

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
25 juin 2020 (25.06.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/126310 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B01J 4/00 (2006.01) B01J 8/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2019/082261

(22) Date de dépôt international :
22 novembre 2019 (22.11.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1873436 19 décembre 2018 (19.12.2018) FR

(71) Déposant : IFP ENERGIES NOUVELLES [FR/FR] ; 1
& 4 avenue du Bois-Préau, 92852 RUEIL-MALMAISON
(FR).

(72) Inventeurs : PLENNEVAUX, Thomas ; 1 & 4 ave-
nue du Bois-Préau, 92852 RUEIL-MALMAISON (FR).
BOURNAY, Laurent ; 1 & 4 avenue du Bois-Préau,
92852 RUEIL-MALMAISON (FR). BOUILLON, Pierre-
Antoine ; 1 & 4 avenue du Bois-Préau, 92852 RUEIL-
MALMAISON (FR). ROUSSET, Romain ; 1 & 4 avenue
du Bois-Préau, 92852 RUEIL-MALMAISON (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

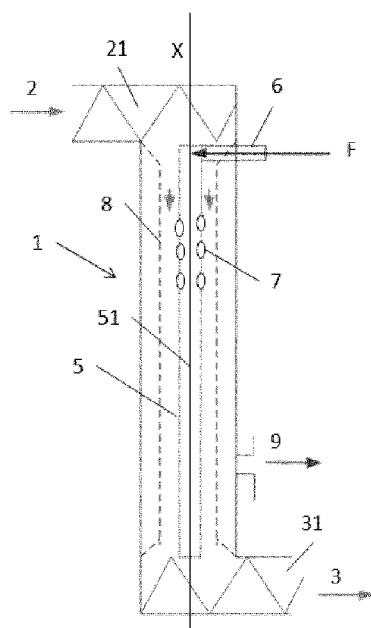
Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title: RADIAL TUBULAR REACTOR

(54) Titre : REACTEUR TUBULAIRE RADIAL

Fig 1



(57) Abstract: The present invention relates to a tubular reactor (1) provided at one of its ends with an at least partially solid charge inlet (2) and at its opposite end with a charge outlet (3), characterized in that said reactor houses a fluid distributor (5), the external wall of which delimits a tubular or annular space (51) which is coaxial with respect to the longitudinal axis (X) of the reactor (1), - said tubular or annular space comprises a fluid inlet (6) at one of its ends, - said tubular or annular space comprises a plurality of lateral fluid outlets (7), said outlets having orifices passing through the outer wall of the distributor to emerge inside the reactor, - said fluid distributor (5) is surrounded in the reactor (1) over at least part of the length of said distributor by a filter (8) which confines the load in the space between the distributor and said filter.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un réacteur tubulaire (1) muni à une de ses extrémités d'une entrée (2) de charge au moins partiellement solide et à son extrémité opposée d'une sortie (3) de charge, caractérisé en ce que ledit réacteur loge un distributeur (5) de fluide dont la paroi externe délimite un espace tubulaire ou annulaire (51) qui est coaxial à l'axe longitudinal (X) du réacteur (1), - ledit espace tubulaire ou annulaire comprend une entrée de fluide (6) à l'une de ses extrémités, - ledit espace tubulaire ou annulaire comprend une pluralité de sorties latérales (7) de fluide, lesdites sorties comprenant des orifices traversant la paroi externe du distributeur pour déboucher à l'intérieur du réacteur, - ledit distributeur de fluide (5) est entouré, dans le réacteur (1), sur au moins une partie de la longueur dudit distributeur, d'un filtre (8) confinant la charge dans l'espace entre le distributeur et ledit filtre.

WO 2020/126310 A1

REACTEUR TUBULAIRE RADIAL

Domaine technique

L'invention concerne les réacteurs tubulaires radiaux. Typiquement, ces réacteurs peuvent être munis de vis, ces vis, par rotation de type vis sans fin autour de l'axe longitudinal des réacteurs, amènent une charge au moins partiellement solide de l'extrémité amont à l'extrémité aval du réacteur, afin de modifier/traiter la charge en question. Les modifications visées peuvent généralement être d'ordre physico-chimique, par exemple pour modifier la qualité de la charge en modifiant sa structure, certaines de ses propriétés, ou pour réaliser une conversion chimique de celle-ci.

Les modifications visées peuvent également être de type thermique, par un échange de calories avec un fluide liquide ou gazeux d'une température supérieure ou inférieure à la charge : l'objectif est alors de chauffer ou refroidir le produit.

L'invention s'intéresse notamment, sans y être limitée, aux charges de type biomasse, notamment les biomasses de type ligno-cellulosique.

Il est ainsi connu de traiter de la biomasse en vue de produire des sucres, des biocarburants comme le bioéthanol, ou des molécules biosourcées, ce traitement comprenant une étape d'imprégnation en milieu acide puis d'hydrolyse enzymatique, comme cela est décrit dans le brevet WO 2018/015227.

Il est également connu d'utiliser une charge dont une fraction contient de la biomasse et une autre fraction contient une charge différente, afin de produire des hydrocarbures de synthèse par la réaction de Fischer-Tropsch, procédé comprenant au moins une étape de prétraitement et une étape de gazéification, comme cela est par exemple décrit dans le brevet WO 2014/068253. La charge doit, lors du prétraitement, être torréfiée.

Technique antérieure

On connaît, par ailleurs, des procédés de traitement par hydrolyse acide de biomasse lignocellulosique, dont celui décrit dans le brevet pré-mentionné, l'utilisation de réacteurs d'explosion à la vapeur en continu. Ces réacteurs tubulaires possèdent une vis convoyeuse sans fin et peuvent traiter la biomasse en pression, grâce à une alimentation par une vis convoyeuse d'amenée décrite plus haut par exemple. Dans le traitement de la biomasse, les températures vont d'environ 160 à 220°C, les temps de séjour vont d'environ 2 à 60 minutes. L'imprégnation acide facilite l'hydrolyse, et est généralement faite au préalable. En général, seule de la vapeur est injectée pour chauffer le réacteur. La vis sans fin du réacteur tourne

dans une enceinte métallique cylindrique, appelée aussi virole, afin de convoier la biomasse depuis la zone d'alimentation jusqu'à la zone de détente explosive où la biomasse subit une modification physique. Cet outil permet donc un traitement physico-chimique assez efficace de la biomasse, avec un bon contrôle du temps de séjour. Néanmoins, l'hémicellulose et la cellulose ne se convertissent pas à la même vitesse, et il reste difficile de maintenir une bonne réactivité de la cellulose à l'hydrolyse enzymatique sans trop dégrader l'hémicellulose durant le prétraitement. Par ailleurs, l'imprégnation est une étape qui a lieu généralement séparément, et en amont, du réacteur d'hydrolyse acide. La cuisson acide se déroule donc avec une seule liqueur acide (utilisée dans l'imprégnation), ce qui limite la flexibilité des conditions opératoires de cuisson.

On connaît également des réacteurs, appelés couramment digesteurs, utilisés par exemple dans l'industrie papetière. Dans ces réacteurs verticaux descendants, la charge et la liqueur, généralement basique, sont injectées en partie haute et descendent de manière gravitaire. La réaction est réalisée globalement à co-courant, avec un certain nombre de zones de séparation liquide/solide intermédiaires.

L'article « Production de biokérosène et de biogazole par la voie thermochimique » publié le 10 mai 2016 par les Techniques de l'Ingénieur (ref IN303V1, auteurs L. Bournay, J-P Heraud, A.C Pierron) décrit ainsi les grands principes de la torréfaction, ainsi que les technologies de réacteurs les plus communément utilisées. En particulier, il décrit un four multi-étagé, qui se compose de plusieurs plateaux superposés dans une enceinte de forme cylindrique verticale. La biomasse est introduite en partie supérieure du four, puis s'écoule de plateau en plateau par gravité. La biomasse est mise en mouvement grâce à des racleurs fixés à un arbre tournant autour de l'axe central de l'enceinte. Les racleurs sont positionnés et orientés de telle sorte que les particules de biomasses soient repoussées vers la circonférence externe ou interne de façon alternée d'un plateau à l'autre. Les particules de biomasse s'écoulent alors vers le plateau inférieur par des ouvertures positionnées à la circonférence du plateau. La température du four est régulée par une génération de gaz chauds déportée et une circulation assurée par des ventilateurs. Le gaz chaud traverse chaque section délimitée par deux soles, le contact avec le produit n'est donc pas dense (le gaz ne traverse pas un lit de charge).

Le but de l'invention est alors de perfectionner ces différents types de réacteurs, notamment afin d'en améliorer les performances et/ou la flexibilité.

Résumé de l'invention

L'invention a tout d'abord pour objet un réacteur tubulaire muni à une de ses extrémités d'une entrée de charge, notamment au moins partiellement solide, et à son extrémité opposée d'une sortie de charge, tel que ledit réacteur loge un distributeur de fluide dont la paroi externe délimite un espace tubulaire ou annulaire qui est coaxial à l'axe longitudinal du réacteur,

- ledit espace tubulaire ou annulaire comprenant une entrée de fluide à l'une de ses extrémités, et une sortie de fluide (9) notamment à son autre extrémité,

- ledit espace tubulaire ou annulaire comprenant une pluralité de sorties latérales de fluide, lesdites sorties comprenant des orifices traversant la paroi externe du distributeur pour déboucher à l'intérieur du réacteur,

- ledit distributeur de fluide étant entouré, dans le réacteur, sur au moins une partie de la longueur dudit distributeur, d'un filtre confinant la charge dans l'espace entre le distributeur et ledit filtre.

Au sens de l'invention, le terme de « filtre » est à comprendre de façon générique comme tout moyen apte à contenir la charge en filtrant, notamment, au moins partiellement le milieu fluidique (liquide ou gazeux) dans laquelle elle peut être en suspension.

Au sens de l'invention, on comprend par une charge « partiellement solide » une charge solide qui peut aussi comprendre une part variable de liquide, par exemple d'eau.

Un tel réacteur vient modifier radicalement la mise en œuvre des réactions chimiques ou des échanges thermiques ayant lieu par contact d'une part entre le fluide injecté par le distributeur axial selon l'invention, et d'autre part la charge alimentant le réacteur, notamment la charge de type biomasse lignocellulosique intéressant plus particulièrement la présente invention.

En effet, le réacteur selon l'invention permet de découpler les temps de séjours du fluide, injecté via le distributeur, du temps de séjour du solide, c'est-à-dire de la charge. Ceci permet d'améliorer la sélectivité et/ou le rendement d'une réaction chimique, notamment en limitant la dégradation des produits d'intérêt en composés solubles dans le fluide, quand il s'agit d'un fluide sous forme liquide, qui sont évacués avec le fluide en question.

Ceci permet par ailleurs de maximiser l'efficacité des échanges thermiques, en enlevant les contraintes associées, par exemple, aux pertes de charges d'un flux de fluide traversant un lit de solide, puisque l'épaisseur de charge traversée par le fluide est ici faible (elle est limitée au rayon de l'espace annulaire qui se trouve entre le distributeur et le filtre).

- 5 Le fluide a ainsi, selon l'invention, un temps de séjour contrôlé dans le réacteur, qui peut être différent du temps de séjour de la charge (généralement un temps de séjour plus court), ce qui peut permettre de limiter l'éventuelle formation de produits secondaires non voulus, produits secondaires pouvant créer des risques d'encrassement du réacteur et/ou venant abaisser le rendement de la transformation voulue de la charge.

10

En faisant ainsi déboucher, depuis le distributeur axial, le fluide transversalement au sens général d'écoulement de la charge dans le réacteur, on assure un contact charge/fluide en courant traverse (appelé aussi courant croisé) : on maximise ainsi la surface d'échange de matière (et éventuellement de chaleur) entre la charge et le fluide, ce qui permet aussi de

15 limiter la taille des équipements, et ce qui conduit généralement également à une limitation de la consommation énergétique nécessaire par rapport à des réacteurs conventionnels opérant le même traitement.

20

Si l'on prend l'application de ce réacteur au prétraitement de biomasse lignocellulosique par torréfaction, on en voit tout l'intérêt : le courant croisé permet d'augmenter le coefficient d'échange et donc de réduire la taille de l'équipement.

25

Si l'on prend l'application de ce réacteur au prétraitement de biomasse lignocellulosique par une liqueur donnée, acide par exemple, on en voit tout l'intérêt : le courant croisé

liqueur/charge facilite la réaction, et, en injectant la liqueur à différents niveaux du réacteur via ce distributeur, on va pouvoir maintenir la performance de l'action de l'acide sur la cellulose, tout en diminuant la dégradation de l'hémicellulose.

30

De façon plus générale, on va aussi pouvoir diminuer les temps de séjour de la charge dans le réacteur, compacter les installations et/ou améliorer les débits de traitement de charge.

35

De préférence, les orifices des sorties de fluide du distributeur sont répartis régulièrement sur sa paroi externe, notamment sur la circonférence du distributeur axial sur au moins une portion de la longueur dudit distributeur. On vient ainsi assurer une distribution radialement

homogène du fluide depuis le distributeur en direction de la zone entre le distributeur et les parois internes du réacteur où se déplace la charge.

De préférence, le filtre comporte un composant fritté ou une plaque percée d'orifices ou une grille, par exemple une grille Johnson, entourant le distributeur, de préférence sur toute la longueur dudit distributeur. Ce filtre vient ainsi retenir la charge, ou tout au moins sa fraction solide, dans la zone entre distributeur et filtre, et permet d'égoutter le fluide en excès et/ou le liquide contenu dans la charge initiale dans la zone entre le filtre et les parois internes du réacteur. Cet égouttage peut être utile en vue de leur recyclage éventuel, dans le réacteur, ou en amont ou en aval de celui-ci, dans le procédé de traitement de la charge intégrant un tel réacteur.

Le filtre et le distributeur sont de préférence coaxiaux (et coaxiaux à l'axe longitudinal du réacteur, qui présente ainsi une symétrie de révolution autour de cet axe).

De préférence, l'entrée de charge est munie d'un moyen d'injection et/ou la sortie de charge est munie d'un moyen d'extraction, les moyens d'injection et/ou d'extraction étant choisis parmi des vis sans fin ou des injecteurs/extracteurs vibrants.

Selon une variante de l'invention, le distributeur peut délimiter un espace tubulaire interne et au moins un espace annulaire coaxial et externe audit espace tubulaire interne, chaque espace, tubulaire et annulaire, véhiculant son propre fluide.

Les fluides peuvent être de compositions et/ou de températures différentes, et ces espaces internes au distributeur peuvent alors être conçus pour que chaque fluide soit mis en contact avec la charge dans des portions différentes du réacteur, tout au long du distributeur axial : la charge peut subir une première modification par mise en contact avec un premier type de fluide sur un premier tronçon du distributeur/du réacteur, puis la charge modifiée peut subir une autre modification par mise en contact avec un deuxième type de fluide sur un tronçon suivant.

Il peut s'agir de réactions différentes, ou de même nature, avec le même type de fluide dans des conditions opératoires différentes (par exemple en utilisant le même fluide mais à des températures différentes, à des concentrations d'agent actif différent, ou en utilisant deux fluides ayant des agents actifs différents mais aux propriétés analogues, comme deux solutions acides avec des acides de force différente).

On peut ainsi « découper » le réacteur en différentes zones réactionnelles successives le long du réacteur, selon la direction générale d'écoulement de la charge dans le réacteur, par exemple deux ou trois zones réactionnelles successives, suivant la taille des équipements et les besoins.

On peut par exemple « découper » le réacteur en une zone réactionnelle précédée et/ou suivie d'une zone destinée à chauffer ou refroidir la charge. Un mode de réalisation du réacteur selon l'invention peut ainsi comporter, d'amont vers l'aval, une zone de chauffage par un premier fluide caloporteur, puis une zone de réaction avec un autre fluide contenant un réactif, puis enfin une zone de refroidissement avec un autre fluide, réfrigérant cette fois.

Si l'on prend l'application de ce réacteur au prétraitement de biomasse lignocellulosique par torréfaction, on en voit tout l'intérêt : il est possible d'utiliser des gaz de nature et/ou de températures différentes selon les zones afin de minimiser les cout opératoires des étapes de séchage et de torréfaction (en optimisant les températures opératoires) et d'intégrer une zone finale de séchage, limitant ainsi le nombre d'équipements : le sécheur, le torréfieur et le refroidissement étant intégrés.

Les fluides distribués par le distributeur peuvent donc avoir un rôle purement thermique, en étant inertes chimiquement vis-à-vis de la charge : ils pourront être des fluides caloporteurs ou réfrigérants. Ils peuvent aussi avoir un rôle chimique/physique vis-à-vis de la charge en contenant au moins un réactif susceptible de la modifier chimiquement/physiquement.

Il est bien sûr possible aussi de prévoir des fluides qui contiennent un ou des réactifs et qui, de par leur température différente de celle de la charge, vont jouer également un rôle thermique, par exemple pour faciliter l'amorçage de la réaction, ou pour en contrôler l'évolution.

Chaque espace tubulaire et annulaire peut s'étendre sur tout ou partie de la longueur du distributeur.

Selon un mode de réalisation, on peut avoir un espace tubulaire interne qui s'étend sur toute la longueur du distributeur et qui est muni de sorties latérales de fluide que sur une portion aval du distributeur, et on peut avoir le ou au moins un des espace(s) annulaire(s) externe(s) qui ne s'étend que sur une portion amont du distributeur, distincte de ladite portion aval.

Si l'espace tubulaire /annulaire défini par le distributeur est unique, on choisit de préférence un espace qui s'étend sur toute la longueur du distributeur, qui, lui-même s'étend sur la majorité de la zone opérationnelle du réacteur, pour assurer une distribution du fluide sur toute la longueur du réacteur.

Si le distributeur délimite plusieurs espaces véhiculant chacun leur fluide, au moins un de ces espaces s'étendra préférentiellement sur une portion donnée du distributeur, et les sorties de fluide de chacun des espaces sont réparties sur la longueur du distributeur de telle

façon que la charge soit séquentiellement mise en contact, au fur et à mesure de son avancée dans le réacteur, avec un fluide différent.

L'invention a également pour objet le procédé de mise en œuvre du réacteur décrit plus haut, où l'on fait circuler un ou des fluides dans le ou les espaces délimités par le distributeur, avec contact en courant croisé du ou des fluides avec la charge en sortie desdits espaces.

Le procédé de mise en œuvre du réacteur selon l'invention traite de préférence une charge comprenant de la biomasse, notamment de type lignocellulosique.

De préférence, dans un mode de réalisation, l'espace annulaire entre le distributeur et le filtre est le lieu de passage d'une charge comprenant de la biomasse, notamment de type lignocellulosique. La taille caractéristique de cette charge est généralement inférieure à 30 cm, de préférence inférieure à 15 cm et notamment inférieure à 5 cm. Pour donner un exemple, la charge peut être constituée de pellets de paille de 8 mm de diamètre et 5 cm de long, ou de plaquettes forestières de 3 à 5 cm de côté. Cette charge peut avoir été préalablement séchée, broyée, mise en forme (pelletisation, briquetisation), imprégnée, par exemple.

Selon une première variante, on fait circuler dans le distributeur un fluide sous forme au moins partiellement gazeuse, notamment pauvre en oxygène, de préférence entre 200 et 350°C, pour assurer une torréfaction de la charge.

Selon une deuxième variante du procédé, on fait circuler dans le distributeur un fluide sous forme au moins partiellement liquide, notamment une solution aqueuse acide ou basique, de préférence entre de préférence entre 80 et 250°C ou encore entre 140 et 250°C, pour assurer une hydrolyse de la charge.

La charge peut généralement comprendre entre 1 et 95%, notamment entre 20 et 80% en poids d'eau.

Dans la première variante du procédé, la charge brute est de préférence de la biomasse lignocellulosique de tout type: paille variées, bois résineux et feuillus, plantes herbacées (miscanthus, cannes ...), etc... La teneur en matière sèche de cette charge brute en entrée de procédé est d'environ 30% à 60% MS pour des copeaux de bois et supérieure à 80% MS pour les pailles. La densité apparente est de 50 à 100 kgMS/m³ pour des pailles en vrac et 125 à 200 kgMS/m³ pour des bois en copeaux. Avant le réacteur, la biomasse subit souvent une imprégnation dans une liqueur, ce qui modifie la teneur en matière sèche en entrée de

réacteur. On obtient ainsi une teneur en matière sèche de 15 – 30 % MS en fin d'imprégnation. La teneur en matière sèche peut remonter à 35 – 45% en cas de recompression mécanique de la charge, via une vis de type "plug screw" par exemple.

Dans la seconde variante du procédé, l'teneur en matière sèche en entrée de réacteur est généralement beaucoup plus faible, avec des taux supérieurs à 30 % MS, préférentiellement 50% voire 70%, voir encore 90%. Par ailleurs, cette variante permet aussi de travailler avec des biomasses mises en forme qui ont une densité bien plus grande d'environ 1000kgMS/m³.

10 Dans tout le présent texte, l'acronyme "MS" désigne le taux de matière sèche qui est mesurée selon la norme ASTM E1756 - 08(2015) « Standard Test Method for Determination of Total Solids in Biomass ». (L'humidité d'un matériau se calcule de la façon suivante : c'est le ratio entre la matière sèche et la somme de la matière sèche et de l'eau.)

15 Avantageusement, le fluide collecté par le filtre dans l'espace entre le filtre et les parois du réacteur peut être recyclé, au moins partiellement, en entrée de fluide d'un espace délimité par le distributeur. Le recyclage peut comporter une étape intermédiaire de nettoyage, régénération, ajustement de la température, ajustement en concentration en agent actif etc... quand cela s'avère nécessaire. (Par exemple quand le fluide liquide collecté se trouve
20 additionné d'eau contenue dans la biomasse injectée dans le réacteur, ou quand il s'est modifié du fait de la réaction avec la charge.)

Avantageusement, le réacteur est disposé selon une orientation sensiblement verticale, avec l'entrée de charge en partie haute, c'est la configuration préférée quand la charge est solide
25 et le fluide est gazeux. Cette orientation favorise une bonne répartition de la charge entre le distributeur axial et le filtre dans le réacteur, elle utilise la gravité pour faciliter le transport de la charge dans le réacteur, ce qui présente deux avantages : d'une part, la densité dans le réacteur peut être plus grande, donc l'équipement peut être de taille limitée, d'autre part le fluide injecté depuis la vis peut être réparti de façon plus homogène à travers la charge.

30 Quand la charge est solide et le fluide plutôt liquide, la configuration préférée est plutôt un réacteur orienté sensiblement verticalement et une entrée de charge en partie basse cette fois, la charge tendant à monter dans le réacteur par mise en suspension dans le liquide.

Optionnellement, le cas échéant, on peut opérer une saturation de la charge avec de l'eau
35 (solvant aqueux) préalablement à son traitement par le ou les fluides véhiculés dans le ou les espaces tubulaires ou annulaires du distributeur, notamment afin que la charge atteigne un taux de matière sèche d'au plus 20%.

Liste des figures

La figure 1 représente une vue en coupe longitudinale d'un réacteur selon l'invention selon un premier exemple d'un premier mode de réalisation.

La figure 2 représente une vue en coupe longitudinale d'un réacteur selon l'invention selon un deuxième exemple d'un premier mode de réalisation.

La figure 3 représente une vue en coupe longitudinale d'un réacteur selon l'invention selon un troisième exemple d'un premier mode de réalisation

La figure 4 représente une vue en coupe longitudinale d'un premier exemple de distributeur selon l'invention selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

La figure 5 représente une vue en coupe longitudinale d'un deuxième exemple de réacteur avec un autre type de distributeur selon l'invention selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

Description des modes de réalisation

L'ensemble des figures est très schématique, les différents composants ne sont pas nécessairement à l'échelle, et gardent la même référence d'une figure à l'autre. Les termes « amont » et « aval » utilisés dans le présent texte font référence à la direction générale d'écoulement de la charge dans le réacteur, selon son axe longitudinal X, de haut en bas ou de bas en haut selon les exemples qui vont être décrits.

Le premier mode de réalisation, qui concerne les figures 1 à 3, correspond à un réacteur avec un type de distributeur selon l'invention qui est apte à distribuer un seul type de fluide, avec une orientation verticale préférée.

Le deuxième mode de réalisation, qui concerne les figures 4 et 5, correspond à un réacteur avec d'autres types de distributeurs selon l'invention, qui sont aptes à distribuer plusieurs fluides différents. L'orientation du réacteur peut aussi être verticale, ou être horizontale également.

La figure 1 représente un réacteur 1 de l'invention selon un premier exemple du premier mode de réalisation.

Le réacteur 1 est tubulaire, cylindrique et présente un axe longitudinal X sensiblement vertical. Il est muni à son extrémité amont, en partie haute, d'une entrée de charge 2, l'amenée de charge se faisant par une vis d'injection 21. Il est muni à son extrémité aval, en partie basse, d'une sortie de charge 3, la sortie de la charge se faisant par une vis d'extraction 31 qui permet de contrôler la vitesse de sortie de la charge traitée. La vis d'extraction 31 et/ou la vis d'injection 21 peuvent être complétées ou remplacées par tout

autre moyen d'extraction/injection, comme un extracteur vibrant par exemple pour la vis d'extraction 31.

La vitesse d'extraction est telle que la charge (au moins partiellement solide) avance à une vitesse comprise de préférence entre 0,1 et 20 m/h, une vitesse qui est compatible avec le temps de séjour requis de la charge dans le réacteur pour réaliser les réactions chimiques voulues. Utiliser un extracteur mécanique permet de maîtriser le temps de séjour de la charge dans le réacteur, et donc d'avoir une bonne homogénéité de traitement de la charge solide.

Le réacteur 1 loge un distributeur axial 5, coaxial à l'axe longitudinal X du réacteur, de type tube. Il loge également une grille 8, qui permet de contenir la partie solide de la charge dans l'espace annulaire qui se trouve entre la grille 8 et distributeur 5, la grille et le distributeur étant coaxiaux). Cette grille 8 remplit donc la fonction de filtre, et le dimensionnement de son maillage est choisi en fonction de la taille des composants de la charge.

Le distributeur 5 est un tube qui définit un espace tubulaire/cylindrique central 51 sur toute la longueur du distributeur. Cet espace tubulaire 51 est alimenté en fluide F par une entrée 6, elle-même connectée à une source du fluide non représentée. L'entrée 6 se trouve dans la partie amont du réacteur, ici en partie haute donc, à proximité de la vis 21 d'injection de la charge. Le distributeur est muni de sorties du fluide F par des perforations/orifices 7 débouchant hors de l'espace tubulaire dans l'espace entre le distributeur 5 et la grille 8, et permettant de laisser sortir le fluide hors du distributeur et venir en contact avec la charge. Ces perforations 7 sont dimensionnées de manière à avoir une bonne répartition du fluide à travers le lit de charge. La figure 1 n'en représente que quelques-unes, pour alléger la figure, mais il y en a sur toute la hauteur du distributeur, réparties sur sa circonférence (ce qui est également le cas pour les figures suivantes). La perte de charge à travers ces orifices 7 est préférentiellement d'au moins 1 bar, afin de limiter l'influence de l'hétérogénéité du chargement en charge au moins partiellement solide dans l'espace annulaire entre le distributeur 5 et la grille 8. On prévoit de préférence des orifices répartis régulièrement à la fois sur la circonférence de la paroi externe du distributeur et sur toute sa longueur. Le fluide F est ensuite extrait du réacteur par une sortie 9 en partie aval, basse ici, du réacteur.

Ici, l'espace interne 51 dans lequel le fluide est destiné à circuler est tubulaire et le centre de l'âme du distributeur est donc vide. Alternativement, on peut prévoir que cet espace interne soit annulaire, avec un centre du distributeur qui serait donc plein, ou tout au moins qui ne serait pas destiné à faire circuler le fluide.

En fonctionnement, la charge au moins partiellement solide est donc transportée axialement de l'entrée 2 à la sortie 3, et, tout au long de son trajet, se trouve mise en contact avec le fluide sortant des orifices 7, par un contact dit « croisé » ou « traverse » particulièrement efficace pour maximiser la réaction/conversion/modification voulue de la charge par le fluide.

5

La figure 2 est un autre exemple du même premier mode de réalisation : toutes choses égales par ailleurs, ne seront décrites que les différences d'avec l'exemple de la figure 1. Ici, le fluide F est injecté non pas en partie haute, mais en partie basse du réacteur, par l'entrée 6' qui est au voisinage de la sortie 3 de la charge, et le fluide sort du réacteur par une sortie 9' en partie haute du réacteur 1' : la charge s'écoule de haut en bas dans le réacteur, alors que le fluide F va « remonter » de bas en haut dans le distributeur 5. Le contact charge/fluide sortant des orifices 7 sur la hauteur du distributeur reste un contact en courant croisé.

10

15

La figure 3 est un autre exemple du même premier mode de réalisation : toutes choses égales par ailleurs, ne seront décrites que les différences d'avec l'exemple de la figure 2. Ici, la charge est injectée non pas en partie haute, mais en partie basse du réacteur 1'', par l'entrée 2' via la vis d'injection 21', qui est au voisinage de l'entrée 6' de fluide F de la charge: la charge s'écoule de bas en haut dans le réacteur, tout comme le fluide F qui « remonte » également de bas en haut dans le distributeur 5. Le contact charge/fluide sortant des orifices 7 sur la hauteur du distributeur reste un contact en courant croisé.

20

La figure 4 présente un premier exemple du deuxième mode de réalisation : ici le distributeur 5' est muni de plusieurs espaces internes coaxiaux permettant d'injecter des fluides F1, F2, F3, F4 de natures et/ou de températures différentes dans des zones définies de l'espace annulaire entre le distributeur 5' et la grille 8. Par exemple, le fluide F1 peut être à 20°C, le fluide F2 peut être à 280°C, le fluide F3 peut être à 300°C et le fluide F4 à 140°C. On a, comme dans la première variante, un espace tubulaire interne 51 de diamètre d1 qui est alimenté en un fluide F1, et un espace annulaire 52 autour de cet espace tubulaire 51, qui est alimenté par un fluide F2, un espace annulaire 52 autour de l'espace 51 alimenté par un fluide F3 et un espace annulaire 53 autour de l'espace 52 alimenté en fluide F4. Les différentes espaces 51,52,53,54 sont alimentés par leurs fluides respectifs en entrée du réacteur, dans sa partie aval. De par leur configuration et leur perçages par des orifices 7 (quelques uns représentés seulement), chacun de ces espaces 51 à 53 vont successivement alimenter avec leurs fluides respectifs chacune des quatre zones Z4 à Z1 du réacteur alignées selon l'axe longitudinal X du réacteur (qui est aussi celui du distributeur 5') :

25

30

35

- L'espace tubulaire 51 se prolonge jusqu'en entrée de la zone Z4, qu'il alimente en fluide

F1 par des orifices 7 localisés que dans cette zone , en passant d'un diamètre donné à un diamètre d2 nettement plus grand, qui est le diamètre de la paroi externe cylindrique du distributeur

- l'espace annulaire 52 se prolonge jusqu'en entrée de la zone Z3 où il s'élargit , zone qu'il alimente en fluide F2 par des orifices 7 localisés que dans cette zone,
- l'espace annulaire 53 se prolonge jusqu'en entrée de la zone Z2 où il s'élargit, zone qu'il alimente en fluide F3 par des orifices localisés que dans cette zone, et enfin
- l'espace annulaire 54 s'arrête en sortie de la zone Z1, qu'il alimente via des orifices localisés dans cette zone.

On voit que l'ensemble des orifices 7 par lesquels le fluide concerné sort du distributeur sont disposés sur la paroi cylindrique externe du distributeur 5'. Pour que les fluides soient correctement distribués, on prévoit une perte de charge suffisante pour compenser, au moins en ce qui concerne les fluides F1,F2 et F3, l'augmentation de diamètre externe des espaces tubulaires /annulaires quand ils débouchent dans leurs zones de distribution.

Chacune des zones Z1 à Z4 est également munie, dans son extrémité aval, d'une sortie pour le fluide qui l'alimente (symbolisée par une flèche F1 à F4). Ces fluides peuvent être récupérés et traités éventuellement selon leur qualité pour être recyclés.

La charge qui avance selon l'axe X se trouve donc successivement en contact avec le fluide F4, puis F3, puis F2, puis F1.

La figure 5 présente un deuxième exemple du deuxième mode de réalisation : comme pour l'exemple de la figure 4, il s'agit de traiter une charge avec plusieurs fluides différents, ici au nombre de 4 également, mais la conception du distributeur 5'' est différente : le réacteur est toujours divisé en quatre zones Z1 à Z4 le long de son axe longitudinal X, mais le distributeur 5'', pour les alimenter en fluides F1 à F4, est compartimenté en quatre zones tubulaires 51',52,' 53' et 54', chacune de même diamètre et pourvue dans son extrémité amont d'une entrée du fluide concerné et dans son extrémité aval d'une sortie du fluide concerné. Comme dans le cas de la figure 4, l'ensemble des orifices 7 par lesquels les fluides sortent du distributeur 5'' sont sur l'enveloppe externe cylindrique du distributeur. Des moyens sont prévus pour solidariser ces 4 portions de cylindres entre elles, notamment des moyens mécaniques. Cette conception de distributeur est plus simple que celle exposée à la figure 4. Elle présente en outre l'intérêt de limiter tout échange thermique possible entre les différents fluides avant qu'ils ne soient injectés dans leur zone dédiée dans le réacteur.

Pour les distributeurs selon l'invention destinés à distribuer plus d'un fluide, comme ceux des figures 4 et 5 précédemment décrits, il est à noter que la taille relative des différentes zones Z1 à Z4 est modulable : en conjonction avec le débit /la concentration en agent actif éventuel des fluides, on peut ainsi ajuster au mieux les temps de contact nécessaires, en fonction de la quantité de charge à traiter.

Le nombre de zones est également modulable en fonction du nombre d'étapes de réaction/modifications de la charge voulue, par exemple entre 2 et 5. On peut aussi utiliser un même réacteur, à quatre zones par exemple, et l'adapter en l'alimentant avec un même fluide sur deux de ses zones au moins, quand seulement 1, 2 ou 3 réactions sont voulues, et non 4.

A noter aussi que l'enveloppe extérieure du distributeur de l'invention n'est pas nécessairement cylindrique (sa section peut être ovale par exemple), ni nécessairement absolument rectiligne, même si cette configuration est la plus simple.

Exemples

Ci-dessous des exemples de mise en œuvre des réacteurs selon le deuxième mode de réalisation décrit plus haut à l'aide des figures 4 ou 5.

Le procédé est un procédé de séchage et de torréfaction qui possède deux intrants : une charge solide brute, sous forme de pellets de pailles dont la longueur variant entre 5 mm et 20 mm, et de diamètre 6 mm, et une entrée de gaz chaud. Ce gaz est composé de fumée issue d'une chambre de combustion externe, non décrite ici, qui brûle du gaz naturel en mélange avec les gaz de torréfaction provenant du réacteur tubulaire de l'invention. L'teneur en matière sèche d'entrée de la charge est 35 % massique. La charge est initialement à température ambiante.

Le débit de charge est 10t/h.

Exemple 1 selon l'invention :

Ici le réacteur 1 permet de torréfier une charge injecté en partie haute via la vis d'injection 21. La charge suit une trajectoire descendante selon un écoulement piston. Le temps de séjour du produit est très bien maîtrisé, ce qui apporte un avantage d'homogénéité de traitement thermique. Selon cet exemple, dont les conditions opératoires sont rapportées dans le tableau 1 ci-dessous, le produit sort refroidi (42°C en moyenne), il n'est pas nécessaire d'ajouter un dispositif spécifique en aval (contrairement à l'exemple 2 comparatif décrit par la suite).

Le réacteur selon l'invention possède 4 zones d'injection de gaz Z1 à Z4. La première zone Z1 est une zone de séchage, la seconde zone Z2 est une zone de chauffe, la troisième zone Z3 est une de torréfaction, la dernière zone Z4 est une zone de refroidissement.

Caractéristique de l'équipement :

Diamètre externe du distributeur radial 5	0,5 m
Diamètre filtre 8	2,0 m
Diamètre virole externe (= diamètre extérieur de la partie cylindrique du réacteur 1)	2,5 m
Longueur zone 1	14,0 m
Longueur zone 2	1,6 m
Longueur zone 3	1,6 m
Longueur zone 4	2,0 m
Longueur totale	19,2 m
Entrée gaz chaud total	179 000 Nm ³ /h
Entrée gaz refroidissement	28000 Nm ³ /h/h
Densité de traitement Ratio capacité/volume	0,1 t/h.m ³
Température entrée gaz séchage F1	140°C
Température entrée gaz chauffe F2	300°C
Température entrée gaz torréfaction F3	280°C
Température entrée gaz refroidissement F4	20°C

5 Exemple comparatif 2 selon l'art antérieur :

Ici l'équipement est un four à soles multiples. La charge fraîche est injectée en haut de l'équipement sur la première sole. Des bras rotatifs munis de socs permettent de faire avancer le produit en spirale sur cette sole jusqu'à atteindre un orifice permettant d'atteindre la seconde sole, et ainsi de suite. L'équipement possède deux zones : une zone de séchage et une zone de torréfaction. Le produit sort de l'équipement chaud. Un dispositif de refroidissement (par exemple refroidisseur à eau muni de vis convoyeuse) doit être prévu en aval. La distribution de temps de séjour du produit dans l'équipement est assez dispersée,

l'homogénéité du traitement thermique est donc plus faible que dans le cas de l'exemple 1. Les conditions opératoires et les outillages utilisés sont décrits dans le tableau 2 ci-dessous

Diamètre	7 m
Hauteur	14 m
Nombres de soles	14
Débit de gaz chaud total	60000Nm ³ /h
Densité de traitement Ratio capacité/volume	0.02 t/h.m ³
Température gaz entrée séchage	300°C
Température gaz entrée torréfaction	350°C
Temps de séjour en torréfaction	30 min

- 5 Au-delà de l'homogénéité plus faible du traitement thermique, cet exemple conduit à une densité de traitement 5 fois plus faible que dans le cas de l'exemple 1 (ratio capacité/volume), donc des installations 5 fois plus volumineuses pour une même quantité de charge à traiter. L'exemple de l'invention propose une solution compacte, où l'ensemble des réactions/échanges thermiques nécessaire peut être réalisé au sein d'un seul réacteur.

Revendications

1. Réacteur tubulaire (1) muni à une de ses extrémités d'une entrée (2) de charge, notamment au moins partiellement solide, et à son extrémité opposée d'une sortie (3) de charge, caractérisé en ce que ledit réacteur loge un distributeur (5) de fluide dont la paroi externe délimite un espace tubulaire ou annulaire (51) qui est coaxial à l'axe longitudinal (X) du réacteur (1),
- 5
- ledit espace tubulaire ou annulaire comprend une entrée de fluide (6) à l'une de ses extrémités, et une sortie de fluide (9) notamment à son autre extrémité,
- 10
- ledit espace tubulaire ou annulaire comprend une pluralité de sorties latérales (7) de fluide, lesdites sorties comprenant des orifices traversant la paroi externe du distributeur pour déboucher à l'intérieur du réacteur,
- 15
- ledit distributeur de fluide (5, 5', 5'') est entouré, dans le réacteur (1), sur au moins une partie de la longueur dudit distributeur, d'un filtre (8) confinant la charge dans l'espace entre le distributeur et ledit filtre.
2. Réacteur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les orifices (7) des sorties de fluide du distributeur (5) sont répartis régulièrement sur sa paroi externe.
- 20
3. Réacteur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le filtre comporte un composant fritté ou une plaque percée d'orifices ou une grille (8) entourant le distributeur (5), de préférence sur toute la longueur dudit distributeur.
- 25
4. Réacteur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'entrée de charge (2) est munie d'un moyen d'injection (21) et/ou en ce que la sortie de charge (3) est munie d'un moyen d'extraction, les moyens d'injection et/ou d'extraction étant choisis parmi des vis sans fin ou des injecteurs/extracteurs vibrants.
- 30
5. Réacteur (1') selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le distributeur (5') délimite un espace tubulaire interne (51) et au moins un espace annulaire coaxial (52) et externe audit espace tubulaire interne (51), chaque espace, tubulaire et annulaire, véhiculant son propre fluide.
- 35
6. Réacteur (1') selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chaque espace tubulaire et annulaire (51,52) s'étend sur tout ou partie de la longueur du distributeur (5').

7. Réacteur (1') selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'espace tubulaire interne (51) s'étend sur toute la longueur du distributeur (5',5'') et est muni de sorties latérales (7) de fluide que sur une portion aval du distributeur (5',5''), et en ce que le ou au moins un des espace(s) annulaire(s) externe(s) (52,53,54) ne s'étend que sur une portion amont du distributeur distincte de ladite portion aval.
8. Réacteur selon l'une des revendications précédentes 1 à 4, caractérisé en ce que le distributeur délimite une succession d'espaces tubulaires compartimentés (51',52',53',54') selon l'axe (X) longitudinal du réacteur.
9. Procédé de mise en œuvre du réacteur (1,1') selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on fait circuler un ou des fluides dans le ou les espaces (51,52,53,54) délimités par le distributeur (5), avec contact en courant croisé du ou des fluides avec la charge en sortie desdits espaces.
10. Procédé de mise en œuvre du réacteur (1,1') selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il traite une charge comprenant de la biomasse, notamment de type lignocellulosique.
11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce qu'on fait circuler dans l'espace ou un des espaces délimités par le distributeur (5) un fluide sous forme au moins partiellement liquide, notamment une solution aqueuse acide ou basique, de préférence entre 80 et 250°C, pour assurer une hydrolyse de la charge.
12. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce qu'on fait circuler dans l'espace ou un des espaces délimités par le distributeur (5) un fluide sous forme au moins partiellement gazeuse, notamment pauvre en oxygène, de préférence entre 200 et 350°C, pour assurer une torréfaction de la charge.
13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que le fluide collecté par le filtre (8) dans l'espace entre le filtre et les parois du réacteur (1,1') est recyclé, au moins partiellement, en entrée de fluide d'un espace délimité par le distributeur (5).
14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que le réacteur (1,1') est disposé selon une orientation sensiblement verticale, avec l'entrée de charge (2) en partie haute ou en partie basse.

15. Procédé selon l'une des revendications 9 à 14, caractérisé en ce qu'on opère une saturation de la charge avec de l'eau préalablement à son traitement par le ou les fluides véhiculés dans le ou les espaces tubulaires et/ou annulaires (51,52) du distributeur (5),
5 notamment afin que la charge atteigne un taux de matière sèche MS d'au plus 20%.

Fig 1

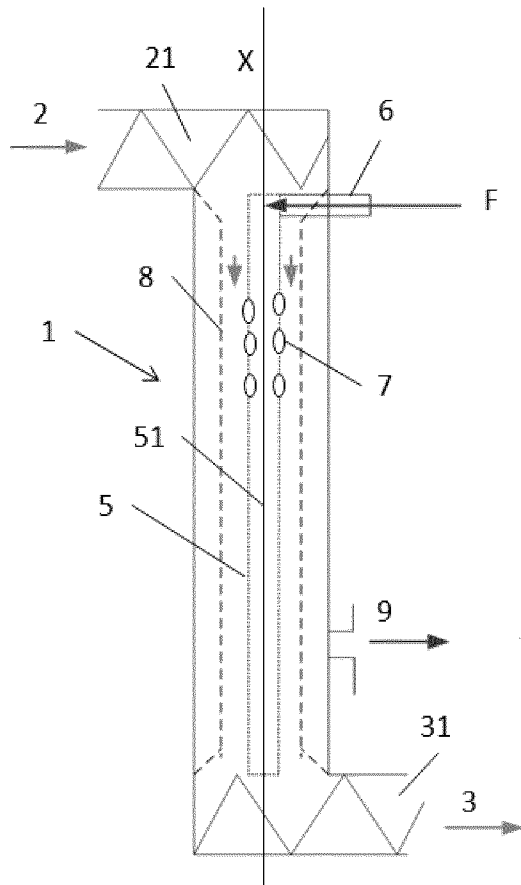


Fig 2

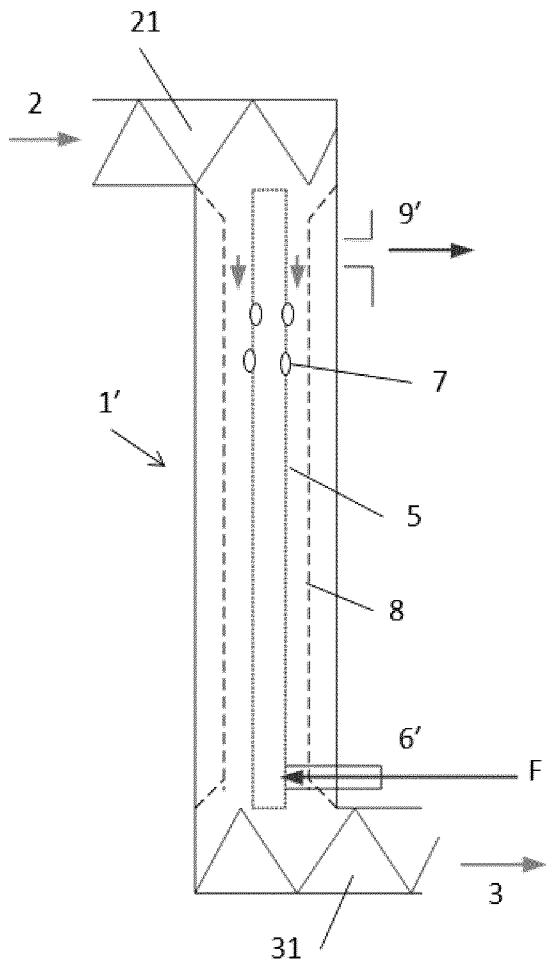


Fig 3

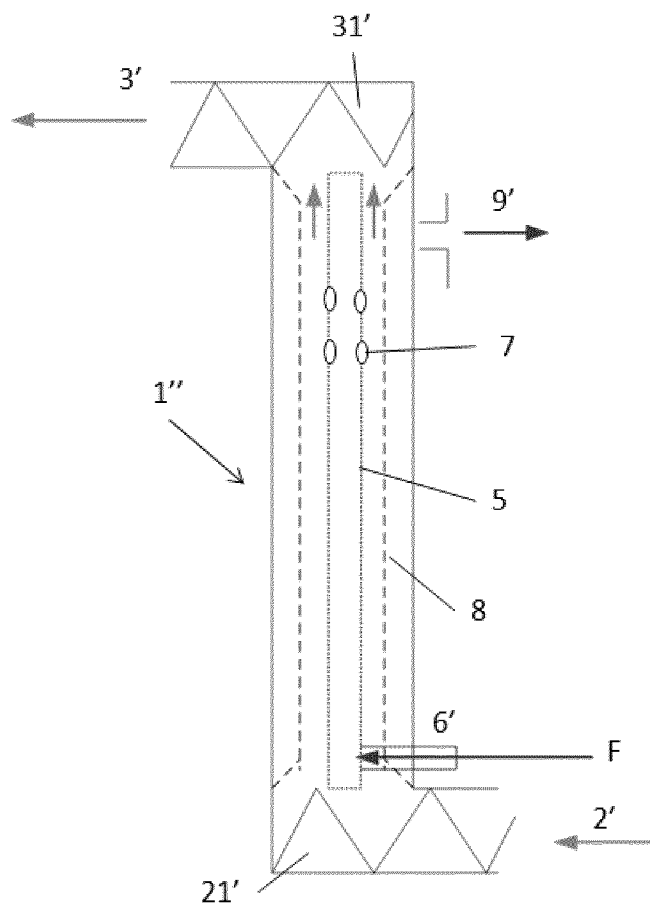


Fig 4

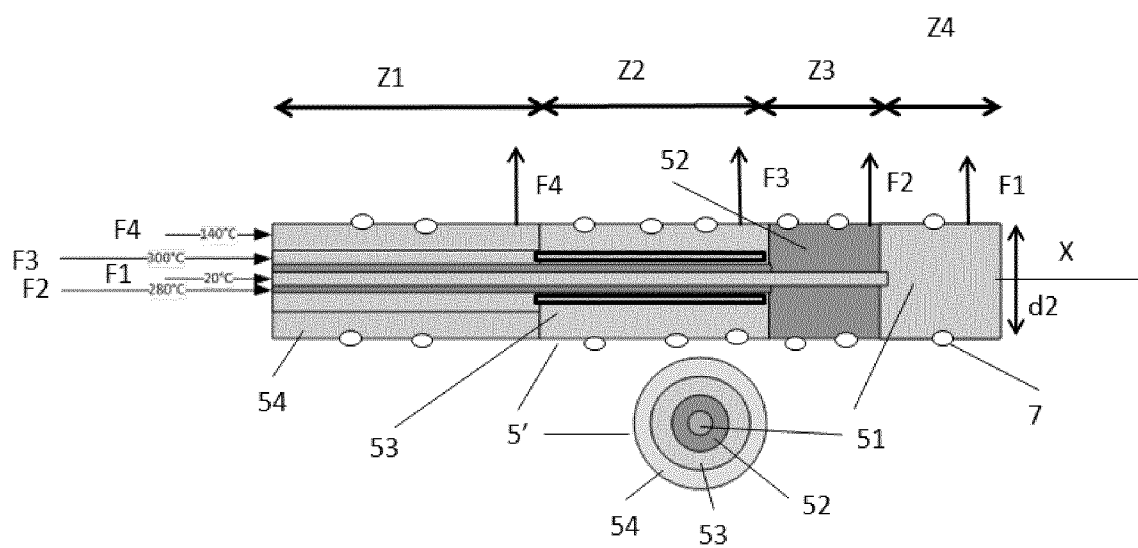
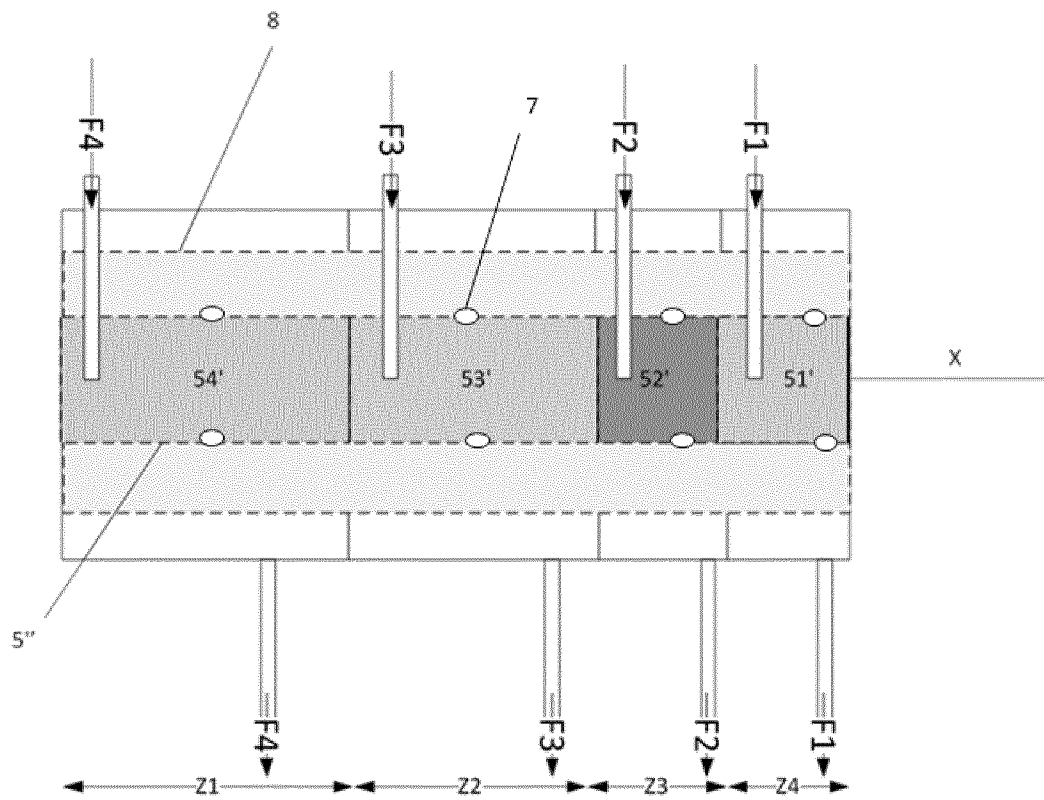


Fig 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/082261

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B01J 4/00**(2006.01)i; **B01J 8/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2911777 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]) 02 September 2015 (2015-09-02) abstract column 3, paragraph 14 - column 4, paragraph 20; claim 1; figure 1	1-15
A	EP 2043772 A1 (WESTLAKE LONGVIEW CORP [US]) 08 April 2009 (2009-04-08) abstract claim 1; figure 1	1-15
A	WO 2008042078 A1 (UNIVATION TECH LLC [US]; TERRY KERSTEN A [US] ET AL.) 10 April 2008 (2008-04-10) abstract page 5, paragraph 26 - page 6, paragraph 27; figure 1A	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 December 2019

Date of mailing of the international search report

03 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Thomasson, Philippe

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/082261

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2911777	A1	02 September 2015	CA	2889429	A1	01 May 2014
				CN	104768638	A	08 July 2015
				EP	2911777	A1	02 September 2015
				JP	6301940	B2	28 March 2018
				JP	2016501706	A	21 January 2016
				RU	2015119460	A	20 December 2016
				US	2015291885	A1	15 October 2015
				US	2018320085	A1	08 November 2018
				WO	2014064109	A1	01 May 2014
EP	2043772	A1	08 April 2009	BR	PI0714363	A2	26 February 2013
				CN	101489663	A	22 July 2009
				EP	2043772	A1	08 April 2009
				JP	5437800	B2	12 March 2014
				JP	2009544766	A	17 December 2009
				KR	20090031577	A	26 March 2009
				US	2008021178	A1	24 January 2008
				US	2010190935	A1	29 July 2010
				WO	2008010911	A1	24 January 2008
WO	2008042078	A1	10 April 2008	AU	2007305470	A1	10 April 2008
				BR	PI0719960	A2	29 April 2014
				CA	2664188	A1	10 April 2008
				CL	2007002839	A1	24 March 2008
				CN	101553507	A	07 October 2009
				CN	105801726	A	27 July 2016
				EP	2076548	A1	08 July 2009
				JP	5313145	B2	09 October 2013
				JP	2010505998	A	25 February 2010
				KR	20090064598	A	19 June 2009
				MX	337877	B	22 March 2016
				MY	150190	A	13 December 2013
				RU	2009116622	A	10 November 2010
				SG	173388	A1	29 August 2011
				TW	200902559	A	16 January 2009
				US	2010041841	A1	18 February 2010
				WO	2008042078	A1	10 April 2008
				WO	2008042177	A1	10 April 2008
				ZA	200901335	B	28 July 2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/082261

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B01J4/00 B01J8/00 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) B01J		
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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 2 911 777 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]) 2 septembre 2015 (2015-09-02) abrégé colonne 3, alinéa 14 - colonne 4, alinéa 20; revendication 1; figure 1 -----	1-15
A	EP 2 043 772 A1 (WESTLAKE LONGVIEW CORP [US]) 8 avril 2009 (2009-04-08) abrégé revendication 1; figure 1 -----	1-15
A	WO 2008/042078 A1 (UNIVATION TECH LLC [US]; TERRY KERSTEN A [US] ET AL.) 10 avril 2008 (2008-04-10) abrégé page 5, alinéa 26 - page 6, alinéa 27; figure 1A -----	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 "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "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) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international 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 "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 "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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 5 décembre 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 03/01/2020
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 Thomasson, Philippe

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/082261

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 2911777	A1	02-09-2015	CA	2889429 A1	01-05-2014
			CN	104768638 A	08-07-2015
			EP	2911777 A1	02-09-2015
			JP	6301940 B2	28-03-2018
			JP	2016501706 A	21-01-2016
			RU	2015119460 A	20-12-2016
			US	2015291885 A1	15-10-2015
			US	2018320085 A1	08-11-2018
			WO	2014064109 A1	01-05-2014

EP 2043772	A1	08-04-2009	BR	PI0714363 A2	26-02-2013
			CN	101489663 A	22-07-2009
			EP	2043772 A1	08-04-2009
			JP	5437800 B2	12-03-2014
			JP	2009544766 A	17-12-2009
			KR	20090031577 A	26-03-2009
			US	2008021178 A1	24-01-2008
			US	2010190935 A1	29-07-2010
			WO	2008010911 A1	24-01-2008

WO 2008042078	A1	10-04-2008	AU	2007305470 A1	10-04-2008
			BR	PI0719960 A2	29-04-2014
			CA	2664188 A1	10-04-2008
			CL	2007002839 A1	24-03-2008
			CN	101553507 A	07-10-2009
			CN	105801726 A	27-07-2016
			EP	2076548 A1	08-07-2009
			JP	5313145 B2	09-10-2013
			JP	2010505998 A	25-02-2010
			KR	20090064598 A	19-06-2009
			MX	337877 B	22-03-2016
			MY	150190 A	13-12-2013
			RU	2009116622 A	10-11-2010
			SG	173388 A1	29-08-2011
			TW	200902559 A	16-01-2009
			US	2010041841 A1	18-02-2010
			WO	2008042078 A1	10-04-2008
			WO	2008042177 A1	10-04-2008
			ZA	200901335 B	28-07-2010
