

Processed by Luminess, 75001 PARIS (FR)

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne le domaine de la conversion thermochimique d'une charge carbonée, et plus particulièrement le traitement hydrothermal sous fluide supercritique.

[0002] La présente invention vise à diminuer notamment le temps de montée en température d'un cycle.

[0003] Par « fluide supercritique », on entend ici et dans le cadre de l'invention, le sens usuel, à savoir une pression et une température au-delà desquelles le fluide se trouve dans un état supercritique. Son comportement devient intermédiaire entre l'état liquide et l'état gazeux: sa masse volumique est celle d'un liquide, mais sa faible viscosité s'apparente à celle d'un gaz.

[0004] Typiquement, le dioxyde de carbone a son point critique se situe à 31,1°C et 7,38 MPa.

[0005] Ainsi, par « eau supercritique », il est entendu le sens usuel, c'est-à-dire de l'eau à des températures supérieures à 374°C sous une pression supérieure à 22,1 MPa.

[0006] On désigne sous l'appellation « charge carbonée », tout matériau combustible constitué de composés contenant du carbone.

[0007] Il peut donc s'agir de biomasse, c'est-à-dire tout matériau inhomogène d'origine végétale contenant du carbone, tel que de la biomasse lignocellulosique, des résidus forestiers ou agricoles (paille), qui peut être quasi-sec ou imbibé d'eau comme les déchets ménagers.

[0008] Il peut aussi s'agir d'un combustible d'origine fossile, tel que le charbon.

[0009] Il peut aussi s'agir de déchets combustibles d'origine industrielle contenant du carbone, tel que des matières plastiques ou des pneumatiques. Il peut s'agir en particulier d'un matériau PCR (acronyme anglais pour « Post-Consumer Recycled » ou Recyclé Post-Consommation).

[0010] Il peut aussi s'agir d'une combinaison de biomasse et de combustible d'origine fossile.

[0011] Par « réacteur batch », on entend ici et dans le cadre de l'invention, un réacteur de mise en œuvre d'une conversion thermochimique, qui fonctionne en cycles.

[0012] Bien que décrite en référence à la gazéification hydrothermale en eau supercritique, l'invention s'applique à tout procédé de conversion thermochimique en batch qui nécessite l'utilisation d'un bain en fluide supercritique.

Technique antérieure

[0013] Bon nombre de procédés existants permettent de convertir par voie thermochimique une charge carbonée en combustibles liquides (biocarburants, biochar), solides (granulés), et gazeux (biogaz, méthane, syngaz, hydrogène).

[0014] Parmi ceux-ci, la gazéification de la biomasse

et du charbon est connue depuis longtemps. De manière générale, on peut la définir comme une transformation thermochimique de la biomasse ou du charbon par l'action de la chaleur en présence d'agents gazéifiant. On cherche à générer, à l'issue de la gazéification, un mélange de gaz dit gaz de synthèse qui comprend du monoxyde de carbone et de l'hydrogène (CO+H₂) entre autres.

[0015] Ainsi, les procédés de gazéification de la biomasse lignocellulosique permettent de générer un gaz de synthèse qui permet de produire en aval soit des carburants liquides soit d'autres produits organiques.

[0016] La gazéification hydrothermale est une voie prometteuse pour traiter et convertir des biomasses humides en un gaz renouvelable. Un procédé avantageux de gazéification hydrothermale pour la biomasse humide est réalisé en eau supercritique : [1]. Les principaux gaz produits sont un mélange de gaz combustible constitué d'hydrogène (H₂), de méthane (CH₄), de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde de carbone (CO₂).

[0017] Le procédé peut être réalisé en continu ou en « batch » n c'est-à-dire selon un cycle fermé. le procédé se fait généralement dans un autoclave contenant un bain d'eau en état supercritique : [1].

[0018] Pour une réalisation en « batch », ce qui est généralement réalisé dans un cadre expérimental, i.e. en laboratoire, la mise en œuvre habituelle pour une gazéification hydrothermale de la biomasse se fait dans un autoclave contenant un bain d'eau en état supercritique : [1].

[0019] L'autoclave fonctionne à température et pression élevées, communément respectivement entre 374°C et 700°C et entre 21,5MPa et 40 Mpa, avec un taux de charge en matière sèche de l'ordre de 15% en masse par rapport à la quantité d'eau nécessaire au traitement.

[0020] En outre, sur le plan expérimental, le temps de cette montée en température est relativement important, de l'ordre de plusieurs dizaines de minutes en général.

[0021] Lors de cette montée en température, l'eau et le matériau à traiter vont subir des conditions de température et de pression variables avant d'atteindre les conditions expérimentales désirées, stabilisées en pression et températures.

[0022] De cette manière, on ne peut donc pas connaître précisément le temps de réaction nécessaire et la composition des produits de la décomposition hydrothermale pour des conditions de température et de pression données.

[0023] Par conséquent, il existe un besoin pour améliorer encore les procédés batch et systèmes afférents, de conversion thermochimique d'une charge carbonée sous fluide supercritique, et plus particulièrement le traitement hydrothermal de biomasse, notamment afin de pallier les inconvénients précités.

Exposé de l'invention

[0024] Pour ce faire, l'invention a tout d'abord pour objet un Système de conversion thermochimique d'une charge carbonée comprenant :

- un réacteur dit réacteur batch, comprenant une chambre réactionnelle (20), destinée à contenir un mélange de fluide supercritique et d'une quantité de charge carbonée à convertir et/ou des produits issus de la conversion thermochimique ;
- un réservoir dit réservoir d'attente, destiné à contenir le fluide supercritique;
- une première ligne fluidique reliant entre elles le réservoir d'attente et la chambre réactionnelle du réacteur batch, la première ligne fluidique comprenant une première vanne;
- une deuxième ligne fluidique débouchant sur la chambre réactionnelle, la deuxième ligne fluidique comprenant une deuxième vanne;

le système étant configuré pour successivement:

- (a) fermer les première et deuxième vannes et ajuster les conditions supercritiques de température et de pression du fluide contenu dans le réservoir d'attente;
- (b) introduire la quantité de charge carbonée dans la chambre réactionnelle et maintenir les première et deuxième vannes fermées;
- (c) ouvrir la première vanne pour remplir la chambre réactionnelle en fluide supercritique et jusqu'à obtenir un équilibre des pressions entre la chambre réactionnelle et le réservoir d'attente;
- (d) fermer la première vanne pendant une durée prédéterminée permettant la conversion thermochimique dans la chambre réactionnelle de la quantité de la charge carbonée mélangée avec le fluide supercritique alimenté depuis le réservoir d'attente;
- (e) ouvrir la deuxième vanne de sorte à évacuer et récupérer par la deuxième ligne fluidique la totalité des gaz présents dans la chambre réactionnelle.

[0025] Avantageusement, le volume du réservoir d'attente est supérieur à celui de la chambre réactionnelle du réacteur batch, de préférence au moins 5 fois supérieur, de préférence encore 10 fois supérieur.

[0026] Avantageusement encore, la chambre du réacteur batch et le réservoir d'attente sont isolés thermiquement de l'extérieur. Cela permet qu'aucun échange de chaleur ne soit réalisé avec les fluides contenus.

[0027] Selon un mode de réalisation avantageux, le réacteur batch comprend des parois chauffantes entourant la chambre réactionnelle et au moins une sonde de température adaptée pour relever au moins une température de la chambre réactionnelle, et un dispositif de régulation thermique pour régler le chauffage des parois chauffantes en fonction de la température relevée par les thermocouples.

[0028] De préférence, la(les) sonde(s) de température est(sont) un(des) thermocouples.

[0029] Selon un autre mode de réalisation avantageux, la chambre réactionnelle est délimitée par des parois de refroidissement comprenant un circuit de fluide de refroidissement alimentée en fluide de refroidissement depuis l'extérieur du réacteur batch.

[0030] Selon une variante de réalisation avantageuse, les parois de refroidissement comprennent deux feuilles métalliques soudées entre elles dont au moins l'une d'entre elles comprenant des reliefs délimitant des canaux du circuit de refroidissement.

[0031] Avantageusement, les parois de refroidissement sont revêtues d'un revêtement liner adapté pour protéger contre la corrosion les parois chauffantes. Le revêtement liner peut par exemple être constitué d'une paroi métallique de faible épaisseur.

[0032] De préférence, les parois chauffantes entourent directement les parois de refroidissement.

[0033] Selon un autre mode de réalisation avantageux, la chambre réactionnelle loge au moins un support à la fois de la charge carbonée et de récupération des produits solides issus de la conversion thermochimique.

[0034] Selon un autre mode de réalisation avantageux, la chambre réactionnelle loge un dispositif de répartition de flux pour répartir le flux du fluide supercritique sur la section horizontale de la chambre réactionnelle.

[0035] Avantageusement, le support constitue le dispositif de répartition de flux.

[0036] De préférence, le support et/ou le dispositif de répartition de flux consiste(nt) en une grille et/ou un substrat poreux, agencée horizontalement dans la chambre réactionnelle.

[0037] Selon une variante avantageuse, un écran thermique est monté coulissant longitudinalement dans la chambre réactionnelle.

[0038] L'invention a encore pour objet un procédé de gazéification hydrothermale d'une charge carbonée, mis en œuvre par un système tel que décrit précédemment ou une utilisation d'un système tel que décrit précédemment pour réaliser une gazéification hydrothermale d'une charge carbonée. Selon une caractéristique avantageuse, le fluide supercritique et le cas échéant le fluide du circuit de refroidissement est de l'eau.

[0039] Le procédé peut consister avantageusement en une gazéification hydrothermale de cellulose ($C_6H_{10}O_5$).

[0040] Autrement dit, l'invention consiste essentiellement en un système de conversion thermochimique avec un réacteur batch qui contient initialement uniquement la charge carbonée à convertir et qui est alimenté direc-

tement en fluide supercritique depuis un réservoir d'attente pour la conversion.

[0041] Les avantages de l'invention sont nombreux parmi lesquels on peut citer :

- une montée en température de la charge carbonée beaucoup plus rapide que selon l'état de l'art. En effet, dans le système selon l'invention, la charge carbonée parvient à la température de la réaction thermochimique, juste le temps de transvasement du fluide supercritique depuis le réservoir d'attente dans le réacteur batch qui contient déjà la charge carbonée à convertir. Dans un réacteur batch selon l'état de l'art, la charge carbonée et le fluide sont portés ensemble à la température de fonctionnement du réacteur, ce qui implique que la charge séjourne un temps non négligeable à des températures intermédiaires, ce qui n'est pas souhaitable ;
- un temps de cycle bien moindre comparé aux procédés batch selon l'état de l'art. En effet, le temps de cycle d'un système selon l'invention est essentiellement celui nécessaire à la réaction hydrothermale qui est bien moindre que le temps de montée en température d'un réacteur batch selon l'état de l'art, nécessaire à chaque cycle.

[0042] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront mieux à la lecture de la description détaillée, faite à titre illustratif et non limitatif, en référence aux figures suivantes.

Brève description des dessins

[0043]

[Fig 1] la figure 1 est un synoptique montrant un système de conversion thermochimique selon l'invention.

[Fig 2] la figure 2 est une vue en coupe longitudinale d'un exemple de réacteur mis en œuvre dans un système selon l'invention.

[Fig 3] la figure 3 est une vue en coupe longitudinale d'un autre exemple de réacteur mis en œuvre dans un système selon l'invention.

Description détaillée

[0044] Dans l'ensemble de la présente demande, les termes « entrée », « sortie », « amont » et « aval » sont à comprendre par référence par rapport au sens du flux du fluide supercritique ou d'eau de refroidissement en conditions supercritiques au sein d'un système de gazéification hydrothermale selon l'invention.

[0045] De même, les termes « supérieur », « inférieur », « dessus », « dessous », « haut », bas sont à comprendre par référence aux réacteur batch d'un sys-

tème de gazéification hydrothermale selon l'invention, dans sa configuration verticale installée.

[0046] Les différents composants d'un système de conversion thermochimique selon l'invention, globalement désigné sous la référence sont montrés en figure 1.

[0047] Les différents composants du réacteur selon la figure 2 et selon sa variante de la figure 3 sont désignés par les mêmes références numériques.

[0048] Le système 1 comprend tout d'abord un réacteur batch 2, comprenant une chambre réactionnelle 20, destinée à contenir un mélange de fluide supercritique et d'une quantité de charge carbonée à convertir et/ou des produits issus de la conversion thermochimique.

[0049] La chambre réactionnelle 20 est délimitée par des parois de refroidissement 21 intégrant un circuit de refroidissement elle-même entourée par des parois chauffantes 22, détaillé par la suite. Typiquement, lorsque le système 1 est mis en œuvre à des fins expérimentales, le volume de la chambre réactionnelle 20 est compris entre 0,2 et 0,5 litre.

[0050] Les parois de refroidissement 21 peuvent être constituées de deux feuilles métalliques soudées entre elle avec l'une d'entre elles emboutie pour former des canaux de circulation d'un fluide de refroidissement.

[0051] Les parois chauffantes 22 peuvent être chauffantes par une ou plusieurs résistances électrique ou par un circuit de fluide caloporteur intégré.

[0052] Le système 1 comprend également un réservoir d'attente 3 destiné à contenir le fluide dans les conditions supercritiques.

[0053] La chambre réactionnelle 20 du réacteur batch 2 et le réservoir d'attente 3 sont reliés entre eux par une première ligne fluidique 4.

[0054] Une vanne monovoie 40 est agencée sur la première ligne fluidique 4.

[0055] Une deuxième ligne fluidique 5 débouche dans la chambre réactionnelle 20 du réacteur 2. Cette deuxième ligne 5 est prévue pour évacuer les gaz présents dans la chambre 20.

[0056] Une vanne monovoie 50 est agencée sur la deuxième ligne fluidique 5. Également, un piquage 51 destiné à la mesure de pression est réalisé sur cette deuxième ligne fluidique.

[0057] Une pompe à vide 6 est également reliée à cette deuxième ligne fluidique 5, avec une vanne monovoie 60.

[0058] Un dispositif de régulation thermique 7 est relié en entrée à des thermocouples détaillés par la suite, montés en surface des parois 21 et adaptés pour relever différents points de température de la chambre réactionnelle 20 et en sortie aux parois chauffantes 22.

[0059] Une troisième et quatrième ligne fluidique 8, 9, formant une ligne d'entrée et de sortie d'eau de refroidissement sont reliées à l'intérieur des parois de refroidissement 21 pour réaliser un circuit d'eau de refroidissement en leur sein. Ce circuit de refroidissement est avantageusement relié à une source d'eau froide industrielle non représentée.

[0060] Des vannes monovoies 80, 90 sont agencées

individuellement respectivement sur ces lignes 8,9.

[0061] En outre, une autre vanne monovoie 81 agencée sur la ligne d'entrée 8 est reliée à une source d'azote ou autre gaz neutre sous pression. Cette source de gaz neutre sous pression permet de chasser l'eau du circuit de refroidissement selon les besoins.

[0062] Un exemple de configuration axisymétrique du réacteur batch 2 est montrée en figure 2.

[0063] La chambre réactionnelle 20 sous la forme d'un cylindre creux qui est central est entouré directement des parois de refroidissement 21, elles-mêmes directement entourées des parois chauffantes 22.

[0064] Des parois thermiquement isolantes 23 garnissent les faces externes des parois chauffantes 22 et délimitent ainsi une cavité 22 thermiquement isolée.

[0065] Une cuve 24, de préférence métallique, autour de ces parois isolantes internes 23 assure la structure du réacteur et garantit avec un couvercle 25, de préférence métallique, positionné au-dessus de la cuve 24, des tirants de fixation 26 et un ou plusieurs joints d'étanchéité 27 de contenir la pression fluide susceptible de régner dans la chambre réactionnelle 20.

[0066] Les thermocouples 28, par exemple au nombre de trois, sont agencés en surface des parois 21 et en contact avec la chambre réactionnelle 20, pour mesurer la température des parois de cette dernière. Comme montré en figure 2, un thermocouple 28 est agencé sur la paroi latérale 21, tandis que les deux autres 28 sont agencés individuellement sur les parois du dessus et du dessous.

[0067] Une grille 29 est agencée horizontalement en fond de la chambre réactionnelle 20. La charge de matière carbonée C à traiter est déposée directement sur la face supérieure de la grille 29. La dimension des ouvertures de la grille 29 est fonction de la granulométrie de la charge C.

[0068] La ligne 4 d'entrée du fluide supercritique débouche dans la chambre réactionnelle 20 en dessous de la grille 29. Cette arrivée 4 de fluide supercritique est avantageusement agencée à l'horizontale : cela permet d'éviter un bouchage ou autre accumulation résiduelle.

[0069] La ligne 5 de sortie des gaz débouche dans la chambre réactionnelle 20 en dessus de la grille 29, de préférence en haut de la chambre réactionnelle 20. Cette sortie 5 est agencée de préférence de manière à traverser les parois 21, 22, 23, 24 du réacteur et non le couvercle 25, afin de faciliter le montage car ce dernier est amovible.

[0070] Bien que non représentés, des passages étanches électriques pour relier électriquement les thermocouples 28 au dispositif de régulation 7 sont prévus à travers les parois 21, 22, 23, 24 du réacteur.

[0071] La figure 3 illustre un autre exemple de réacteur mis en œuvre selon l'invention.

[0072] Le réacteur 2 de cette figure 3 reprend essentiellement les composants de celui de la figure 2 à la différence principale que l'agencement relatif entre la cuve 24 et le couvercle 25 est inversé.

[0073] Ainsi, le couvercle 25 est positionné au-dessous de la cuve 24.

[0074] La grille 29 est par conséquent agencée horizontalement au niveau du couvercle et la charge de matière carbonée C à traiter est déposée directement sur la face supérieure de la grille 29. L'avantage de cet agencement par rapport à celui de la figure 2 est que le réacteur 2 est plus simple à utiliser, en particulier pour positionner la charge de matière carbonée sur la grille 29.

[0075] En outre, un écran thermique 200 est monté coulissant longitudinalement le long d'un axe central 201 dans la chambre réactionnelle 20, de sorte à isoler thermiquement la charge C pendant la montée en température de la partie haute de la chambre 20. Lors de l'arrivée de l'eau supercritique, cet écran 200 remonte en haut de la chambre réactionnelle 20 où il reste bloqué par un moyen mécanique, par exemple par un cliquet.

[0076] Par ailleurs, les parois de refroidissement 21 sont revêtues par un revêtement liner 210 adapté pour pallier les phénomènes de corrosion. Comme exemple de revêtement liner 210, il peut s'agir d'une plaque métallique de faible épaisseur.

[0077] Le fonctionnement du système 1 selon un cycle va maintenant être décrit en référence à une conversion thermo-chimique d'une quantité de charge carbonée C, par exemple une gazéification hydrothermale de cellulose.

[0078] On désigne ci-après T_{exp} et P_{exp} les conditions supercritiques de température et de pression que l'on souhaite obtenir dans la chambre réactionnelle 20. Typiquement, pour l'eau supercritique, $374^{\circ}C \leq T_{exp} \leq 700^{\circ}C$ et $21,5MPa \leq P_{exp} \leq 40 MPa$.

[0079] Les étapes successives du cycle de fonctionnement sont les suivantes.

[0080] Etape 1/: Toutes les vannes 40, 50, 60, 80, 81, 90 sont fermées. La température et la pression de l'eau dans le réservoir d'attente 3 sont ajustées pour qu'après décharge dans la chambre réactionnelle 20, les conditions requises T_{exp} , P_{exp} , soient atteintes. On peut amener de l'eau à la température et pression voulues dans un autoclave indépendant relié par exemple directement avec le réservoir d'attente 3.

[0081] L'ajustement est réalisé à partir de calculs préalables qui tiennent des espèces, de la réaction thermo-chimique à obtenir, et des énergies thermiques requises, dont la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer la charge C à traiter.

[0082] Etape 2/: La vanne 81 est ouverte et l'eau éventuellement présente dans le circuit de refroidissement est purgé avec l'azote sous pression. Puis, la vanne 81 est refermée.

[0083] Etape 3/: La quantité de charge carbonée C est introduite dans la chambre réactionnelle 20. Pour ce faire, le couvercle 25 du réacteur est ôté. Toutes les vannes sont maintenues fermées. Le couvercle 25 est refermé, la vanne 60 ouverte et le vide est fait dans la chambre réactionnelle 50 par la pompe à vide 6.

[0084] Pendant cette étape 3/, il n'y a bien évidemment

pas de réaction chimique du fait du vide réalisé.

[0085] A la fin de cette étape 3/, la température est stabilisée dans la chambre réactionnelle 20. Contrairement aux systèmes selon l'état de l'art, il n'est pas nécessaire d'attendre la stabilisation thermique de tout le système 1.

[0086] La charge C introduite l'est sous une forme broyée et réduite en poudre avec une granulométrie plus ou moins importante.

[0087] Etape 4/: Les parois 22 sont mises en service pour chauffer avec une consigne de régulation égale à T_{exp} .

[0088] Etape 5/: La vanne 40 est alors ouverte, ce qui provoque le remplissage de la chambre réactionnelle 20 en fluide supercritique et ce jusqu'à obtenir un équilibre des pressions entre la chambre réactionnelle 20 et le réservoir d'attente 3.

[0089] A la fin de cette étape 5/, les conditions supercritiques T_{exp} et P_{exp} sont effectives dans la chambre réactionnelle 20.

[0090] Durant cette étape 5/, l'eau supercritique arrive sous la grille 29 avec une vitesse importante qui pour a pour effet de souffler et de disperser la charge C à traiter dans la chambre réactionnelle 20. Dans une configuration d'un réacteur 2 selon la figure 3, l'écran thermique 200 coulisse le long de l'axe 201 le long de la chambre réactionnelle 20 pour être bloqué dans la partie haute de celle-ci.

[0091] Etape 6/: Une fois cet équilibre de pression atteint, que l'on peut mesurer au moyen d'un manomètre ayant accès à la chambre 20 par le piquage 51, la vanne 40 est fermée.

[0092] La réaction de conversion, par exemple de gazéification hydrothermale, s'effectue pendant une durée prédéterminée permettant la conversion thermochimique que l'on souhaite.

[0093] Le cas échéant, en particulier pour la configuration du réacteur 2 selon la figure 3, la paroi chauffante 22 inférieure est mise en service avec une consigne de régulation égale à T_{exp} .

[0094] A cette étape 6/, les conditions T_{exp} et P_{exp} sont réalisées dans la chambre réactionnelle 20.

[0095] La réaction hydrothermale s'effectue pendant le temps que l'on souhaite.

[0096] Etape 7/: L'alimentation électrique des parois chauffantes 22 est arrêtée et on ouvre les vannes 80, 90 de sorte à réaliser le refroidissement des parois 21 par circulation de l'eau froide en leur sein.

[0097] Ce refroidissement peut être très rapide, par exemple d'environ une minute si le débit d'eau de refroidissement est suffisant pour stopper la réaction hydrothermale.

[0098] Etape 8/: La vanne 50 est alors ouverte pour l'extraction des gaz produits par la conversion thermochimique.

[0099] La ligne 5 d'évacuation des gaz peut être reliée directement à un dispositif d'analyse chimique des gaz, lorsque le système 1 est dédié à des fins expérimentales.

[0100] Etape 9/: La cuve 24 est alors ouverte en ôtant le couvercle 25, les éventuels résidus solides peuvent alors être retirés du réacteur.

[0101] L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits; on peut notamment combiner entre elles des caractéristiques des exemples illustrés au sein de variantes non illustrées.

[0102] D'autres variantes et améliorations peuvent être envisagées sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

[0103] Si l'exemple décrit est une gazéification hydrothermale, l'invention s'applique à toute gazéification de biomasse en conditions supercritiques et plus généralement à toute conversion thermochimique d'une charge carbonée en conditions supercritiques.

[0104] Pour la mise en température et pression supercritiques du fluide, notamment de l'eau, on peut constituer un seul et même appareil qui comprendrait un serpentin d'eau dans un four qui alimenterait directement le réservoir d'attente lui-même alimentant directement une chambre réactionnelle.

Liste des Références citées

[0105]

[1]: O. Boutin, J-C. Ruiz, « Gazéification de biomasse en eau supercritique », Les techniques de l'Ingénieur, Réf. J7010 v1, 10 Mai 2013.

Revendications

1. Système (1) de conversion thermochimique d'une charge carbonée comprenant :

- un réacteur (2) dit réacteur batch, comprenant une chambre réactionnelle (20), destinée à contenir un mélange de fluide supercritique et d'une quantité de charge carbonée à convertir et/ou des produits issus de la conversion thermochimique ;
- un réservoir (3) dit d'attente, destiné à contenir le fluide supercritique;
- une première ligne fluidique (4) reliant entre elles le réservoir d'attente et la chambre réactionnelle du réacteur batch, la première ligne fluidique comprenant une première vanne (40);
- une deuxième ligne fluidique (5) débouchant sur la chambre réactionnelle, la deuxième ligne fluidique comprenant une deuxième vanne (50);

le système étant configuré pour successivement:

- (a) fermer les première et deuxième vannes et ajuster les conditions supercritiques de température et de pression du fluide contenu dans le réservoir d'attente;

- (b) introduire la quantité de charge carbonée dans la chambre réactionnelle et maintenir les première et deuxième vannes fermées;
- (c) ouvrir la première vanne pour remplir la chambre réactionnelle en fluide supercritique et jusqu'à obtenir un équilibre des pressions entre la chambre réactionnelle et le réservoir d'attente;
- (d) fermer la première vanne pendant une durée prédéterminée permettant la conversion thermochimique dans la chambre réactionnelle de la quantité de la charge carbonée mélangée avec le fluide supercritique alimenté depuis le réservoir d'attente;
- (e) ouvrir la deuxième vanne de sorte à évacuer et récupérer par la deuxième ligne fluidique la totalité des gaz présents dans la chambre réactionnelle.
2. Système selon la revendication 1, le volume du réservoir d'attente étant supérieur à celui de la chambre réactionnelle du réacteur batch, de préférence au moins 5 fois supérieur, de préférence encore 10 fois supérieur.
 3. Système selon la revendication 1 ou 2, la chambre réactionnelle du réacteur batch et le réservoir d'attente étant isolés thermiquement de l'extérieur.
 4. Système selon l'une des revendications précédentes, le réacteur batch comprenant des parois chauffantes (22) entourant la chambre réactionnelle et au moins une sonde de température adaptée pour relever au moins une température de la chambre réactionnelle, et un dispositif de régulation thermique pour régler le chauffage des parois chauffantes en fonction de la température relevée par les thermocouples.
 5. Système selon la revendication 4, la(les) sonde(s) de température étant un(des) thermocouples.
 6. Système selon l'une des revendications précédentes, la chambre réactionnelle étant délimitée par des parois de refroidissement (21) comprenant un circuit de fluide de refroidissement alimenté en fluide de refroidissement depuis l'extérieur du réacteur batch.
 7. Système selon la revendication 6, les parois de refroidissement comprenant deux feuilles métalliques soudées entre elles dont au moins l'une d'entre elles comprenant des reliefs délimitant des canaux du circuit de refroidissement.
 8. Système selon la revendication 6 ou 7, les parois de refroidissement (21) étant revêtues d'un revêtement liner (210) adapté pour protéger contre la corrosion les parois chauffantes.
 9. Système selon la revendication 4 ou 5 en combinaison avec l'une des revendications 6 à 8, les parois chauffantes entourant directement les parois de refroidissement.
 10. Système selon l'une des revendications précédentes, la chambre réactionnelle logeant au moins un support (29) à la fois de la charge carbonée et de récupération des produits solides issus de la conversion thermochimique.
 11. Système selon l'une des revendications précédentes, la chambre réactionnelle logeant un dispositif de répartition de flux (29) pour répartir le flux du fluide supercritique sur la section horizontale de la chambre réactionnelle.
 12. Système selon la revendication 10 en combinaison avec la revendication 11, le support constituant le dispositif de répartition de flux.
 13. Système selon l'une des revendications 9 à 12, le support et/ou le dispositif de répartition de flux consistant en une grille (29) et/ou un substrat poreux, agencée horizontalement dans la chambre réactionnelle.
 14. Système selon l'une des revendications précédentes, un écran thermique (200) étant monté coulissant longitudinalement dans la chambre réactionnelle (20).
 15. Utilisation d'un système selon l'une quelconque des revendications précédentes pour réaliser une gazéification hydrothermale d'une charge carbonée.
 16. Utilisation selon la revendication 15, le fluide supercritique et le cas échéant le fluide du circuit de refroidissement étant de l'eau.

[Fig 1]

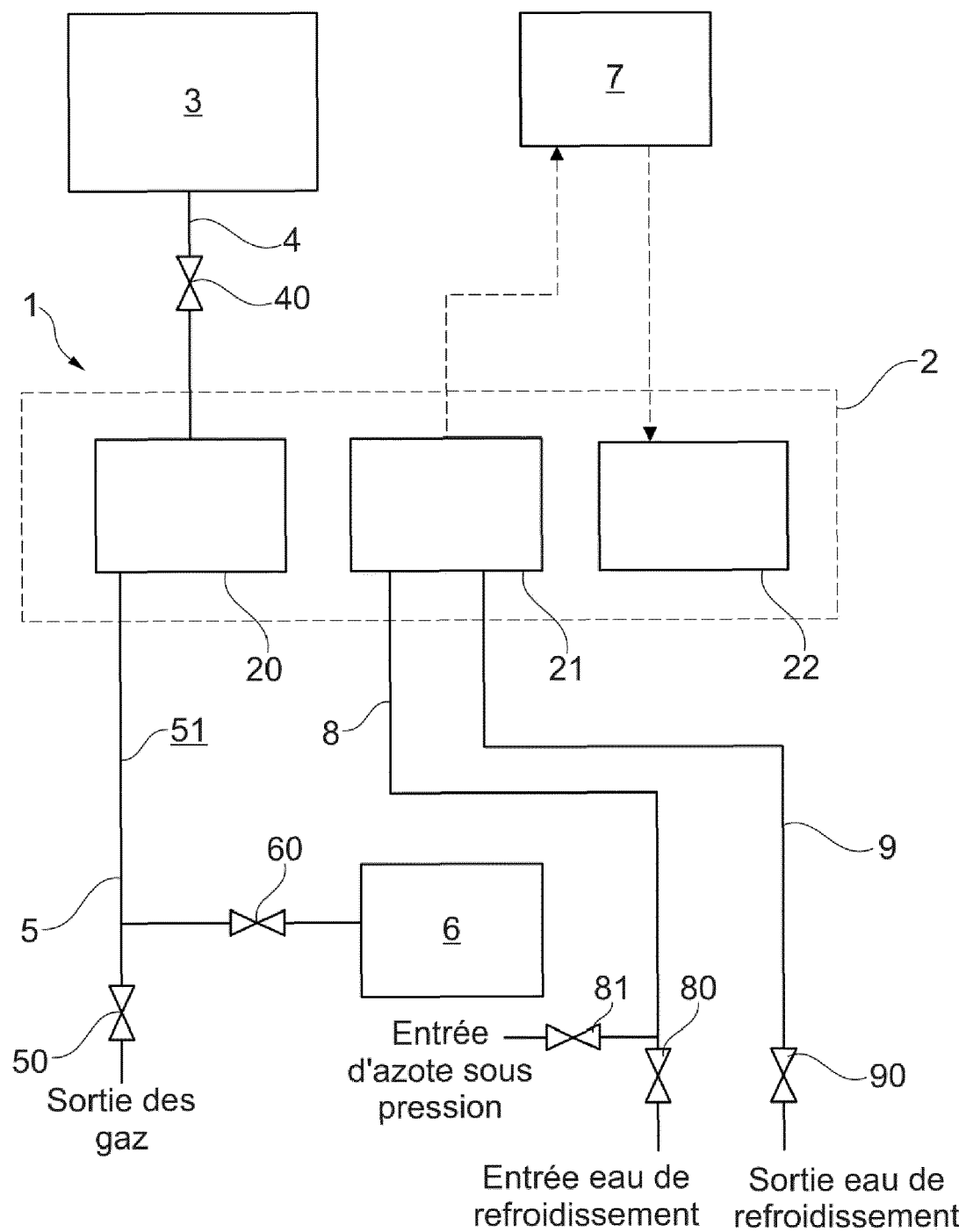


Fig. 1

[Fig 2]

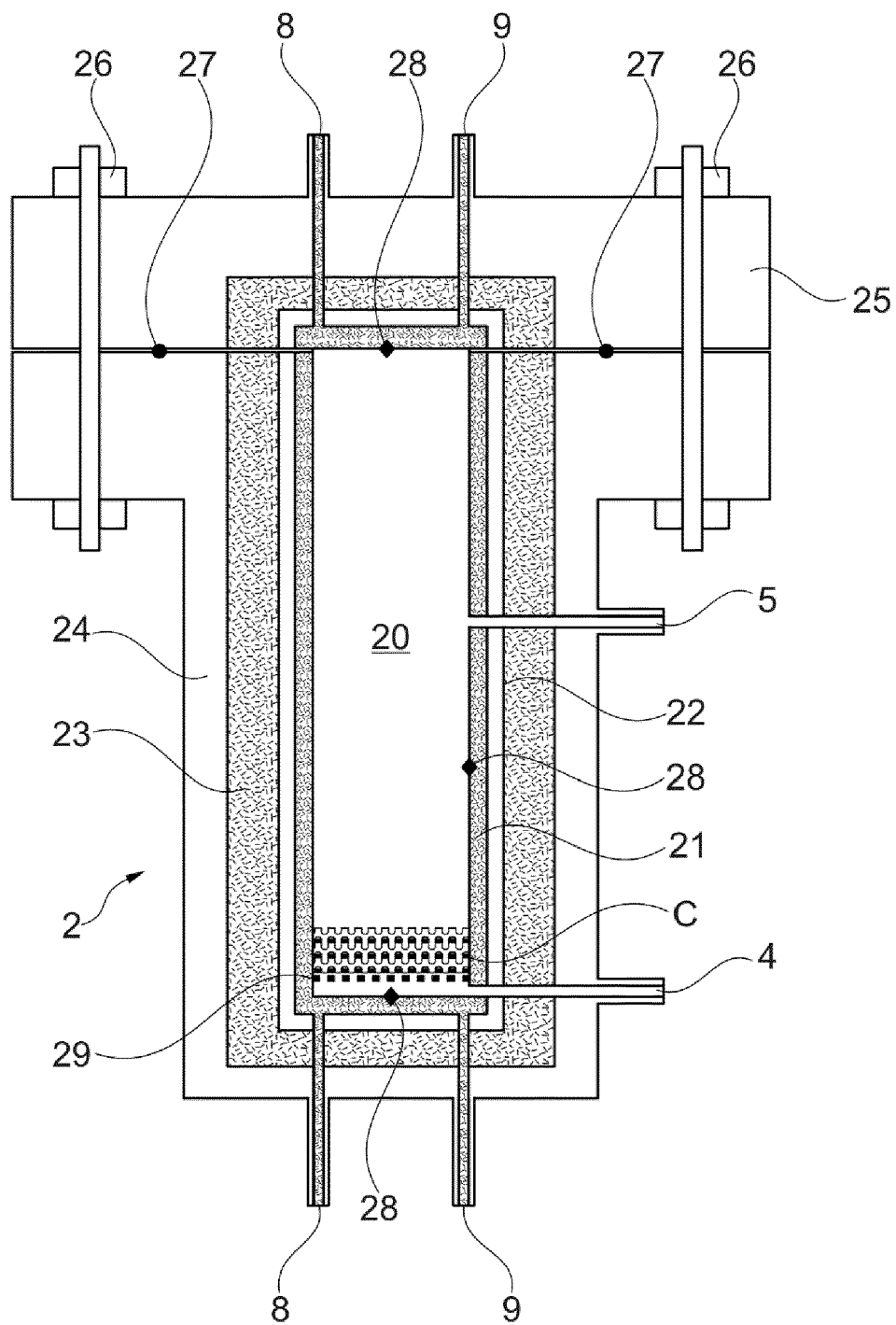


Fig. 2

[Fig 3]

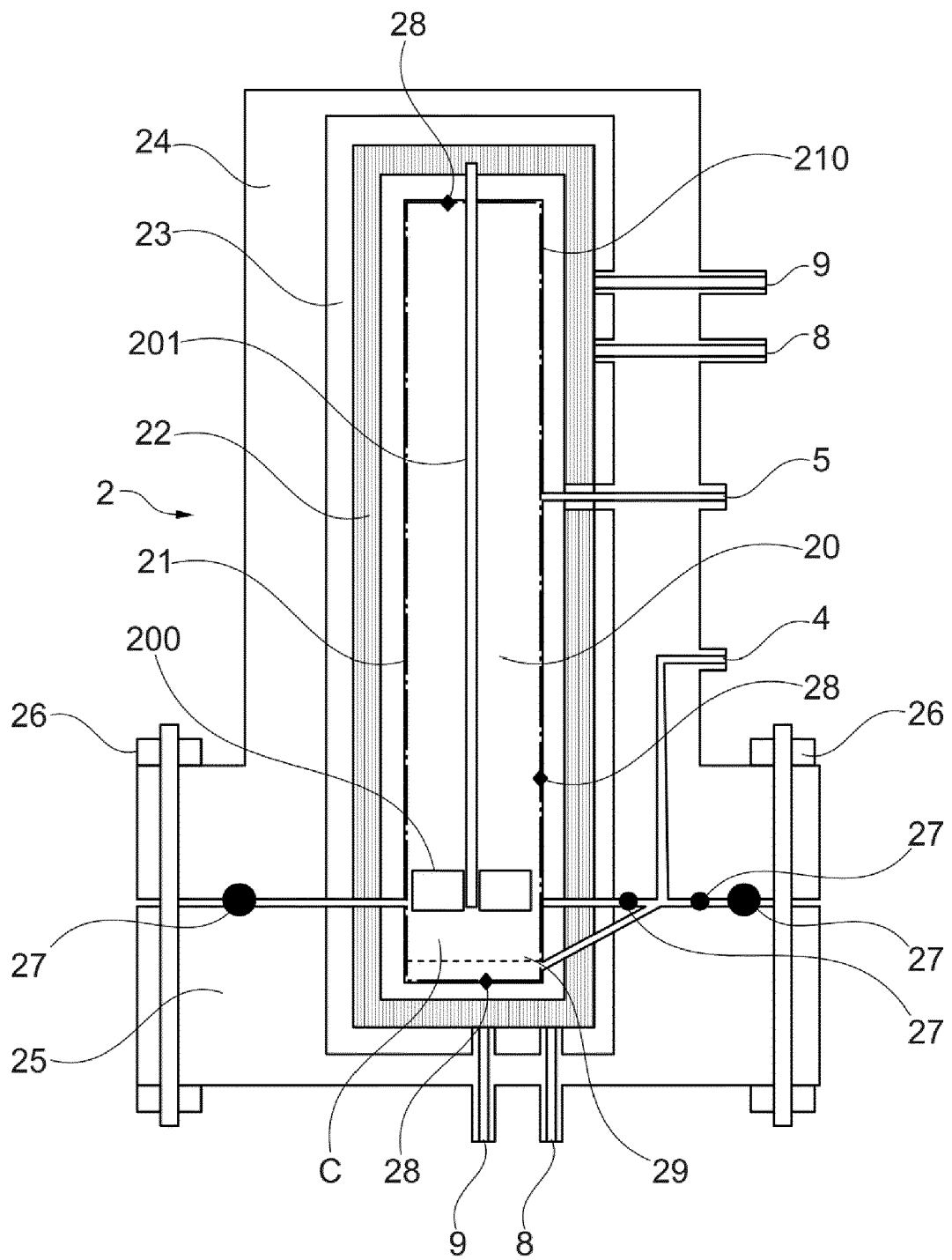


Fig. 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 20 0284

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | Revendication concernée | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC) |
|---|--|---|--|
| A | CN 111 484 220 A (CHEN YUFENG) 4 août 2020 (2020-08-04) * alinéas [0031] - [0035] * * figure 1 * | 1-16 | INV. C10J3/04 C10J3/30 C10J3/78 |
| A | CN 205 528 336 U (SICHUAN COLLEGE ARCHITECTURAL TECHNOLOGY) 31 août 2016 (2016-08-31) * figure 1 * * alinéas [0004] - [0016] * | 1-16 | |
| A | JP 2006 132957 A (TOYO KOATSU CO LTD; ECO PLANET KK) 25 mai 2006 (2006-05-25) * figures 1-4 * * alinéas [0007] - [0011] * | 1-16 | |
| X,P | EP 3 933 010 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 5 janvier 2022 (2022-01-05) * figures 1-2b * * revendications 1-12 * | 1,15 | |
| | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) |
| | | | C10J |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | |
| Lieu de la recherche | | Date d'achèvement de la recherche | Examineur |
| La Haye | | 2 février 2023 | Lachmann, Richard |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | | |

EPO FORM 1503 03:82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 22 20 0284

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-02-2023

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| CN 111484220 A | 04-08-2020 | AUCUN | |
| CN 205528336 U | 31-08-2016 | AUCUN | |
| JP 2006132957 A | 25-05-2006 | AUCUN | |
| EP 3933010 A1 | 05-01-2022 | EP 3933010 A1 | 05-01-2022 |
| | | FR 3111907 A1 | 31-12-2021 |

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **O. BOUTIN ; J-C. RUIZ.** Gazéification de biomasse en eau supercritique », Les techniques de l'Ingénieur. Réf. J7010, 10 Mai 2013, vol. 1 **[0105]**