

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 14/04/2025

(21) Numéro de demande : BE2023/5772

(22) Date de dépôt : 19/09/2023

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : C25B 15/023, C25B 1/04, C25B 15/08

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM
SA
4100, SERAING
Belgique

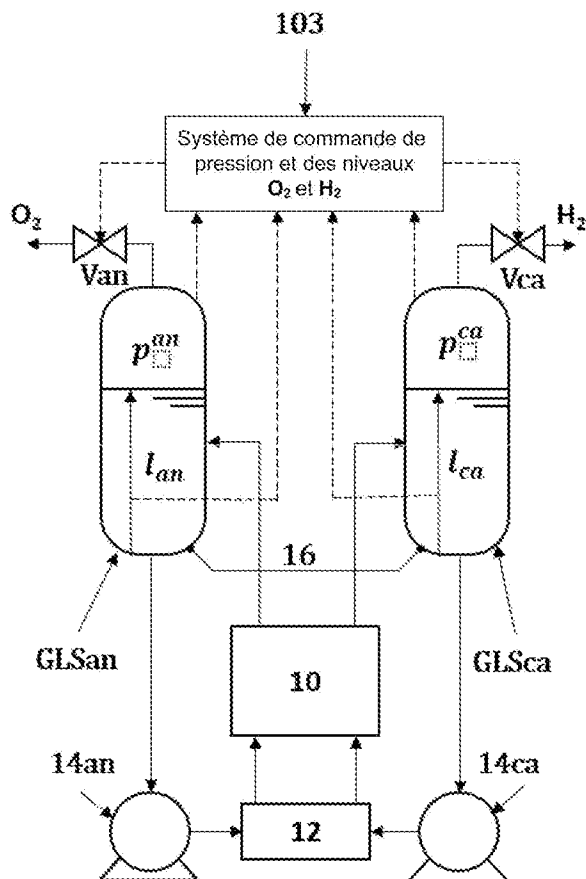
(72) Inventeur(s) :

ABEDINI Hamed
3000 LEUVEN
Belgique

(54) Système et procédé de régulation des séparateurs gaz-liquide d'un électrolyseur

(57) L'invention propose un système et un procédé de régulation du fonctionnement des séparateurs gaz-liquide (GLSan, GLSca) d'un électrolyseur comprenant une pile (10), des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique séparant l'électrolyte et le gaz le long d'un niveau de lessive (l_{an} , l_{ca}), le gaz de dioxygène et de dihydrogène s'écoulant de leur chambre respective à travers une vanne de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}), caractérisée en ce que la régulation utilise des données de commande représentatives de la pression de gaz anodique (p_{an}) ; la pression de gaz cathodique (p_{ca}) ; le niveau de lessive anodique (l_{an}) ; le niveau de lessive cathodique (l_{ca}) ; pour commander chacune des deux vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) et chacun desdits capteurs permettant d'envoyer des signaux de fonctionnement aux deux vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) pour réguler les pressions de gaz (p_{an} , p_{ca}) et les niveaux de lessive (l_{an} , l_{ca}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) et le séparateur gaz-liquide cathodique, (GLSca).

[Fig. 3]



Description

Titre de l'invention : Système et procédé de régulation des séparateurs gaz-liquide d'un électrolyseur

[0001] DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 [0002] La présente invention concerne un système de commande ou de surveillance permettant de réguler le fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique d'un appareil d'électrolyse de l'eau alcaline.

[0003] ARRIERE-PLAN TECHNIQUE

10 [0004] La présente invention concerne un système de commande ou de surveillance permettant de réguler le fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique d'un appareil d'électrolyse de l'eau alcaline.

[0005] Selon un procédé d'électrolyse électrochimique bien connu de la technique antérieure, l'eau est amenée dans la cuve ou pile d'électrolyseur 10 d'un appareil d'électrolyse en présence d'une solution électrolytique (généralement KOH ou NaOH) par une entrée spécifique, cette association eau-électrolyte étant
15 communément appelée « lessive ».

[0006] Ladite pile 10 est constituée d'un ensemble de cellules électrolytiques de sorte que le mélange défini ci-dessus traverse ces cellules.

20 [0007] Comme on peut le voir sur les figures 1 ou 2 annexées, après ce passage combiné au croisement d'un courant électrique à travers lesdites cellules électrolytiques, l'eau est décomposée en molécules gazeuses de dihydrogène H₂ au niveau de la cathode, et en dioxygène O₂ au niveau de l'anode.

[0008] Un diaphragme sépare l'anode de la cathode de sorte que, dans des conditions normales, les molécules de dioxygène O₂ et de dihydrogène H₂ ne
25 peuvent pas être mélangées.

[0009] À l'opposé de ces cellules électrolytiques apparaît une double sortie :

1) la première est dédiée aux molécules de dihydrogène en présence du flux de lessive ; et

30 2) la seconde sortie a les mêmes caractéristiques, mais elle est dédiée aux molécules de dioxygène toujours en présence dudit flux de lessive.

[0010] Ensuite, la séparation gaz-liquide est définie comme une étape majeure dans le procédé d'électrolyse de l'eau alcaline.

5 [0011] Pour réaliser ladite séparation gaz-liquide, chaque sortie de la pile d'électrolyseur 10 est directement connectée à un séparateur gaz-liquide de sorte que ce mélange est introduit instantanément dans ledit séparateur gaz-liquide approprié, et plus particulièrement à la hauteur de la partie inférieure de la face latérale située en amont dudit séparateur gaz-liquide.

10 [0012] Ainsi, le séparateur gaz-liquide cathodique GLSca est réservé à la séparation du flux de mélange cathodique de H₂-lessive, tandis que le séparateur gaz-liquide anodique GLSan est destiné à la séparation du flux de mélange cathodique de O₂-lessive.

[0013] Dans toute l'installation de l'électrolyseur, chacun des séparateurs gaz-liquide GLSca, GLSan a deux sorties : la première d'entre elles pour le gaz séparé tandis que la seconde est liée à la phase liquide résiduelle.

15 [0014] Ainsi, dans cette configuration, les bulles de gaz sont évacuées à travers un orifice situé sur la paroi supérieure de chacun desdits séparateurs gaz-liquide, tandis que le liquide s'écoule à travers un orifice situé sur la paroi inférieure de ce même séparateur gaz-liquide.

20 [0015] Les deux orifices apparaissent en face de l'orifice d'entrée, par lequel le mélange gaz-lessive est introduit.

[0016] Pour assurer une pression différentielle de gaz faible de part et d'autre (anodique et cathodique) du diaphragme de la pile d'électrolyseur 10, il est préférable d'équilibrer les deux séparateurs gaz-liquide, à la fois leurs pressions de phase gazeuse p_{ca} et p_{an} et leurs niveaux de phase de lessive liquide l_{an} et l_{ca} .

[0017] Afin d'équilibrer les deux séparateurs gaz-liquide GLSan et GLSca, une ligne d'équilibrage 16 est installée entre les séparateurs gaz-liquide H₂ (cathodique) et O₂ (anodique) selon une configuration en « U » située sous ceux-ci.

30 [0018] De manière non limitative, sur chacun des côtés anodique et cathodique, la boucle de circulation de fluide de la lessive à travers la pile 10 et le séparateur gaz-liquide correspondant comprend une pompe associée 14an, 14ca ; et le

système d'électrolyse comprend également un mélangeur 12 alimenté en lessive par ces deux pompes.

[0019] Comme illustré à la figure 1, la première partie d'un système de commande usuel 101 peut alors commander une vanne de commande de gaz V_{an} du séparateur gaz-liquide anodique GLSan pour atteindre la pression de gaz souhaitée au niveau du séparateur anodique, grâce à la vanne de commande de gaz sur le flux de gaz O_2 .

[0020] La seconde partie du système de commande 101 ajuste également le débit de gaz d'échappement du séparateur gaz-liquide cathodique GLSca grâce à la commande d'une vanne de commande de gaz V_{ca} sur le flux de gaz H_2 pour atteindre le même niveau de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique GLSan et dans le séparateur gaz-liquide cathodique GLSca.

[0021] Comme illustré sur la figure 2 annexée, un autre système de commande 102 usuel est constitué d'une même logique de commande de pression de gaz du côté anodique et du côté cathodique.

[0022] Ainsi, pour le côté cathodique, la vanne de commande de gaz V_{ca} est utilisée pour atteindre les mêmes pressions de gaz anodique et cathodique p_{an} et p_{ca} dans les séparateurs gaz-liquide GLSan et GLSca.

[0023] En effet, le niveau de lessive est autorégulé entre les deux séparateurs gaz-liquide GLSan et GLSca à travers la ligne d'équilibrage 16.

[0024] Ce système de commande 101 est alors approprié pour une configuration de flux de lessive mixte, où les propriétés de la lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique GLSan et dans le séparateur gaz-liquide cathodique GLSca sont les mêmes.

[0025] Toutefois, pour une configuration non représentée de flux non-mixte, la concentration en KOH NAOH peut être différente du côté anodique et du côté cathodique.

[0026] Ceci conduit à une différence entre les densités de lessive du côté anodique et du côté cathodique.

[0027] Ainsi, l'équilibrage des niveaux de lessive l_{an} et l_{ca} ne conduit pas nécessairement à une hauteur de charge égalisée entre le côté anodique et le côté cathodique.

5 [0028] Ceci peut être très critique, notamment pendant les fonctionnements transitoires et le système de commande usuel 101 de la figure 1 peut provoquer des pressions de gaz différentes au niveau de l'anode et de la cathode, ce qui peut endommager le diaphragme d'électrolyseur.

10 [0029] Le système selon l'invention tel qu'illustré à la figure 3 est identique à celui illustré aux figures 1 ou 2, sauf en ce qui concerne son système de commande 103 proposé qui régule les pressions de gaz p_{ca} et p_{an} , tout en gardant la différence entre les niveaux de lessive l_{an} et l_{ca} dans une certaine limite.

15 [0030] Il est possible de réguler la pression de gaz p_{ca} dans le séparateur gaz-liquide anodique GLSan et la pression de gaz dans le séparateur gaz-liquide cathodique GLSca à l'aide du système de commande 102 de la figure 2, mais cela peut conduire à une différence importante des niveaux de lessive l_{an} et l_{ca} dans ces séparateurs gaz-liquide GLSan et GLSca, ce qui provoque l'arrêt immédiat du processus d'électrolyse.

20 [0031] Dans les électrolyseurs alcalins industriels actuels, le système de commande des séparateurs gaz-liquide est basé sur le maintien des niveaux de lessive identiques dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique à tout moment, étant donné que la pression de gaz est identique dans les deux séparateurs gaz-liquide GLSan et GLSca alors que la densité de lessive pourrait être différente du côté anodique et cathodique.

25 [0032] Toutefois, pendant les conditions transitoires, il existe une possibilité d'avoir des pressions de gaz différentes p_{ca} et p_{an} dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique GLSan et GLSca.

30 [0033] Cela pourrait conduire à une différence de pression de gaz remarquable sur les côtés cathodique et anodique de la cellule d'électrolyse, ce qui endommagerait le(s) diaphragme(s) et autres parties de la pile d'électrolyseur 10.

[0034] En revanche, la régulation réelle par le système des pressions de gaz anodique et cathodique p_{ca} et p_{an} par des vannes de commande de gaz anodique et cathodique V_{an} et V_{ca} peut conduire à une différence importante $l_{an} - l_{ca}$ entre les niveaux de lessive l_{an} et l_{ca} de ces séparateurs gaz-liquide, ce qui provoque l'arrêt immédiat du processus d'électrolyse, notamment dans le cas des flux de lessive non mélangés où les propriétés de la lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique et de la lessive dans le séparateur gaz-liquide cathodique sont différentes

[0035] L'objet de l'invention est de proposer un système et un procédé remédiant aux inconvénients de la technique antérieure.

[0036] RESUME DE L'INVENTION

[0037] L'invention propose un système de régulation du fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique d'un appareil d'électrolyse de l'eau alcaline, l'appareil comprenant :

- 15 - une cuve d'électrolyse comprenant :
 - une chambre anodique générant du gaz de dioxygène ;
 - une chambre cathodique générant du gaz de dihydrogène ;
 - une membrane de séparation perméable aux ions séparant la chambre anodique et la chambre cathodique ;
- 20 - un séparateur gaz-liquide anodique étant connecté à la chambre anodique et séparant un électrolyte anodique et du gaz de dioxygène le long d'un niveau de lessive anodique, le gaz de dioxygène s'écoulant hors de la chambre anodique à travers une vanne de commande de gaz de dioxygène anodique ;
- 25 - un séparateur gaz-liquide cathodique étant connecté à la chambre cathodique et séparant un électrolyte cathodique et du gaz de dihydrogène le long d'un niveau de lessive cathodique, le gaz de dihydrogène s'écoulant hors de la chambre cathodique à travers une vanne de commande de gaz de dihydrogène cathodique,
 - ledit système de commande comprenant :
- 30 -- au moins un capteur de pression de gaz anodique ;

- au moins un capteur de pression de gaz cathodique ;
 - au moins un capteur de niveau de lessive anodique ;
 - au moins un capteur de niveau de lessive cathodique ;
 - et un dispositif de commande logique programmable ou un ordinateur, qui est
- 5 connecté à chacune des deux dites vannes de commande de gaz et à chacun des quatre dits capteurs pour envoyer des signaux de fonctionnement aux deux vannes de commande de gaz pour réguler les pressions de gaz et les niveaux de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique et le séparateur gaz-liquide cathodique.
- 10 [0038] Selon d'autres caractéristiques du système selon l'invention :
- le fonctionnement des deux vannes de commande de gaz est basé sur un système de commande basé sur un modèle ;
 - le système régule les pressions de gaz dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique tout en s'assurant que la différence entre les niveaux de
- 15 lessive dans les séparateurs gaz-liquide ne dépasse pas une valeur seuil donnée ;
- le système régule les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique tout en s'assurant que la différence entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide ne dépasse pas une valeur seuil
- 20 donnée ;
- dans ce système :
 - i) la valeur de la pression de gaz de dioxygène dans le séparateur gaz-liquide anodique est mesurée en continu pour la comparer à une valeur de référence fixe, ou à une courbe transitoire optimale ;
- 25 - ii) la valeur de la pression de gaz de dihydrogène dans le séparateur gaz-liquide cathodique est mesurée en continu pour la comparer à la pression de gaz de dioxygène dans le séparateur gaz-liquide anodique ;
- iii) le niveau de lessive anodique est mesuré en continu afin de vérifier s'il reste dans une plage sûre ;

- iv) le niveau de lessive cathodique est mesuré en continu afin de le comparer au niveau de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique ;
- v) la vanne de commande de gaz de dioxygène est actionnée ;
- vi) la vanne de commande de gaz de dihydrogène est actionnée ;
- 5 - si la valeur mesurée de la pression de gaz de dioxygène dans le séparateur gaz-liquide anodique est différente de ladite valeur de référence fixe, des signaux de fonctionnement sont envoyés à la vanne de retenue de gaz d'échappement anodique et à la vanne de retenue de gaz d'échappement cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle ;
- 10 - si la valeur mesurée de la pression de gaz de dihydrogène dans le séparateur gaz-liquide cathodique est différente de ladite valeur de référence fixe, des signaux de fonctionnement sont envoyés à la vanne de commande de gaz anodique et à la vanne de commande de gaz cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle ;
- 15 - si la valeur mesurée du niveau de lessive anodique n'est pas dans la plage sûre, des signaux de fonctionnement sont envoyés à la vanne de commande de gaz anodique et à la vanne de commande de gaz cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle ;
- 20 - si la valeur mesurée du niveau de lessive cathodique est différente de ladite valeur fixe, des signaux de fonctionnement sont envoyés à la vanne de commande de gaz anodique et à la vanne de commande de gaz cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle ;
- 25 - dans le mode de fonctionnement nominal de l'appareil, la position de la vanne de commande de gaz anodique est plus ou moins constante, et dans lequel, dans un mode de fonctionnement transitoire de l'appareil, la position de la vanne de commande de gaz anodique sera adaptée en continu pour réguler la pression de gaz de dioxygène et la pression de lessive anodique ;
- 30 - dans le mode de fonctionnement nominal de l'appareil, la position de la vanne de commande de gaz cathodique est plus ou moins constante, et dans lequel, dans un mode de fonctionnement transitoire de l'appareil, la position de la vanne

de commande de gaz cathodique sera adaptée en continu pour réguler la pression de gaz de dihydrogène et la pression de lessive cathodique.

[0039] L'invention propose également un procédé de régulation du fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique d'un appareil d'électrolyse de l'eau alcaline, l'appareil comprenant :

- une cuve d'électrolyse comprenant :

- une chambre anodique générant du gaz de dioxygène ;

- une chambre cathodique générant du gaz de dihydrogène ;

- une membrane de séparation perméable aux ions séparant la chambre anodique et la chambre cathodique ;

- un séparateur gaz-liquide anodique étant connecté à la chambre anodique et séparant un électrolyte anodique et du gaz de dioxygène le long d'un niveau de lessive anodique, le gaz de dioxygène s'écoulant hors de la chambre anodique à travers une vanne de commande de gaz de dioxygène anodique ;

- un séparateur gaz-liquide cathodique étant connecté à la chambre cathodique et séparant un électrolyte cathodique et du gaz de dihydrogène le long d'un niveau de lessive cathodique, le gaz de dihydrogène s'écoulant hors de la chambre cathodique à travers une vanne de commande de gaz de dihydrogène cathodique,

caractérisé en ce qu'il utilise des données de commande représentant :

-- la pression de gaz anodique ;

-- la pression de gaz cathodique ;

-- le niveau de lessive anodique ;

-- le niveau de lessive cathodique ;

pour commander chacune des deux dites vannes de commande de gaz et chacun des quatre dits capteurs pour envoyer des signaux de fonctionnement aux deux vannes de commande de gaz permettant de réguler les pressions de gaz et les niveaux de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique et le séparateur gaz-liquide cathodique.

[0040] Selon d'autres caractéristiques du procédé :

- 5 - la commande du fonctionnement des deux vannes de commande de gaz est basée sur un modèle de commande permettant de réguler les pressions de gaz dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique tout en s'assurant que la différence entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide ne dépasse pas une valeur seuil donnée ;
- 10 - la commande du fonctionnement des deux vannes de commande de gaz est basée sur un modèle de commande permettant de réguler les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique tout en s'assurant que la différence entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide ne dépasse pas une valeur seuil donnée ;
- dans le procédé :
- 15 -- i) la valeur de la pression de gaz de dioxygène dans le séparateur gaz-liquide anodique est mesurée en continu pour la comparer à une valeur de référence fixe, ou à une courbe transitoire optimale ;
- ii) la valeur de la pression de gaz de dihydrogène dans le séparateur gaz-liquide cathodique est mesurée en continu pour la comparer à la pression de gaz de dioxygène dans le séparateur gaz-liquide anodique ;
- 20 -- iii) le niveau de lessive anodique est mesuré en continu afin de vérifier qu'il reste dans une plage sûre ;
- iv) le niveau de lessive cathodique est mesuré en continu afin de le comparer au niveau de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique ;
- v) la vanne de commande de gaz de dioxygène est actionnée ;
- vi) la vanne de commande de gaz de dihydrogène est actionnée.

25 [0041] BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0042] [Fig. 1] – la figure 1 est une représentation schématique et partielle d'un premier exemple de système d'électrolyse avec un système de commande selon la technique antérieure pour la régulation des séparateurs gaz-liquide ;

[0043] [Fig.2] – la figure 2 est une représentation schématique et partielle d'un second exemple de système d'électrolyse avec un système de commande selon la technique antérieure pour la régulation des séparateurs gaz-liquide ;

5 [0044] [Fig.3] – la figure 3 est une représentation schématique et partielle d'un exemple de système d'électrolyse avec un système de commande selon l'invention pour la régulation des séparateurs gaz-liquide ;

[0045] [Fig.4] – la figure 4 est une représentation d'un modèle utilisé pour la régulation des séparateurs gaz-liquide.

[0046] DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

10 [0047] Dans la description suivante, des éléments identiques, similaires ou analogues seront désignés par les mêmes références.

[0048] Selon l'invention décrite ci-dessous, la régulation des séparateurs gaz-liquide GLSan et GLSca repose sur un nouveau système de commande basé sur un modèle 103 qui permet de commander correctement les vannes de commande de gaz V_{an} et V_{ca} des côtés anodique et cathodique pour atteindre les mêmes pressions de gaz au niveau de l'anode et de la cathode, tout en gardant la différence $l_{an} - l_{ca}$ entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide dans une certaine limite, les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique GLSan et GLSca, c'est-à-dire en s'assurant que la différence $l_{an} - l_{ca}$ entre les niveaux de lessive l_{an} et l_{ca} dans les séparateurs gaz-liquide ne dépasse pas une certaine limite ou valeur seuil.

20 [0049] L'invention permet au système de fonctionner de manière sûre lors de tous les opérations, en évitant les dommages sur la pile d'électrolyseur 10 en raison de la différence des pressions de gaz $p_{an} - p_{ca}$ entre le côté anodique et le côté cathodique, tout en évitant l'arrêt du processus d'électrolyse en raison d'une différence trop importante $l_{an} - l_{ca}$ entre les niveaux de lessive.

[0050] Ce système de commande peut être mis en œuvre sur des configurations de flux mixte et non mixte, c'est-à-dire avec ou sans mélangeur 12.

25 [0051] Dans un mode de réalisation préférable, la mise en œuvre de la solution est basée sur une boucle de commande qui interagit avec six composants ou constituants spécifiques :

- i) au moins un capteur de pression de gaz anodique (p_{an}) ;
- ii) au moins un capteur de pression de gaz cathodique (p_{ca}) ;
- iii) au moins un capteur de niveau de lessive anodique (l_{an}) ;
- iv) au moins un capteur de niveau de lessive cathodique (l_{ca}) ;
- 5 - v) au moins une vanne de commande de gaz anodique (V_{an}) ;
- vi) au moins une vanne de commande de gaz cathodique (V_{ca}).

[0052] Cette boucle de commande est entièrement automatisée, ce qui signifie que l'intervention humaine au niveau du système d'électrolyseur n'est plus nécessaire, ce qui élimine par conséquent un danger potentiel lié à ladite
10 intervention humaine. Les vannes de commande de gaz V_{an} et V_{ca} pourraient être remplacées par des vannes de contre-pression, des vannes d'arrêt ou d'autres types de vannes.

[0053] Comme le montre la figure 3, l'agencement desdits composants est le suivant :

- 15 - le capteur de pression de gaz anodique fournissant une valeur représentative de pression de gaz correspondante p_{an} et le capteur de niveau de lessive anodique fournissant une valeur représentative de niveau correspondante l_{an} sont situés dans le séparateur gaz-liquide O_2 GLSan, alors que le capteur de pression de gaz cathodique et le capteur de niveau de lessive cathodique sont
20 situés dans le séparateur gaz-liquide H_2 GLSca. Les vannes de commande de gaz anodique V_{an} et cathodique V_{ca} sont en aval des séparateurs gaz-liquide dans le système de flux de gaz.

[0054] Le principe de fonctionnement est basé sur un système de commande basé sur un modèle qui permet de commander correctement et automatiquement les
25 vannes de commande de gaz en boucle fermée grâce à un dispositif de commande logique programmable (PLC), de sorte que le PLC est connecté en permanence aux six composants définis ci-dessus (deux capteurs de pression de gaz, deux capteurs de niveau de lessive et deux vannes de commande de gaz), tout en étant géré et commandé par une intervention humaine distante dudit
30 système d'électrolyseur, si nécessaire.

- [0055] Dans des conditions nominales de fonctionnement, le système de commande manipule la vanne de commande de gaz du séparateur gaz-liquide anodique pour atteindre la pression de gaz souhaitée dans le séparateur gaz-liquide anodique, tout en manipulant la vanne de commande de gaz cathodique pour
5 atteindre le même niveau de lessive dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique.
- [0056] Toutefois, lors de fonctionnements transitoires (changement rapide de la densité du courant électrique et donc de la production de dihydrogène H₂ et de dioxygène O₂ et des débits de lessive), et/ou avec une configuration de flux de
10 lessive non mélangée (les flux anodique et cathodique sont distincts), ce système de commande classique peut induire une pression de gaz différente au niveau des flux anodique et cathodique, ce qui peut endommager le diaphragme ou d'autres parties de la pile d'électrolyseur 10.
- [0057] Le système de commande proposé basé sur un modèle régule les pressions
15 de gaz dans les séparateurs anodique et cathodique tout en s'assurant que la différence $l_{an} - l_{ca}$ entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide ne dépasse pas une certaine limite, évitant ainsi un arrêt du système.
- [0058] Ledit système de commande basé sur un modèle d'un électrolyseur alcalin permet d'assurer un fonctionnement sûr dans des conditions transitoires.
- 20 [0059] En pratique, notamment lors de fonctionnements transitoires du système d'électrolyseur, un changement brutal de courant électrique (ou de la densité de courant électrique) va induire une adaptation des débits de lessive cathodique H₂ et anodique O₂, tandis que la production de bulles de dihydrogène H₂ et de dioxygène O₂ changera en conséquence.
- 25 [0060] Ainsi, des pressions de gaz sur les séparateurs gaz-liquide cathodique et anodique vont varier, à priori, de différentes manières, ainsi que les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide cathodique et anodique.
- [0061] Ensuite, le système de commande basé sur un modèle ajustera entre-temps le débit de gaz d'échappement au niveau des côtés anodique et cathodique par
30 commande des vannes de commande de gaz cathodique et anodique grâce à une analyse des paramètres surveillés :
- a) des pressions de gaz cathodique et anodique ;

b) et des niveaux de lessive cathodique et anodique.

[0062] En conséquence, grâce à un modèle analytique, le système de commande proposé régule les pressions de gaz p_{an} et p_{ca} dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique tout en s'assurant que la différence $l_{an} - l_{ca}$ entre les
5 niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide ne dépasse pas une certaine limite.

[0063] Ledit système de commande basé sur un modèle permettra d'obtenir une meilleure commande des performances de l'électrolyseur et d'obtenir des opérations plus stables, ce qui se traduira éventuellement par un meilleur
10 rendement d'électrolyse lors des fonctionnements transitoires.

[0064] Ce système de commande basé sur un modèle va éviter les dommages au diaphragme ou à d'autres pièces des parties de l'électrolyseur grâce à la maîtrise de la différence de pressions de gaz entre les côtés anodique et cathodique.

[0065] Le premier paramètre surveillé est la valeur de la pression de gaz dans le
15 séparateur gaz-liquide anodique GLSan, qui est directement liée à la pression de gaz de distribution de O₂ (sortie) de l'électrolyseur et à la production de bulles de O₂.

[0066] Cette pression de gaz est mesurée en continu pour la comparer à une référence fixe, ou avec une courbe transitoire optimale, notamment lors du
20 démarrage et de l'arrêt du système. Si la valeur mesurée est différente de celle-ci, le PLC va envoyer un signal aux vannes de commande de gaz anodique et cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon le modèle d'électrolyseur développé.

[0067] Grâce à cet ajustement, la pression de gaz anodique dans le séparateur gaz-liquide va ainsi être adaptée en continu pour atteindre sa valeur de référence ou optimale.
25

[0068] La deuxième valeur surveillée concerne la valeur de la pression de gaz dans le séparateur gaz-liquide cathodique GLSca, qui est directement liée à la production de bulles de H₂ et peut impliquer une différence de pression de gaz avec le côté anodique, et endommager le diaphragme ou d'autres parties de
30 l'électrolyseur.

- [0069] Cette pression de gaz est ensuite mesurée en continu et comparée à la pression de gaz dans le séparateur gaz-liquide anodique. Si la valeur mesurée est différente de celle-ci, le PLC va envoyer un signal aux vannes de commande de gaz anodique et cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon le modèle d'électrolyseur développé.
- [0070] Grâce à cet ajustement, la différence $p_{an} - p_{ca}$ entre les pressions de gaz anodique et cathodique dans les séparateurs gaz-liquide va ainsi être maintenue de manière continue proche de zéro.
- [0071] Le troisième élément surveillé est le niveau de lessive anodique I_{an} , qui est directement lié à la pression de gaz anodique dans le séparateur gaz-liquide GLSan et à la hauteur de pression totale du côté cathodique, à travers la ligne d'équilibrage 16 de la lessive.
- [0072] Ce niveau de lessive I_{an} est mesuré en continu pour s'assurer qu'il reste dans une plage sûre, notamment lors du démarrage et de l'arrêt du système. Si la valeur mesurée n'est pas dans la plage, le PLC va envoyer un signal aux vannes de commande de gaz anodique et cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon le modèle d'électrolyseur développé.
- [0073] Grâce à cet ajustement, au niveau d'une hauteur de pression totale fixe du côté cathodique, la pression de gaz anodique va varier en conséquence, impliquant un changement du niveau de lessive anodique, grâce à la ligne d'équilibrage de lessive 16. Ainsi, le niveau de lessive anodique I_{an} , dans le séparateur gaz-liquide GLSan, va ainsi être adapté en continu de sorte qu'il reste dans la plage sûre.
- [0074] Le quatrième élément surveillé est le niveau de lessive cathodique I_{ca} , qui est directement lié à la pression de gaz cathodique dans le séparateur gaz-liquide GLSca et à la hauteur de pression totale du côté anodique, à travers la ligne d'équilibrage 16 de la lessive.
- [0075] Ce niveau de lessive est ensuite mesuré en continu et comparé au niveau de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique. Si la valeur mesurée est différente de celle-ci, le PLC va envoyer un signal aux vannes de commande de gaz anodique et cathodique pour actionner leur ouverture/fermeture selon le modèle d'électrolyseur développé.

[0076] Grâce à cet ajustement, au niveau d'une hauteur de pression totale fixe du côté anodique, la pression de gaz cathodique va varier en conséquence, impliquant un changement du niveau de lessive cathodique l_{ca} , grâce à la ligne d'équilibrage 16 de la lessive. Ainsi, la différence $l_{an} - l_{ca}$ entre des niveaux de lessive anodique et cathodique dans les séparateurs gaz-liquide sera ainsi maintenue en continu proche de zéro.

[0077] Le cinquième élément considéré est basé sur le fonctionnement d'une vanne de commande de gaz sur le flux de gaz anodique, en aval du séparateur gaz-liquide GLSan. Dans cette approche, la pression de gaz du séparateur gaz-liquide anodique pourrait varier rapidement en fonction du fonctionnement transitoire de l'électrolyseur, ainsi que du niveau de lessive.

[0078] Ainsi, dans le fonctionnement nominal du système d'électrolyseur, la position de la vanne de commande de gaz est plus ou moins constante.

[0079] Inversement, dans un mode de fonctionnement transitoire, la production de bulles de dioxygène peut se faire brusquement, de sorte que la position de la vanne de commande de gaz anodique V_{an} sera adaptée en continu pour réguler la pression de gaz anodique et le niveau de lessive.

[0080] Le sixième élément considéré est basé sur le fonctionnement d'une vanne de commande de gaz sur le flux de gaz cathodique, en aval du séparateur gaz-liquide GLSca. Elle fonctionnera de la même manière que la vanne de commande de gaz du côté anodique.

[0081] Il est également possible de disposer de plusieurs systèmes d'électrolyse constitués de plusieurs piles d'électrolyseur 10, de séparateurs gaz-liquide, de pompes à lessive commandables, de vannes de commande de gaz et d'unités de conversion de puissance disposées en série et/ou en parallèle.

[0082] Chacune peut apparaître horizontalement, verticalement ou une combinaison des deux orientations, quelle que soit la disposition étudiée.

[0083] Il en est de même pour le nombre de cellules électrolytiques dans ladite ou lesdites piles d'électrolyseur, c'est-à-dire que l'approche définie est indépendante du nombre concerné de cellules électrolytiques.

[0084] Cette approche peut également être appliquée à des circuits de lessive anodiques et cathodiques mixtes ou non mixtes (complètement séparés), avec des pompes indépendantes l_{an} , l_{ca} ou avec une pompe mutuelle.

5 [0085] L'invention s'applique également si la pression de gaz cathodique (H_2) est maîtrisée pour atteindre une valeur de consigne et que la pression du gaz anodique (O_2) est ajustée pour ne pas avoir de différence.

[0086] Il en est de même pour les niveaux de lessive l_{an} et l_{ca} , et le niveau de lessive anodique l_{an} pourrait être ajusté pour réduire la différence avec le niveau de lessive cathodique l_{ca} qui est maîtrisé pour atteindre une valeur de consigne.

10 [0087] Un mode de réalisation préférable de l'invention utilise des capteurs de pression et de niveau de gaz, mais il est également possible d'utiliser des capteurs différentiels pour détecter les niveaux de pression de gaz p_{an} et p_{ca} et les niveaux de lessive l_{an} et l_{ca} .

15 [0088] Il est également possible d'utiliser d'autres types de vannes de retenue des gaz d'échappement pour réguler le système du côté du flux anodique et cathodique, notamment des vannes de contre-pression ou des vannes de décharge de la pression des gaz.

20 [0089] Le modèle utilisé comme maître pour commander le PLC est de préférence basé sur une modélisation prédictive usuelle, mais peut aussi être basé sur un simple modèle d'équation linéaire jusqu'à un modèle d'apprentissage de données pour être auto-adaptatif.

25 [0090] Par ailleurs, un septième élément pourrait être ajouté en plus, c'est-à-dire au moins un capteur de courant électrique (ou une densité de courant électrique) pour permettre au système de commande d'être plus prédictif et de réagir plus rapidement.

[0091] Exemple d'un modèle de surveillance

[0092] Les sorties mesurées du procédé d'électrolyse alcaline sont la valeur de pression de gaz anodique p_{an} , la valeur de pression de gaz cathodique p_{ca} , et la différence $l_{an} - l_{ca}$ entre les valeurs de niveau de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique GLSan et dans le séparateur gaz-liquide cathodique GLSca respectivement.

30

[0093] Les entrées du processus comportent la valeur de débit de gaz Q_g^{an} du séparateur gaz-liquide anodique GLSan et la valeur de débit de gaz Q_g^{ca} du séparateur gaz-liquide cathodique GLSca.

[0094] Par conséquent, les vecteurs d'entrée et de sortie peuvent être les suivants :

5 [0095] [Math. 1]

$$Y = \begin{bmatrix} p_{an} \\ p_{ca} \\ l_{an} - l_{ca} \end{bmatrix} \cdot u = \begin{bmatrix} Q_g^{an} \\ Q_g^{ca} \end{bmatrix}$$

[0096] Le nouveau système de commande utilise un modèle de commande pour estimer les sorties futures de l'électrolyseur en fonction des entrées et sorties actuelles comme le montre la figure 4.

10 [0097] À l'aide des sorties futures estimées, l'optimiseur trouve les meilleures entrées en minimisant la fonction objective suivante :

[0098] [Math. 2]

$$J = \sum_{j=1}^{N_p} [\hat{Y}(k+j|k) - w(k+j|k)]Q[\hat{Y}(k+j|k) - w(k+j|k)]^T + \sum_{j=1}^{N_c} [\Delta u(k+j|k)]R[\Delta u(k+j|k)]^T$$

15 [0099] Où :

- $\hat{Y}(k+j|k)$ est une prévision optimale au palier j de la sortie du système ;
- $w(k+j|k)$ est la trajectoire de référence future ;
- Q et R sont les facteurs de pondération ;
- N_p et N_c sont les horizons de prédiction et de commande.

20 [0100] Q, R, N_p et N_c doivent être correctement accordés pour atteindre une performance de commande raisonnable.

[0101] Une fois le problème d'optimisation de l'équation ci-dessus résolu, le premier élément du vecteur d'entrée est appliqué au processus et le problème d'optimisation est à nouveau résolu pour les temps d'échantillonnage suivants.

25 [0102] Six contraintes sont considérées pour résoudre le problème d'optimisation.

[0103] Les première et seconde contraintes sont de limiter les vannes de retenue de gaz d'échappement de dioxygène V_{an} et les vannes de retenue de gaz d'échappement de dihydrogène V_{ca} de sorte que les valeurs de débit de gaz anodique Q_g^{an} et cathodique Q_g^{ca} restent chacune entre une valeur minimale Q_g^{min} et une valeur maximale Q_g^{max} :

[0104] [Math. 3]

$$Q_g^{min} \leq Q_g^{an} \leq Q_g^{max}$$

[0105] [Math. 4]

$$Q_g^{min} \leq Q_g^{ca} \leq Q_g^{max}$$

10 [0106] La troisième contrainte concerne la différence de niveaux de lessive $l_{an} - l_{ca}$.

[0107] La différence absolue $l_{an} - l_{ca}$ entre les valeurs de niveau de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique GLSan et dans le séparateur gaz-liquide cathodique GLSca respectivement ne doit pas être supérieure à une valeur seuil de niveau de lessive Δl_{max} :

15 [0108] [Math. 5]

$$|l_{an} - l_{ca}| \leq \Delta l_{max}$$

[0109] Il doit y avoir deux contraintes pour les valeurs de niveau de lessive l_{an} et l_{ca} pour assurer le fonctionnement sûr du séparateur gaz-liquide anodique GLSan et du séparateur gaz-liquide cathodique GLSca, en limitant les valeurs de niveau de lessive l_{an} et l_{ca} de sorte que chaque valeur de niveau de lessive reste entre une valeur minimale l_{min} et une valeur maximale l_{max} :

20 [0110] [Math. 6]

$$l_{min} \leq l_{an} \leq l_{max}$$

[0111] [Math. 7]

25 $l_{min} \leq l_{ca} \leq l_{max}$

[0112] La contrainte finale est d'éviter que la différence absolue $p_{an} - p_{ca}$ entre les valeurs de pression de gaz anodique et cathodique ne soit supérieure à une valeur seuil de pression de gaz Δp_{max} :

[0113] [Math. 8]

30 $|p_{an} - p_{ca}| \leq \Delta p_{max}$

[0114] Différents modèles peuvent être utilisés comme modèle de commande pour calculer les sorties futures.

[0115] À titre d'exemple, la formulation du modèle de Hammerstein qui est un modèle non linéaire variant dans le temps est la suivante :

5 [0116] [Math. 9]

$$Y(k) = -a_1Y(k-1) - a_2Y(k-2) - \dots - a_{n_a}Y(k-n_a) + b_0v(k) + b_1v(k-1) + \dots + b_{n_b}v(k-n_b)$$

où a_1 à a_{n_a} et b_0 à b_{n_b} sont des coefficients du modèle de Hammerstein et $v(k)$ est une fonction non linéaire de $u(k)$:

10 [0117] [Math. 10]

$$v(k) = f(u(k))$$

[0118] Les paramètres du modèle de Hammerstein et de la fonction f doivent être identifiés pour un électrolyseur donné à l'aide de données expérimentales ou de résultats de simulation disponibles.

15

Revendications

- 1 Système de commande (100) destiné à réguler le fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique (GLSan, GLSca) d'un appareil d'électrolyse de l'eau alcaline, l'appareil comprenant :
- 5 - une cuve d'électrolyse (10) comprenant :
- une chambre anodique générant du gaz de dioxygène ;
 - une chambre cathodique générant du gaz de dihydrogène ;
 - une membrane de séparation perméable aux ions séparant la chambre anodique et la chambre cathodique ;
- 10 - un séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) étant connecté à la chambre anodique et séparant un électrolyte anodique et du gaz de dioxygène le long d'un niveau de lessive anodique (l_{an}), le gaz de dioxygène s'écoulant hors de la chambre anodique à travers une vanne de commande de gaz de dioxygène anodique (V_{an}) ;
- 15 - un séparateur gaz-liquide cathodique (GLSca) étant connecté à la chambre cathodique et séparant un électrolyte cathodique et du gaz de dihydrogène le long d'un niveau de lessive cathodique (l_{ca}), le gaz de dihydrogène s'écoulant hors de la chambre cathodique à travers une vanne de commande de gaz de dihydrogène cathodique (V_{ca}),
- 20 ledit système de commande comprenant :
- au moins un capteur de pression de gaz anodique (p_{an}) ;
 - au moins un capteur de pression de gaz cathodique (p_{ca}) ;
 - au moins un capteur de niveau de lessive anodique (l_{an}) ;
 - au moins un capteur de niveau de lessive cathodique (l_{ca}) ;
- 25 -- et un dispositif de commande logique programmable (PLC) ou un ordinateur, qui est connecté à chacune des deux dites vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) et à chacun des quatre dits capteurs pour envoyer des signaux de fonctionnement aux deux vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) pour réguler les pressions de gaz (p_{an} , p_{ca}) et les niveaux de lessive (l_{an} , l_{ca})
- 30 dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) et le séparateur gaz-liquide cathodique (GLSca).

- 2 Système de commande selon la revendication 1, dans lequel le fonctionnement des deux vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) est basé sur un système de commande basé sur un modèle.
- 5 3 Système de commande selon la revendication 1 ou 2, dans lequel il régule les pressions de gaz (p_{an} , p_{ca}) dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique (GLSan, GLSca) tout en s'assurant que la différence ($l_{an} - l_{ca}$) entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide (GLSan, GLSca) ne dépasse pas une valeur seuil donnée (Δl_{max}).
- 10 4 Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel il régule les niveaux de lessive (l_{an} , l_{ca}) dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique (GLSan, GLSca) tout en s'assurant que la différence ($p_{an} - p_{ca}$) entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide (GLSan, GLSca) ne dépasse pas une valeur seuil donnée (Δp_{max}).
- 15 5 Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel :
- i) la valeur de la pression de gaz de dioxygène (p_{an}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) est mesurée en continu pour la comparer à une valeur de référence fixe, ou à une courbe transitoire optimale ;
 - ii) la valeur de la pression de gaz de dihydrogène (p_{ca}) dans le séparateur gaz-liquide cathodique (GLSca) est mesurée en continu pour la comparer à la pression de gaz de dioxygène (p_{an}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) ;
 - 20 iii) le niveau de lessive anodique (l_{an}) est mesuré en continu pour vérifier s'il reste dans une plage sûre ;
 - 25 iv) le niveau de lessive cathodique (l_{ca}) est mesuré en continu afin de le comparer au niveau de lessive (l_{an}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) ;
 - v) la vanne de commande de gaz de dioxygène (V_{an}) est actionnée ;
 - vi) la vanne de commande de gaz de dihydrogène (V_{ca}) est actionnée.
- 30 6 Système de commande selon la revendication 5 en combinaison avec la revendication 2, dans lequel, si la valeur mesurée de la pression de gaz de dioxygène (p_{an}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) est

différente de ladite valeur de référence fixe, des signaux de fonctionnement sont envoyés à la vanne de retenue de gaz d'échappement anodique (V_{an}) et à la vanne de retenue de gaz d'échappement cathodique (V_{ca}) pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle.

- 5 7 Système de commande selon la revendication 5 en combinaison avec la revendication 2, dans lequel, si la valeur mesurée de la pression de gaz de dihydrogène (p_{ca}) dans le séparateur gaz-liquide cathodique (GLSca) est différente de ladite valeur de référence fixe, des signaux de fonctionnement sont envoyés à la vanne de commande de gaz anodique (V_{an}) et à la vanne
- 10 de commande de gaz cathodique (V_{ca}) pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle.
- 8 Système de commande selon la revendication 5 en combinaison avec la revendication 2, dans lequel, si la valeur mesurée du niveau de lessive anodique (I_{an}) n'est pas dans la plage sûre, des signaux de fonctionnement
- 15 sont envoyés à la vanne de commande de gaz anodique (V_{an}) et à la vanne de commande de gaz cathodique (V_{ca}) pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle.
- 9 Système de commande selon la revendication 5 en combinaison avec la revendication 2, dans lequel, si la valeur mesurée du niveau de lessive
- 20 cathodique (I_{ca}) est différente de ladite valeur fixe, des signaux de fonctionnement sont envoyés à la vanne de commande de gaz anodique (V_{an}) et à la vanne de commande de gaz cathodique (V_{ca}) pour actionner leur ouverture/fermeture selon ledit modèle.
- 10 Système de commande selon la revendication 5 en combinaison avec la
- 25 revendication 2, dans lequel, dans le mode de fonctionnement nominal de l'appareil, la position de la vanne de commande de gaz anodique (V_{an}) est plus ou moins constante, et dans lequel, dans un mode de fonctionnement transitoire de l'appareil, la position de la vanne de commande de gaz anodique (V_{an}) sera adaptée en continu pour réguler la pression de gaz de
- 30 dioxygène et la pression de lessive anodique.
- 11 Système de commande selon la revendication 5 en combinaison avec la revendication 2, dans lequel, dans le mode de fonctionnement nominal de

l'appareil, la position de la vanne de commande de gaz cathodique (V_{ca}) est plus ou moins constante, et dans lequel, dans un mode de fonctionnement transitoire de l'appareil, la position de la vanne de commande de gaz cathodique (V_{ca}) sera adaptée en continu pour réguler la pression de gaz de dihydrogène et la pression de lessive cathodique.

5

12 Procédé de régulation du fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique (GLSan, GLSca) d'un appareil d'électrolyse de l'eau alcaline, l'appareil comprenant :

- une cuve d'électrolyse (10) comprenant :

10

- une chambre anodique générant du gaz de dioxygène ;

- une chambre cathodique générant du gaz de dihydrogène ;

- une membrane de séparation perméable aux ions séparant la chambre anodique et la chambre cathodique ;

15

- un séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) étant connecté à la chambre anodique et séparant un électrolyte anodique et du gaz de dioxygène le long d'un niveau de lessive anodique (l_{an}), le gaz de dioxygène s'écoulant hors de la chambre anodique à travers une vanne de commande de gaz de dioxygène anodique (V_{an}) ;

20

- un séparateur gaz-liquide cathodique (GLSca) étant connecté à la chambre cathodique et séparant un électrolyte cathodique et du gaz de dihydrogène le long d'un niveau de lessive cathodique (l_{ca}), le gaz de dihydrogène s'écoulant hors de la chambre cathodique à travers une vanne de commande de gaz de dihydrogène cathodique (V_{ca}),

caractérisé en ce qu'il utilise des données de commande représentant :

25

-- la pression de gaz anodique (p_{an}) ;

-- la pression de gaz cathodique (p_{ca}) ;

-- le niveau de lessive anodique (l_{an}) ;

-- le niveau de lessive cathodique (l_{ca}) ;

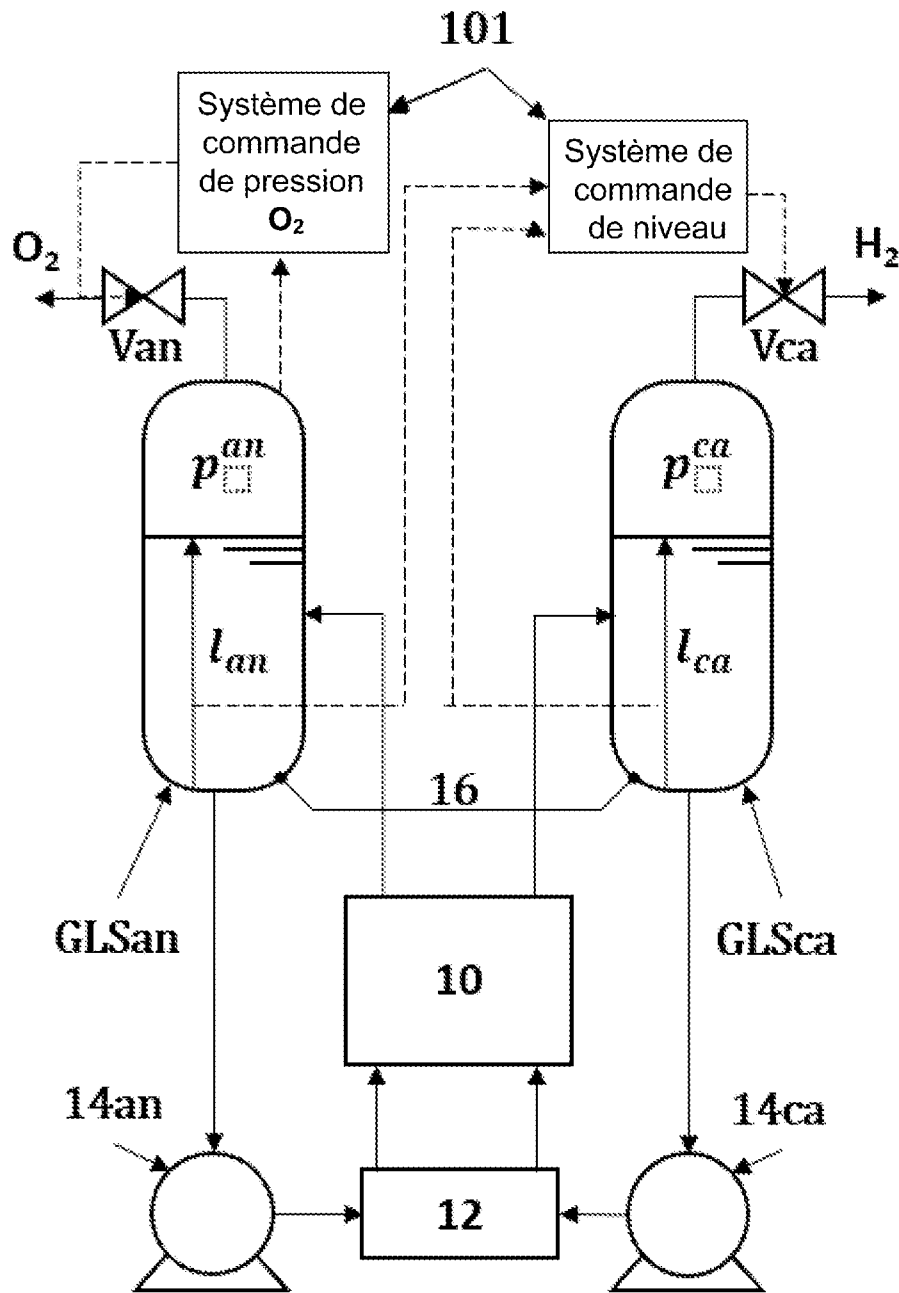
30

pour commander chacune des deux dites vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) et chacun des quatre dits capteurs permettant d'envoyer des signaux de fonctionnement aux deux vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) pour réguler les pressions de gaz (p_{an} , p_{ca}) et les niveaux de lessive (l_{an} , l_{ca}) dans le

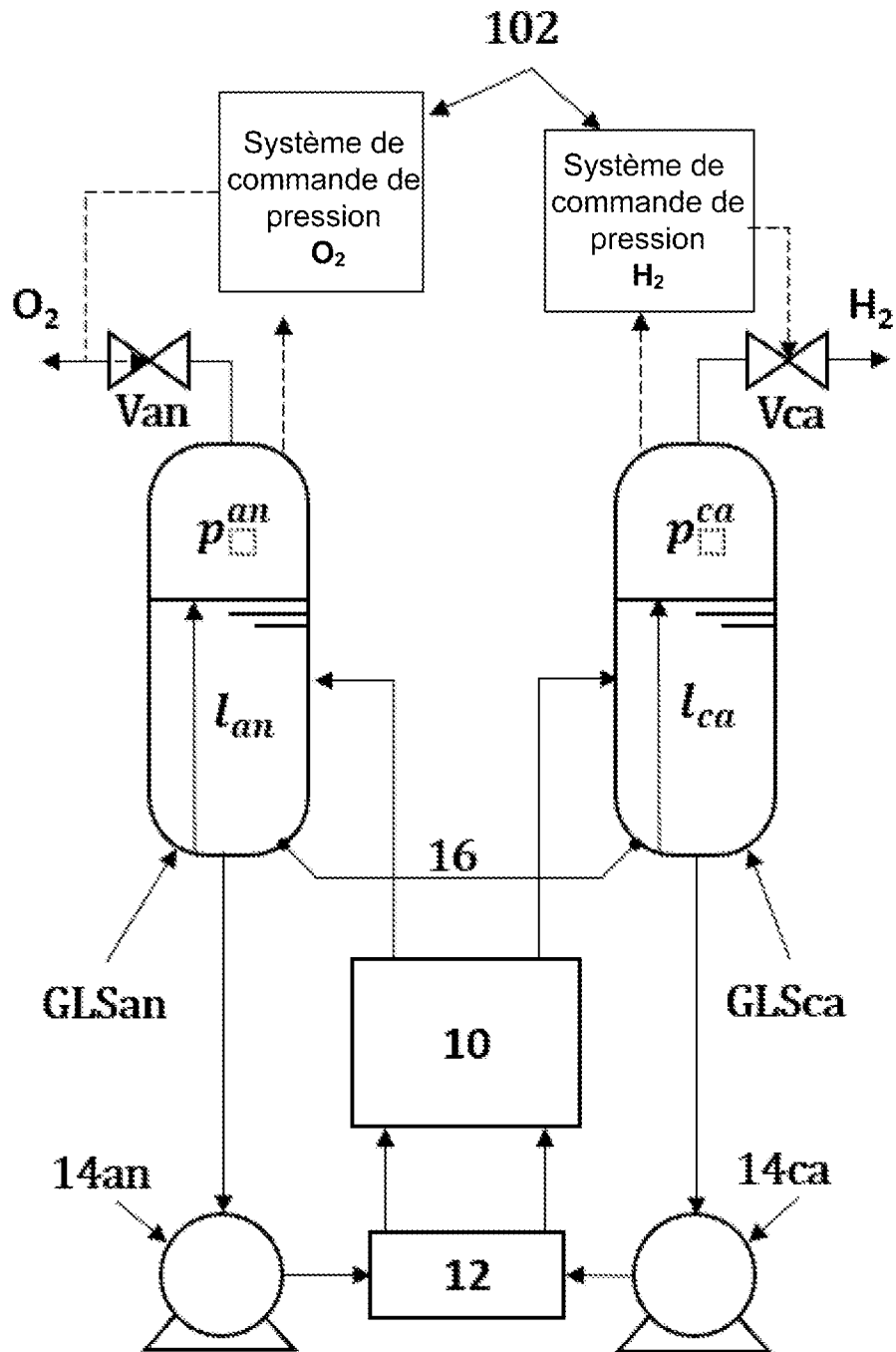
séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) et le séparateur gaz-liquide cathodique (GLSca).

- 13 Procédé selon la revendication 12, dans lequel la commande du fonctionnement des deux vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) est basée sur un modèle de commande permettant de réguler les pressions de gaz (p_{an} , p_{ca}) dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique (GLSan, GLSca) tout en s'assurant que la différence ($l_{an} - l_{ca}$) entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide (GLSan, GLSca) ne dépasse pas une valeur seuil donnée (Δl_{max}).
- 14 Procédé selon la revendication 12, dans lequel la commande du fonctionnement des deux vannes de commande de gaz (V_{an} , V_{ca}) est basée sur un modèle de commande permettant de réguler les niveaux de lessive (l_{an} , l_{ca}) dans les séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique (GLSan, GLSca) tout en s'assurant que la différence ($p_{an} - p_{ca}$) entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide (GLSan, GLSca) ne dépasse pas une valeur seuil donnée (Δp_{max}).
- 15 Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans lequel :
- i) la valeur de la pression de gaz de dioxygène (p_{an}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) est mesurée en continu pour la comparer à une valeur de référence fixe, ou à une courbe transitoire optimale ;
 - ii) la valeur de la pression de gaz de dihydrogène (p_{ca}) dans le séparateur gaz-liquide cathodique (GLSca) est mesurée en continu pour la comparer à la pression de gaz de dioxygène (p_{an}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) ;
 - iii) le niveau de lessive anodique (l_{an}) est mesuré en continu pour vérifier qu'il reste dans une plage sûre ;
 - iv) le niveau de lessive cathodique (l_{ca}) est mesuré en continu afin de le comparer au niveau de lessive (l_{an}) dans le séparateur gaz-liquide anodique (GLSan) ;
 - v) la vanne de commande de gaz de dioxygène (v_{an}) est actionnée ;
 - vi) la vanne de commande de gaz de dihydrogène (v_{ca}) est actionnée.

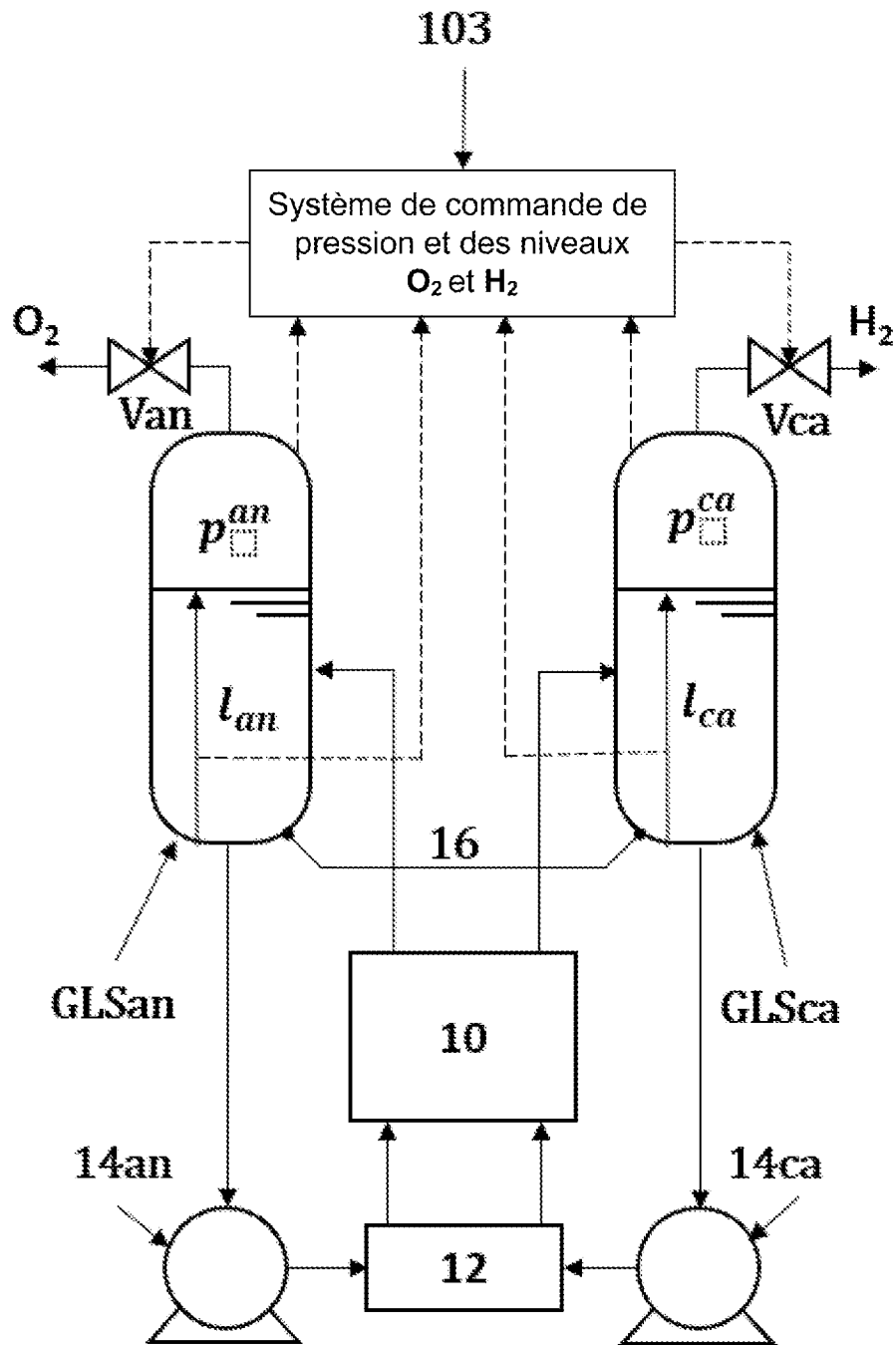
[Fig. 1]



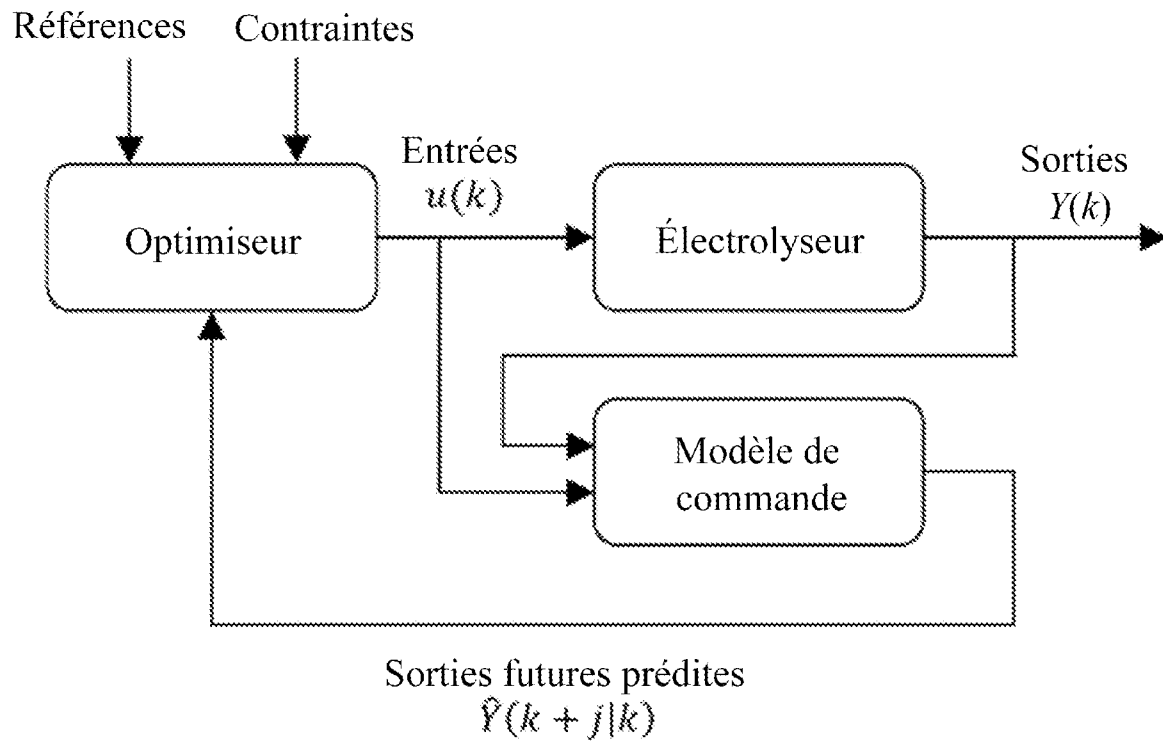
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE	REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE BNT241867BE00/PKO/BI
Demande nationale belge n° 202305772	Date du dépôt 19-09-2023
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom) JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM	
Date de la requête d'une recherche de type international 17-02-2024	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN85742
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)	
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB Voir rapport de recherche	
II. DOMAINES RECHERCHES	
Documentation minimale consultée	
Système de classification	Symboles de la classification
IPC	Voir rapport de recherche
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés	
III. <input type="checkbox"/> IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. <input type="checkbox"/> ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. C25B1/04 C25B15/023 C25B15/08
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE
 Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
C25B B01D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2023/111174 A2 (JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM [BE]) 22 juin 2023 (2023-06-22) * revendications 1, 3, 5-7, 10; figure 1 * * page 13, ligne 10 - page 14, ligne 23 * & CN 114 134 527 A (COCLERE RYILE SUZHOU HYDROGEN ENERGY TECHNIQUE) 4 mars 2022 (2022-03-04) * figure 1 *	1-15
X	----- EP 3 604 617 A1 (ASAHI CHEMICAL IND [JP]) 5 février 2020 (2020-02-05) * alinéas [0201] - [0217]; figure 1 *	1-15
X	----- US 2010/264038 A1 (DURET ALEXIS [CH]) 21 octobre 2010 (2010-10-21) * revendications 16-30; figure 2 *	1-15
	----- -/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)	"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens	"&" document qui fait partie de la même famille de brevets
"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	

Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée 14 mai 2024	Date d'expédition du rapport de recherche de type international
--	---

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Desbois, Valérie
--	---

C.(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>GB 1 124 941 A (BROWN JOHN CONSTR; RICHARD JASPAR ROSS STICKLAND ET AL.) 21 août 1968 (1968-08-21) * revendications 1-5; figure 1 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15
X	<p>US 5 690 797 A (HARADA HIROYUKI [JP] ET AL) 25 novembre 1997 (1997-11-25) * revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6; figure 1 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202305772

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2023111174	A2	22-06-2023	CN 114134527 A
			WO 2023111174 A2

EP 3604617	A1	05-02-2020	EP 3604617 A1
			JP 6948384 B2
			JP WO2018174281 A1
			WO 2018174281 A1

US 2010264038	A1	21-10-2010	AT E491053 T1
			CN 101802269 A
			EP 2014799 A1
			JP 5244176 B2
			JP 2010532823 A
			US 2010264038 A1
			WO 2009007096 A2

GB 1124941	A	21-08-1968	AUCUN

US 5690797	A	25-11-1997	JP 3220607 B2
			JP H08193287 A
			US 5690797 A



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN85742	Date du dépôt (<i>jour/mois/année</i>) 19.09.2023	Date de priorité (<i>jour/mois/année</i>)	Demande n° BE202305772
Classification internationale des brevets (CIB) INV. C25B1/04 C25B15/023 C25B15/08			
Déposant JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- Cadre n° I Base de l'opinion
- Cadre n° II Priorité
- Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- Cadre n° VI Certains documents cités
- Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Juillet 2022)	Examineur Desbois, Valérie
--	-------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202305772

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée sur la base d'un listage des séquences
 - a. faisant partie de la demande telle que déposée.
 - b. remis postérieurement à la date du dépôt aux fins de la recherche,
 - accompagné d'une déclaration selon laquelle le listage des séquences ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée.
3. En ce qui concerne la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée dans la mesure où une opinion valable pouvait être formulée en l'absence d'un listage des séquences conforme à la norme ST.26 de l'OMPI.
4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications	
	Non : Revendications	1-15
Activité inventive	Oui : Revendications	
	Non : Revendications	1-15
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-15
	Non : Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1 Il est fait référence aux documents suivants :

- D1 WO 2023/111174 A2 (JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM [BE]) 22 juin 2023 (2023-06-22)
- D2 EP 3 604 617 A1 (ASAHI CHEMICAL IND [JP]) 5 février 2020 (2020-02-05)
- D3 US 2010/264038 A1 (DURET ALEXIS [CH]) 21 octobre 2010 (2010-10-21)
- D4 GB 1 124 941 A (BROWN JOHN CONSTR; RICHARD JASPAR ROSS STICKLAND ET AL.) 21 août 1968 (1968-08-21)
- D5 US 5 690 797 A (HARADA HIROYUKI [JP] ET AL) 25 novembre 1997 (1997-11-25)

2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet des revendications 1 et 12 n'étant pas nouveau.

2.1 Tous les documents D1 à D5 (voir les passages cités dans le rapport de recherche) divulguent un système de commande destiné à réguler le fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique d'un appareil d'électrolyse de l'eau alcaline.

De plus, tous les appareils divulgués par D1 à D5 comprennent:

- une cuve d'électrolyse comprenant :
- une chambre anodique générant du gaz de dioxygène ;
- une chambre cathodique générant du gaz de dihydrogène ;
- une membrane de séparation perméable aux ions séparant la chambre anodique et la chambre cathodique ;
- un séparateur gaz-liquide anodique étant connecté à la chambre anodique et séparant un électrolyte anodique et du gaz de dioxygène le long d'un niveau de lessive anodique, le gaz de dioxygène s'écoulant hors de la chambre anodique à travers une vanne de commande de gaz de dioxygène anodique ;
- un séparateur gaz-liquide cathodique étant connecté à la chambre cathodique et séparant un électrolyte cathodique et du gaz de dihydrogène le long d'un niveau de lessive cathodique, le gaz de dihydrogène s'écoulant hors de la chambre cathodique à travers une vanne de commande de gaz de dihydrogène

cathodique.

En outre, tous les systèmes de commande de D1 à D5 comprennent:

- au moins un capteur de pression de gaz anodique ;
- au moins un capteur de pression de gaz cathodique ;
- au moins un capteur de niveau de lessive anodique ;
- au moins un capteur de niveau de lessive cathodique ;
- et un dispositif de commande logique programmable (PLC) ou un ordinateur, qui est connecté à chacune des deux dites vannes de commande de gaz et à chacun des quatre dits capteurs pour envoyer des signaux de fonctionnement aux deux vannes de et les niveaux de lessive dans le séparateur gaz-liquide anodique et le séparateur gaz-liquide cathodique.

2.2 D1 à D5 divulguent également le procédé de régulation du fonctionnement des séparateurs gaz-liquide anodique et cathodique associé au système décrit ci-dessus.

3 Les revendications dépendantes 2-11, 13-15 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.

3.1 Comme les documents D1 à D5 comprennent les 4 capteurs décrits au point 2.1, les systèmes divulgués sont à même de remplir les fonctions des **revendications 2 à 11**.

3.2 En outre, les documents D1 à D5 divulguent le contrôle de la pression des gaz par le contrôle des niveaux de lye, et vice-versa, ainsi, l'objet des **revendications 13 et 14** n'est pas nouveau.

3.3 Les documents D1 à D5 décrivent au moins une des étapes de la **revendication 15**, qui, de ce fait, manque de nouveauté.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande

4 Les revendications 2-11 et 15 ne sont pas claires.

- 4.1 Les nombreuses caractéristiques énoncées dans les **revendications 2-11** de dispositif qui portent sur un mode d'utilisation du dispositif, au lieu de définir clairement ce dispositif en termes de caractéristiques techniques, ne permettent pas de délimiter clairement l'objet des ces revendications.
Les caractéristiques sont les suivantes:
- "le fonctionnement des deux vannes de commande de gaz (...) est basé sur un système de commande basé sur un modèle",
 - "il régule les pressions ..."
 - "tout en s'assurant que la différence (...) entre les niveaux de lessive dans les séparateurs gaz-liquide (...) ne dépasse pas une valeur seuil donnée (...)"
 - "est mesurée en continu"
 - "est actionnée"
 - "des signaux de fonctionnement sont envoyés "
 - "sera adaptée en continu"
- 4.2 L'objet de la **revendication 4** présente une alternative à l'objet de la revendication 3 et ne peut, par conséquent, par dépendre de celle-ci (voir les revendications de procédé associées 13 et 14 qui dépendent toutes deux uniquement de la revendication 12).
- 4.3 Il n'est pas indiqué si les caractéristiques numérotées i) à vi) des **revendications 5 et 15** sont coordonnées par "et" ou par "ou".