



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.08.2003 Bulletin 2003/35

(51) Int Cl.7: **B01F 3/08**, B01F 7/00,
C10L 1/32

(21) Numéro de dépôt: **03290291.8**

(22) Date de dépôt: **05.02.2003**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO

(72) Inventeurs:
• **Vannier, Guillaume**
44100 Nantes (FR)
• **Fisson, Gérard**
85600 Saint Hilaire de Loulay (FR)

(30) Priorité: **08.02.2002 FR 0201575**

(74) Mandataire: **Derambure, Christian**
Bouju Derambure Bugnion,
52, rue de Monceau
75008 Paris (FR)

(71) Demandeur: **VMI**
85600 Montaigu (FR)

(54) **Dispositif de mélange et d'homogénéisation destiné à la production d'émulsions**

(57) Le dispositif de rotor stator (34) comprend au moins un étage (10, 11, 12, 13) de mélange, les étages étant séparés par des moyens formant cloison (40) ménageant au moins une zone de passage du mélange, chaque étage comprenant:

- un rotor (35a, 36a, 37a, 38a) monté sur un axe support (7) et comportant des pales (49, 51) de mélan-

ge exerçant des forces de cisaillement sur le mélange dans la direction axiale et dans la direction radiale ;

- un stator (35b, 36b, 37b, 38b) comportant une couronne annulaire (39) entourant le rotor, située à une faible distance (47) de la face interne (17a) de la paroi (17) de l'étage, présentant des segments (41) espacés circonférentiellement par des fentes (44).

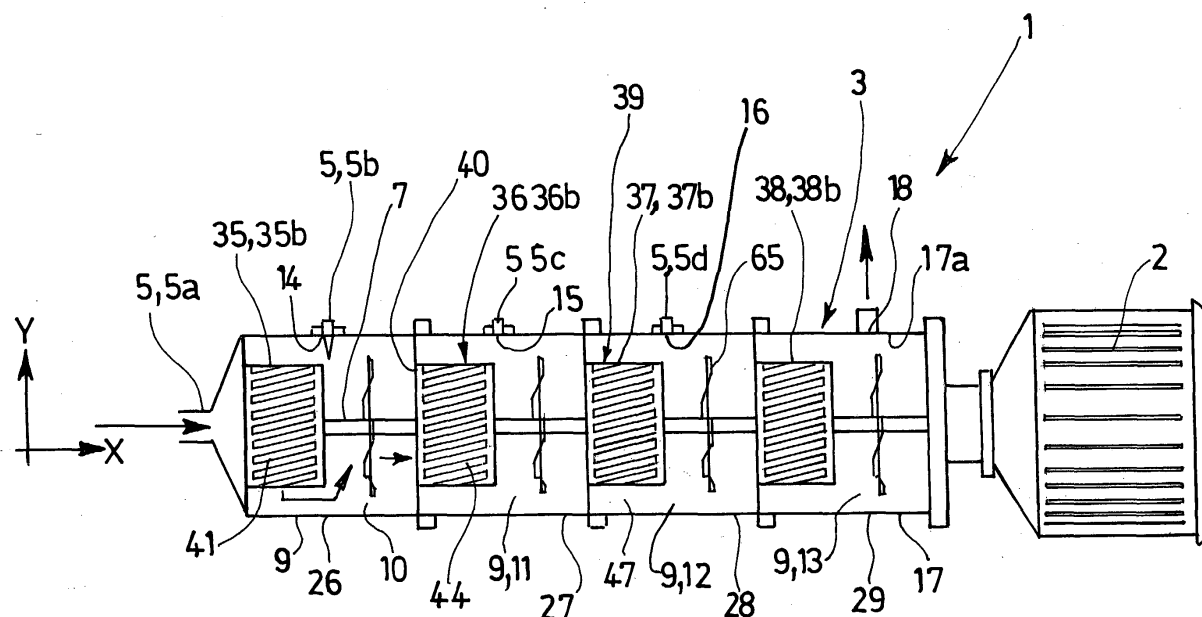


FIG.3

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif de mélange et d'homogénéisation destiné à la productions d'émulsions à débit élevé, un procédé utilisant ce dispositif, et une installation comprenant un tel dispositif.

[0002] Un tel dispositif est destiné à la production d'un mélange ou d'une émulsion à partir d'au moins deux fluides difficiles à mélanger, l'émulsion présentant une finesse et une stabilité suffisantes pour certaines applications industrielles.

[0003] Par exemple, on souhaite obtenir des émulsions très fines à partir de corps gras, dans le domaine des détergents, des résines, des colles, des cosmétiques, pour certains produits alimentaires. Certaines applications concernent également la réduction de taille des particules dans le cas de pâtes pigmentaires.

[0004] Par ailleurs, dans le domaine des combustibles, on cherche à obtenir des émulsions très fines incorporant de l'eau afin de limiter les coûts, la pollution, l'utilisation de réserves naturelles.

[0005] Les combustibles concernés sont typiquement des hydrocarbures liquides tels que des dérivés de pétrole (essence, gazole, kérosène, mazouts), des dérivés de charbon ou de gaz, des hydrocarbures d'origine végétale. Pour de tels combustibles émulsionnés, un manque de stabilité se traduit par une séparation du produit en phases, pouvant affecter le stockage et certaines étapes de procédés utilisant ces produits.

[0006] On recherche en outre pour certaines applications des émulsions extrêmement fines, typiquement inférieures ou voisines du micron.

[0007] On connaît déjà des systèmes de mélange de type batch destinés à la production d'émulsions fines. Typiquement, un tel système comprend une cuve comprenant le mélange, un mélangeur à l'extérieur de cette cuve, et des canalisations entre la cuve de mélange et le mélangeur.

[0008] Le fluide est extrait de la cuve de mélange, transféré vers le mélangeur, pour être homogénéisé. Après mélange, le fluide en sortie de mélangeur est transféré vers la cuve.

[0009] On répète cette opération un certain nombre de fois, jusqu'à ce que le contenu de la cuve soit une émulsion fine présentant les caractéristiques souhaitées.

[0010] Un tel système présente plusieurs inconvénients, notamment :

- une puissance nécessitée par le mélangeur élevée, pour mélanger à chaque passe le fluide de manière à obtenir une émulsion ;
- des phénomènes de coalescence dans la cuve de fluides ;
- l'encombrement d'une telle installation ;
- une altération des composants fragiles du mélange.

[0011] L'invention vise à pallier les inconvénients de

l'art antérieur en proposant un dispositif permettant une production en continu d'une émulsion fine, pouvant se faire à grande échelle, pour des coûts opératoires et une puissance utilisée moindres par rapport aux procédés classiques, notamment de type batch.

[0012] L'invention vise également la production d'émulsions ultrafines dont le diamètre des gouttelettes est de l'ordre du micron, voire moins, de l'ordre de 200 nm.

[0013] L'invention vise par ailleurs un meilleur contrôle de la composition du mélange et une altération fortement réduite de composants fragiles du mélange.

[0014] L'invention vise en outre une grande diversité d'applications industrielles, dans des domaines de la chimie, des combustibles, alimentaires.

[0015] A cet effet, l'invention propose selon un premier aspect un dispositif de rotor stator d'un mélangeur destiné à la production en continu d'émulsions fines, à partir d'au moins deux fluides difficiles à mélanger, le mélangeur comprenant au moins un étage de mélange, les étages étant séparés entre eux par des moyens formant cloison ménageant au moins une zone de passage du mélange, chaque étage comprenant :

- un rotor monté sur un axe support et comportant des pales de mélange exerçant des forces de cisaillement sur le mélange dans la direction axiale et dans la direction radiale ;
- un stator comportant une couronne annulaire entourant le rotor, située à une faible distance de la face interne de la paroi de l'étage, présentant des segments espacés circonférentiellement par des fentes de manière à définir des ouvertures, parallèles entre elles, et telles que le mélange projeté par le rotor selon la direction radiale à travers les ouvertures subit un cisaillement selon cette direction radiale.

[0016] Le stator comprend typiquement une couronne de fixation reliant la couronne annulaire et la paroi de l'étage.

[0017] Selon un mode de réalisation, le rotor est une roue à aube comprenant une plaque transversale et un alésage cylindrique recevant l'arbre supportant au moins quatre pales sur au moins une face.

[0018] Selon un autre mode de réalisation, le rotor est une turbine à quatre pales comportant un alésage cylindrique recevant l'arbre, montées transversalement sur une plaque circulaire, la section transversale des pales étant croissante en s'éloignant de l'axe sensiblement jusqu'à la moitié des pales, puis constante sur l'autre moitié.

[0019] Selon un autre mode de réalisation, le rotor est une turbine à quatre pales sensiblement trapézoïdales, reliées par un alésage cylindrique, la section transversale des pales étant croissante en s'éloignant radialement de l'arbre.

[0020] La dimension des fentes du stator selon la di-

rection axiale est typiquement deux à dix fois supérieure à la dimension des fentes transversalement à cette direction axiale.

[0021] L'espace entre la couronne annulaire du stator et la face interne de la paroi de l'étage est compris entre 0.2 et une fois la dimension des fentes selon la direction axiale.

[0022] Selon une réalisation, les segments s'étendent parallèlement à la direction axiale du mélangeur, l'extrémité des segments étant libre du côté opposé à la couronne de fixation.

[0023] Selon une autre réalisation, les segments et les fentes sont inclinés par rapport à la direction axiale d'un angle de l'ordre de 5 à 30°.

[0024] Selon un second aspect l'invention concerne un mélangeur comprenant :

- un corps principal de mélange tubulaire comportant la paroi externe du mélangeur, le mélangeur comprenant au moins un étage de mélange, les étages étant alignés en série selon la direction d'écoulement et séparés entre eux par une cloison de séparation ménageant au moins une zone de passage du mélange ;
- des moyens de motorisation et de commande de la rotation de l'axe support des outils de mélange ;
- des moyens d'arrivée au mélangeur des constituants du mélange et des moyens d'évacuation du mélange du mélangeur ;

le mélangeur comprenant un dispositif rotor stator décrit précédemment à chaque étage de mélange, les rotors étant entraînés en rotation par un arbre traversant les chambres de mélange ; de manière à obtenir des émulsions ultrafines et stables dont le diamètre des particules est contrôlé, de l'ordre de 100 nanomètres à plusieurs microns.

[0025] Chaque étage comprend une zone de forte turbulence sous l'action du rotor/stator et une zone d'homogénéisation sans coalescence des particules entre la zone de forte turbulence et la cloison de séparation avec l'étage suivant, avant le transfert à l'étage suivant.

[0026] Chaque étage permet d'optimiser la qualité (le taux) d'homogénéisation du mélange. Le choix particulier des mobiles de mélange au niveau du rotor/stator permet de multiplier le nombre de passages des particules dans la zone de cisaillement (fentes du stator et pales du rotor) à l'intérieur même de chaque chambre.

[0027] On peut donc obtenir, pour un nombre réduit d'éléments de mélange, un temps de séjour du produit supérieur grâce à la recirculation interne à chaque chambre.

[0028] Selon une réalisation, le mélangeur comprend des moyens de défloculation dans au moins une chambre de mélange destinés à réhomogénéiser le flux et apporter un cisaillement supplémentaire dans la zone d'homogénéisation.

[0029] Le mélangeur comprend des moyens d'injec-

tion par des orifices d'introduction de composants du mélange dans les étages de mélange.

[0030] Selon une réalisation, le mélangeur comprend des colliers externes de renfort à la périphérie de la paroi du corps principal.

[0031] Le mélangeur comprend des moyens de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation de chaque rotor lors du mélange, la structure de chaque rotor stator étant définie en fonction des contraintes de cisaillement souhaitées.

[0032] Selon un troisième aspect l'invention concerne une installation de mélange comprenant au moins un mélangeur tel que décrit précédemment.

[0033] Selon un quatrième aspect l'invention concerne un procédé d'homogénéisation en continu destiné à la production à débit élevé d'émulsions fines mettant en oeuvre un tel mélangeur et comprenant les étapes suivantes :

- a) introduction des fluides par lesdits moyens d'entrée dans un étage d'entrée du mélangeur ;
- b) mélange des matières premières dans le premier étage à l'aide du dispositif rotor/stator, de manière à exercer des forces de cisaillement dans la direction axiale et la direction radiale du mélangeur ;
- c) transfert du mélange selon l'axe du mélangeur jusque dans l'étage suivant ;
- d) répétition des étapes b) et c) pour chaque étage du mélangeur, le mélange transféré subissant au moins un cycle de mélange à chaque étage avant le transfert à l'étage suivant ;
- e) évacuation du mélange homogénéisé, de manière à obtenir des émulsions ultrafines stables, et dont le diamètre des particules est contrôlé, de l'ordre de 100 nanomètres à plusieurs microns.

[0034] Dans chaque étage on crée une zone de forte turbulence sous l'action du rotor/stator et une zone d'homogénéisation sans coalescence des particules entre la zone de forte turbulence et la cloison de séparation avec l'étage suivant, avant le transfert à l'étage suivant.

[0035] Le mélange d'un étage est transféré, sous l'effet de l'écoulement dans cet étage et de l'entraînement par le rotor de l'étage suivant, vers l'étage suivant.

[0036] Les composants du mélange sont incorporés en une seule fois dans le premier étage du mélangeur ou à plusieurs étages du mélangeur, les constituants les plus fragiles étant incorporés dans le ou les derniers étages du mélangeur.

[0037] Le mélange émulsionné a une viscosité de l'ordre de 1 mPa.s à 10Pa.s.

[0038] Selon un cinquième aspect l'invention concerne l'application du procédé à la production en ligne d'émulsions de type détergents, résines, cosmétiques, colles, huiles, dérivés alimentaires.

[0039] Selon un sixième aspect l'invention concerne l'application du procédé à la production en ligne d'émulsions d'eau dans au moins un hydrocarbure choisi dans

le groupe comprenant le fioul, le gazole, le mazout, l'essence, le kérosène, le pourcentage en eau du mélange étant de 1 à 15%.

[0040] Selon un septième aspect l'invention concerne un produit obtenu par la mise en oeuvre du procédé comprenant :

- 1 à 15% d'eau ;
- 0 à 10% d'un système émulsifiant ;
- le complément à 100% d'hydrocarbures choisis dans le groupe comprenant le fioul, le gazole, le mazout, l'essence, le kérosène ; la taille des particules du mélange obtenu étant de l'ordre de 200 nm à quelques micromètres, et le mélange étant stable de manière à éviter une coalescence perturbant son utilisation.

[0041] D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va être faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue écorchée du mélangeur à plusieurs étages selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue en agrandissement de la figure 1 au niveau des chambres de mélange 10 à 12 ;
- la figure 3 est une vue générale schématique en coupe longitudinale d'un mélangeur selon l'invention ;
- les figures 4a, 4b sont des vues, respectivement du stator et du rotor d'un étage, selon un deuxième mode de réalisation ;
- les figures 5a, 5b et 5c représentent des variantes de réalisation du rotor/stator d'un étage du mélangeur selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0042] On décrit un premier mode de réalisation du mélangeur selon l'invention puis différentes variantes de réalisation plus spécifiquement destinées à telle ou telle application.

[0043] Le mélangeur 1 est un mélangeur homogénéiseur en ligne multiétagé.

[0044] Le mélangeur 1 comprend des moyens de motorisation 2, un corps principal tubulaire 3 de mélange, un châssis 4, des moyens d'arrivée 5 de fluides, des moyens d'évacuation 6 de fluides.

[0045] Au moins deux fluides destinés à être mélangés dans le mélangeur 3 sont acheminés par les moyens d'arrivée 5, transitent dans le corps principal 3 et sont évacués du mélangeur 1 par les moyens d'évacuation 6.

[0046] Le mélangeur 1 est typiquement en position horizontale.

[0047] Le mélangeur 1 comprend un arbre de mélange 7 mobile en rotation s'étendant selon l'axe X longitudinal du corps principal 3.

[0048] Le corps principal 3 a une section circulaire et

comprend plusieurs compartiments 8 alignés qui forment les étages 9 du mélangeur. Chaque compartiment ou étage comporte une chambre de mélange.

[0049] Le mélangeur 1 comprend dans ce mode de réalisation quatre chambres 10, 11, 12, 13. La phase continue du mélange pénètre dans la chambre 10, le mélange sous forme d'émulsion sort du mélangeur 1 par la chambre 13.

[0050] Le corps principal 3 comprend une paroi cylindrique 17 délimitant les chambres 10, 11, 12, 13.

[0051] Les moyens d'arrivée 5 comprennent d'une part une alimentation évasée 5a de la phase continue, selon la direction axiale X. Les moyens d'arrivée 5 comportent d'autre part des entrées latérales 5b, 5c, 5d de fluides destinés à être incorporés au mélange, introduits respectivement dans les chambres 10, 11, 12, 13.

[0052] Les fluides introduits à chaque étage 9, appelés aussi phase dispersée, sont incorporés par des orifices d'incorporation respectivement 14, 15, 16 pour les chambres 10, 11, 12.

[0053] L'étage 13 est l'étage de sortie de l'émulsion obtenue après mélange par un orifice d'évacuation 18 des moyens d'évacuation 6.

[0054] Le mélangeur 1 comprend en outre des colliers de renfort 19, 20, 21, 22, 23 fixes. Le collier 19 forme la paroi d'extrémité de la chambre 10 à l'entrée du mélangeur 1. Le collier de renfort 23 est situé à la partie extrême de la chambre 13 de sortie du mélangeur 1. Le collier 23 est monté sur une couronne 24 du mélangeur 1 à l'aide de boulons de liaison 25.

[0055] Les colliers 20, 21 et 22 se situent dans la zone de séparation entre les chambres, respectivement 10 et 11 pour le collier 20, 11 et 12 pour le collier 21, 12 et 13 pour le collier 22.

[0056] Les colliers 20, 21, 22 sont encastrés dans la paroi cylindrique 17 qui est ainsi divisée en tronçons cylindriques, respectivement le tronçon 26 pour la chambre 10, le tronçon 27 pour la chambre 11, le tronçon 28 pour la chambre 12, le tronçon 29 pour la chambre 13. Le mélangeur comprend en outre des tiges de soutien 30, 31, 32, 33 reliant deux à deux respectivement les colliers 19, 20, 21, 22, 23.

[0057] Chaque étage 9 comprend un dispositif 34 de type rotor/stator.

[0058] Le mélangeur 1 à quatre étages 9 comprend ainsi quatre dispositifs rotor/stator, respectivement 35 pour la chambre 10, 36 pour la chambre 11, 37 pour la chambre 12, 38 pour la chambre 13.

[0059] Chaque dispositif rotor/stator 35, 36, 37, 38 comprend un rotor respectivement 35a, 36a, 37a, 38a, et un stator respectivement 35b, 36b, 37b, 38b.

[0060] Chaque chambre 10, 11, 12, 13 comprend ainsi une première zone de turbulence comportant le dispositif rotor/stator 34, et une seconde zone d'homogénéisation entre le dispositif rotor/stator 34 de cette chambre, et le dispositif rotor/stator 34 de la chambre adjacente en aval.

[0061] On désigne par les qualificatifs d'« extérieur »,

des positions selon la direction radiale à proximité de la paroi cylindrique 17, et d' « intérieur » les positions à proximité de l'axe.

[0062] On décrit plus précisément la structure du rotor/stator 36, la structure des quatre dispositifs 35, 36, 37, 38 étant identique dans ce mode de réalisation (figures 1, 2).

[0063] Le stator 36b est monobloc, et comprend une couronne annulaire 39 et une couronne de fixation 40. La couronne annulaire 39 se présente sous la forme de segments 41 espacés à intervalles réguliers circonférenciellement. La couronne de fixation 40 forme un anneau ancré par une portion de fixation 42 dans la paroi cylindrique 17, plus précisément le tronçon 27 de la chambre 11.

[0064] La portion de fixation 42 est ainsi contiguë de la portion de fixation 43 du collier de soutien 20 située entre le tronçon 27 et le tronçon 26 de la chambre 10.

[0065] La couronne annulaire 39 présente entre les segments 41 des fentes 44 s'étendant axialement, comprenant une extrémité 45 du côté de la couronne de fixation 40 et une extrémité 46 du côté opposé à la couronne de fixation 40.

[0066] La couronne de fixation 40 du rotor 36b forme une paroi de séparation entre les chambres 10 et 11.

[0067] Pour chaque chambre, on désigne par les qualificatifs « proximale » et « distale », les zones respectivement à proximité d'une couronne de fixation 40 et s'éloignant de cette couronne de fixation 40. Par exemple pour la chambre 11, l'extrémité 45 d'un segment 41 est située en position proximale tandis que son extrémité 46 est en position distale.

[0068] Le rotor 36a est destiné à être entraîné en rotation par l'arbre de mélange 7.

[0069] Selon un premier mode de réalisation (figures 1, 2), le rotor 36a est une roue à aube qui comprend une plaque transversale 48 supportant sur chaque face 48a, 48b, des pales 49, huit pales 49 sur la variante représentée. La plaque transversale 48 comporte un alésage cylindrique axial 50 destiné à recevoir l'arbre 7, et solidaire de l'arbre 7 lors de sa rotation. Les pales 49 sont espacées de la partie tubulaire axiale 50, et comprennent chacune un chant 51a incliné par rapport à la direction axiale X d'un angle de l'ordre de 10 degrés, un chant 51b selon la direction radiale Y, et un chant axial 51c.

[0070] Le diamètre de la couronne annulaire 19 est légèrement supérieur au diamètre de la plaque 48, par exemple 125 mm, de manière à autoriser la rotation du rotor 36a. Dans la réalisation, le chant 51c est perpendiculaire et tangent à la plaque 48 pour améliorer le cisaillement à travers les fentes 44 du stator 36b. le stator 36b entoure le rotor 36a.

[0071] La couronne annulaire 39 est écartée d'un espace 47, suffisamment faible pour les contraintes de cisaillement souhaitées, de la paroi cylindrique 17. Le diamètre de la chambre 11 est par exemple dans cette réalisation de 180 mm. Dans certaines réalisations le dia-

mètre du mélangeur peut varier de 80 à 400 mm.

[0072] En outre, la plaque transversale 48 est espacée selon la direction X de la face de la couronne de fixation 40 en regard, d'une distance d suffisante pour permettre le passage du mélange de la chambre précédente amont, en l'occurrence la chambre 10 pour le dispositif 36, vers la chambre 11. Cette distance d est dans cet exemple de 20 mm, sensiblement égale à la distance du chant axial 51c.

[0073] Ainsi le mélange qui provient de la chambre 10 s'écoule vers le rotor 36a de la chambre 11, plus précisément vers la face 48a de la plaque 48 et les pales 49. Les pales en rotation 49 le projettent radialement à travers les fentes 44 de la couronne annulaire 39 vers l'espace 47.

[0074] Le mélange s'écoule tout en étant brassé sous l'action de la rotation du rotor 36a vers la partie aval de la chambre 11. Selon cette variante, les pales 49 situées du côté de la face 48b de la plaque 48 projettent également le mélange à travers les fentes 44.

[0075] Dans ce mode de réalisation, la structure des dispositifs 35, 36, 37, 38 est identique. La circulation des fluides dans le mélangeur 1 se fait de la manière suivante, en choisissant comme exemple d'une phase continue le fioul.

[0076] La phase continue (ou premier fluide) pénètre dans le mélangeur 1 par les moyens 5 d'arrivée dans la chambre 10.

[0077] En parallèle, un deuxième fluide, de l'eau, destiné à être mélangé avec la phase continue est introduit dans la chambre 10 par l'orifice 14.

[0078] Les deux fluides sont mélangés par le rotor 35a entraînant un cisaillement de ce mélange selon la direction axiale et selon la direction radiale. Les pales 49 du rotor 35a projettent les fluides brassés selon la direction radiale à travers les fentes 44 de la couronne annulaire 39 du stator 35b, vers l'espace 47.

[0079] Des forces de cisaillement intenses sont ainsi appliquées radialement sur le mélange.

[0080] Le dispositif rotor/stator 35 permet le mélange des fluides dans la chambre 10, avec une direction d'écoulement du mélange vers la chambre suivante 11.

[0081] Une turbine défloculeuse 65 est disposée dans la chambre 10 après le dispositif rotor/stator, de manière à continuer le brassage du mélange dans la zone de la chambre 10.

[0082] Le mélange ainsi obtenu du premier fluide et du deuxième fluide est destiné à passer dans la chambre suivante 11, en débouchant au niveau du dispositif du rotor/stator 36 de cette chambre 11.

[0083] De façon analogue au compartiment 10, le rotor 36a de la chambre 11 brasse le mélange et le dirige radialement à travers les fentes 44 de la couronne annulaire 39 du stator 36b. Puis le mélange se dirige selon la direction d'écoulement vers la chambre suivante 12.

[0084] Un troisième fluide, destiné à être incorporé au mélange des deux premiers fluides, peut être introduit dans le compartiment 11 par l'orifice 15. Selon une va-

riante ce troisième fluide est le même que le deuxième fluide.

[0085] Le mélange des premier, deuxième et troisième fluides, est alors transféré vers la chambre 12, brassé par le dispositif rotor/stator 37 de façon analogue, avec incorporation possible d'un quatrième fluide qui peut être différent ou identique aux deuxième et troisième fluides des chambres 10 et 11.

[0086] Le mélange transite alors dans la quatrième et dernière chambre 13 du mélangeur. Il est brassé par le rotor/stator 38, un dernier fluide pouvant être introduit par un orifice 17 pour être incorporé au mélange. Ce dernier fluide est typiquement plus fragile que le(s) fluide(s) précédent(s).

[0087] Le mélange est ensuite évacué par le conduit d'évacuation 18 des moyens d'évacuation 6.

[0088] Le mode de réalisation décrit est utilisé typiquement pour des mélanges de type eau/fioul.

[0089] Un tel mélangeur convient également pour un mélange eau/lait en poudre. La taille des particules de l'émulsion obtenue est de l'ordre du μm .

[0090] On décrit maintenant d'autres modes de réalisation de mélangeurs, avec quatre étages, mais dont la structure des dispositifs rotor stator 34 est différente.

[0091] Les dispositifs rotor stator 35,36,37,38 sont comme dans le premier mode de réalisation identiques entre eux. On décrit donc par exemple le rotor stator 36.

[0092] Selon un mode de réalisation (figure 4b), le rotor 36a comprend une plaque de fond 48' supportant quatre pales 51 qui sont reliées entre elles par un alésage cylindrique creux 50' apte à recevoir l'axe 7. L'alésage cylindrique 50' comprend des orifices 52 pour des moyens de fixation de l'alésage 50' à l'arbre 7.

[0093] Chaque pale 51 comprend une partie extrême renflée 53 à proximité de l'alésage cylindrique 50' et une partie extrême 54 sensiblement plate.

[0094] Le bord libre 55 tangent à la plaque de fond 48' de chaque pale 51 est rectiligne. Le bord libre radial 56 présente un tronçon 57 parallèle à la plaque de fond 48 et un tronçon 58 incliné par rapport au tronçon 57 d'un angle de l'ordre de 30 degrés. Les bords libres tangents 55 des pales 51 sont espacés d'un angle de l'ordre de 90 degrés.

[0095] Le bord libre 56 des pales 51, lorsque le rotor est monté sur l'arbre, est en position proximale, du côté de la couronne de fixation 48, la plaque de base 48 étant en position distale, du côté du rotor stator suivant 37. En position de montage, le bord libre 55 est en regard des et parallèle aux segments 41. La longueur du bord libre 56 selon la direction X est sensiblement égale à la longueur des segments 41. La circonférence de la plaque de base 48' et les extrémités 46 des segments 41 sont sensiblement dans un même plan.

[0096] Selon un autre mode de réalisation, la structure du stator 36 est différente de celle de la réalisation décrite précédemment.

[0097] Le stator 36b (figures 5a, 5b) monobloc comprend toujours une couronne annulaire 39 et une cou-

ronne de fixation 40. Toutefois, au lieu de segments 41 espacés et rectilignes, la couronne annulaire 39 comprend des segments espacés 59 reliés entre eux à leur partie extrême distale par un anneau distal 60.

[0098] Les segments 59 espacés circonférenciellement sont parallèles entre eux et inclinés par rapport à la direction axiale d'un angle de l'ordre de 30 degrés.

[0099] La couronne annulaire 39 comprend par exemple 16 ou 24 segments.

[0100] Dans ce mode de réalisation (figure 5c), le rotor 36a comprend quatre pales 61 reliées autour d'une portion cylindrique 62 recevant l'arbre 7, la section des pales étant croissante de la portion cylindrique 62 vers le bord libre 63 des pales 61. Le rotor 36a ne comprend pas de plaque de fond. Le chant 63a incliné d'environ 10° par rapport à la direction radiale est, en position de montage sur l'arbre situé en position proximale, c'est à dire du côté de la couronne de fixation 40 du stator 36b.

[0101] Dans d'autres modes de réalisation de l'invention, la structure des dispositifs rotor/stator 34 varie entre les chambres 10, 11, 12, 13.

[0102] Des modes de réalisation décrits, on comprend que la structure (nombre d'étages, rotor-stators utilisés, dimensions...), et le fonctionnement du mélangeur (vitesse, débit...) sont adaptés en fonction des applications choisies, notamment des fluides utilisés, des débits de production souhaités, de la finesse de l'émulsion.

[0103] Par exemple, la chambre d'entrée 10 et la chambre de sortie 13 peuvent inclure une turbine de pompage en aval.

[0104] Le réglage de ces différents paramètres permet de produire une émulsion fine en ligne avec une très bonne répartition du produit dans la zone de mélange. Cette opération effectuée en continu ne nécessite donc aucun recyclage du produit.

[0105] Le temps de séjour dans la zone de mélange est extrêmement court, ce qui permet de réaliser des émulsions fines à de grandes échelles pour des coûts opératoires moindres par rapport aux procédés classiques. De plus, la puissance nécessitée par le mélangeur, typiquement de 0,03 à 0,08 kW/kg de produit, est inférieure à celle d'un système batch.

[0106] En outre, une large gamme de rotor/stator est utilisable, allant de l'appareil de laboratoire d'une capacité de quelques litres, à des émulseurs pour des cuves de 1000 litres.

[0107] Grâce à la diversité des rotor/stators utilisés, une nette amélioration en terme de débits générés ainsi que des taux de cisaillement appliqués aux produits mélangés, a été obtenue. En outre l'homothétie de différentes configurations permet une facilité d'industrialisation.

[0108] La plage de viscosité acceptée par le mélangeur est assez étendue, allant de 1 mPa.s à 10Pa.s. Les différents produits à mélanger peuvent avoir des propriétés physiques différentes ainsi qu'un rapport de viscosité important, de l'ordre de 1000.

[0109] De plus, comme on l'a décrit, la répartition du produit est optimisée et le dosage est facilité puisque chaque étage du mélangeur comporte une vanne d'introduction. L'incorporation des produits se fait alors directement dans la zone de mélange, ce qui permet un travail optimal des différents outils.

[0110] De plus, cette modularité de l'échangeur permet de limiter le cisaillement des produits sensibles en les incorporant au dernier étage.

[0111] Le dosage des composants du mélange permet d'obtenir en ligne des émulsions stables sans nécessiter de recyclage, et le mélangeur permet d'obtenir une très bonne répartition du produit dans les meilleures conditions possibles en tenant compte des caractéristiques physiques du produit tout en réduisant la consommation d'énergie par rapport aux procédés classiques de fabrication, de manière à obtenir un vaste champ d'application.

Revendications

1. Dispositif de rotor stator (34) d'un mélangeur destiné à la production en continu d'émulsions fines, à partir d'au moins deux fluides difficiles à mélanger, le mélangeur comprenant au moins un étage (10, 11, 12, 13) de mélange, les étages étant séparés par des moyens formant cloison (40) ménageant au moins une zone de passage du mélange, **caractérisé en ce qu'il** comprend pour chaque étage :
 - un rotor (35a, 36a, 37a, 38a) monté sur un axe support (7) et comportant des pales (49, 51) de mélange exerçant des forces de cisaillement sur le mélange dans la direction axiale et dans la direction radiale ;
 - un stator (35b, 36b, 37b, 38b) comportant une couronne annulaire (39) entourant le rotor, située à une faible distance (47) de la face interne (17a) de la paroi (17) de l'étage, présentant des segments (41) espacés circonférentiellement par des fentes (44) de manière à définir des ouvertures, parallèles entre elles, et telles que le mélange projeté par le rotor (35a, 36a, 37a, 38a) selon la direction radiale à travers les ouvertures subit un cisaillement selon cette direction radiale.
2. Dispositif rotor stator selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le stator (35b, 36b, 37b, 38b) comprend une couronne de fixation (40) reliant la couronne annulaire (39) et la paroi (17) de l'étage.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que** le rotor est une roue à aube comprenant une plaque transversale (48) et un alésage cylindrique (50) recevant l'arbre (7) supportant au moins quatre pales (49) sur au moins une face (48a, 48b).
4. Dispositif rotor stator selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le rotor est une turbine à quatre pales (51) reliées par un alésage cylindrique (50) recevant l'arbre (7) montées transversalement sur une plaque transversale (48), la section transversale des pales (51) étant croissante en s'éloignant radicalement de l'axe sensiblement jusqu'à la moitié des pales, puis constante sur l'autre moitié.
5. Dispositif rotor stator selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le rotor est une turbine à quatre pales (61) sensiblement trapézoïdales, reliées par une portion cylindrique circulaire (62) recevant l'arbre (7), la section transversale des pales (61) étant croissante en s'éloignant radialement de l'axe du mélangeur (7).
6. Dispositif rotor stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les segments (41) s'étendent parallèlement à la direction axiale du mélangeur,
7. Dispositif rotor stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les segments (41) et les fentes (44) sont inclinés par rapport à la direction axiale d'un angle de l'ordre de 5 à 30°.
8. Dispositif rotor stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la dimension des fentes (44) selon la direction axiale est deux à dix fois supérieure à la dimension des fentes transversalement à cette direction axiale.
9. Dispositif rotor stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** l'espace entre la couronne annulaire du stator et la face interne de la paroi de l'étage est compris entre 0.2 et une fois la dimension des fentes selon la direction axiale.
10. Mélangeur (1) comprenant :
 - un corps principal (3) de mélange tubulaire comportant la paroi externe (17) du mélangeur, le mélangeur comprenant au moins un étage (94) de mélange, les étages étant alignés en série selon la direction d'écoulement et séparés par une cloison de séparation (40) présentant au moins une zone de passage du mélange et chaque étage comprenant un dispositif rotor stator ;
 - des moyens de motorisation (2) et de commande de la rotation de l'axe (7) support des outils de mélange ;
 - des moyens d'arrivée (5) au mélangeur des constituants du mélange et des moyens d'évacuation (6) du mélange du mélangeur ;

caractérisé en ce que le dispositif rotor stator (34) d'au moins un des étages de mélange est conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 9, les rotors (35) étant entraînés en rotation par un arbre traversant les chambres de mélange ; de manière à obtenir des émulsions ultrafines et stables dont le diamètre des particules est contrôlé, de l'ordre de 100 nanomètres à plusieurs microns.

11. Mélangeur selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** chaque étage (9) comprend une zone de forte turbulence sous l'action du rotor/stator (34) et une zone d'homogénéisation sans coalescence des particules entre la zone de forte turbulence et la cloison de séparation avec l'étage suivant, avant le transfert à l'étage suivant.

12. Mélangeur selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de déflocculation dans au moins une chambre de mélange destinés à réhomogénéiser le flux et apporter un cisaillement supplémentaire dans la zone d'homogénéisation.

13. Mélangeur selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens d'injection et des orifices d'introductions (14, 15, 16) de composants du mélange dans les étages de mélange.

14. Mélangeur selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce qu'il** comprend des colliers externes de renfort (19, 20, 21, 22, 23) à la périphérie de la paroi (17) du corps principal.

15. Mélangeur selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation de chaque rotor lors du mélange, la structure de chaque rotor stator étant définie en fonction des contraintes de cisaillement souhaitées.

16. Installation de mélange **caractérisée en ce qu'elle** comprend au moins un mélangeur selon l'une quelconque des revendications 10 à 15.

17. Procédé d'homogénéisation en continu destiné à la production à débit élevé d'émulsions fines mettant en oeuvre le mélangeur selon l'une quelconque des revendications 10 à 15 **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- a) introduction des fluides par lesdits moyens d'entrée (5a,5b) dans un étage d'entrée (10) du mélangeur (1) ;
- b) mélange des matières premières dans le premier étage (10) à l'aide du dispositif rotor/

stator (35), de manière à exercer des forces de cisaillement dans la direction axiale et la direction radiale du mélangeur ;

- c) transfert du mélange selon l'axe du mélangeur jusque dans l'étage suivant ;
- d) répétition des étapes b) et c) pour chaque étage (10,11,12,13) du mélangeur, le mélange transféré subissant au moins un cycle de mélange à chaque étage avant le transfert à l'étage suivant ;
- e) évacuation du mélange homogénéisé, de manière à obtenir des émulsions ultrafines stables, et dont le diamètre des particules est contrôlé, de l'ordre de 100 nanomètres à plusieurs microns.

18. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** le mélange d'un étage est transféré, sous l'effet de l'écoulement dans cet étage et de l'entraînement par le rotor de l'étage suivant, vers l'étage suivant.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 18, **caractérisé en ce que** les composants du mélange sont incorporés en une seule fois dans le premier étage du mélangeur ou à plusieurs étages du mélangeur, les constituants les plus fragiles étant incorporés dans le ou les derniers étages du mélangeur.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, **caractérisé en ce que** le mélange émulsionné a une viscosité de l'ordre de 1 mPa.s à 10Pa.s.

21. Application du procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, à la production en ligne d'émulsions de type détergents, résines, cosmétiques, colles, huiles, dérivés alimentaires.

22. Application du procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 20 à la production en ligne d'émulsions d'eau dans au moins un hydrocarbure choisi dans le groupe comprenant le fioul, le gazole, le mazout, l'essence, le kérosène, le pourcentage en eau du mélange étant de 1 à 15%.

23. Produit obtenu par la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, **caractérisé en ce qu'il** comprend :

- 1 à 15% d'eau ;
- 0 à 10% d'un système émulsifiant ;
- le complément à 100% d'hydrocarbures choisis dans le groupe comprenant le fioul, le gazole, le mazout, l'essence, le kérosène ;

la taille des particules du mélange obtenu étant de

l'ordre de 200 nm à quelques micromètres, et le mélange étant stable de manière à éviter une coalescence perturbant son utilisation.

5

10

15

20

25

30

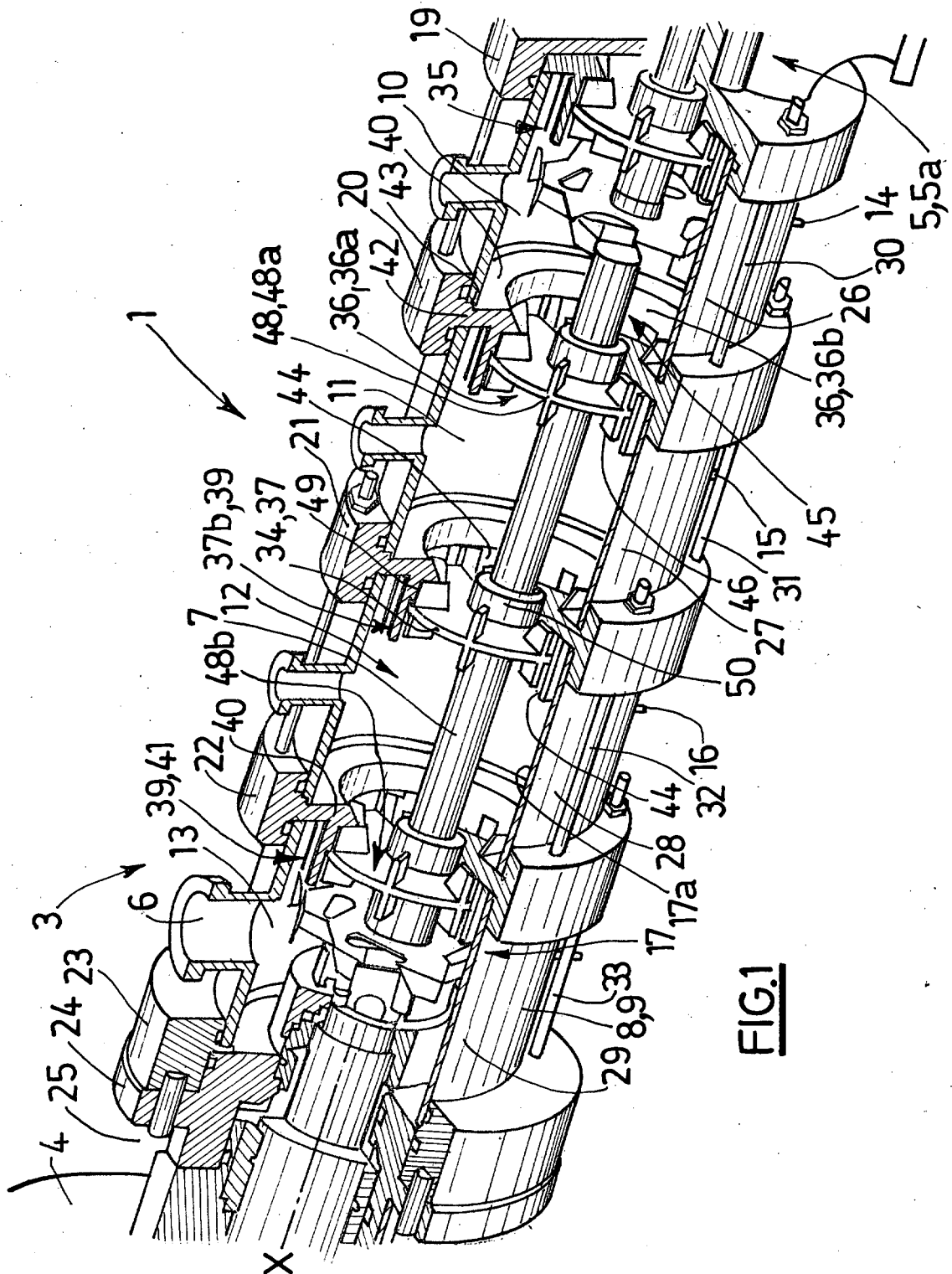
35

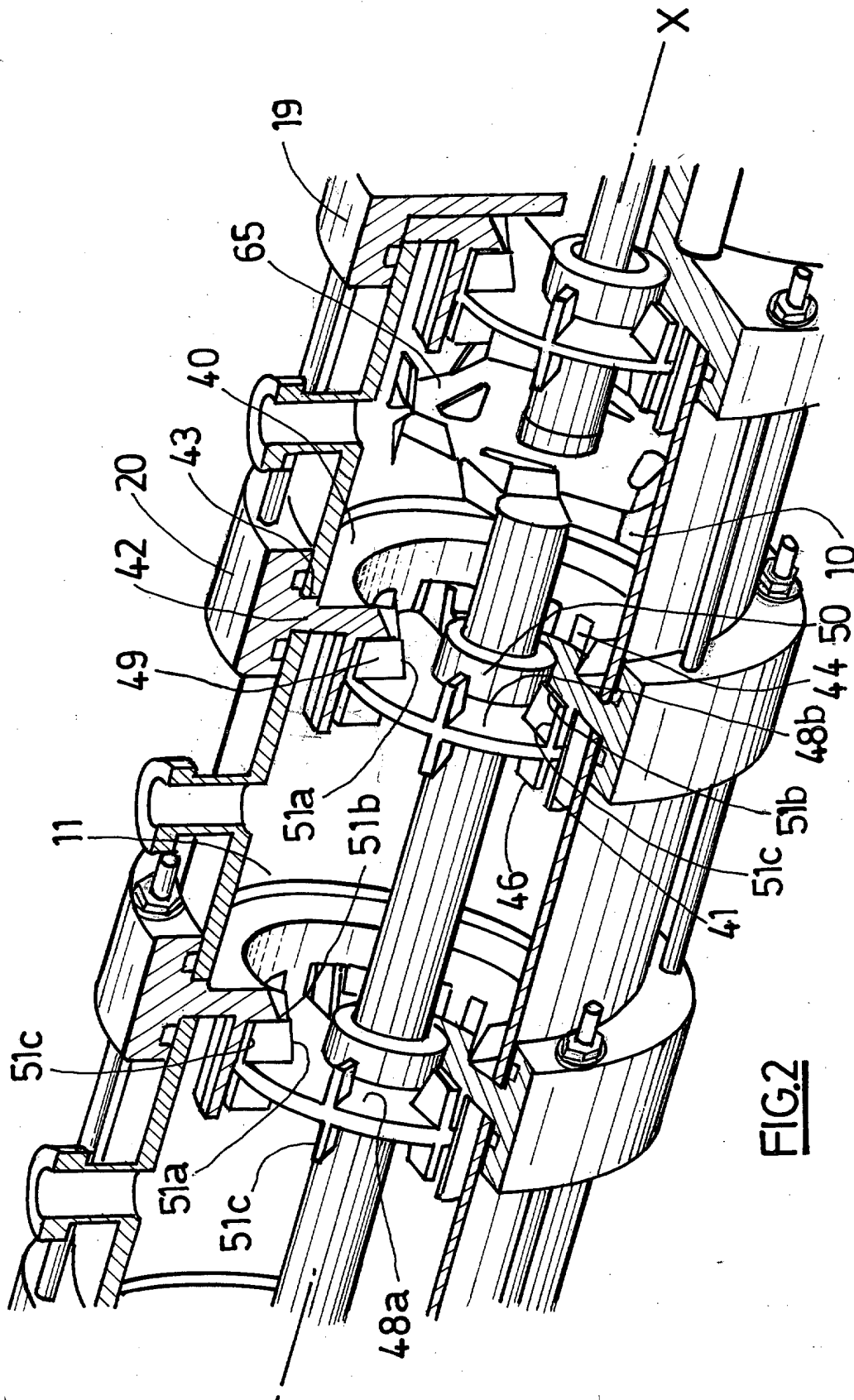
40

45

50

55





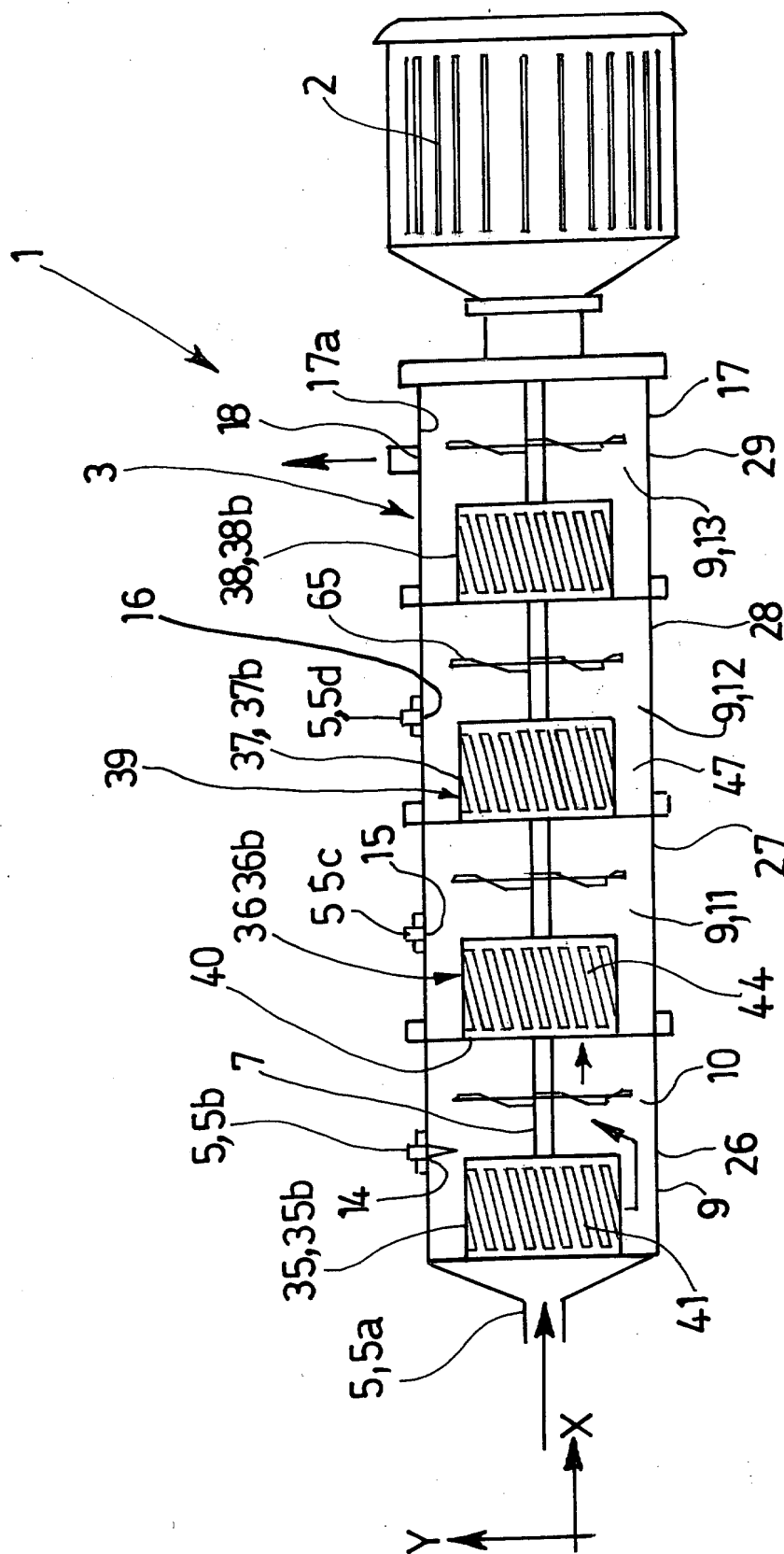


FIG. 3

