



(11) **EP 2 242 565 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
31.10.2012 Bulletin 2012/44

(51) Int Cl.:
B01F 15/00 ^(2006.01) **B01F 7/04** ^(2006.01)
G05B 21/00 ^(2006.01) **G05D 21/00** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09708028.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2009/050880

(22) Date de dépôt: **27.01.2009**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2009/098146 (13.08.2009 Gazette 2009/33)

(54) **Mélangeur, dispositif et procédé de surveillance ou de commande de ce mélangeur**

Mischer sowie Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung oder Steuerung dieses Mixers
Mixer, device and method for monitoring or controlling said mixer

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

- **METZ, Pascal**
F-69364 Lyon (FR)
- **GASTEUIL, Yoann**
F-69364 Lyon (FR)
- **SHEW, Woodrow Lee**
F-69364 Lyon (FR)

(30) Priorité: **08.02.2008 FR 0800682**

(43) Date de publication de la demande:
27.10.2010 Bulletin 2010/43

(74) Mandataire: **Colombo, Michel**
Brevinnov
324, rue Garibaldi
69007 Lyon (FR)

(73) Titulaires:

- **ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE LYON**
69342 Lyon 7ème (FR)
- **Centre National de la Recherche Scientifique**
75016 Paris (FR)

(56) Documents cités:
US-A- 5 059 261 US-A- 6 057 773
US-B1- 6 361 950 US-B1- 7 038 470

(72) Inventeurs:

- **PINTON, Jean-François**
F-69364 Lyon (FR)

EP 2 242 565 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un mélangeur ainsi qu'un dispositif et un procédé de surveillance ou de commande de ce mélangeur. Le déposant connaît un mélangeur comprenant :

- un récipient dans lequel sont reçus des produits fluides ou granulaires à mélanger pour former un mélange, ces produits se distinguant les uns des autres, avant mélange, par au moins une grandeur physique mesurable,
- un agitateur apte à brasser les produits présents dans le récipient, et
- un dispositif de surveillance ou de commande du mélangeur en fonction d'au moins une caractéristique mesurable du mélange.

[0002] Le dispositif de surveillance ou de commande est un dispositif qui permet de vérifier que le mélange se déroule conformément à un plan préétabli et/ou de commander différents équipements du mélangeur tels que l'agitateur pour que le mélange se déroule conformément à ce plan préétabli.

[0003] Par exemple, si la caractéristique mesurable utilisée est représentative de l'homogénéité du mélange alors de dispositif permet d'arrêter le mélangeur lorsque le mélange est homogène. La caractéristique mesurable utilisée peut aussi être représentative de l'état d'avancement d'un processus lié au mélange tel qu'une réaction chimique. Dans ce dernier cas, le dispositif permet de surveiller le bon déroulement du processus et d'agir sur le mélangeur si le processus ne se déroule pas comme prévu.

[0004] Dans les mélangeurs connus, la surveillance ou la commande précise du déroulement du mélange est rendue très difficile par le fait que la valeur de la caractéristique utilisée pour surveiller ou commander le mélangeur n'est pas uniforme sur l'ensemble du volume du mélange.

[0005] Pour illustrer ce problème, nous prenons ici l'exemple d'un mélange entre une peinture bleue et une peinture jaune réalisé afin d'obtenir un mélange uniformément vert.

[0006] Il est connu de placer un capteur de couleur sur un côté du récipient dans lequel se déroule ce mélange. On pourrait s'attendre à pouvoir facilement surveiller ou commander ce mélangeur à partir des mesures de ce capteur. Par exemple, on pourrait envisager d'arrêter automatiquement le mélange lorsque la couleur mesurée par ce capteur est uniformément verte. Dans la pratique, il n'est pas possible de procéder ainsi. En effet, même si localement, à proximité du capteur, la couleur mesurée est uniformément verte, il reste souvent à l'intérieur même du mélange des poches résiduelles de peinture bleue ou jaune. La surveillance ou la commande du mélangeur avec un tel dispositif est donc peu efficace.

[0007] L'invention vise à remédier à ces problèmes en

proposant un mélangeur dans lequel la surveillance ou la commande du mélange est plus efficace.

[0008] Le document US-A-6 05773 décrit un mélangeur selon le préambule de la revendication 1. Elle a donc pour objet un mélangeur conforme à la revendication 1.

[0009] Dans le mélangeur ci-dessus, étant donné que les particules instrumentées sont libres de se mouvoir dans le mélange, elles sont capables de mesurer la caractéristique en de nombreux points dans ce mélange et y compris sous la surface visible du mélange. Le nombre de particules instrumentées est inférieur au nombre de points où une mesure peut être réalisée. Cela permet de limiter le nombre de capteurs utilisés par comparaison à une situation où l'on voudrait obtenir les mêmes mesures en utilisant des capteurs fixés sur les parois du récipient.

[0010] De plus, les particules instrumentées se déplacent dans le mélange sous l'action des écoulements turbulents créés par l'agitateur. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir des moyens spécifiques de propulsion pour ces particules.

[0011] Le mélangeur équipé du dispositif de surveillance ou de commande ci-dessus permet donc simplement de surveiller et de commander plus efficacement le déroulement du mélange.

[0012] Les modes de réalisation de ce mélangeur peuvent comporter la caractéristique de la revendication

[0013] L'invention a également pour objet un dispositif de surveillance ou de commande d'un mélangeur apte à être mis en oeuvre dans le mélangeur ci-dessus.

[0014] Les modes de réalisation de ce dispositif de surveillance ou de commande comporte les caractéristiques des revendications 3 à 7.

[0015] Ces modes de réalisation du dispositif de surveillance ou de commande présentent en outre les avantages suivants :

- lorsque les particules instrumentées ont sensiblement la même densité que celle du mélange, elles balaient uniformément l'ensemble du volume du mélange, ce qui évite d'introduire un biais dans les mesures en tenant compte, par exemple, préférentiellement que de ce qui se passe vers le fond du récipient ou au contraire vers la surface du récipient,
- l'indication de la fin du mélange à partir des mesures réalisées par les particules instrumentées permet d'arrêter le mélangeur juste au moment où le mélange est considéré comme homogène dans le récipient en ce qui concerne la caractéristique mesurée,
- utiliser simultanément plusieurs particules instrumentées dans le même mélange rend plus rapide et plus précise, par exemple, la détermination d'inhomogénéité dans le mélange,
- transmettre les mesures par une liaison sans fil vers l'unité de traitement permet de diminuer la taille des particules et donc, en fin de compte, d'améliorer la surveillance ou la commande du déroulement du

mélange,

- localiser les particules instrumentées à l'intérieur du mélange permet d'améliorer la surveillance ou la commande du mélangeur en tenant compte, par exemple, des endroits où se trouvent des inhomogénéités à l'intérieur du mélange.

[0016] Enfin, l'invention a également pour objet un procédé de surveillance ou de commande d'un mélangeur de produits fluides ou granulaires se distinguant les uns des autres, avant mélange, par au moins une grandeur physique mesurable, selon la revendication 9 et l'utilisation d'un particule instrumentée selon la revendication 8.

[0017] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une illustration schématique de l'architecture d'un mélangeur équipé d'un dispositif de surveillance et de commande,
- la figure 2 est une illustration schématique d'une particule instrumentée du dispositif de surveillance et de commande de la figure 1,
- la figure 3 est un organigramme d'un procédé de surveillance et de commande du mélangeur de la figure 1,
- la figure 4 est un graphe illustrant schématiquement les différentes mesures relevées par des particules instrumentées du dispositif de surveillance et de commande de la figure 1,
- les figures 5 et 6 sont des graphes représentant l'évolution au cours du temps des mesures réalisées par deux autres modes de réalisation de la particule instrumentée de la figure 2.

[0018] Dans ces figures, les mêmes références sont utilisées pour désigner les mêmes éléments.

[0019] Dans la suite de cette description, les caractéristiques et fonctions bien connues de l'homme du métier ne sont pas décrites en détail.

[0020] La figure 1 représente un mélangeur 2. Ce mélangeur 2 comprend un récipient 4 contenant un mélange 5 de différents produits. Les produits à mélanger sont déversés dans le récipient 4 par un doseur commandable 6.

[0021] Les produits introduits dans le récipient 4 se distinguent les uns des autres, avant mélange, par au moins une grandeur physique mesurable. Ainsi, juste après l'introduction des produits dans le récipient, le mélange 5 est inhomogène.

[0022] Par exemple, le but du mélangeur est de rendre homogène le mélange 5 en ce qui concerne la répartition spatiale des valeurs d'une caractéristique de ce mélange mesurable localement. Plus précisément, ici on considère qu'un mélange est inhomogène s'il existe dans le mélange au moins une première et une seconde poches de produits dans lesquelles la caractéristique mesurée a,

respectivement, une première et une seconde valeurs différentes, l'écart entre ces première et seconde valeurs étant supérieur à un seuil prédéterminé. La taille minimale des poches prises en compte et le seuil prédéterminé est, par exemple, fixé au préalable par l'utilisateur en fonction des produits à mélanger. A l'inverse, le mélange 5 est considéré homogène s'il n'est pas inhomogène.

[0023] Par exemple, ici, la caractéristique du mélange mesurable localement est la grandeur physique qui permet, avant mélange, de distinguer les produits mélangés.

[0024] A titre d'illustration uniquement, le mode de réalisation de la figure 1 est décrit dans le cas particulier où les produits mélangés sont des peintures liquides respectivement jaune et bleu. Dans ce contexte, le but du mélangeur est d'obtenir un mélange homogène de couleur uniformément vert.

[0025] Le doseur 6 est apte à introduire dans le récipient 4 des quantités dosées de chacun des produits à mélanger. Par exemple, le doseur 6 est formé de canalisations équipées chacune d'une pompe doseuse commandable. Pour simplifier la figure 1, seule une canalisation 8 et une pompe doseuse 10 ont été représentées. Chaque canalisation débouche à l'intérieur du récipient 4. Ici, le doseur 6 permet d'introduire des volumes dosés de peintures de couleurs différentes dans le récipient 4.

[0026] Le mélangeur 2 comprend un agitateur commandable 14 pour brasser les produits reçus dans le récipient 4. Par exemple, à cet effet, l'agitateur 14 comprend une hélice 16 entraînée en rotation par un moteur 18.

[0027] Ici, la position de l'agitateur 14 par rapport au récipient 4 est réglable à l'aide d'un mécanisme 20 de déplacement de l'agitateur 14 par rapport aux parois du récipient 4. Par exemple, le mécanisme 20 permet d'incliner l'axe de rotation de l'hélice 16 dans différentes directions.

[0028] Le mélangeur 2 est équipé d'un dispositif de surveillance et de commande. Ce dispositif comprend :

- plusieurs particules instrumentées 24 incorporées dans le mélange 5,
- trois antennes 26 à 28 disposées autour du récipient 4, et
- une unité 30 de traitement apte à surveiller et à commander le déroulement du mélange.

[0029] Chaque particule instrumentée 24 est apte à mesurer la grandeur physique qui permet de différencier les produits mélangés dans le récipient 4. Par exemple, ici, ces particules 24 sont chacune équipées d'un capteur de couleur permettant de différencier les deux peintures de couleurs différentes. Ces particules 24 sont également équipées d'un émetteur permettant d'envoyer, en temps réel et simultanément, les mesures réalisées par leurs capteurs respectifs vers les antennes 26 à 28. Les particules 24 sont décrites plus en détail en regard de la figure 2.

[0030] Les antennes 26 à 28 sont disposées à l'extérieur du récipient 4 de manière à recevoir les mesures réalisées par les particules 24. Ici, les trois antennes 26 à 28 sont disposées les unes par rapport aux autres de manière à permettre une localisation de chaque particule instrumentée par triangulation.

[0031] L'unité 30 de traitement comprend un récepteur 32 raccordé à chacune des antennes 26 à 28 de manière à recevoir les mesures envoyées par les particules 24.

[0032] L'unité 30 comprend également :

- un localisateur 34 propre à déterminer la position de chaque particule 24 à l'intérieur du récipient 4 par triangulation en fonction de la puissance des signaux reçus par les antennes 26 à 28,
- un module 36 de surveillance du mélangeur propre, par exemple, à détecter une inhomogénéité dans le mélange 5 à partir des mesures transmises par les particules 24, et
- un module 38 de commande du mélangeur 4 pour agir sur le déroulement du mélange.

[0033] Par exemple, ici, le module 38 est propre à commander les équipements suivants du mélangeur 2 :

- le moteur 18 pour régler la vitesse de rotation de l'hélice 16,
- le mécanisme 20 pour orienter l'hélice 16 dans une direction prédéterminée, et
- le doseur 6 pour introduire, si nécessaire, de nouvelles quantités des produits dans le mélange 5.

[0034] La figure 2 représente plus en détail une particule instrumentée 24. Ici, pour simplifier, on suppose que toutes les particules instrumentées 24 sont identiques.

[0035] Chaque particule 24 comprend :

- un capteur 44 de la grandeur physique permettant de différencier les produits à mélanger avant que ceux-ci ne soient introduits dans le récipient 4 et mélangés,
- un convertisseur analogique-numérique 46 propre à convertir les signaux délivrés par le capteur 44 en signaux numériques,
- un multiplexeur 48 propre à multiplexer les signaux numériques de plusieurs capteurs lorsque la particule 24 est équipée de plusieurs capteurs, et
- un émetteur 50 propre à émettre les signaux numériques multiplexés délivrés par le multiplexeur 48 vers les antennes 26 à 28.

[0036] La particule 24 comprend également un micro-contrôleur 52 apte à commander les différents éléments de la particule 24. Enfin, la particule 24 comprend une batterie 54 permettant d'alimenter l'ensemble des équipements de la particule.

[0037] Sur la figure 2, on a également représenté en pointillés un second capteur 56. Ce second capteur 56

peut être identique au capteur 44 c'est-à-dire être capable de mesurer la même grandeur physique que le capteur 44 ou, au contraire, être capable de mesurer une autre grandeur physique que celle mesurée par le capteur 44. Dans le cas où les capteurs 44 et 56 mesurent la même grandeur physique, ceux-ci sont disposés à des endroits différents sur le pourtour de la particule 24 et de préférence diamétralement opposés.

[0038] Le capteur 56 comme le capteur 44 est raccordé au convertisseur 46.

[0039] Dans le mode de réalisation de la figure 1, la particule 24 comporte uniquement le capteur 44. Le capteur 44 est un capteur de couleur propre à distinguer les deux peintures mélangées par leurs couleurs respectives.

[0040] La particule 24 comprend également une coque protectrice 58 apte à protéger les différents équipements électroniques qu'elle contient de l'environnement extérieur à l'intérieur duquel elle est destinée à être incorporée. La sphère 58 a un diamètre D. Le diamètre D est suffisamment petit pour que le volume cumulé de l'ensemble des particules 24 reste petit devant le volume du mélange. Par exemple, le volume cumulé des particules 24 est inférieur à 10 % du volume du mélange. Ainsi, la présence des particules ne gêne pas la réalisation du mélange. Ici, le diamètre D est inférieur à 2 cm et de préférence inférieur à 1 cm.

[0041] Le poids de la particule 24 est suffisant pour qu'elle puisse traverser les différentes poches de produits lors du mélange.

[0042] Ici, le diamètre D de la particule 24 est choisi pour que la densité de cette particule soit sensiblement égale à la densité du mélange 5. Ici par « sensiblement égal » on désigne le fait que la densité de la particule 24 est égale à la densité du mélange 5 à plus ou moins 10 % près.

[0043] La densité de la particule 24 est égale au volume de cette particule divisé par son poids. La densité du mélange 5 est égale au volume de ce mélange divisé par son poids. Si le mélange est réalisé à poids et à volume constants, le volume du mélange peut être déterminé a priori par le rapport entre le volume des produits à mélanger sur le poids des produits à mélanger.

[0044] Dans ce mode de réalisation le diamètre D est donné par la relation suivante :

$$m = \rho F D^3 / 6$$

où :

- m est la masse de la particule 24,
- ρF est la densité du mélange 5,
- D est le diamètre à déterminer de la particule 24.

[0045] Lorsque la densité de la particule 24 est sensiblement égale à celle du mélange 5, alors les particules 24 balaient uniformément l'ensemble du volume du mélange 5, ce qui améliore la fiabilité du dispositif de surveillance et de commande du mélangeur 2.

[0046] Le fonctionnement du mélangeur 2 va maintenant être décrit en regard du procédé de la figure 3 dans le cas particulier du mélange des deux peintures de couleurs jaune et bleue.

[0047] Initialement, lors d'une étape 60, les particules 24 sont incorporées au mélange 5. Par exemple, les particules 24 sont introduites en même temps que les produits à mélanger dans le récipient 4.

[0048] Ensuite, lors d'une étape 62, l'agitateur 14 est commandé pour brasser les produits à mélanger à l'intérieur du récipient 4. Ici, le moteur 18 entraîne en rotation l'hélice 16 qui elle-même brasse les différents produits présents dans le récipient 4. Ce brassage des produits entraîne également le déplacement des particules 24 à l'intérieur du récipient 4 sous l'action des écoulements turbulents créés dans le mélange 5 par l'hélice 16.

[0049] Ici, les particules 24 sont libres de se déplacer à l'intérieur du mélange 5 et ne sont retenues par aucun élément aux parois du récipient 4 ou à l'agitateur 14. De plus, chaque particule 24 est autonome par rapport aux autres particules. Dans ces conditions, les particules 24 balaient uniformément l'ensemble du volume du mélange 5.

[0050] En parallèle de l'étape 62, lors d'une étape 64, le capteur 44 de chaque particule 24 réalise une mesure instantanée $g_i(t)$ de la grandeur physique qui permet de différencier les produits mélangés c'est-à-dire ici, leur couleur. L'indice i identifie la particule 24 qui a réalisé la mesure.

[0051] Lors de l'étape 64, chaque mesure $g_i(t)$ est instantanément envoyée au récepteur 32 par l'intermédiaire d'une liaison sans fil établie entre l'émetteur 50 de cette particule et les antennes 26 à 28.

[0052] En parallèle des étapes 62 et 64, l'unité 30 exécute une phase 66 de surveillance et de commande du mélangeur 2. Au début de cette phase 66, lors d'une étape 68, le récepteur 32 reçoit les mesures $g_i(t)$ envoyées par chacune des particules 24.

[0053] Chaque particule 24 envoie ses mesures sur une fréquence qui lui est propre de manière à ne pas brouiller les émissions des autres particules 24 présentes dans le même mélange. De plus, chaque trame d'information émise par une particule 24 comporte un identifiant de cette particule permettant d'identifier cette particule parmi l'ensemble des particules présentes dans le mélange 5.

[0054] A partir des mesures $g_i(t)$ reçues lors de l'étape 68, lors d'une étape 70, le module 36 détermine, par exemple, si le mélange est suffisamment homogène pour pouvoir arrêter l'agitateur 14. Par exemple, au début de l'étape 70, lors d'une opération 72, une valeur moyenne $\overline{g(t)}$ des différentes mesures instantanées $g_i(t)$ envoyées par chaque particule 24 est calculée. Typiquement, cette moyenne $\overline{g(t)}$ est une moyenne glissante réalisée sur un intervalle de temps Δt prédéterminé. Ensuite, lors d'une opération 74, le module 36 vérifie si chaque mesure instantanée $g_i(t)$ envoyée par chaque particule 24 pendant l'intervalle Δt est égale à la moyenne $\overline{g(t)}$ plus ou moins

Δg . Δg est une marge de tolérance sur l'homogénéité du mélange. Δg est prédéterminé par l'utilisateur. Par exemple, ici Δg est choisi inférieur à 10 % de la moyenne $\overline{g(t)}$ et, de préférence, inférieur à 5 % de la moyenne $\overline{g(t)}$.

[0055] Si l'ensemble des mesures instantanées $g_i(t)$ envoyées pendant l'intervalle de temps Δt est égal à la moyenne $\overline{g(t)}$ plus ou moins Δg , alors le module 38 commande, lors d'une étape 76, l'arrêt de l'agitateur 14. En effet, dans ce cas, on considère que le mélange 5 est devenu suffisamment homogène et il n'est donc plus nécessaire de continuer à le brasser.

[0056] En parallèle de l'étape 70, lors d'une étape 78, le localisateur 34 détermine la position, dans un référentiel solidaire du récipient 4, de chaque particule 24. Par exemple, la position de chaque particule 24 est déterminée par triangulation à partir des instants de réception de la mesure $g_i(t)$ par les antennes 26 à 28 ou à partir de la puissance des signaux reçus par chacune des antennes 26 à 28.

[0057] Ensuite, lors d'une étape 80, dans le cas où lors de l'opération 74 il a été déterminé que le mélange 5 n'est pas encore suffisamment homogène, alors l'unité 38 commande les différents équipements du mélangeur 2 en fonction des mesures $g_i(t)$ envoyées par les particules 24 et de la localisation de ces particules 24 obtenue lors de l'étape 78. Par exemple, à partir de chaque mesure $g_i(t)$ et de la localisation de la particule ayant envoyé cette mesure, le module 38 détermine où se trouve les poches résiduelles de couleur jaune ou bleu dans le récipient 4. Ensuite, le module 38 commande le mécanisme 20 pour brasser préférentiellement des zones du mélange 5 où se trouvent ces poches résiduelles de couleur jaune ou bleu. Lors de l'étape 80, le module 38 peut également commander le moteur 18 pour accélérer ou au contraire ralentir le brassage des produits en fonction des mesures $g_i(t)$.

[0058] Lors de l'étape 80, si la couleur moyenne prédite pour le mélange à partir des mesures $g_i(t)$ envoyées par chacune des particules 24 ne correspond pas à une couleur cible fixée par l'utilisateur, alors le module 38 commande également le doseur 6 pour introduire des produits au cours du mélange. Par exemple, si la couleur uniforme prédite pour le mélange 5 est trop proche du jaune, le module 38 commande l'ajout de peinture bleu dans ce mélange.

[0059] La figure 4 représente un exemple d'évolution au cours du temps des mesures $g_i(t)$ réalisées par quatre particules 24. Sur la figure 4, les mesures des première, deuxième, troisième et quatrième particules 24 sont identifiées par, respectivement, une croix, un rond, un carré et un triangle. Au début du mélange, les particules 24 se trouvent soit dans des poches de peinture jaune soit dans des poches de peinture bleue. L'écart type de la distribution de ces mesures autour de la moyenne $\overline{g(t)}$ est donc important. Ensuite, sous l'action de l'agitateur 14, cet écart type diminue progressivement. Le mélange devient donc de plus en plus homogène et les mesures $g_i(t)$ se rapprochent de la moyenne $\overline{g(t)}$. A partir d'un ins-

tant t_0 , chaque mesure $g_i(t)$ réalisée par l'une quelconque des particules 24 est comprise dans une bande de largeur $2 \Delta g$ centrée autour de la moyenne $\overline{g(t)}$. L'agitateur 14 est donc arrêté à l'instant t_1 après que l'intervalle de temps Δt se soit écoulé.

[0060] De nombreux autres modes de réalisation sont possibles. Par exemple, le capteur 44 peut être remplacé par tout capteur d'une caractéristique du mélange mesurable localement. Cette caractéristique mesurée peut être différente de la grandeur physique permettant de différencier, avant mélange, les produits mélangés. Un tel choix de la caractéristique peut s'avérer opportun si les inhomogénéités du mélange que l'on cherche à détecter apparaissent suite à des réactions qui se produisent entre les produits mélangés, par exemple. Le capteur peut également être choisi pour mesurer une caractéristique représentative de l'état d'avancement d'une réaction chimique ou autre qui se produit au fur et à mesure du mélange.

[0061] A titre d'illustration, le capteur peut être un capteur de température, de pression, de pH, de polarographie, de résistivité, de capacité, de spectrophotométrie, d'opacité, de turbidité, de réfractométrie ou de viscosité. Le capteur peut aussi être une biopuce, un biocapteur ou un capteur connu sous le terme anglais de « lab-on-chip ».

[0062] Ainsi, le mélangeur qui a été décrit et son dispositif de surveillance et de commande peut être adapté à de nombreuses applications. Par exemple, il n'est pas nécessaire que les produits mélangés soient des produits liquides miscibles comme dans le cas des peintures. Il peut également s'agir de produits non-miscibles. Les produits mélangés peuvent se présenter sous une forme liquide, gazeuse ou granulaire. Dans le cas des gaz, on remarquera qu'il est possible de remplir l'espace intérieur de la particule avec un gaz éventuellement plus léger que les gaz dans lesquels la particule est incorporée.

[0063] Par exemple, le mélangeur 2 peut être adapté à la surveillance et à la commande d'un mélangeur de produits granulaires tels que du béton. Dans le cas du béton, les produits granulaires à mélanger sont du sable et des graviers. Le sable se distingue, avant mélange, du gravier par le poids de ses grains qui est plus d'une dizaine de fois inférieur à celui d'un gravier. Cette différence de poids entre un grain de sable et un gravier peut être mesurée à l'aide d'un accéléromètre. En effet, puisque les graviers sont plus lourds que les grains de sable, leur inertie est plus grande. Dès lors, lorsqu'un gravier heurte une particule instrumentée l'amplitude de la décélération ou de l'accélération subie par la particule instrumentée est beaucoup plus grande que si cette même particule avait été heurtée dans la même condition par un grain de sable. Ainsi, pour cette application, le capteur 44 est remplacé par un accéléromètre. La figure 5 illustre schématiquement l'évolution au cours du temps de l'amplitude $a(t)$ de l'accélération mesurée par cette particule instrumentée. Lorsque la particule se trouve dans une

poche P_1 du mélange remplie uniquement de sable, les chocs des grains de sable sur la coque de la particule produisent des accélérations et des décélérations de petites amplitudes. A l'inverse, lorsque cette particule traverse une zone P_2 du mélange uniquement remplie de graviers, les amplitudes des accélérations ou décélérations dues aux chocs de la particule sur les graviers sont beaucoup plus grandes.

[0064] Ainsi, cette particule permet de discriminer une poche de sable d'une poche de gravier. Par exemple, à cet effet, le module 36 ou 38 calcule, sur un intervalle de temps Δt prédéterminé, le rapport entre l'écart type des mesures $a(t)$ sur la moyenne de ces mesures $a(t)$. Dans la zone P_1 , ce rapport est petit. A l'inverse, dans la zone P_2 , ce rapport est beaucoup plus grand. Enfin, dans une zone P_3 , où le sable et les graviers sont uniformément mélangés, ce rapport a une valeur intermédiaire entre les deux précédentes. En effet, dans la zone P_3 , les variations de l'amplitude $a(t)$ autour de la moyenne sont généralement petites sauf de temps en temps quand la particule rencontre un gravier. Ce rapport peut donc être utilisé pour suivre l'état d'avancement du mélange entre le sable et le gravier et, par exemple, arrêter le mélangeur lorsque le rapport a atteint une valeur cible prédéterminée.

[0065] Le module 38 peut être omis. Par exemple, dans ce cas, comme représenté sur la figure 6, les mesures instantanées $g_i(t)$ des particules instrumentées sont utilisées pour prédire l'évolution de la moyenne $\overline{g(t)}$. Sur la figure 6, l'évolution prédite pour la moyenne $\overline{g(t)}$ est représentée par une ligne en traits discontinus $\hat{g}(t)$. L'évolution prédite $\hat{g}(t)$ est, par exemple, utilisée par le module 36 pour s'assurer que le mélange est bien sous contrôle et qu'il ne dépassera pas un seuil prédéterminé S_1 . Dans le cas où les prédictions indiquent que le mélange dévie par rapport à ce qui est attendu, alors le module 36 déclenche une alarme. Ainsi, dans ce cas, le dispositif est uniquement utilisé pour surveiller le mélange sans commander le mélangeur pour intervenir sur le déroulement du mélange.

[0066] De nombreux autres modes de calcul de la moyenne $\overline{g(t)}$ sont possibles. Par exemple, la moyenne $\overline{g(t)}$ peut être prédéterminée expérimentalement par des mesures sur un mélange homogène. La moyenne $\overline{g(t)}$ peut également être établie en utilisant uniquement les mesures envoyées à l'instant t .

[0067] Ce qui a été décrit dans le cadre de produits à mélanger, qui ont sensiblement la même densité s'applique également à deux ou plusieurs produits à mélanger dont les densités sont différentes. Dans ce cas, la densité des particules instrumentées est choisie sensiblement égale à la densité du mélange homogène.

[0068] En variante, les particules instrumentées incorporées dans le mélange n'ont pas toutes la même densité. Par exemple, dans le cas d'un mélange de deux produits ayant des densités différentes, des particules ont une densité sensiblement égale à la densité du premier produit et d'autres particules ont une densité sen-

siblement égale à la densité du second produit.

[0069] Lorsque les turbulences créées par l'agitateur 14 sont suffisamment fortes pour rendre négligeable l'effet de la gravité sur le parcours des particules dans le mélange, il n'est pas nécessaire que les particules aient sensiblement la même densité que les produits mélangés ou la même densité que le mélange obtenu. On considère que la force exercée par la gravité sur une particule est négligeable devant la force exercée par les turbulences sur cette particule, s'il existe au moins un rapport dix entre ces deux forces. Par exemple, la densité des particules dans ce cas est comprise entre 1/10 et dix fois la densité du mélange.

[0070] L'agitateur 14 peut être remplacé par un agitateur mécanique consistant à entraîner en rotation le récipient 4 comme, par exemple, dans le cas d'une bétonneuse. L'agitateur 14 peut également créer les forces qui brassent les produits à mélanger par d'autres moyens. Par exemple, les forces de brassage peuvent être des forces électromagnétiques.

[0071] Le nombre de particules instrumentées incorporées dans le mélange peut être réduit à un. Toutefois, de préférence ce nombre est supérieur à quatre ou à dix.

[0072] Dans le cas où chaque particule comporte plusieurs capteurs d'une même grandeur, les mesures transmises au récepteur 32 peuvent être des mesures différentielles, c'est-à-dire correspondant à la différence entre les mesures réalisées par chacun des capteurs de la particule. Une mesure différentielle est particulièrement intéressante si les capteurs sont disposés sur des côtés diamétralement opposés de la particule instrumentée.

[0073] Une partie des traitements réalisés ici par l'unité de traitement 30 peut être réalisée à l'intérieur même de chaque particule 24. Par exemple, le module 36 peut être incorporé à l'intérieur des particules 24. Dans ce cas les particules envoient non plus les mesures réalisées mais une information déjà prétraitée telle qu'une alarme.

[0074] Dans cette dernière variante, la communication entre les particules 24 et l'unité 30 de traitement pourra alors être bidirectionnelle.

[0075] L'onde utilisée pour localiser chaque particule n'est pas nécessairement la même que celle utilisée pour transmettre en temps réel les mesures.

[0076] Si une localisation moins précise est requise, une des trois antennes peut être omise. La localisation des particules dans le mélange peut également être réalisée par d'autre moyen qu'une triangulation. Par exemple, les particules peuvent être localisées à l'aide d'une ou plusieurs caméras et d'un traitement d'image.

[0077] Ici, la transmission des mesures vers le récepteur 32 par les particules met en oeuvre un multiplexage fréquentiel. En variante, ce multiplexage fréquentiel peut être remplacé par un multiplexage temporel. D'autres technologies comme la technologie CDMA (« Code Division Multiple Access » en anglais ou « accès multiple par répartition en code » en français) peuvent également être utilisées.

Revendications

1. Mélangeur comprenant :

- 5 - des produits fluides ou granulaires à mélanger pour former un mélange,
- un récipient (4) dans lequel sont reçus les produits fluides ou granulaires à mélanger pour former le mélange,
- 10 - un agitateur (14) apte à brasser les produits présents dans le récipient, et
- un dispositif de surveillance ou de commande du mélangeur en fonction d'au moins une caractéristique mesurable du mélange,
- 15 - ce dispositif comprenant :
 - au moins une particule instrumentée (24) destinée à être incorporée dans le mélange, chaque particule instrumentée étant :
 - 20 a. apte à se mouvoir librement de façon autonome à l'intérieur du mélange sous l'action des produits brassés par l'agitateur, et
 - 25 b. équipée d'au moins un capteur (44) apte à mesurer ladite caractéristique,
 - une unité (30) de traitement apte à surveiller ou à commander le mélangeur en fonction des mesures de la caractéristique réalisées par chaque particule instrumentée,
- 30

caractérisé en ce que :

- 35 - les produits à mélanger se distinguent les uns des autres, avant mélange, par au moins une grandeur physique mesurable,
- la caractéristique mesurée par le capteur de chaque particule instrumentée est représentative de la grandeur physique distinguant les uns des autres, avant mélange, les produits mélangés, et
- l'unité (30) de traitement est apte à indiquer la fin du mélange lorsque les mesures instantanées de la caractéristique sont égales, pendant un intervalle de temps prédéterminé, à la valeur moyenne des mesures réalisées à + ou - Δg près, Δg étant un seuil prédéterminé.
- 45
- 50 2. Mélangeur selon la revendication 1, dans lequel l'agitateur (14) est un agitateur mécanique solidaire du récipient et apte à agiter mécaniquement les produits reçus dans le récipient pour les brasser les uns avec les autres.
- 55 3. Dispositif de surveillance ou de commande d'un mélangeur conforme à la revendication 1 ou 2, dans lequel ce dispositif comprend :

- au moins une particule instrumentée (24), chaque particule instrumentée étant :
- a. apte à se mouvoir librement de façon autonome à l'intérieur du mélange sous l'action des produits brassés par un agitateur, et
 - b. équipée d'au moins un capteur (44) apte à mesurer au moins une caractéristique du mélange,
- une unité de traitement apte à surveiller ou à commander le mélangeur en fonction des mesures de la caractéristique réalisées par chaque particule instrumentée
- caractérisé en ce que :**
- la caractéristique mesurée par le capteur de chaque particule instrumentée est représentative de la grandeur physique distinguant les uns des autres, avant mélange, les produits mélangés, et
 - l'unité (30) de traitement est apte à indiquer la fin du mélange lorsque les mesures instantanées de la caractéristique sont égales, pendant un intervalle de temps prédéterminé, à la valeur moyenne des mesures réalisées à \pm ou Δg près, Δg étant un seuil prédéterminé.
4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel la densité de chaque particule instrumentée (24) est égale à la densité du mélange à plus ou moins 10% près.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 4, dans lequel le dispositif comporte plusieurs particules instrumentées (24) équipées chacune d'un capteur (44) apte à mesurer ladite caractéristique du mélange.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel chaque particule instrumentée (24) comprend un émetteur (50) pour transmettre par une liaison sans fil les mesures réalisées de la caractéristique, et l'unité (30) de traitement comprend un récepteur (32) apte à recevoir les mesures transmises par chaque particule instrumentée (24).
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel le dispositif comprend un localisateur (34) apte à relever la position de chaque particule instrumentée (24) dans un référentiel solide d'un récipient dans lequel se fait le mélange, et l'unité (30) de traitement est apte à surveiller ou à commander le mélangeur en fonction des mesures réalisées par chaque particule instrumentée et des positions relevées.
8. Utilisation d'une particule instrumentée :

- a. apte à se mouvoir librement de façon autonome à l'intérieur d'un mélange sous l'action des produits brassés par un agitateur, et
- b. équipée d'au moins un capteur (44) apte à mesurer au moins une caractéristique du mélange,

caractérisée en ce que la particule instrumentée est utilisée dans un mélangeur conforme à la revendication 1 ou 2 pour mesurer une grandeur physique distinguant les uns des autres les produits mélangés.

9. Procédé de surveillance ou de commande d'un mélangeur conforme à la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ce procédé comprend :

- le déplacement (62) dans le mélange d'au moins une particule instrumentée sous l'action des produits brassés par un agitateur,
- la mesure (64) par chaque particule instrumentée d'au moins une caractéristique mesurable du mélange, et
- la surveillance ou la commande (66) du mélangeur en fonction des mesures réalisées par chaque particule instrumentée, **caractérisé en ce que :**
- la caractéristique mesurée par le capteur de chaque particule instrumentée est représentative de la grandeur physique distinguant les uns des autres, avant mélange, les produits mélangés, et
- le procédé comprend l'indication de la fin du mélange lorsque les mesures instantanées de la caractéristique sont égales, pendant un intervalle de temps prédéterminé, à la valeur moyenne des mesures réalisées à \pm ou Δg près, Δg étant un seuil prédéterminé.

Claims

1. Mixer comprising:

- fluid or granular products to be mixed to form a mixture,
- a receptacle (4) in which the fluid or granular products to be mixed are received to form the mixture,
- a stirrer (14) capable of blending the products that are present in the receptacle, and
- a device for monitoring or controlling the mixer as a function of at least one measurable characteristic of the mixture,
- this device comprising:

- at least one instrumented particle (24) designed to be incorporated into the mixture, each instrumented particle being:

- a. capable of moving freely in an autonomous manner inside the mixture under the action of the products blended by the stirrer, and
- b. fitted with at least one sensor (44) capable of measuring the said characteristic,

- a processing unit (30) capable of monitoring or controlling the mixer as a function of the measurements of the characteristic taken by each instrumented particle,

characterized in that:

- the products to be mixed are distinguished from one another, before mixing, by at least one measurable physical magnitude,
- the characteristic measured by the sensor of each instrumented particle is representative of the physical magnitude distinguishing the mixed products from one another before mixing, and,
- the processing unit (30) is capable of indicating the end of mixing when the instantaneous measurements of the characteristic are equal, for a predetermined period of time, to the mean value of the measurements taken, give or take Δg , Δg being a predetermined threshold.

2. Mixer according to Claim 1, in which the stirrer (14) is a mechanical stirrer secured to the receptacle and capable of mechanically stirring the products received in the receptacle in order to blend them with one another.

3. Device for monitoring or controlling a mixer according to Claim 1 or 2, in which this device comprises:

- at least one instrumented particle (24), each instrumented particle being:

- a. capable of moving freely in an autonomous manner inside the mixture under the action of the products blended by a stirrer, and
- b. fitted with at least one sensor (44) capable of measuring at least one characteristic of the mixture,

- a processing unit capable of monitoring or controlling the mixer as a function of the measurements of the characteristic taken by each instrumented particle,

characterized in that:

- the characteristic measured by the sensor of each instrumented particle is representative of the physical magnitude distinguishing the mixed products from one another, before mixing, and
- the processing unit (30) is capable of indicating

the end of mixing when the instantaneous measurements of the characteristic are equal, for a predetermined period of time, to the mean value of the measurements taken, give or take Δg , Δg being a predetermined threshold.

4. Device according to Claim 3, in which the density of each instrumented particle (24) is equal to the density of the mixture give or take 10%.

5. Device according to either one of Claims 3 and 4, in which the device comprises several instrumented particles (24) each fitted with a sensor (44) capable of measuring the said characteristic of the mixture.

6. Device according to any one of Claims 3 to 5, in which each instrumented particle (24) comprises a transmitter (50) for transmitting via a wireless link the measurements taken of the characteristic, and the processing unit (30) comprises a receiver (32) capable of receiving the measurements transmitted by each instrumented particle (24).

7. Device according to any one of Claims 3 to 6, in which the device comprises a locator (34) capable of identifying the position of each instrumented particle (24) in a frame of reference secured to a receptacle in which the mixture is made, and the processing unit (30) is capable of monitoring or of controlling the mixer as a function of the measurements taken by each instrumented particle and of the identified positions.

8. Use of an instrumented particle:

- a. capable of moving freely in an autonomous manner inside a mixture under the action of the products blended by a stirrer, and
- b. fitted with at least one sensor (44) capable of measuring at least one characteristic of the mixture, **characterized in that** the instrumented particle is used in a mixer according to Claim 1 or 2 to measure a physical magnitude distinguishing the mixed products from one another.

9. Method for monitoring or controlling a mixer according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the method comprises:

- the movement (62) in the mixture of at least one instrumented particle under the action of the products blended by a stirrer,
- the measurement (64) by each instrumented particle of at least one measurable characteristic of the mixture, and
- the monitoring or control (66) of the mixer as a function of the measurements taken by each instrumented particle,

characterized in that:

- the characteristic measured by the sensor of each instrumented particle is representative of the physical magnitude distinguishing the mixed products, before mixing, from one another, and
- the method comprises the indication of the end of mixing when the instantaneous measurements of the characteristic are equal, for a predetermined period of time, to the mean value of the measurements taken, give or take Δg , Δg being a predetermined threshold.

Patentansprüche**1. Mischer, umfassend:**

- zu mischende flüssige oder granulatartige Produkte, um ein Gemisch zu bilden,
- einen Behälter (4), in dem die zu mischenden flüssigen oder granulatartigen Produkte aufgenommen werden, um das Gemisch zu bilden,
- ein Rührwerk (14), das die in dem Behälter vorhandenen Produkte durchrühren kann, und
- eine Vorrichtung zur Überwachung oder Steuerung des Mixers in Abhängigkeit von mindestens einem messbaren Merkmal des Gemisches,
- wobei diese Vorrichtung Folgendes umfasst:

- mindestens ein instrumentiertes Partikel (24), das dazu bestimmt ist, in das Gemisch eingegliedert zu werden, wobei jedes instrumentierte Partikel:

- a. geeignet ist, sich frei autonom im Inneren des Gemisches unter der Wirkung der vom Rührwerk durchgerührten Produkte zu bewegen,
- b. mit mindestens einem Fühler (44) ausgestattet ist, der geeignet ist, das Merkmal zu messen,

- eine Bearbeitungseinheit (30), die geeignet ist, den Mischer in Abhängigkeit von den Messungen des Merkmals, die von jedem instrumentierten Partikel durchgeführt werden, zu überwachen oder zu steuern,

dadurch gekennzeichnet, dass:

- sich die zu mischenden Produkte vor dem Mischen durch mindestens eine messbare physikalische Größe unterscheiden,
- das vom Fühler jedes instrumentierten Partikels gemessene Merkmal für die physikalische Größe repräsentativ ist, die die gemischten Produkte vor dem Mischen voneinander unterscheidet, und

- die Bearbeitungseinheit (30) geeignet ist, das Ende des Mischens anzuzeigen, wenn die momentanen Messungen des Merkmals während eines vorbestimmten Zeitintervalls dem durchschnittlichen Wert der durchgeführten Messungen auf + oder - Δg genau gleich sind, wobei Δg eine vorbestimmte Schwelle ist.

2. Mischer nach Anspruch 1, bei dem das Rührwerk (14) ein mechanisches Rührwerk ist, das mit dem Behälter verbunden ist und die in dem Behälter aufgenommenen Produkte mechanisch bewegen kann, um sie miteinander durchzurühren.**3. Vorrichtung zur Überwachung oder Steuerung eines Mixers nach Anspruch 1 oder 2, wobei diese Vorrichtung Folgendes umfasst:**

- mindestens ein instrumentiertes Partikel (24), wobei jedes instrumentierte Partikel:

- a. geeignet ist, sich frei autonom im Inneren des Gemisches unter der Wirkung der von einem Rührwerk durchgerührten Produkte zu bewegen, und
- b. mit mindestens einem Fühler (44) ausgestattet ist, der mindestens ein Merkmal des Gemisches messen kann,

- eine Bearbeitungseinheit, die geeignet ist, den Mischer in Abhängigkeit von den Messungen des Merkmals, die von jedem instrumentierten Partikel durchgeführt werden zu überwachen oder zu steuern,

dadurch gekennzeichnet, dass:

- das vom Fühler jedes instrumentierten Partikels gemessene Merkmal für die physikalische Größe repräsentativ ist, die die gemischten Produkte vor dem Mischen voneinander unterscheidet, und

- die Bearbeitungseinheit (30) geeignet ist, das Ende des Mischens anzuzeigen, wenn die momentanen Messungen des Merkmals während eines vorbestimmten Zeitintervalls dem durchschnittlichen Wert der durchgeführten Messungen auf + oder - Δg genau gleich sind, wobei Δg eine vorbestimmte Schwelle ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der die Dichte jedes instrumentierten Partikels (24) der Dichte des Gemisches auf mehr oder weniger 10% genau gleich ist.**5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 4, bei der die Vorrichtung mehrere instrumentierte Partikel (24) umfasst, die jeweils mit einem Fühler (44) aus-**

- gestattet sind, der das Merkmal des Gemisches messen kann.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei der jedes instrumentierte Partikel (24) einen Sender (50) umfasst, um über eine drahtlose Verbindung die durchgeführten Messungen des Merkmals zu übertragen, und die Bearbeitungseinheit (30) einen Empfänger (32) umfasst, der geeignet ist, die von jedem instrumentierten Partikel (24) übertragenen Messungen zu empfangen. 5 10
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei der die Vorrichtung eine Lokalisiereinrichtung (34) umfasst, die geeignet ist, die Position jedes instrumentierten Partikels (24) in einem Bezugssystem, das mit einem Behälter, in dem das Mischen stattfindet, verbunden ist, festzustellen, und die Bearbeitungseinheit (30) geeignet ist, den Mischer in Abhängigkeit von den von jedem instrumentierten Partikel durchgeführten Messungen und den festgestellten Positionen zu überwachen oder zu steuern. 15 20 25
8. Verwendung eines instrumentierten Partikels:
- a. das geeignet ist, sich frei autonom im Inneren eines Gemisches unter der Wirkung der von einem Rührwerk durchgerührten Produkte zu bewegen, und 30
- b. das mit mindestens einem Fühler (44) ausgestattet ist, der geeignet ist, mindestens ein Merkmal des Gemisches zu messen, 35
- dadurch gekennzeichnet, dass** das instrumentierte Partikel in einem Mischer nach Anspruch 1 oder 2 verwendet wird, um eine physikalische Größe zu messen, die die gemischten Produkte voneinander unterscheidet. 40
9. Verfahren zur Überwachung oder Steuerung eines Mixers nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren Folgendes umfasst: 45
- die Verschiebung (62) mindestens eines instrumentierten Partikels in dem Gemisch unter der Wirkung der von einem Rührwerk durchgerührten Produkte, 50
 - das Messen (64) mindestens eines messbaren Merkmals des Gemisches durch jedes instrumentierte Partikel, und
 - die Überwachung oder Steuerung (66) des Mixers in Abhängigkeit von den von jedem instrumentierten Partikel durchgeführten Messungen, 55
- dadurch gekennzeichnet, dass**

- das vom Fühler jedes instrumentierten Partikels gemessene Merkmal für die physikalische Größe repräsentativ ist, die die gemischten Produkte vor dem Mischen voneinander unterscheidet, und

- das Verfahren die Anzeige des Endes des Mischens umfasst, wenn die momentanen Messungen des Merkmals während eines vorbestimmten Zeitintervalls dem durchschnittlichen Wert der durchgeführten Messungen auf + oder - Δg genau gleich sind, wobei Δg eine vorbestimmte Schwelle ist.

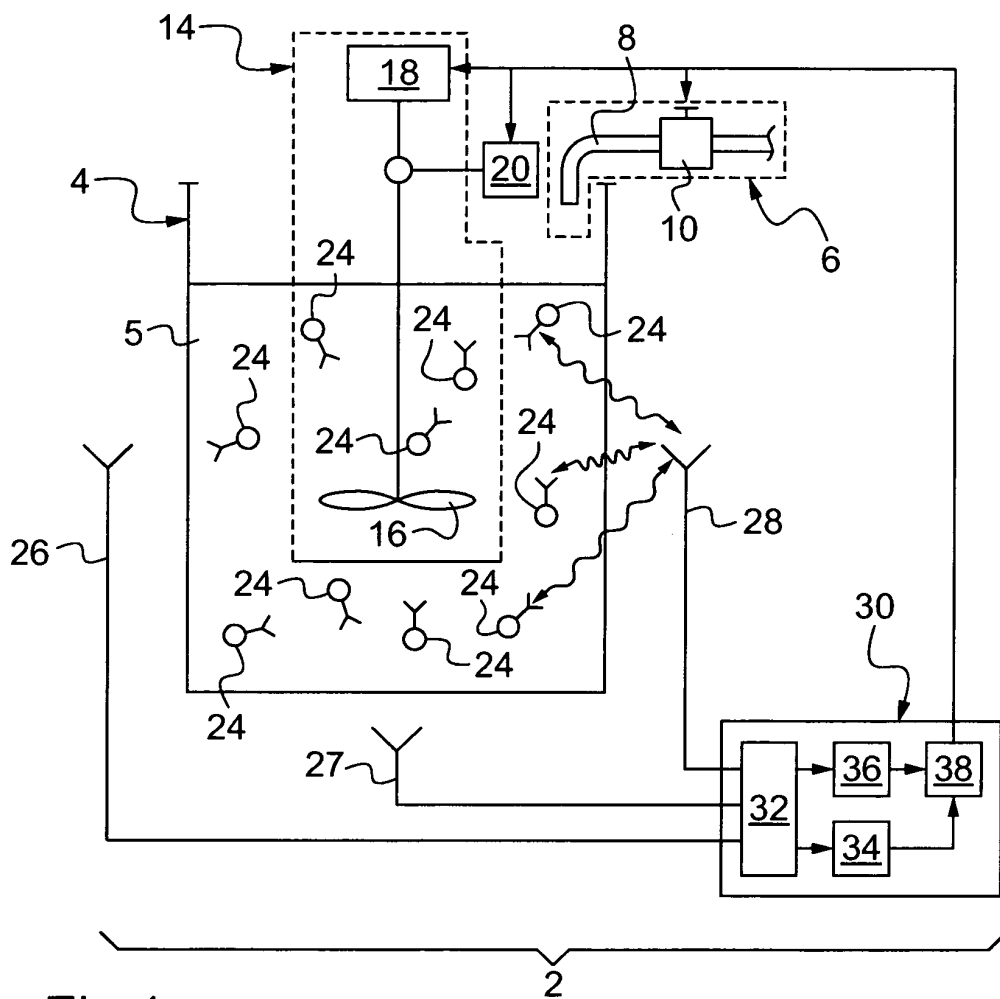


Fig.1

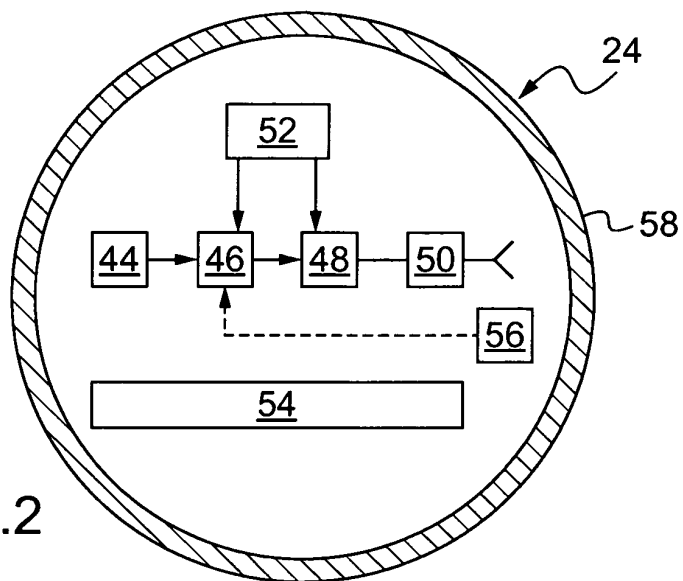


Fig.2

Fig.3

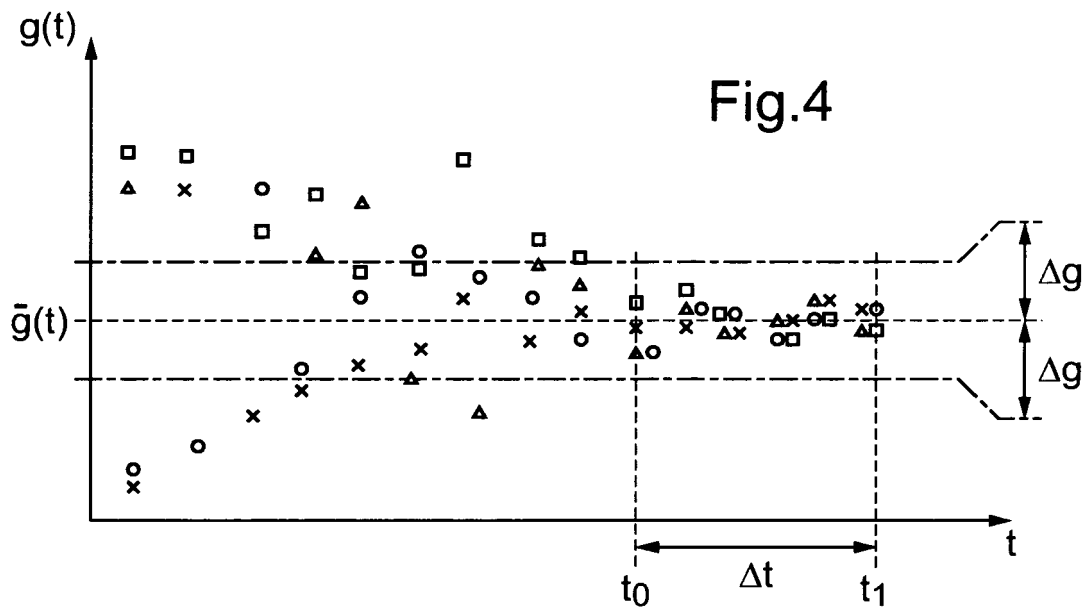
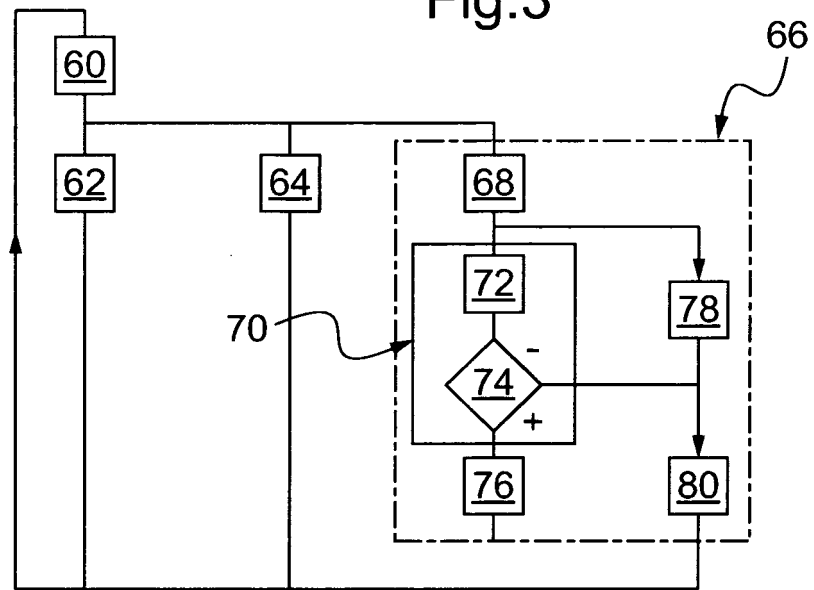


Fig.5

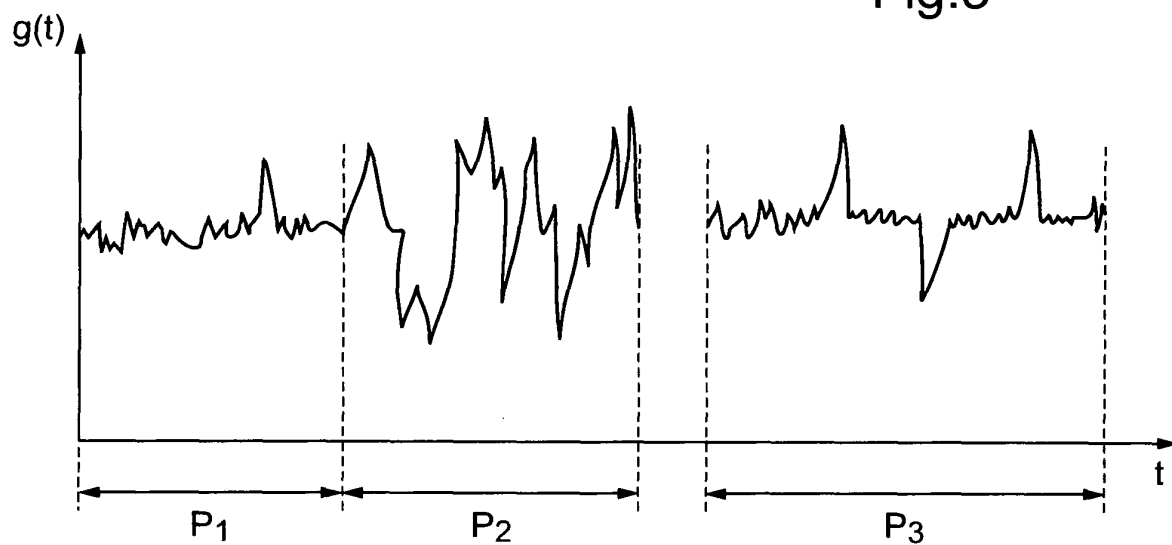
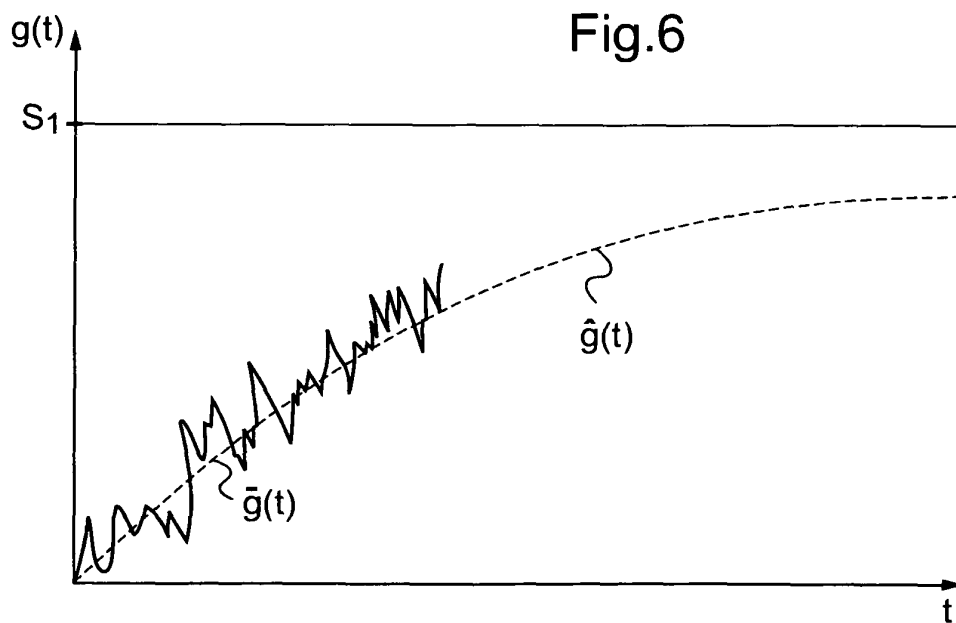


Fig.6



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 605773 A [0008]