

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 018 206

②1 N° d'enregistrement national : **14 51870**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 01 F 5/02 (2013.01), C 02 F 1/72**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.03.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.09.15 Bulletin 15/37.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *DEGREMONT Société anonyme — FR.*

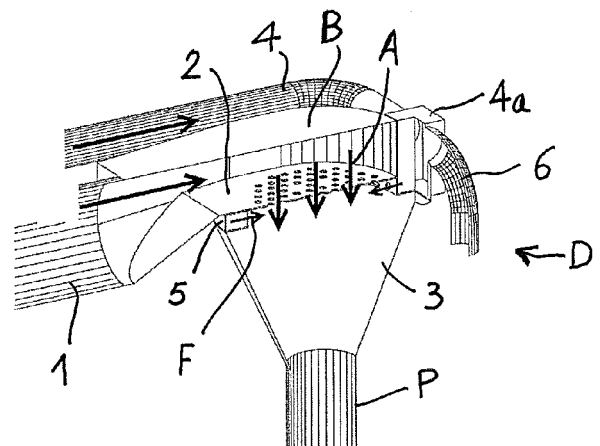
⑦2 Inventeur(s) : *BAIG SYLVIE, FONSECA PEDRO et LE QUESNE FRANCOIS.*

⑦3 Titulaire(s) : *DEGREMONT Société anonyme.*

⑦4 Mandataire(s) : *CABINET ARMENGAUD AINE.*

⑤4 **PROCEDE ET DISPOSITIF DE DISPERSION DE GAZ DANS UN LIQUIDE.**

⑤7 Procédé et dispositif de dispersion de gaz dans un courant descendant de liquide, selon lequel le liquide est distribué selon au moins un jet dirigé (A) vers le bas, de préférence selon une pluralité de jets; le gaz est distribué radialement (F) vers le ou les jets de liquide pour être entraîné par le liquide; et le mélange liquide gaz est canalisé dans un tube vertical (P) d'écoulement descendant.



FR 3 018 206 - A1



PROCEDE ET DISPOSITIF DE DISPERSION DE GAZ DANS UN LIQUIDE.

L'invention est relative à un procédé et à un dispositif de dispersion de gaz dans un courant descendant de liquide.

5

L'invention concerne plus particulièrement un procédé et un dispositif de dispersion à jet gaz liquide hydride mélangeur et injecteur à jet. Le procédé a pour objectif de disperser de façon homogène le gaz sous forme de fines bulles dans un liquide moteur pour la mise en contact gaz liquide ou en vue de mise en contact ultérieur avec la masse de liquide dans un contacteur environnant dans lequel le dispositif est implanté. Le dispositif est composé d'une tête d'injection comportant une chambre de mélange à jet liquide en partie haute et d'un tube coaxial vertical à jet diphasique en partie inférieure, formant tuyère. Ladite dispersion homogène gaz liquide est produite pour une rétention gazeuse comprise entre 5 et 70 %, de préférence entre 30 et 50 %.

10
15

L'invention concerne plus particulièrement un procédé et un dispositif d'injection d'ozone ou d'un mélange d'ozone et d'oxygène et/ou d'air dans un courant d'eau, pour le purifier.

20

La performance de la dispersion de gaz peut s'exprimer d'une part en fonction de la taille des bulles de gaz produites et d'autre part en fonction d'un rapport volumique gaz/liquide du mélange diphasique gaz-liquide résultant de la dispersion, rapport relié à la rétention gazeuse définie comme le rapport du volume de la phase gazeuse rapportée au volume total du contacteur égal à la somme des volumes de gaz et de liquide qu'il contient ou comme le rapport du débit volumique de la phase gazeuse rapporté à la somme des débits volumiques de gaz et de liquide. Les procédés et dispositifs d'injection de l'état de la technique permettent d'obtenir une dispersion homogène de gaz sous forme, de bulles sous une consommation d'énergie acceptable pour un rapport volumique gaz/liquide relativement faible, ne dépassant pas 0.5 en général.

25
30

Les contacteurs diphasiques gaz liquide correspondent à de nombreuses applications industrielles, telles que des oxydations et hydrogénations en phase liquide ou des absorptions d'un gaz par un liquide avec ou non réaction chimique.

35

Les appareils de mise en contact des phases gazeuse et liquide sont conçus pour répondre de la façon la plus efficace possible à l'exigence d'assurer le transfert des quantités de matière requises, au meilleur coût, en incluant en outre des notions liées au fonctionnement telles que flexibilité vis-à-vis des quantités de matière à mettre en jeu, sécurité et stabilité de fonctionnement, rapidité d'exécution des étapes de démarrage et de mise en régime, durée potentielle de fonctionnement (corrosion, maintenance,....).

Dans tous les cas, la quantité de matière échangée au sein d'un appareillage diphasique, notée N , peut être évaluée par :

$$N = \text{Coefficient de transfert de matière} \times \text{Aire interfaciale d'échange} \times \text{Potentiel d'échange}$$

Ainsi les contacteurs gaz liquide sont conçus pour offrir la surface d'échange la plus importante compatible avec des conditions hydrodynamiques relatives aux débits circulants des fluides et des propriétés physico-chimiques de ces derniers. Il est de plus primordial que la perte de charge côté gaz soit aussi modérée que possible afin d'éviter des dépenses énergétiques rédhibitoires ou des conditions de pression incompatibles avec les conditions d'application.

Les contacteurs dans lesquels le gaz est dispersé sous forme de bulles dans un liquide couvrent les technologies colonne à bulles, cuve agitée mécaniquement, colonne à plateaux perforés, contacteur tubulaire à co-courant tel que mélangeur statique, éjecteur à jet immergé et éjecteur venturi à liquide moteur (M. Roustan, Transferts gaz-liquide dans les procédés de traitement des eaux et des effluents gazeux, Editions Lavoisier 2003 ; Pierre Trambouze, Réacteurs chimiques – Technologie, J4020, Editions Techniques de l'Ingénieur, 1993). Ces différents contacteurs sont caractérisés par des niveaux de rétention liquide et d'aire interfaciale variables. Parmi ceux-ci les contacteurs tubulaires fonctionnant à co-courant de gaz et de liquide offrent les avantages d'admettre une gamme de fonctionnement plus large à la fois en rétention de phase dispersée gazeuse (définie comme le rapport du volume de la phase gazeuse rapportée au volume total du contacteur égal à la somme des volumes de gaz et de liquide qu'il contient ou comme le rapport du débit volumique de la phase gazeuse rapporté à la somme des débits volumiques de gaz et de liquide) et de générer une très importante aire interfaciale. Leur principal inconvénient réside dans la perte de charge

- occasionnée pour produire la dispersion du gaz, laquelle limite alors soit la rétention de la phase gazeuse dispersée à 30 % au mieux dans le cas des systèmes à mélangeur statique, éjecteur à jet immergé et éjecteur venturi à liquide moteur, soit la hauteur d'immersion à moins de quelques mètres au maximum pour
- 5 les éjecteurs à jet immergé fonctionnant avec des rétentions gazeuses supérieures à 50 % car une installation d'injection de gaz à plus forte profondeur peut présenter l'inconvénient majeur de nécessiter une source de gaz sous pression, par exemple un compresseur et ses tuyauteries associées.
- 10 WO 2012025214 présente un dispositif et un procédé d'absorption d'ozone en contacteur tubulaire pour le traitement de liquides selon lequel l'injection de gaz ozoné a lieu dans le flux de liquide circulant au moyen d'au moins deux mélangeurs statiques espacés de zones de contact.
- 15 WO 2013082132 porte sur un procédé et sur un appareil pour injecter un gaz dans un liquide, dans lequel une hélice hélicoïdale rotative située à l'intérieur d'un tube d'aspiration immergé dans le liquide crée un écoulement descendant de liquide à l'intérieur du tube d'aspiration alimenté par du gaz au travers de buselures disposées soit au-dessus soit au-dessous soit le long de l'hélice hélicoïdale. Le
- 20 liquide est aspiré dans le tube d'aspiration à une vitesse superficielle supérieure à une vitesse d'ascension terminale des bulles de gaz, de façon à permettre l'entraînement des bulles de gaz non dissoutes dans la masse du liquide à l'intérieur du liquide qui est aspiré dans le tube d'aspiration. Un rendement de transfert de 90% est obtenu dans le contacteur pour une rétention gazeuse de 5%
- 25 dans le tube de moins d'un mètre de longueur.
- EP 0 086 019 concerne un contacteur hybride en deux étages combinant colonne à pluie et colonne à bulles pour la dissolution d'un gaz dans un liquide de préférence pour l'ozonation de l'eau selon lequel l'injection de gaz est réalisée
- 30 grâce à un tube immergé. Selon ce procédé, une fraction du flux de liquide sert à injecter le gaz sous forme de bulles à l'aide d'un tube immergé qui introduit le mélange diphasique dans un courant vertical descendant du flux principal de liquide alimenté par ruissellement dans la partie annulaire extérieure supérieure du contacteur. Ce dispositif met ainsi en jeu un espace libre de ruissellement de
- 35 volume significatif qui favorise le dégazage de sorte que le rendement de

dissolution du gaz s'en trouve diminué. La rétention gazeuse dans le tube d'injection est indiquée égale à 13 % au maximum.

FR 2 762 232 décrit également un procédé et un dispositif pour la mise en contact
5 de l'ozone dans des liquides, notamment de l'eau, selon lequel un mélange
diphase du flux partiel du liquide à traiter et d'un gaz chargé d'ozone sous
pression est réalisé dans un tube vertical à co-courant descendant de gaz et de
liquide contenant éventuellement des dispositifs de cisaillement des bulles, le tout
constituant une partie d'un contacteur d'absorption de l'ozone dans le liquide en
10 forme de tube en U tel que décrit dans FR 2 545 732. La dispersion du gaz sous
forme de bulles est obtenue dans le tube descendant sous l'effet de la vitesse
liquide d'environ 1,5 m/s. La hauteur du contacteur est comprise entre 20 et 35 m.
Ce type de contacteur implique de fonctionner avec une rétention gazeuse
inférieure à 20% pour maîtriser le mélange diphase eau et gaz (Degrémont,
15 Mémento Technique de l'eau, Editions Lavoisier, 2005).

US6001247 expose encore un contacteur composé d'un compartiment de diffusion
équipé d'un tube vertical immergé à co-courant descendant de gaz ozoné et d'eau
pour introduire uniformément le gaz. L'intérieur du tube contient des éléments
20 poreux coaxiaux pour distribuer le gaz ozoné sous forme de bulles dans l'eau qui y
circule.

FR 2 776 942 détaille aussi un dispositif de dispersion d'un gaz dans un liquide par
jet immergé. Le dispositif de dispersion, est constitué d'une buse émettrice unique
25 d'un jet de liquide vertical dirigé vers le bas, d'un tube coaxial au jet, et d'une
plaque d'impact localisé près de l'extrémité inférieure du tube. Le niveau de la
dispersion est maintenu au plus près de la sortie de la buse grâce au maintien du
niveau dans le contacteur environnant. Le jet produit par la buse aspire le gaz
admis latéralement à la buse et le véhicule dans le tube simultanément avec de la
30 dispersion qui pénètre de l'extérieur vers l'intérieur du tube grâce à des trous
immergés. L'ensemble est dispersé dans la masse du contacteur environnant par
impact sur la plaque. Aucune bulle n'atteint le volume situé en dessous de la
plaque d'où est prélevé le liquide qui alimente la buse grâce à une pompe. Comme
on le comprend aisément ce dispositif à buse émettrice unique est approprié à la
35 dispersion du gaz dans un contacteur de volume réduit, typiquement moins d'un

mètre cube comme présenté. Ce dispositif est de plus difficile à construire à grande échelle de par la fragilité apportée à la structure par les orifices de recirculation à réaliser dans le tube descendant. Enfin la limite haute de vitesse à l'éjection donnée à 12 m/s est inacceptable vis-à-vis de l'abrasion des matériaux pour la construction du tube descendant.

Le procédé selon l'invention a pour but, surtout, d'éviter les nombreux inconvénients des contacteurs tubulaires fonctionnant à co-courant de gaz et de liquide capables de produire une aire interfaciale importante et décrits dans l'état de l'art antérieur. Les principaux inconvénients sont rappelés ci-après :

- La perte de charge importante occasionnée pour produire la dispersion du gaz,
- La limitation de fonctionnement de ces contacteurs à des rétentions de la phase gazeuse dispersée à 30 % ou à des rapports volumiques gaz/liquide de 0.5 au mieux dans le cas des systèmes à mélangeur statique, éjecteur à jet immergé et éjecteur venturi à liquide moteur en application à taille industrielle,
- La limitation de la hauteur d'immersion à moins de quelques mètres au maximum pour les éjecteurs à jet immergé fonctionnant avec des rétentions gazeuses supérieures à 50 % correspondant à des rapports volumiques gaz/liquide supérieurs à 1 alors que la pression statique est bénéfique au transfert de matière gaz liquide,
- La limitation de conception des jets immergés à des volumes et des hauteurs de contacteur réduits sous l'effet de probables difficultés d'ingénierie pour l'extrapolation des systèmes à plus grande échelle,
- L'utilisation d'éléments de construction tels qu'éléments de mélangeurs statiques, éléments hélicoïdaux, buses d'éjection de liquide sensibles au colmatage par des dépôts et nécessitant une maintenance accrue,
- Des conditions de fonctionnement en vitesse liquide supérieure à 10 m/s inacceptables vis-à-vis de la durée de vie des équipements,
- La faible flexibilité des systèmes vis-à-vis de la variation des conditions de fonctionnement.

L'invention a aussi pour but de permettre d'obtenir un mélange diphasique avec un rapport volumique gaz/liquide supérieur à 0.3, sans toutefois consommer trop d'énergie et sans mettre en jeu des pressions de liquide élevées, de l'ordre de 4bars. Il est souhaitable en outre que le procédé et le dispositif de dispersion

soient simples à mettre en œuvre, et que leur maintenance ne soit pas rendue difficile par la présence de particules dans le liquide.

5 Selon l'invention, le procédé de dispersion de gaz dans un courant descendant de liquide, est caractérisé en ce que :

- le liquide est distribué selon au moins un jet dirigé vers le bas, de préférence selon une pluralité de jets,
- le gaz est distribué radialement vers le ou les jets de liquide pour être entraîné par le liquide,
- 10 - et le mélange liquide gaz est canalisé dans un tube vertical d'écoulement descendant.

Avantageusement, le gaz est distribué sous une pression inférieure à 2 bars, de préférence inférieure à 1.5 bar.

15

La vitesse des jets de liquide peut être comprise entre 4 et 10 m/s, de préférence entre 6 et 8 m/s.

20 La section transversale du tube vertical est au moins égale à la surface totale d'émission des jets de liquide, et au plus égale à 2 fois cette même surface, ladite section transversale étant de préférence comprise entre 1,2 et 1,5 fois la surface totale d'émission des jets.

25 Avantageusement, le liquide est dirigé au-dessus d'une plaque horizontale comportant une pluralité d'orifices à l'intérieur d'une zone, pour s'écouler vers le bas selon une pluralité de jets,

- le gaz est distribué radialement vers l'intérieur de ladite zone d'orifices pour le liquide,
- le mélange liquide gaz est canalisé selon une section décroissante jusqu'à
- 30 rejoindre le tube vertical d'écoulement descendant.

De préférence, le mélange liquide gaz est canalisé dans le tube vertical descendant pendant au moins 0.2 seconde.

Le gaz injecté peut être choisi parmi l'air, l'oxygène, l'ozone, le dioxyde de carbone, ces gaz étant injectés seuls ou en mélanges.

5 De préférence, le liquide est aqueux incluant les eaux naturelles douces ou salines, les eaux usées et plus généralement les effluents aqueux, les eaux de procédé dans l'industrie y compris dans le secteur de production d'eau de consommation.

10 L'invention est également relative à un dispositif de dispersion de gaz dans un liquide, en particulier pour la mise en œuvre d'un procédé tel que défini précédemment, comportant un conduit d'arrivée du liquide à traiter, caractérisé en ce qu'il comporte :

- en partie haute, une tête d'injection reliée au conduit d'arrivée et comportant une chambre de mélange à jet liquide,
- 15 - et en partie inférieure un tube vertical, de préférence coaxial, à écoulement diphasique.

La tête d'injection comprend un compartiment avec, en partie inférieure, une plaque horizontale de distribution pour le liquide percée d'au moins un orifice, et
20 une chambre annulaire prévue sous la plaque à sa périphérie et comportant au moins une ouverture de distribution du gaz suivant une direction radiale centripète,
- la chambre de mélange, située au-dessous de la plaque, étant sous forme d'un convergent de raccordement au tube vertical descendant.

25 Avantageusement, le diamètre des orifices de la plaque est suffisant, en particulier au moins égal à 10 mm, pour éviter un colmatage dû à des particules contenues dans le liquide, en particulier des eaux usées.

30 Le dispositif peut comporter une entrée radiale du gaz dans la chambre annulaire distributrice, à partir d'une conduite de gaz se prolongeant au-delà de l'entrée radiale pour une mise possible à l'atmosphère.

35 La section transversale du tube vertical est au moins égale à la surface totale des orifices de la plaque, et au plus égale à 2 fois cette même surface, et est de préférence comprise entre 1,2 et 1,5 fois la surface totale des orifices de la plaque.

La longueur du tube descendant peut être comprise entre 1 et 30 mètres, et est de préférence comprise entre 1 et 15 mètres.

- 5 Le convergent de la chambre de mélange peut être tronconique, l'angle d'inclinaison des génératrices du tronc de cône relativement à l'axe étant compris entre 15° et 45°.

10 Le système d'injection objet de l'invention est un système de dispersion à jet gaz liquide hybride mélangeur et injecteur à jet. Ledit système est composé d'une tête d'injection comportant une chambre de mélange à jet liquide en partie haute et d'un tube coaxial vertical à jet diphasique en partie inférieure, formant tuyère. Il a pour fonction de disperser de façon homogène le gaz sous forme de fines bulles dans le liquide moteur en tant que contacteur gaz liquide ou en vue du contact
15 ultérieur avec la masse de liquide dans un contacteur environnant. Ladite dispersion gaz liquide est produite pour une rétention gazeuse comprise entre 5 et 70 %, de préférence entre 30 et 50 %.

20 La tête d'injection est conçue de manière à opérer un pré-mélange du liquide et du gaz en amont de la tuyère, le mélange étant rendu homogène le long de la descente dans la tuyère.

25 Le gaz et le liquide peuvent être ceux impliqués dans toute opération nécessitant la formation d'une dispersion gaz liquide.

De préférence, le gaz injecté sera choisi parmi l'air, l'oxygène, l'ozone, le dioxyde de carbone, ces gaz étant injectés seuls ou en mélanges.

30 De préférence, le liquide sera aqueux incluant les eaux naturelles douces ou salines, les eaux usées et plus généralement les effluents aqueux, les eaux de procédé industriel dans l'industrie y compris dans le secteur de production d'eau de consommation.

35 Selon un mode préférentiel de réalisation, la tête d'injection est alimentée par le liquide refoulé par un système de pompage et le gaz issu du système de

distribution est à une pression égale ou supérieure à la pression atmosphérique.

La tête d'injection réalise un pré-mélange du liquide et du gaz sous l'effet de un à plusieurs jets turbulents de liquide émis dans le courant de gaz admis radialement.

Les jets de liquide sont produits grâce à un organe de distribution du liquide sous
5 forme de jets à forte vitesse, typiquement entre 4 et 10 m/s, de préférence entre 6 et 8 m/s.

L'organe de distribution est de préférence une plaque de distribution à orifices.

Une chambre de mélange située au-dessous de l'organe de distribution a pour
10 forme de section supérieure la forme de la section de la plaque de distribution. La chambre de mélange est de forme tulipe ou tronconique convergente ou cylindrique ou parallélépipédique.

La turbulence des jets est démontrée par des nombres de Reynolds supérieurs à
15 10^5 . L'émission des jets liquides produit une vitesse de frottement interfaciale dans le gaz qui peut ainsi atteindre plus de 0.3 m/s soit une vitesse supérieure à la vitesse terminale de bulles de gaz de l'ordre de 3 mm. Un diagramme d'écoulement liquide montre les lignes de débit liquide et met en évidence les zones de recirculation de liquide à l'intérieur de la chambre de mélange également
20 remplie de gaz. Les jets liquides à forte vitesse cisailent ainsi le gaz et aspirent les poches de gaz produites vers le tube descendant. De plus, les jets liquides initient le transfert de matière gaz liquide. Considérant un temps de contact moyen des jets liquides de 0,15 s, le coefficient de transfert est de l'ordre de $1 \cdot 10^{-4}$ m/s selon la nature du gaz. Le potentiel d'échange est égal à la concentration d'équilibre
25 entre le gaz et le liquide. Par exemple, dans le cas du dioxyde de carbone comme gaz à disperser dans l'eau et des jets de distribution liquide à la vitesse de 10 m/s sur une surface totale $0,3 \text{ m}^2$ et de 1 m de hauteur, la quantité de dioxyde de carbone transférée s'élève à 0,3 kg/s.

30 La chambre de mélange est suivie en partie aval d'un tube coaxial de préférence cylindrique. La section du tube est au minimum égale à la surface totale d'émission des jets liquides dans la chambre de mélange et au maximum égale à 2 fois cette même surface. Le rapport de ces surfaces est de préférence compris entre 1,2 et 1,5.

35

Il est connu de l'état de l'art antérieur que l'écoulement en conduite verticale peut prendre plusieurs formes selon les conditions de fonctionnement et les dimensions de la conduite. La transition entre les différents régimes opère selon le rapport des débits gaz et liquide :

- 5 - L'écoulement à bulles apparaît pour de faibles valeurs du rapport des débits gaz et liquide. Il est caractérisé par une phase liquide continue fortement turbulente avec une dispersion homogène de bulles de gaz de taille relativement uniforme,
- Pour des rapports des débits gaz et liquide plus élevés, les régimes
- 10 intermittents à bulles et à poches et agités se mettent en place en place,
- Les régimes à film et annulaire apparaissent pour des rapports volumiques de gaz et de liquide très élevés.

La carte d'écoulement en conduite verticale dépend, par ordre d'importance : des vitesses superficielles de gaz et de liquide, du diamètre de la conduite et des

15 propriétés des fluides.

Dans le cas présent, le dispositif de dispersion selon l'invention rend le mélange diphasique homogène au cours de l'écoulement à co-courant descendant dans le tube coaxial au distributeur de liquide, comme il a été constaté pour une rétention

20 de gaz de 40%.

La longueur du tube descendant peut atteindre 30 mètres afin de promouvoir le transfert de matière à l'intérieur du tube et éventuellement dans le contacteur environnant dont la hauteur correspond à la hauteur utile du système de

25 dispersion. La hauteur est de préférence comprise entre 1 et 25 m. Une rétention gazeuse dans le volume diphasique égale à 50 % correspond à l'empilement compact des inclusions de gaz dans le liquide. Dès lors, l'atteinte d'une taille de bulles homogène dans le tube descendant nécessite de cisailer encore le volume de gaz aspiré sous l'effet de la turbulence du mélange alors que la fréquence de

30 coalescence des bulles est d'autant plus importante que la rétention gazeuse y est élevée. La turbulence du mélange est démontrée par des niveaux de nombre de Reynolds du mélange diphasique supérieurs à 10^4 . Cette turbulence est maintenue en appliquant une vitesse relative de liquide égale à la vitesse de liquide des jets de distribution dans la chambre de mélange pour la meilleure continuité

35 d'écoulement, soit typiquement entre 4 et 10 m/s. Cette vitesse a tendance à

diminuer légèrement au cours de la descente sous l'effet de la compression du gaz sous l'effet de la colonne de liquide et sous l'effet du transfert de matière qui s'opère. Le régime s'établit dans le domaine d'écoulement à bulles dès la partie supérieure du tube. La qualité du mélange au début du tube descendant détermine
5 la pression nécessaire pour le gaz injecté.

En effet, la pression du mélange gaz liquide est fonction de la pression de sortie de la tuyère (principalement fonction de la hauteur d'immersion), des pertes de charge et du poids de la colonne de liquide dans le système d'injection (qui peut être
10 considérée comme la composante statique). Il s'avère qu'un régime d'écoulement de type à film de liquide annulaire tel que celui observé dans les premiers mètres d'un tube équipé d'une buse et sans pré-mélange du gaz et du liquide fonctionnant à rétention gazeuse de 40 % empêche la transmission de pression statique vers le
15 bas.

La perte de hauteur de liquide se traduit directement par la nécessité d'augmenter la pression du gaz à l'injection. Le dispositif selon l'invention permet au contraire une transmission régulière de la pression car il procure une bonne qualité de dispersion dès le début de la descente dans le tube. La taille de bulles produites
20 est corrélée à l'énergie dissipée elle-même dépendante des taux de rétention locaux et des propriétés physico-chimiques des fluides composant la dispersion. Une dispersion d'oxygène dans l'eau à 40 % de gaz est caractérisée par des bulles de diamètre moyen égal à 2,5 mm à l'issue du tube de 10 m de longueur.

Le jet diphasique hautement concentré en gaz dissous produit en sortie de tube peut alors être dispersé dans un contacteur environnant ou relaxé vers la sortie du réacteur selon le temps de contact nécessaire à l'absorption et éventuellement à la réaction impliquée dans l'application. Le contacteur environnant peut être tout contacteur connu de l'état de l'art antérieur à courant ascendant de gaz.
30

L'invention consiste, mises à part les dispositions exposées ci-dessus, en un certain nombre d'autres dispositions dont il sera plus explicitement question ci-après à propos d'un exemple de réalisation décrit avec référence au dessin annexé, mais qui n'est nullement limitatif. Sur ce dessin :

35 Fig.1 est une vue schématique de dessus en perspective du dispositif

de dispersion selon l'invention.

Fig.2 est une vue schématique en perspective selon un autre angle de vue et avec parties coupées du dispositif de Fig.1, et

Fig.3 est une vue en perspective du dessous du dispositif de Fig.1.

5

En se reportant au dessin, on peut voir que le dispositif de dispersion D comprend deux ensembles : une tête d'injection H et un tube P de dispersion à jet, formant tuyère. La tête d'injection H est la structure qui relie les arrivées de liquide et de gaz, mélange ces fluides et dirige le mélange résultant dans le tube descendant P.

10

La tête d'injection H est reliée au conduit d'arrivée 1 de liquide et comprend un compartiment B avec, en partie inférieure, un organe de distribution du liquide, de préférence une plaque 2 horizontale de distribution pour le liquide, percée d'orifices 2a. Le liquide s'écoule verticalement au-dessous de la plaque, suivant des jets schématisés par des flèches A sur Fig.2.

15

Une canalisation d'arrivée 4 du gaz à injecter est reliée, par une boîte radiale 4a, à une chambre annulaire 5 située sous la plaque 2 dont elle entoure la périphérie inférieure. Une paroi E limitant radialement vers l'intérieur la chambre 5 comporte des buses ou des ouvertures O de distribution du gaz suivant des directions radiales centripètes représentées par des flèches F sur Fig.2.

20

Une chambre de mélange 3 est située sous la plaque 2. La chambre de mélange 3 est de préférence en forme de tulipe ou tronconique convergente, mais pourrait être de forme cylindrique ou parallélépipédique.

25

Dans le cas où la chambre 3 est sous forme d'un convergent tronconique vers le bas, l'inclinaison des génératrices du convergent par rapport à l'axe géométrique est de préférence comprise entre 15° et 45°. La chambre 3 assure le raccordement au tube vertical descendant P, de préférence coaxial et cylindrique.

30

Un système 6 de mise à l'atmosphère pour la phase de démarrage est prévu en extrémité de la conduite 4 au-delà du raccordement avec la chambre annulaire 5. Une vanne d'évent, non représentée, est prévue dans le système 6, ainsi qu'une vanne d'entrée de gaz non représentée.

35

Le tube P de dispersion à jet est décrit hydrauliquement comme une longueur droite de conduite verticale.

5 Le fonctionnement du dispositif est le suivant.

La séquence de démarrage du dispositif, intégré à un contacteur environnant non représenté, permet de mieux comprendre la conception générale du dispositif dans son intégralité.

- 10 - Quand le dispositif ou système est arrêté, le niveau d'eau à l'intérieur du tube immergé P est égal au niveau d'eau à l'extérieur. Au-dessus de ce niveau, la chambre de mélange 3 et le tube P sont remplis de gaz.
- L'alimentation en liquide est démarrée selon un débit égal au tiers du débit de fonctionnement souhaité. Le liquide remplit la canalisation 1 d'alimentation du
- 15 système.
- La plaque de distribution 2 produit des jets de liquide à faible vitesse.
- Le système de mise à l'atmosphère 6 permet de purger le gaz initialement contenu dans la tête d'injection et les poches de gaz entraînées au démarrage en amont dans le haut du tube P.
- 20 - Lorsque le débit de purge devient nul, la vanne du tuyau d'évent du système de mise à l'atmosphère 6 commute progressivement vers l'alimentation en gaz par la conduite 4 et le système peut entrer en production.
- Le débit de liquide est porté à sa valeur de fonctionnement.
- En régime stationnaire, le mélange de gaz et d'eau formé dans la chambre 3
- 25 circule vers le bas du tube.

La séquence d'arrêt du dispositif de dispersion s'articule comme suit :

- La première étape consiste à évacuer le gaz contenu dans le dispositif en le remplaçant par de l'air extérieur ou un gaz inerte. Pour cela, la vanne d'évent
- 30 du système 6 est ouverte progressivement sur de l'air extérieur ou un gaz inerte, après quoi la vanne d'entrée de gaz du système 6 se ferme.
- Le dispositif continue de fonctionner, la totalité du gaz présent est remplacée.
- Après une courte période correspondant au renouvellement par 5 fois du volume total du dispositif, le dispositif peut être arrêté dans des conditions
- 35 entièrement sécuritaires, en diminuant progressivement le débit d'eau.

Bien que les descriptions qui précèdent concernant le démarrage et l'arrêt du dispositif mentionnent plusieurs fois la variation progressive des conditions de fonctionnement en débit de gaz et de liquide, il faut noter que le dispositif est capable de réagir correctement à des changements brusques de conditions, résultant par exemple d'une panne de courant ou de tout autre événement capable d'entraîner un arrêt non programmé.

Ce dispositif permet d'assurer un engagement gazeux éminemment variable compris entre 0.01 et 2 (si exprimé en rapport des débits de gaz et de liquide volumique), au meilleur coût sous l'effet de la réduction de pression nécessaire, de produire une dispersion homogène de gaz dans le liquide propre à assurer le transfert des quantités de matière requises.

Simultanément, il offre comme avantages :

- La sécurité et stabilité de fonctionnement ;
- La rapidité d'exécution des étapes de démarrage et mise en régime ;
- La durée potentielle de fonctionnement (corrosion, maintenance,...).

Ce dispositif résout les inconvénients des systèmes décrits dans l'état de l'art antérieur et est de plus capable de remplacer tout ou partie des systèmes d'injection et de diffusion de gaz des contacteurs de type colonnes à bulles, des systèmes d'injection de gaz et d'agitation des contacteurs agités. Les contacteurs qui en résultent sont beaucoup plus performants tant du point de vue technique qu'économique.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de dispersion de gaz dans un courant descendant de liquide, caractérisé en ce que :
- 5 - le liquide est distribué selon au moins un jet dirigé (A) vers le bas, de préférence selon une pluralité de jets,
- le gaz est distribué radialement (F) vers le ou les jets de liquide pour être entraîné par le liquide,
- et le mélange liquide gaz est canalisé dans un tube vertical (P) d'écoulement
- 10 descendant.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le gaz est distribué sous une pression inférieure à 2 bars, de préférence inférieure à 1.5 bar.
- 15 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la vitesse du ou des jets de liquide (A) est comprise entre 4 et 10 m/s, de préférence entre 6 et 8 m/s.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la section transversale
- 20 du tube vertical (P) est au moins égale à la surface totale d'émission des jets de liquide (A), et au plus égal à 2 fois cette même surface, ladite section transversale étant de préférence comprise entre 1,2 et 1,5 fois la surface totale d'émission des jets .
- 25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que :
- le liquide est dirigé au-dessus d'une plaque (2) horizontale comportant une pluralité d'orifices (2a) à l'intérieur d'une zone, pour s'écouler vers le bas selon une pluralité de jets de liquide,
- 30 - le gaz est distribué radialement en dessous et vers l'intérieur de ladite zone d'orifices pour le liquide,
- le mélange liquide gaz est canalisé selon une section décroissante jusqu'à rejoindre le tube vertical (P) d'écoulement descendant.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le mélange liquide gaz est canalisé dans le tube vertical (P) descendant pendant au moins 0.2 seconde.
- 5
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le gaz injecté est choisi parmi l'air, l'oxygène, l'ozone, le dioxyde de carbone, ces gaz étant injectés seuls ou en mélanges.
- 10
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le liquide est aqueux incluant les eaux naturelles douces ou salines, les eaux usées et plus généralement les effluents aqueux, les eaux de procédé dans l'industrie y compris dans le secteur de production d'eau de consommation.
- 15
9. Dispositif d'injection de gaz dans un liquide, en particulier pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un conduit d'arrivée (1) du liquide à traiter, caractérisé en ce qu'il comporte :
- en partie haute, une tête d'injection (H) reliée au conduit d'arrivée et comportant une chambre de mélange (3) à jet liquide,
- 20
- et en partie inférieure un tube vertical (P), de préférence coaxial, à écoulement diphasique.
10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que :
- la tête d'injection (H) comprend un compartiment (B) avec, en partie inférieure,
- 25
- une plaque (2) horizontale de distribution pour le liquide percée d'au moins un orifice (2a), et une chambre annulaire (5) prévue sous la plaque (2) sur sa périphérie, et comportant au moins une ouverture de distribution du gaz suivant une direction radiale (F) centripète,
- la chambre de mélange (3), située au-dessous de la plaque, étant sous forme
- 30
- d'un convergent de raccordement au tube vertical (P) descendant.
11. Dispositif selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que le diamètre des orifices de la plaque est suffisant, en particulier au moins égal à 10 mm , pour éviter un colmatage dû à des particules contenues dans le liquide, en particulier
- 35
- dans les eaux usées.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte une entrée radiale (4a) du gaz dans la chambre annulaire (5) distributrice, à partir d'une conduite de gaz (4) se prolongeant (6) au-delà de l'entrée radiale pour une mise possible à l'atmosphère.

13. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que la section transversale du tube vertical est au moins égale à la surface totale des orifices (2a) de la plaque, et au plus égale à 2 fois cette même surface, et est de préférence comprise entre 1,2 et 1,5 fois la surface totale des orifices (2a) de la plaque.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que la longueur du tube descendant (P) est comprise entre 1 et 25 mètres

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que le convergent de la chambre de mélange (3) est tronconique, l'angle d'inclinaison des génératrices du tronc de cône relativement à l'axe étant compris entre 15° et 45°.

1/1

FIG. 1

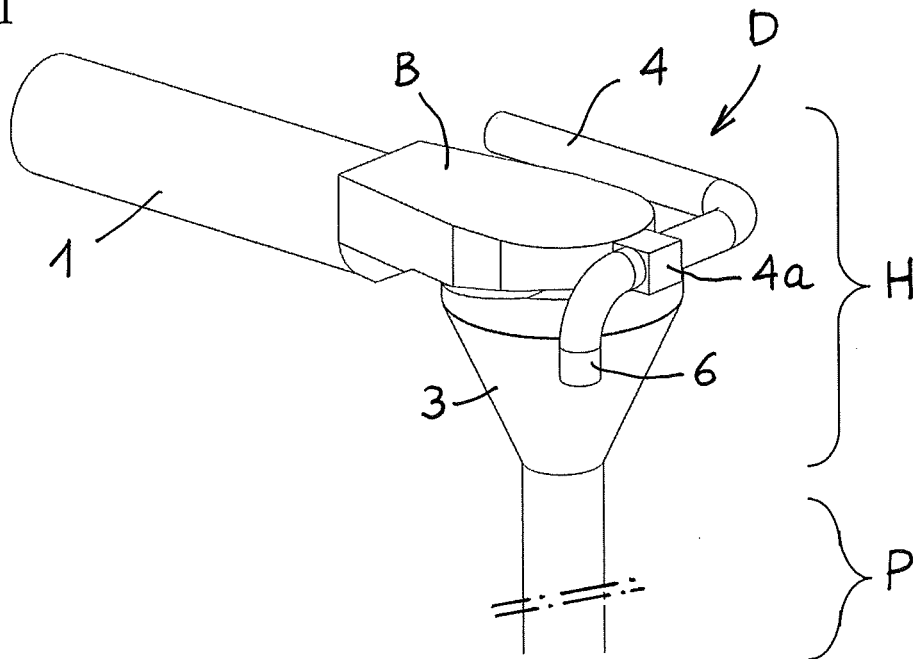


FIG. 2

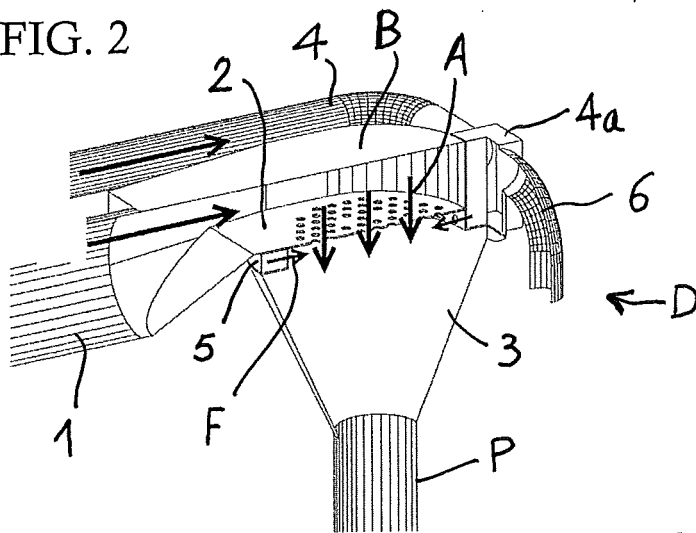
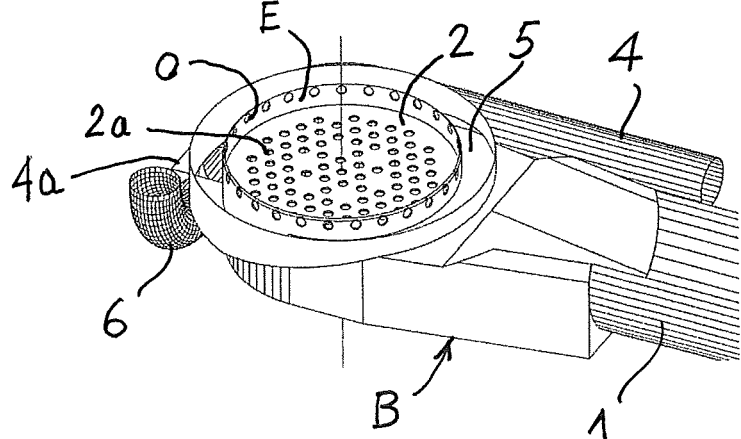


FIG. 3





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 795299
FR 1451870

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 20 2006 002983 U1 (DAMANN ROLAND [DE]; DAMANN VOLKER [DE]) 27 avril 2006 (2006-04-27) * alinéa [0022]; figure * -----	1,4,7-9, 13	B01F5/02 C02F1/72
X	DE 102 50 707 A1 (DAMANN ROLAND [DE]) 19 mai 2004 (2004-05-19)	1,4,7-9, 13	
Y	* alinéas [0016] - [0020]; figure 1 * -----	5,10,15	
Y	WO 92/03220 A1 (UNIV NEWCASTLE RES ASS [AU]) 5 mars 1992 (1992-03-05) * page 9, ligne 20-32; figure 6 * -----	5,10,15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B01F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 novembre 2014		Zattoni, Federico	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1451870 FA 795299**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-11-2014**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 202006002983 U1	27-04-2006	AUCUN	

DE 10250707 A1	19-05-2004	AUCUN	

WO 9203220 A1	05-03-1992	CA 2090619 A1	28-02-1992
		CN 1060453 A	22-04-1992
		EP 0546033 A1	16-06-1993
		JP H06500260 A	13-01-1994
		WO 9203218 A1	05-03-1992
		WO 9203219 A1	05-03-1992
		WO 9203220 A1	05-03-1992
		ZA 9106774 A	27-05-1992
		ZA 9106775 A	27-05-1992
