



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2013/09/24
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2014/04/24
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2015/03/13
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2013/052244
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2014/060672
 (30) **Priorité/Priority:** 2012/10/17 (FR12/02773)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. B01J 8/00** (2006.01),
B01J 8/06 (2006.01)
 (71) **Demandeur/Applicant:**
 IFP ENERGIES NOUVELLES, FR
 (72) **Inventeurs/Inventors:**
 SANZ, ELENA, FR;
 BEAUMONT, ROBERT, FR;
 BOYER, CHRISTOPHE, FR
 (74) **Agent:** ROBIC

(54) **Titre : SYSTEME PNEUMATIQUE DE CHARGEMENT DENSE DE CATALYSEUR DANS DES TUBES A BAIONNETTE POUR REACTEUR ECHANGEUR DE VAPOREFORMAGE FAISANT APPEL A UN TUBE AUXILIAIRE POUR L'INTRODUCTION DES PARTICULES SOLIDES**
 (54) **Title: PNEUMATIC SYSTEM FOR DENSE CATALYST LOADING IN BAYONET TUBES FOR A STEAM REFORMING REACTOR-EXCHANGER, USING AN AUXILIARY TUBE FOR THE INTRODUCTION OF SOLID PARTICLES**

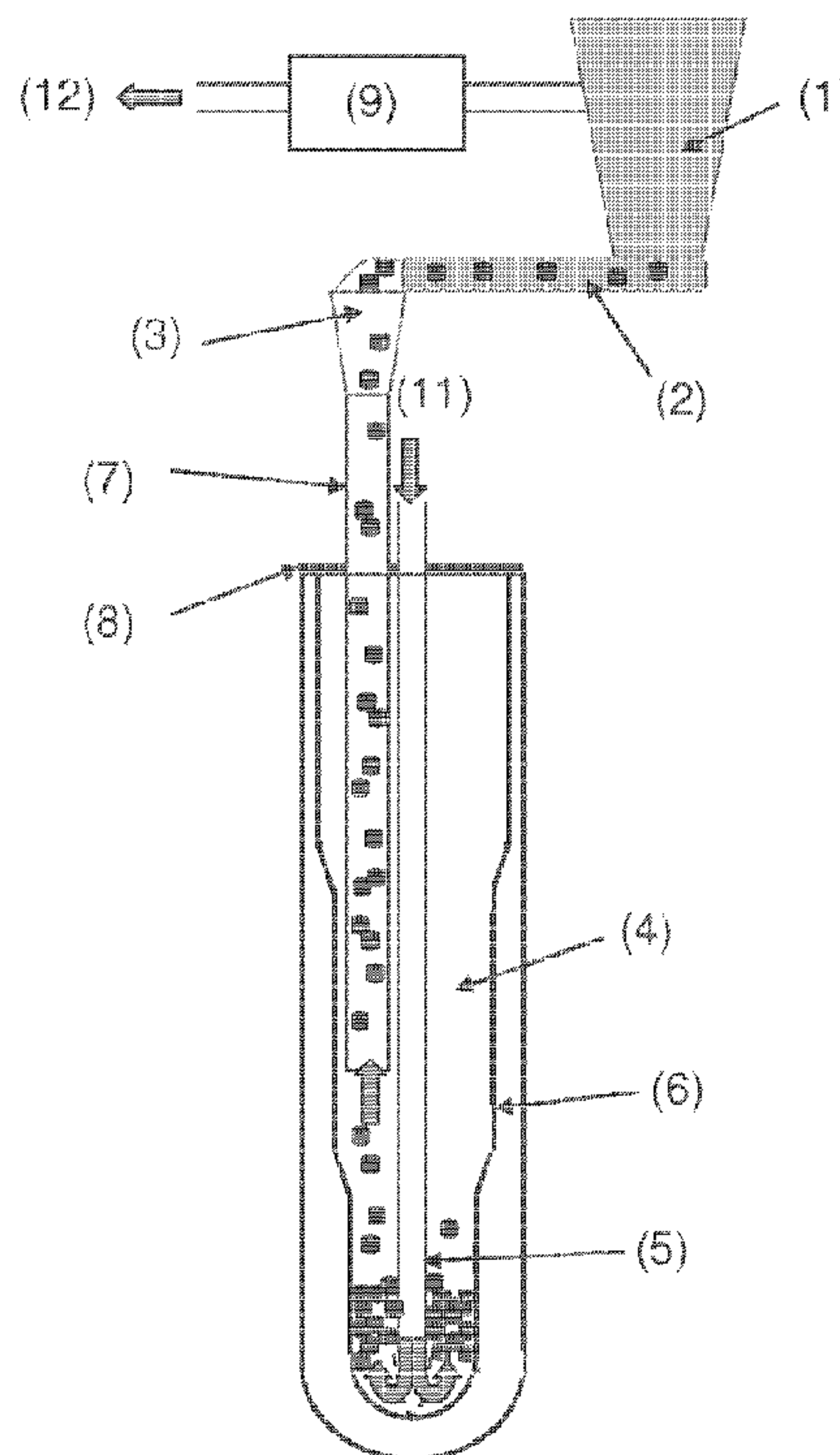


Fig 1

(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention décrit un dispositif et une méthode de chargement dense et homogène de catalyseur dans l'espace annulaire (4) de tubes à baïonnette définis par un tube externe (6) et un tube interne (5) mis en oeuvre dans un réacteur de vaporeformage, ledit dispositif utilisant un tube auxiliaire rigide (7) d'introduction des particules solides dans ladite zone annulaire (4).



(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**
24 avril 2014 (24.04.2014)**WIPO | PCT****(10) Numéro de publication internationale**
WO 2014/060672 A1

- (51) Classification internationale des brevets :**
B01J 8/00 (2006.01) B01J 8/06 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :**
PCT/FR2013/052244
- (22) Date de dépôt international :**
24 septembre 2013 (24.09.2013)
- (25) Langue de dépôt :** français
- (26) Langue de publication :** français
- (30) Données relatives à la priorité :**
12/02773 17 octobre 2012 (17.10.2012) FR
- (71) Déposant :** IFP ENERGIES NOUVELLES [FR/FR]; 1 & 4 Avenue du Bois-Préau, F-92852 Rueil-malmaison (FR).
- (72) Inventeurs :** SANZ, Elena; 0024 Rue De La Quarantaine, F-69005 Lyon (FR). BEAUMONT, Robert; 0240 Rue Chateaubriand, F-69140 Rillieux La Pape (FR). BOYER, Christophe; 0626 Rue De La Brosse, F-69390 Charly (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (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))

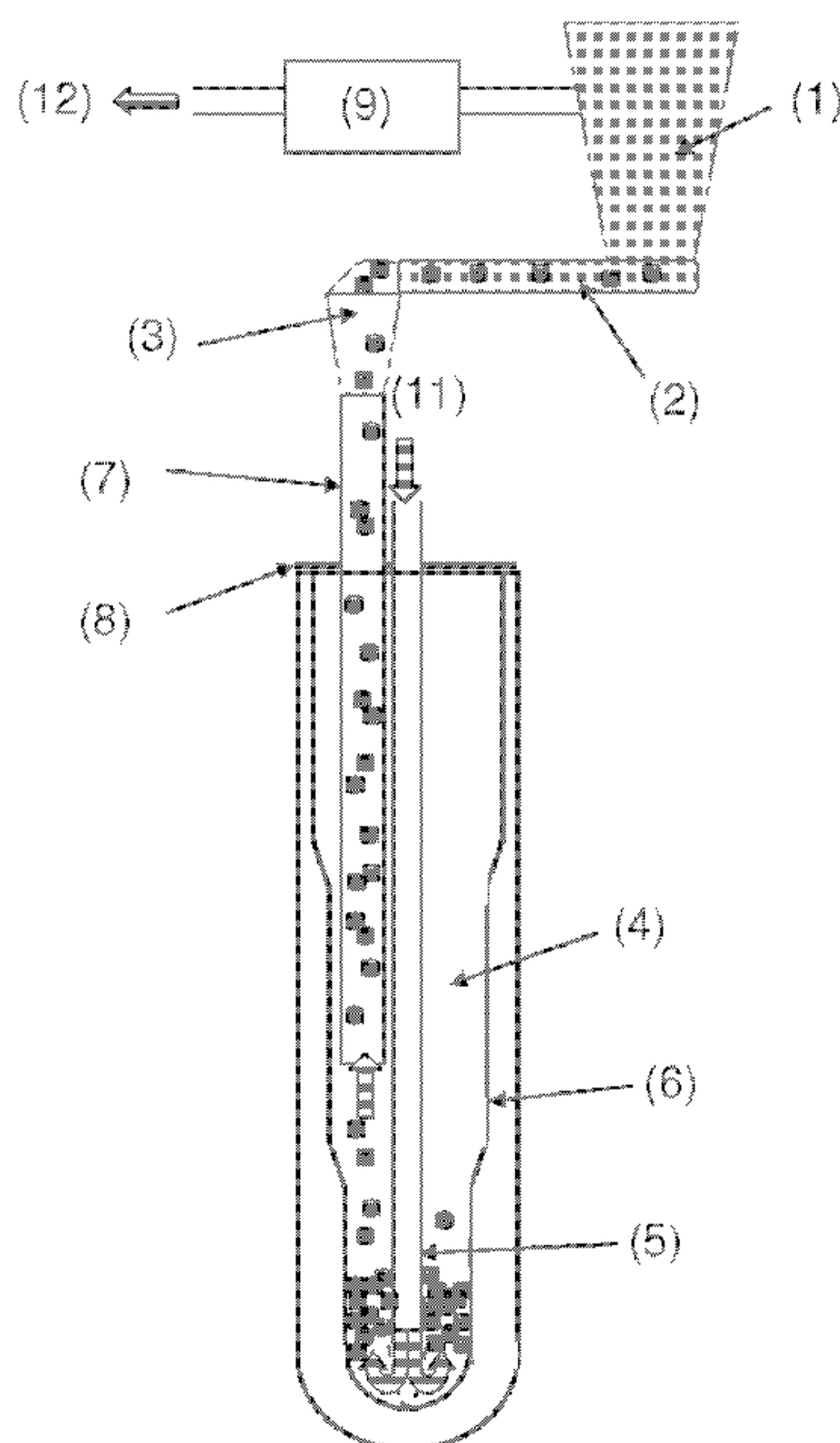
(54) Title : PNEUMATIC SYSTEM FOR DENSE CATALYST LOADING IN BAYONET TUBES FOR A STEAM REFORMING REACTOR-EXCHANGER, USING AN AUXILIARY TUBE FOR THE INTRODUCTION OF SOLID PARTICLES**(54) Titre :** SYSTÈME PNEUMATIQUE DE CHARGEMENT DENSE DE CATALYSEUR DANS DES TUBES A BAIONNETTE POUR RÉACTEUR ÉCHANGEUR DE VAPOREFORMAGE FAISANT APPEL A UN TUBE AUXILIAIRE POUR L'INTRODUCTION DES PARTICULES SOLIDES

Fig 1

(57) Abstract : The invention relates to a device and method for densely and homogeneously loading catalyst into the annular space (4) of bayonet tubes defined by an outer tube (6) and an inner tube (5), used in a steam reforming reactor, said device using an auxiliary rigid tube (7) to introduce solid particles into the annular zone (4).

(57) Abrégé : La présente invention décrit un dispositif et une méthode de chargement dense et homogène de catalyseur dans l'espace annulaire (4) de tubes à baïonnette définis par un tube externe (6) et un tube interne (5) mis en œuvre dans un réacteur de vaporeformage, ledit dispositif utilisant un tube auxiliaire rigide (7) d'introduction des particules solides dans ladite zone annulaire (4).

**SYSTÈME PNEUMATIQUE DE CHARGEMENT DENSE DE CATALYSEUR
DANS DES TUBES A BAÏONNETTE POUR RÉACTEUR ÉCHANGEUR DE
VAPOREFORMAGE FAISANT APPEL A UN TUBE AUXILIAIRE POUR
L'INTRODUCTION DES PARTICULES SOLIDES**

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention se situe dans le domaine du chargement des tubes catalytiques utilisés dans des réacteurs tubulaires mettant en œuvre des réactions fortement endothermiques ou
5 fortement exothermiques. La présente invention est donc particulièrement adaptée au réacteur de vaporeformage de gaz naturel ou de diverses coupes hydrocarbonées en vue de la production du mélange CO+H₂ appelé gaz de synthèse.

On peut distinguer deux grandes familles de réacteurs de vaporeformage.

Les réacteurs dans lesquels la chaleur est apportée par un ensemble de brûleurs situés à
10 l'intérieur du réacteur, et ceux dans lesquels la chaleur est apportée par un fluide caloporteur, généralement des fumées de combustion, ladite combustion ayant lieu à l'extérieur du réacteur de vaporeformage lui même.

Certains réacteurs de ce dernier type qu'on appelle dans la suite réacteur échangeur, font appel à des tubes simples. D'autres font appel à des tubes concentriques doubles également appelés
15 tubes à baïonnette. Un tube à baïonnette peut se définir comme un tube intérieur entouré d'un tube extérieur coaxial au tube interne, l'espace annulaire compris entre le tube intérieur et le tube extérieur étant généralement rempli de catalyseur. Dans la suite du texte on parlera d'espace annulaire ou de zone catalytique pour désigner ledit espace annulaire défini par les tubes à baïonnette.

20 Dans le cadre de la présente invention, le gaz naturel, ou plus généralement la charge hydrocarbonée, est introduit(e) par la zone annulaire selon un écoulement de haut en bas, et les effluents réactionnels sont collectés dans la partie centrale du tube interne selon un écoulement de bas en haut.

La réaction de vaporeformage du gaz naturel pour la production d'hydrogène, est très
25 endothermique et a donc généralement lieu dans des fours ou des réacteurs-échangeurs au sens précédemment défini.

La réaction a lieu à des températures très élevées, typiquement 900°C et sous pression, typiquement de 20 à 30 bars. Dans ces conditions, seule une mise en œuvre de la réaction à l'intérieur de tubes peut être envisagée dans des conditions économiquement viables en raison
30 de la tenue mécanique des matériaux.

Les réacteurs échangeurs catalytiques sont donc constitués d'une multitude de tubes, typiquement de l'ordre de 200 à 350 tubes pour des unités produisant 100 000 Nm³/h

d'hydrogène, cet ensemble de tubes étant enfermé dans une calandre qui reçoit le fluide chaud permettant d'apporter les calories nécessaires à la réaction de vaporeformage.

Ce fluide chaud ou fluide caloporteur est généralement constitué par les fumées d'une combustion ayant lieu à l'extérieur du réacteur échangeur.

5 Le catalyseur doit donc être installé dans tous les tubes de vaporeformage de façon régulière d'un tube à l'autre, afin d'avoir une perte de charge identique d'un tube à l'autre.

Cette condition est très importante pour garantir une bonne répartition des réactifs sur l'ensemble des tubes catalytiques et éviter qu'un tube soit par exemple moins alimenté, ce qui pourrait conduire à une surchauffe importante du matériau constituant le tube, cette
10 surchauffe réduisant d'autant la durée de vie du tube.

De même, il est important qu'aucun espace vide, c'est à dire sans catalyseur ou appauvri en catalyseur, ne subsiste dans un tube, car à nouveau le tube pourrait surchauffer localement, faute de réaction catalytique à l'intérieur. De plus, toute hétérogénéité dans la répartition du catalyseur dans la zone réactionnelle peut se traduire par un écoulement déséquilibré du ou
15 des fluides réactionnels.

Le dispositif selon la présente invention vise donc un chargement à la fois dense et homogène entre chacun des tubes à baïonnette faisant partie du réacteur échangeur.

EXAMEN DE L'ART ANTERIEUR

20

Nous nous limiterons dans cet examen au dispositif de chargement de type pneumatique.

Le brevet FR 2950822 de la demanderesse décrit une solution pour le chargement des tubes à baïonnette avec 3 tubes de chargement, avec freins mécaniques ou freinage pneumatique.

Cette méthode de chargement permet un chargement dense et uniforme des tubes baïonnette.

25 S'agissant d'une méthode "grain par grain", elle s'avère trop lente et peu adaptée pour une mise en œuvre à l'échelle d'un réacteur industriel comportant plusieurs centaines de tubes.

Le brevet EP1374985 décrit un système de chargement avec tube amovible pour l'introduction d'un écoulement air à contre courant qui freine la chute des particules. Ce système s'applique à des tubes classiques de vaporeformage de gaz naturel, mais il ne tient pas compte des
30 spécificités des tubes à baïonnette.

Aucun des documents trouvés ne concerne une application aux tubes à baïonnette avec chargement d'une zone annulaire.

Le dispositif objet de la présente invention peut donc se définir comme un dispositif pneumatique de chargement dense de catalyseur dans la zone annulaire des tubes à baïonnette
5 équipant un réacteur échangeur de vaporeformage, le dispositif permettant un chargement homogène en densité dans chacun des tubes du réacteur échangeur en respectant une contrainte de temps compatible avec les impératifs d'un démarrage industriel.

De plus, dans un certain nombre de cas, le dispositif selon l'invention doit pouvoir s'adapter à des variations de diamètre intérieur du tube externe (6), imposées par les contraintes
10 mécaniques et thermiques qui évoluent le long du tube, donc à un changement de dimensions de la zone annulaire. Aucun dispositif de l'art antérieur ne prend en compte cette contrainte supplémentaire.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES FIGURES

15

La figure 1 représente le dispositif selon l'invention dans lequel on a fait apparaître le tube auxiliaire rigide (7) par tronçons permettant d'introduire les particules solides dans la zone annulaire (4), ainsi que le système d'enroulement de ce dernier.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'INVENTION

La présente invention peut se définir comme un dispositif pneumatique de remplissage dense du catalyseur dans un réacteur échangeur de vaporeformage consistant en une pluralité de tubes à baïonnette enfermés dans une calandre, chaque tube à baïonnette comportant une zone
25 annulaire au moins partiellement remplie de catalyseur. Ledit catalyseur est constitué de particules solides occupant au moins en partie l'espace annulaire (4) compris entre un tube interne (5) et un tube externe (6), l'ensemble de ces deux tubes constituant le tube à baïonnette, la largeur dudit espace annulaire étant comprise entre 30 mm et 80 mm, et sa hauteur étant comprise entre 10 et 20 mètres.

30 Les particules de catalyseur ont généralement la forme de cylindres de hauteur approximativement 10 mm à 20 mm, et de diamètre approximativement 5 mm à 20 mm.

Le dispositif selon la présente invention consiste dans sa version de base en :

- un tube auxiliaire rigide (7) divisé en plusieurs tronçons, pénétrant à l'intérieur de la zone annulaire (4) et maintenu à une distance de la surface du lit en formation comprise entre 50 mm et 150 mm, ledit tube amenant les particules solides dans la zone annulaire (4) à contre-courant d'un débit de gaz de ralentissement étant introduit par le tube interne (5),
- 5 - ledit tube auxiliaire rigide (7) étant démontable en tronçons de longueur comprise entre 50 cm et 200 cm, et les particules de catalyseur étant contenues dans
- une trémie centrale (1) permettant de délivrer les particules sur un tapis roulant ou un couloir vibrant (2) alimentant le tube auxiliaire (7), par l'intermédiaire
 - d'un entonnoir (3), par lequel s'écoulent les particules à l'intérieur du tube auxiliaire (7).
- 10 En fonction des débits de particules solides à charger, on peut utiliser deux ou trois tubes rigides (7) identiques et fonctionnant en parallèle. Dans la suite du texte lorsqu'on parle du tube auxiliaire rigide (7), il faut donc entendre du ou des tubes auxiliaires rigides (7).
Ce groupe de tubes rigides (7) travaillant en parallèle peut être alimenté par une trémie unique.
- 15 La présente invention consiste également en une méthode de chargement du catalyseur faisant appel au dispositif précédemment décrit, méthode qui peut se décrire par la suite d'étapes suivantes :
- le tube auxiliaire rigide (7) est initialement démonté en tronçons se trouve à l'extérieur du tube à baïonnette, la trémie (1) étant remplie de solide,
- 20 - le tube auxiliaire rigide (7) est introduit progressivement dans la zone annulaire (4) par sa partie supérieure en ajoutant des tronçons jusqu'à ce que son extrémité inférieure se situe à une distance comprise entre 50 cm et 100 cm par rapport au fond du tube.
 - un débit de gaz constant est introduit par le tube central (5), passe dans l'espace annulaire et remonte à l'intérieur du tube auxiliaire, le débit de gaz étant tel qu'il

25 génère une vitesse à l'intérieur du tube auxiliaire comprise entre 8 m/s et 14 m/s,

 - le tapis roulant ou le couloir vibrant (2) est mis en route de manière à fournir un débit de solide compris entre 150 kg/h et 500 kg/h, et préférentiellement entre 250 kg/h et 500 kg/h, débit solide qui est introduit dans le tube auxiliaire (4) par l'intermédiaire de l'entonnoir (3),

30 - les grains de solide sont ralentis à l'intérieur du tube auxiliaire et tombent sur la surface du lit en formation qui remplit la zone annulaire (4),

- au fur et à mesure que la zone annulaire (4) se remplit, le tube auxiliaire rigide (7) est remonté de la zone annulaire (4) par enlèvement de tronçons, de manière à respecter une distance constante par rapport à la surface du lit qui se constitue progressivement, ladite distance étant toujours comprise entre 50 cm et 150 cm,
- 5 - le tube auxiliaire rigide (7) est retiré avec une vitesse équivalente à la vitesse de chargement du tube comprise entre 0,1 m/min et 0,4 m/min et préférentiellement comprise entre 0,2 mètre/min et 0,4 mètre/min.
- une fois le tube baïonnette chargé et le système de chargement retiré, le système de chargement est déplacé pour le chargement du tube suivant.

10

Lorsqu'on utilise un groupe de tubes rigides (7), fonctionnant en parallèle, c'est le groupe de tubes (7) qui est déplacé de manière à alimenter un autre groupe de tubes à baïonnette.

Généralement le gaz utilisé pour la mise en œuvre de la méthode selon l'invention, est de l'air ou de l'azote.

15

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

La présente invention peut se définir comme un dispositif permettant le chargement dense de catalyseur dans l'espace annulaire (4) de tubes à baïonnette, chaque tube ayant une hauteur
20 comprise entre 10 m et 20 m, un diamètre du tube externe (6) compris entre 250 mm et 150 mm, et un diamètre externe du tube interne (5) compris entre 10 et 40 mm.

L'espace annulaire (4) contenant le catalyseur a donc une largeur caractéristique d'environ 50 mm. Dans la pratique, selon les cas, la largeur caractéristique de l'espace annulaire (4) pourra varier entre 80 mm et 30 mm.

25 De plus, dans certains cas, le tube externe (6) a un diamètre décroissant de haut en bas par tronçons, ce qui signifie que la largeur caractéristique de l'espace annulaire (4) diminue également en allant de haut en bas.

Le dispositif selon l'invention permet une adaptation très facile à ces variations de largeur caractéristique tout en conservant ses performances sur l'ensemble des tronçons.

30 Les grains de catalyseur ont généralement la forme de cylindres d'environ 10 mm à 20 mm de hauteur et 5 mm à 20 mm de diamètre.

Un des problèmes majeurs posés par leur chargement dans des tubes de plus de 10 mètres de longueur est le risque de casse de ces grains si on les faisait simplement tomber en chute libre sans aucune précaution, ce qui est une des solutions de l'art antérieur pour réaliser un chargement dense. On admet généralement que le risque de casse des grains est important à partir d'une hauteur de chute de 1 mètre.

D'autres problèmes sont liés à la géométrie même de l'espace catalytique annulaire, qui interdit le passage des systèmes de chargement classiques.

Dans un cas fréquent dans le contexte de la présente invention, il faut tenir compte du tube interne (5) qui traverse le tube externe (6) dans la partie supérieure de la zone annulaire (4) pour permettre une sortie totalement dégagée des effluents réactionnels.

Enfin, comme indiqué dans l'art antérieur, le risque de formation de voûte est accentué lorsque le ratio entre le diamètre du tube et la dimension principale des particules est inférieur à 8, ce qui est souvent le cas dans le contexte de la présente invention, puisque la largeur typique de l'espace annulaire (50 mm) équivaut à environ 4 fois le diamètre caractéristique des particules de catalyseur.

Une contrainte importante que doit également respecter le dispositif de chargement, est que le chargement se faisant tube par tube, il doit être suffisamment rapide pour une mise en œuvre industrielle, car un réacteur de vaporeformage visant une production d'environ 100 000 Nm³/h d'H₂ compte environ de 200 à 350 tubes baïonnette.

La présente invention décrit un système de chargement d'un tube à baïonnette au moyen d'un écoulement de gaz, généralement de l'air, à contre-courant de la chute des particules, qui ralentit donc la chute desdites particules en évitant ainsi leur cassure, et permet un chargement homogène et sans blocage.

La vitesse terminale de chute des grains considérés est d'environ 14 m/s. Pour éviter la rupture des grains, les particules doivent tomber avec une vitesse inférieure à 3 m/s et préférentiellement inférieure à 2 m/s.

La vitesse du gaz à contre-courant de la chute des particules doit être comprise entre 11 m/s et 13 m/s pour obtenir une chute ralentie des particules. L'obtention d'une telle vitesse dans tout l'espace annulaire (4) nécessiterait un débit de gaz très important. L'introduction d'un tel débit par le tube interne (5) de diamètre typiquement compris entre 30 mm et 50 mm peut générer de trop fortes vitesses à l'intérieur de ce tube, pouvant même aller jusqu'à un écoulement sonique.

Dans la présente invention, le débit de gaz nécessaire au ralentissement convenable des particules est intégralement introduit par le tube interne (5), mais les particules solides sont amenées dans la zone annulaire (4) par l'intermédiaire d'un tube auxiliaire rigide (7), dont le diamètre varie entre 0,5 et 0,9 fois la largeur de l'espace annulaire (4) et plus précisément du plus petit des espaces annulaires (4) dans le cas d'un tube avec changement de diamètre interne du tube externe (6). Ce tube auxiliaire rigide (7) est divisé en plusieurs tronçons de manière à permettre sa descente au fond de la zone annulaire (4) en début de chargement puis son retrait progressif au fur et à mesure du chargement de ladite zone annulaire (4).

L'écoulement de gaz à l'intérieur du tube interne (5) est tel que

- 10 - d'une part il génère une vitesse dans le tube auxiliaire rigide (7) qui est comprise entre 8 m/s et 14 m/s, et préférentiellement entre 11 m/s et 13 m/s.
- d'autre part il génère dans la zone annulaire (4) une vitesse ascendante inférieure à la vitesse minimale de fluidisation des particules solides, comprise entre 3 m/s et 4 m/s, afin de maintenir le lit de particules en formation à l'état de lit fixe, mais d'emporter
15 les particules fines qui ont pu être générées pendant le chargement.

Le chargement se fait en vrac par l'ouverture supérieure du ou des tubes auxiliaires (7), au moyen d'une trémie de chargement (1) et d'un couloir vibrant ou tapis roulant (2).

Entre le couloir vibrant (2) et le tube auxiliaire rigide (7) un accouplement souple (3) est utilisé pour canaliser les particules de catalyseur tout en empêchant la transmission des
20 vibrations au tube auxiliaire rigide.

L'écoulement de gaz en sortie du tube auxiliaire rigide (7), chargé en fines particules, passe à travers un filtre (9) qui permet la rétention des poussières et l'expulsion d'un gaz propre (12).

Un système d'étanchéité (8) assure le passage du gaz à travers uniquement le système de chargement de solide et de filtration (9).

25 Les variations de section de la zone annulaire (4) n'ont plus d'influence sur le débit d'air à introduire par le tube interne (5) qui reste constant tout au long du chargement, ce qui rend le présent dispositif particulièrement bien adapté aux géométries de tubes avec variation de dimension de la zone annulaire (4).

EXEMPLE SELON L'INVENTION

Des essais de chargement ont été réalisés avec le dispositif pneumatique selon l'invention dans une colonne expérimentale de 1 m de hauteur, constituée d'un tube interne (5) de diamètre externe 42 mm et diamètre interne 32,2 mm, et d'un tube externe (6) de diamètre interne 128,1 mm.

Les particules de solide à charger ont la forme de petits cylindres de hauteur 1,5 cm et de diamètre 0,8 cm.

Le tube de chargement auxiliaire (7) a une longueur totale de 6,2 m et un diamètre de 5 cm.

10 La distance entre l'extrémité inférieure du tube auxiliaire rigide (7) et la surface du lit en formation est maintenue égale à 50 cm pendant le chargement.

Un débit d'air de 76,3 m³/h est introduit par le tube interne de la baïonnette, ce qui génère une vitesse de chargement à l'intérieur du tube auxiliaire rigide (7) de 10,8 m/s.

La vitesse à l'intérieur du tube interne (5) de la baïonnette est de 26 m/s.

15 La vitesse ascendante à travers le lit de particules solides est de 2 m/s, donc inférieure à la vitesse minimale de fluidisation.

Le dispositif pneumatique est relevé en continu à une vitesse de 0,2 m/min.

Une fois le lit chargé, la mesure de ΔP est faite avec un débit d'air de 130 Nm³/h.

20 Après déchargement, les particules cassées sont isolées du lot. Le taux de casse est très faible, de l'ordre de 0,7%.

Les résultats du chargement sont montrés dans le tableau 1 ci-dessous.

Le chargement obtenu avec ce système est très satisfaisant, avec une très bonne reproductibilité en termes de perte de charge (écarts à la moyenne d'environ $\pm 3\%$).

25 Le temps de chargement est d'entre 5 et 6 minutes/mètre, ce qui correspond à un temps de remplissage d'environ 66 minutes pour un tube de 12 m (pour un débit de solide d'environ 180 kg/h).

La densité de chargement est d'environ 970 kg/m³, assez reproductible dans tous les chargements.

Tableau 1 : résultats des chargements avec système pneumatique avec tube auxiliaire de chargement sur une maquette de 1 m.

Temps de chargement (min)	Hauteur de solide (cm)	Densité de chargement (kg/m³)	Perte de charge (mm H₂O)	Écart à la moyenne	Taux de brisure
5'00"	98	968	260	0,5%	0,76%
5'42"	97	978	266	2,8%	0,78%
6'	98	968	250	-3,3%	0,69%

Moyenne de perte de charge	258,6
----------------------------------	-------

REVENDICATIONS

- 1) Dispositif pneumatique de remplissage dense de catalyseur dans un réacteur échangeur de vaporeformage consistant en une pluralité de tubes à baïonnette enfermés dans une calandre, le catalyseur étant constitué de particules occupant au moins en partie l'espace annulaire (4) compris entre un tube interne (5) et un tube externe (6), l'ensemble de ces deux tubes constituant un tube à baïonnette, la largeur dudit espace annulaire étant comprise entre 30 mm et 80 mm, et sa hauteur comprise entre 10 et 20 mètres, les particules de catalyseur ayant la forme de cylindres de hauteur approximativement 10 mm à 20 mm, et de diamètre approximativement 5 mm à 20 mm, le dispositif consistant en :
- au moins un tube auxiliaire rigide (7) pénétrant à l'intérieur de la zone annulaire (4) et maintenu à une distance de la surface du lit en formation comprise entre 50 et 150 mm, de diamètre variant entre 0,5 et 0,9 fois la largeur de l'espace annulaire (4), ledit tube auxiliaire rigide (7) permettant d'introduire les particules solides à charger dans la zone annulaire (4), et étant traversé à contre courant par un débit de gaz introduit par le tube interne (5),
 - ledit tube auxiliaire (7) étant divisé en plusieurs tronçons de longueur comprise entre 50 cm et 200 cm, qui sont mis bout à bout au début du chargement, puis progressivement retirés au fur et à mesure de la formation du lit de particules de manière à maintenir la distance voulue par rapport à la surface du lit, et les particules de catalyseur étant contenues dans:
- 2) Méthode de chargement du catalyseur faisant appel au dispositif selon la revendication 1 caractérisée par la suite d'étapes suivantes:
- le tube auxiliaire rigide (7) est initialement démonté en tronçons et se trouve à l'extérieur du tube à baïonnette, la trémie (1) étant remplie de solide,
 - le tube auxiliaire rigide (7) est introduit progressivement dans la zone annulaire (4) en mettant bout à bout le nombre de tronçons nécessaires jusqu'à ce que son extrémité inférieure se situe à une distance comprise entre 50 cm et 100 cm par rapport au fond de la zone annulaire (4).
 - le débit de gaz adéquat est intégralement introduit par le tube interne (5),

- le tapis roulant ou le couloir vibrant (2) est mis en route de manière à fournir un débit de particules solides compris entre 150 kg/h et 500 kg/h, et préférentiellement compris entre 250 kg/h et 500 kg/h, lesdites particules solides étant introduites dans la zone annulaire (4) par l'intermédiaire du tube auxiliaire rigide (7),
- 5 - au fur et à mesure que la zone annulaire (4) se remplit, le tube auxiliaire rigide (7) est remonté de la zone annulaire (4) par enlèvement de tronçons à l'aide de l'enrouleur externe (10), de manière à respecter une distance constante par rapport à la surface du lit qui se constitue progressivement, ladite distance étant toujours comprise entre 50 cm et 100 cm,
- 10 - le tube auxiliaire rigide (7) est retiré avec une vitesse équivalente à la vitesse de chargement du tube comprise entre 0,1 m/min et 0,4 m/min, et préférentiellement comprise entre 0,2 et 0,4 m/min.
- une fois le tube baïonnette chargé et le système de chargement retiré, le tube auxiliaire rigide (7) est déplacé pour le chargement du tube suivant.

15

3) Méthode de chargement du catalyseur selon la revendication 2, dans laquelle le gaz utilisé est de l'air ou de l'azote.

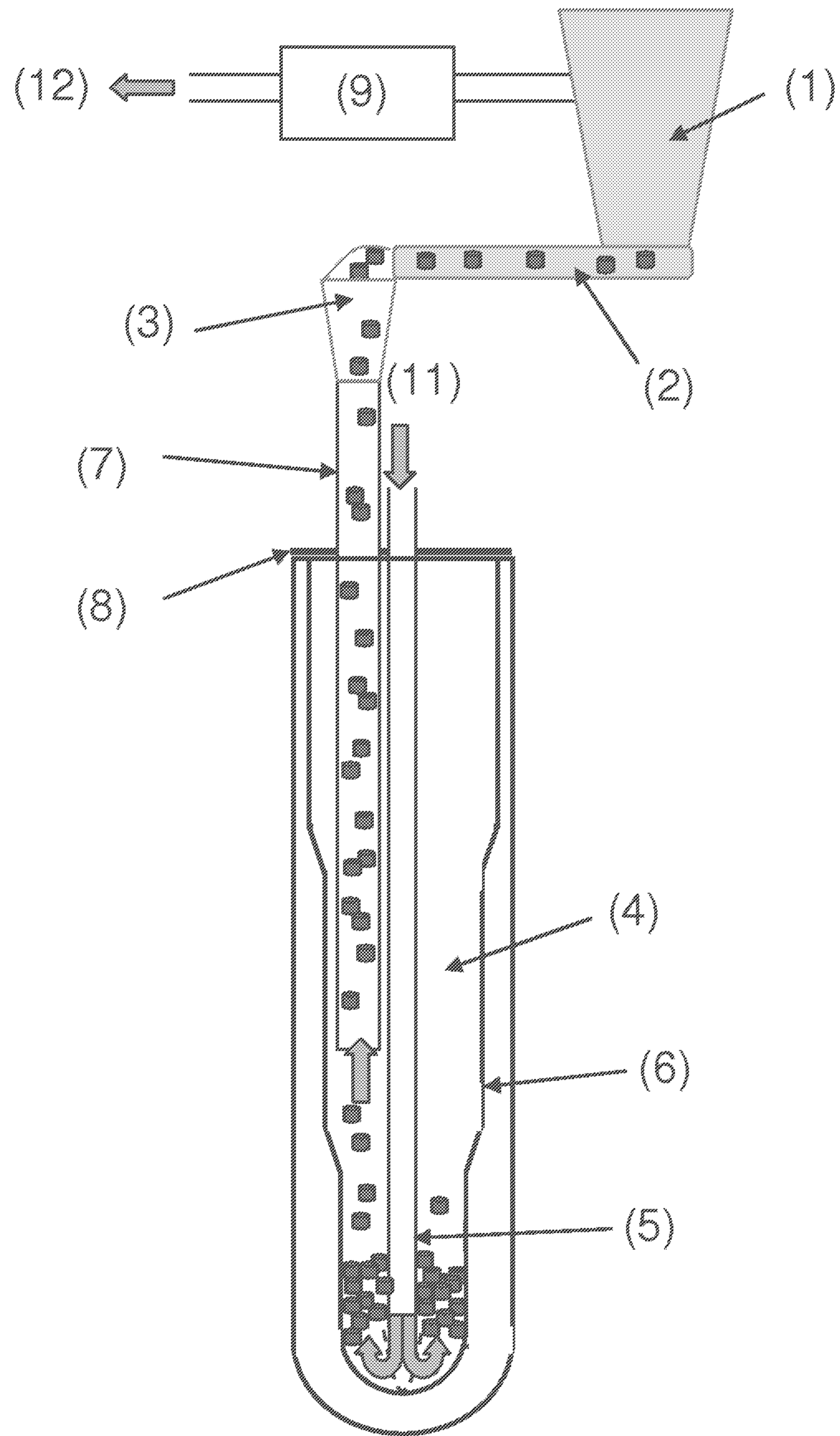


Fig 1

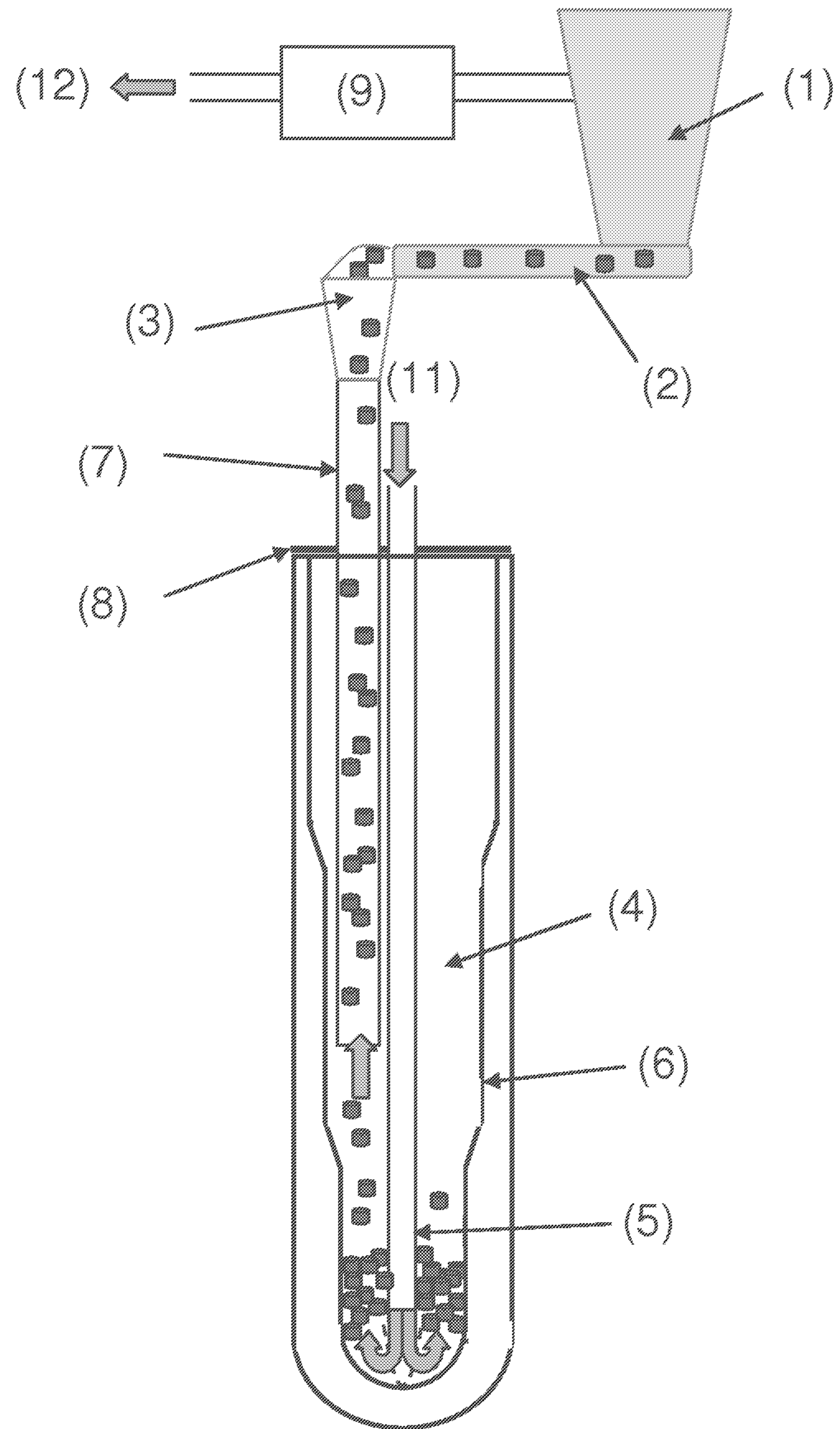


Fig 1