b) Sur la deuxième unité B, une étape de production d'électricité 1 et d'un flux gazeux anodique 6 comprenant du dioxyde de carbone au moyen du dispositif de pile à combustible à partir du méthane ou du méthanol 15 issu de la première unité et

c) Sur la deuxième unité B, une étape de captage 7 de dioxyde de carbone pour former un courant gazeux de dioxyde de carbone 17 utilisé à l'étape a) et un flux anodique appauvri en dioxyde de carbone.

Le procédé selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous :

- Il comprend en amont de l'étape a) une étape de production d'hydrogène par électrolyse 8, réalisée sur la première unité A,

- Il comprend entre les étapes a) et b) :

- Une étape de liquéfaction du méthanol ou du méthane produit à l'étape a), réalisée sur l'unité terrestre,

- Une étape de stockage 14 du méthanol liquéfié ou du méthane liquéfié, réalisée sur l'unité en mer, et

- Une étape de gazéification 11 du méthanol stocké ou du méthane stocké, réalisée sur l'unité en mer.

- Il comprend entre les étapes b) et c) une étape de refroidissement et de condensation du flux anodique comprenant du dioxyde de carbone de manière à sécher ledit flux anodique;

- Il comprend en aval de l'étape c) une étape de recyclage du flux anodique appauvri en dioxyde de carbone dans le dispositif de pile à combustible ;

- Il comprend en aval de l'étape c) une étape de liquéfaction 12 du courant gazeux de dioxyde de carbone 17. En aval du dispositif de captage 7, le courant gazeux du dioxyde de carbone 17 est comprimé à une pression comprise entre 15 et 40 bar, puis refroidi par échange thermique avec le méthane liquide ou méthanol liquide à une température comprise entre -15 et -50°C avant d'être détendu pour atteindre les conditions de stockage de CO₂ liquide (à titre d'exemple : 17 bar et -28°C). Le CO₂ liquide 16 pourra dans un premier temps être stocké sur la deuxième unité puis sur la première unité dans le moyen de stockage 13 avant d'être utilisé dans le dispositif de synthèse 8 du méthane ou du méthanol ;

- L'étape de gazéification 11 du méthane ou du méthanol est réalisée par échange thermique avec le courant gazeux thermique ;

- le flux anodique appauvri en dioxyde de carbone présente une teneur en dioxyde de carbone de 0% à 80% en volume, de préférence de 20% à 70% en volume, encore plus préférentiellement de 40% à 60% en volume ;

5 - à l'étape c) le flux anodique est mis en contact avec un solvant liquide apte à absorber du dioxyde de carbone pour former le flux anodique appauvri en dioxyde de carbone et un flux de pied liquide comprenant le solvant liquide chargé en dioxyde de carbone ;

10 - le dioxyde de carbone absorbé dans le flux de pied liquide est relargué par chauffage du flux de pied liquide pour former une partie du courant de dioxyde de carbone utilisé à l'étape a) et un courant de solvant liquide partiellement régénéré ;

- avant d'être injecté dans le dispositif de pile à combustible 5, le méthane ou le méthanol est chauffé par échange thermique avec le courant gazeux de dioxyde de carbone ;

15 - au moins 80% du dioxyde de carbone produit au cours du fonctionnement du procédé est récupéré dans le courant gazeux de dioxyde de carbone, de préférence au moins 90% en moles, plus préférentiellement de 90% à 99% en moles.

20 De préférence, l'installation selon l'invention comprendra en outre un circuit fermé d'échange thermique comprenant un fluide caloporteur destiné à être placé en échange thermique d'une part avec flux de pied liquide comprenant le solvant liquide chargé en dioxyde de carbone, au niveau dudit au moins un système d'échangeur thermique, et d'autre part avec le flux gazeux anodique et/ou le flux gazeux cathodique

Avantageusement, le méthane ou le méthanol introduit dans le dispositif de pile à combustible sera à une pression comprise entre la pression atmosphérique et 2 bars de préférence à une température comprise entre 300°C et 500°C.

25 Le flux gazeux riche en dioxygène présente typiquement une teneur en dioxygène d'au moins 10% en volume, de préférence de 15% à 25% en volume de dioxygène. Avantageusement, le flux gazeux riche en dioxygène est un flux d'air.

De préférence, le flux gazeux riche en dioxygène est à une pression comprise entre la pression atmosphérique et 2 bars.

30 De préférence, le solvant liquide mis en œuvre dans le dispositif de captage est choisi parmi les solutions aqueuses aminées aptes à adsorber du dioxyde de carbone.

35 Les procédés d'absorption chimique utilisant des solutions aqueuses aminées aptes à absorber du dioxyde de carbone sont bien connus de l'homme de métier et ne seront pas davantage décrits ici. A titre d'exemple de solutions aqueuses aminées adaptées à l'invention, on peut notamment citer les solutions composées d'un ou de plusieurs des composés suivants : monoéthanolamine, diéthanolamine, N-méthyl-diéthanolamine,

pipérazine, 2-Amino-2-méthylpropan-1-ol, Bis(2-hydroxypropyl)amine, 1-méthylpipérazine, diméthylaminoéthanol.

Un certain nombre d'équipements et de systèmes utilitaires nécessaires au bon fonctionnement des unités d'absorption sont connus de l'homme du métier et ne seront donc pas décrits davantage dans la suite de la description.

Au contact du flux anodique sec, le solvant liquide absorbe le dioxyde de carbone présent dans le flux anodique sec pour former un flux de pied liquide constitué du solvant liquide chargé en dioxyde de carbone, et en tête de l'absorbeur 200, du flux anodique appauvri en dioxyde de carbone.

Le flux anodique appauvri en dioxyde de carbone comprend typiquement de 10% à 60% en volume de dioxyde de carbone CO₂, de préférence de 30% à 50% en volume.

Le flux de pied liquide constitué du solvant liquide chargé en dioxyde de carbone est ensuite chauffé pour former un flux de pied préchauffé. Le flux de pied préchauffé 206 est ensuite à nouveau chauffé de manière à ce que le dioxyde de carbone absorbé dans le solvant liquide soit partiellement relargué sous forme gazeuse. Typiquement, le flux de pied préchauffé chauffé, de préférence par échange thermique, à une température supérieure à 70°C, de préférence supérieure à 80°C, notamment proche de 90°C. Le flux de pied chauffé est introduit dans le ballon pour former, en tête du ballon, le courant de dioxyde de carbone, et en pied du ballon, un courant de solvant liquide appauvri en dioxyde de carbone.

Le courant de solvant liquide appauvri en dioxyde de carbone est ensuite réinjecté dans l'absorbeur pour y être recyclé.

Le courant de solvant liquide appauvri en dioxyde de carbone prélevé au pied du ballon comprend alors le solvant liquide de départ ainsi qu'une partie du dioxyde de carbone absorbé qui n'a pas été relargué par la détente dans le ballon 216.

Typiquement, au moins 15% du solvant liquide est encore chargé en dioxyde de carbone, de préférence au moins 35%, plus préférentiellement de 55 à 65%.

Autrement dit, le courant de solvant liquide appauvri en dioxyde de carbone présente une teneur en dioxyde de carbone supérieure ou égale à 0,1 mole de CO₂ par mole de solvant aminé en base sèche, de préférence de 0,15 à 0,4 mole de CO₂ par mole de solvant aminé en base sèche, encore plus préférentiellement de 0,30 à 0,35 mole de CO₂ par mole de solvant aminé en base sèche.

De préférence, avant d'être réinjecté dans l'absorbeur, le courant de solvant liquide appauvri en dioxyde de carbone est refroidi, de préférence par échange thermique avec le flux de pied liquide provenant de l'absorbeur.

Le courant de solvant liquide appauvri en dioxyde de carbone peut également subir une étape de refroidissement supplémentaire avant son injection dans l'absorbeur, par

exemple par passage dans un échangeur thermique, utilisant une source réfrigérante extérieure.

Dans la solution proposée par la présente invention, une circularité du carbone est mise en œuvre : le dioxyde de carbone produit par la pile à combustible est réutilisé dans le dispositif de synthèse du méthane ou du méthanol.

Partant de là, les principaux avantages sont la réduction de l'empreinte carbone liée au recyclage du dioxyde de carbone. Les quantités de CO₂ nécessaires pour la méthanation étant significatives et les ressources de CO₂ d'origine biogénique étant limitées, la circularité du CO₂ permet de réduire les émissions de la chaîne.

REVENDEICATIONS

1. Installation de production d'électricité (1), comprenant deux unités, une première unité (A) et une deuxième unité (B), situées sur deux sites industriels distincts avec :

- la première unité (A) comprenant un dispositif de synthèse (8) apte à produire du méthane ou du méthanol (15) à partir d'hydrogène (2) et du dioxyde de carbone (4) issu de la deuxième unité (B), et

- la deuxième unité (B) comprenant un dispositif de pile à combustible (5) apte à fournir un courant électrique (1) à partir du méthane ou du méthanol (15) issu de la première unité (A) et un flux gazeux anodique (6) comprenant du dioxyde de carbone, ledit dispositif de pile à combustible étant combiné à un dispositif de captage (7) du dioxyde de carbone (17) compris dans le flux anodique (6) et destiné à la première unité (A).

2. Installation de production d'électricité selon la revendication 1, caractérisée en ce que la première unité (A) est connectée au réseau électrique métropolitain et la deuxième unité (B) est non connecté au réseau électrique métropolitain.

3. Installation de production d'électricité selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la première unité (A) comprend un électrolyseur (8) apte à produire de l'hydrogène (2) à partir d'eau (9) et d'électricité (10), et un moyen de liquéfaction du méthane ou du méthanol (15).

4. Installation de production d'électricité selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la deuxième unité (B) comprend en amont du dispositif de pile à combustible (5) un moyen de stockage (14) du méthane liquide ou du méthanol liquide issu de la première unité (A) et un moyen de gazéification (11) du méthane liquide ou du méthanol liquide.

5. Installation de production d'électricité selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la deuxième unité (B) comprend un moyen de liquéfaction (12) du dioxyde de carbone (17) issu du dispositif de captage (7) du dioxyde de carbone.

6. Installation de production d'électricité en mer selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que la deuxième unité (B) est choisie parmi un bateau ou une plate-forme fixe ou flottante.

7. Procédé de production d'électricité mettant en œuvre une installation telle que définie dans l'une des revendications 1 à 6 et comprenant les étapes suivantes :

- 5 a) Sur la première unité (A), une étape de production de méthane ou de méthanol (15) à partir d'hydrogène (2) et du dioxyde de carbone (4) issu de la deuxième unité (B),
- b) Sur la deuxième unité (B), une étape de production d'électricité (1) et d'un flux gazeux anodique (6) comprenant du dioxyde de carbone au moyen du dispositif de pile à combustible à partir du méthane ou du méthanol (15) issu de la première unité et
- 10 c) Sur la deuxième unité (B), une étape de captage (7) de dioxyde de carbone pour former un courant gazeux de dioxyde de carbone (17) utilisé à l'étape a) et un flux anodique appauvri en dioxyde de carbone.

8. Procédé de production d'électricité selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend en amont de l'étape a) une étape de production d'hydrogène par électrolyse (8), réalisée sur la première unité (A).

15

9. Procédé de production d'électricité selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend entre les étapes a) et b) :

- 20 - Une étape de liquéfaction du méthanol ou du méthane (15) produit à l'étape a), réalisée sur la première unité (A),
- Une étape de stockage (14) du méthanol liquéfié ou du méthane liquéfié, réalisée sur deuxième unité, et
- Une étape de gazéification (11) du méthanol stocké ou du méthane stocké, réalisée sur la deuxième unité.

25

10. Procédé de production d'électricité selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend entre les étapes b) et c) une étape de refroidissement et de condensation du flux anodique comprenant du dioxyde de carbone de manière à sécher ledit flux anodique.

30

11. Procédé de production d'électricité selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend en aval de l'étape c) une étape de recyclage du flux anodique appauvri en dioxyde de carbone dans le dispositif de pile à combustible.

14

12. Procédé de production d'électricité selon l'une des revendications 7 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend en aval de l'étape c) une étape de liquéfaction (12) du courant gazeux de dioxyde de carbone (17).

5 **13.** Procédé de production d'électricité selon l'une des revendications 7 à 12, caractérisé en ce que le flux anodique appauvri en dioxyde de carbone présente une teneur en dioxyde de carbone de 0% à 80% en volume, de préférence de 20% à 70% en volume, encore plus préférentiellement de 40% à 60% en volume.

10 **14.** Procédé de production d'électricité selon l'une des revendications 7 à 13, caractérisé en ce qu'à l'étape c) le flux anodique est mis en contact avec un solvant liquide apte à absorber du dioxyde de carbone pour former le flux anodique appauvri en dioxyde de carbone et un flux de pied liquide comprenant le solvant liquide chargé en dioxyde de carbone.

15 **15.** Procédé de production d'électricité selon l'une des revendications 7 à 14, caractérisé en ce qu'au moins 80% du dioxyde de carbone produit au cours du fonctionnement du procédé est récupéré dans le courant gazeux de dioxyde de carbone, de préférence au moins 90% en moles, plus préférentiellement de 90% à 99% en moles.

20