

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 08.02.99.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 11.08.00 Bulletin 00/32.

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 :

71 Demandeur(s) : BIENVENU GERARD — FR.

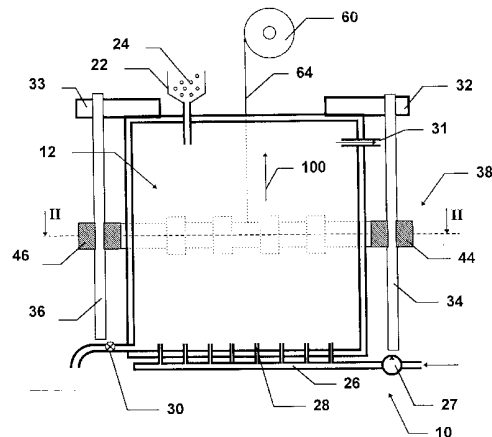
72 Inventeur(s) : BIENVENU GERARD.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET HECKE.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF D'ACTIVATION D'UNE RÉACTION PHYSIQUE ET/OU CHIMIQUE EN MILIEU  
FLUIDE.

57 Une activation d'une réaction physique et/ ou chimi-  
que dans un mélange comportant une solution et une ma-  
tière solide librement dispersée dans la solution, est  
obtenue en disposant le mélange dans un réacteur (12)  
ayant deux parois (14, 16) se faisant face et proches l'une  
de l'autre, le mélange remplissant l'espace entre les deux  
parois (14, 16) et y formant une nappe de faible épaisseur  
et de longueur importante dans une direction définie par un  
axe géométrique parallèle aux parois (14, 16), en activant  
un moyen d'agitation (A, B, C, D, A', B', C', D') disposé à  
l'extérieur du réacteur (12) et apte à agir au travers desdites  
parois (14, 16) sur une zone d'agitation couvrant une partie  
de ladite nappe et ayant une faible dimension dans la direc-  
tion de l'axe géométrique, et en déplaçant simultanément ce  
moyen d'agitation de telle manière que la zone d'agitation  
balaie sensiblement l'ensemble dudit espace situé entre les  
deux parois (14, 16).



5

**PROCEDE ET DISPOSITIF D'ACTIVATION D'UNE REACTION PHYSIQUE ET/OU  
CHIMIQUE EN MILIEU FLUIDE**

10

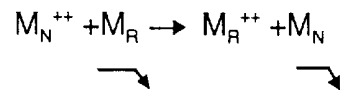
15

L'invention a trait à un procédé et à un dispositif d'activation d'une réaction physique ou chimique, permettant d'accroître la cinétique de la réaction. Elle a trait en particulier à un procédé permettant la précipitation de métaux dilués dans des solutions.

Le document EP-A-0 014 109 décrit un procédé et un dispositif permettant de favoriser des réactions physiques et/ou chimiques dans un milieu fluide, en soumettant à un champ magnétique variable une substance magnétique dispersée dans le fluide et jouant un rôle physique et/ou chimique dans la réaction à favoriser. Le champ magnétique est créé au moyen de différentes bobines électromagnétiques disposées à l'extérieur d'un récipient ou réacteur contenant le milieu fluide et la substance magnétique. Le réacteur est un cylindre de révolution. Les bobines sont disposées de préférence sur plusieurs niveaux suivant la hauteur du réacteur de manière à ce que la zone d'application du champ magnétique couvre une portion importante du réacteur, à raison de plusieurs électroaimants par niveau.

35 Pour certaines des réactions physiques et /ou chimiques que l'on souhaite

5 favoriser par le procédé et le dispositif décrits ci-dessus, la vitesse linéaire  
maximale du fluide dans le réacteur s'avère déterminante pour l'efficacité de  
la réaction, et doit rester assez faible. Ceci est le cas en particulier pour les  
réactions de cémentation. On appelle ici cémentation le procédé consistant à  
10 remplacer un métal relativement noble  $M_N$  présent dans une solution sous  
forme ionique, par un métal plus réactif  $M_R$  introduit sous forme solide, selon  
une réaction de précipitation du type:



15 Dans une telle réaction, la cinétique du processus est fonction de la surface  
offerte par le métal réactif solide et de la concentration de la solution en métal  
noble. Il est donc souhaitable d'assurer un renouvellement rapide de la  
solution en contact avec le métal réactif, de manière à ce que la solution au  
voisinage du métal réactif ne soit pas appauvrie en ions de métal noble.  
20 Parallèlement, il est souhaitable d'augmenter la surface réactionnelle.  
Toutefois, si l'on diminue trop la taille des particules de métal réactifs afin  
d'augmenter leur surface réactionnelle, il devient difficile d'assurer une vitesse  
d'écoulement relatif de la solution par rapport aux particules de métal réactif,  
qui soit suffisante pour éviter l'appauvrissement de la solution mentionné ci-  
25 dessus. Par ailleurs, une vitesse d'écoulement trop importante ne permet pas  
de traiter la solution en une seule passe, ce qui impose de faire passer  
plusieurs fois la solution sur le même lit de métal réactif, en la mélangeant à  
chaque fois avec de la solution non traitée. Pour assurer une cinématique et  
un rendement global optimaux, un compromis est donc à trouver entre la taille  
30 des particules de métal réactif et la vitesse relative de la solution par rapport à  
ces particules. Il faut de plus éviter que la précipitation du métal noble s'opère  
à la surface du métal réactif, auquel cas la réaction se trouverait rapidement  
passivée.

35 Lorsque le procédé d'activation par champs électromagnétiques décrit

5 précédemment est mis en œuvre dans le cadre des réactions de cémentation  
visant à l'extraction d'un métal noble tel que le cuivre, à l'aide du fer utilisé  
comme métal réactif, l'application d'un champ magnétique alternatif permet  
une agitation de la solution et une accélération de sa cinétique. Toutefois, la  
vitesse linéaire moyenne de la solution dans la partie active du réacteur  
10 soumise au champ magnétique doit, pour les raisons explicitées  
précédemment, rester dans une fourchette dont la valeur supérieure est faible.  
Pour fixer les idées, si l'on utilise 3 niveaux de quatre paires d'électroaimants,  
comme décrit dans le document EP-A-0 014 109, avec une solution titrant 3 g/l  
de cuivre, la vitesse linéaire moyenne de la solution est de l'ordre de 12 cm/s  
15 seulement.

Cette contrainte étant donnée, c'est la section de la partie active du réacteur  
qui détermine le débit du réacteur. Or dans un tel dispositif, la section du  
réacteur est fortement limitée par la puissance des électroaimants disponibles.  
20 En pratique, le diamètre utilisé ne dépasse pas 16 cm, d'où un débit maximal  
n'excédant pas 10 m<sup>3</sup> / heure. Ces performances sont loin de celles attendues  
industriellement pour des procédés métallurgiques, si l'on songe que pour  
une installation industrielle permettant par exemple de produire 5000 tonnes  
de cuivre par an à partir d'une solution titrant 3 g/l de cuivre, un débit de 190  
25 m<sup>3</sup>/heure est nécessaire, nécessitant avec la technologie décrite 20 réacteurs  
totalisant 240 paires d'électroaimants. Il faut souligner les coûts élevés  
engendrés par les électroaimants, qui disqualifient ce type de technologie. En  
effet, les électroaimants constituent un poste important lors de  
l'investissement. De plus, ils ont un coût de fonctionnement élevé puisqu'ils  
30 occasionnent une dépense énergétique importante, sans oublier les  
dépenses d'entretien et de maintenance.

On a par ailleurs tenté d'améliorer la surface d'échange entre le métal réactif  
et la solution au moyen de lits fluidisés. Un exemple de mise en œuvre de ces  
35 lits fluidisés est décrit dans le brevet US-A-3 154 411. Dans cette réalisation,

5 on extrait près de 99% du cuivre dissous dans une solution. Toutefois, le fer  
utilisé réagit de façon importante avec l'acidité du milieu avec pour  
conséquence un fort dégagement d'hydrogène et une perte de rendement en  
fer. En outre, ce procédé n'est pas continu et les ciments de cuivre sont riches  
10 en fer. Par ailleurs, le brevet suisse No.9827/72 enseigne qu'on peut pallier  
les difficultés propres aux lits fluidisés en réalisant la cémentation de métaux  
tels que Cu, Cd, Co... sur des granules de zinc fluidisés dans un réacteur agité  
mécaniquement. Dans cette réalisation, les échanges sont excellents et les  
métaux précipités se trouvent entraînés hors du lit fluidisé tandis què les  
granules de zinc plus gros y stagnent jusqu'à atteindre une taille très petite.  
15 L'inconvénient de ce système réside dans la difficulté à mettre en oeuvre une  
agitation mécanique fiable dans un réacteur tubulaire de hauteur élevée. Tout  
système mécanique placé dans de telles conditions est attaqué chimiquement  
et abrasé par les ciments. Pour fonctionner, ces systèmes doivent faire appel  
à des réalisations délicates telles que des paliers maintenus constamment  
20 sous pression de solution pure et neutre.

La présente invention vise donc à réduire les inconvénients propres aux  
technologies d'activation à distance décrites ci-dessus. Elle vise à permettre  
une agitation par des moyens qui ne soient pas en contact direct avec les  
25 composants de la solution à activer, et qui soient peu onéreux . Elle vise à  
proposer une installation dont la capacité unitaire de traitement est importante.  
Elle vise également à permettre une plus grande agitation de la solution fluide  
intervenant dans la réaction à activer tout en limitant le nombre et le coût des  
moyens d'activation.

30

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'activation d'une réaction  
physique et / ou chimique dans un mélange comportant une solution et une  
matière solide librement dispersée dans la solution, caractérisé en ce que le  
mélange est disposé dans un réacteur ayant deux parois se faisant face et  
35 proches l'une de l'autre, le mélange remplissant l'espace entre les deux

5 parois et y formant une nappe de faible épaisseur et de longueur importante dans une direction définie par un axe géométrique parallèle aux parois, et en ce qu'un moyen d'agitation disposé à l'extérieur du réacteur et apte à agir au travers desdites parois sur une zone d'agitation couvrant une partie de ladite  
10 nappe et ayant une faible dimension dans la direction de l'axe géométrique, est activé et déplacé simultanément de telle manière que la zone d'agitation balaie sensiblement l'ensemble dudit espace situé entre les deux parois. La faible épaisseur du mélange permet d'agir sur la zone d'agitation à faible distance, donc avec des moyens d'agitation relativement peu puissants. En déplaçant le moyen d'agitation, il devient possible de couvrir l'ensemble de la  
15 nappe sans avoir à multiplier le nombre de moyens d'agitation ou à augmenter leur puissance.

Préférentiellement, le mélange s'écoule continûment sensiblement parallèlement à l'axe géométrique. Le procédé est alors continu. Selon un  
20 mode de réalisation particulier, la direction d'écoulement est verticale ascendante.

Préférentiellement, le moyen d'agitation est déplacé dans un mouvement alternatif entre une première position extrême et une deuxième position  
25 extrême situées de telle manière que la zone d'agitation soit apte à balayer sensiblement l'ensemble de ladite portion d'espace.

Préférentiellement, la zone d'agitation couvre une tranche de la nappe située entre deux plans perpendiculaires à l'axe géométrique, à faible distance l'un  
30 de l'autre. Dans ce cas, le déplacement du moyen d'agitation peut se limiter à un mouvement de va-et-vient en translation. La capacité de traitement est importante, car il n'y a pas de limitation de la section du réacteur qui peut avoir la largeur ou le diamètre voulu pour traiter un débit donné de solutions tout en conservant un entrefer limité.

5 Selon un mode de réalisation préférentiel, le mélange comporte des  
particules magnétiques solides, et le moyen d'agitation comporte une  
pluralité d'électroaimants alimentés en courants périodiques de telle manière  
que le champ électromagnétique engendré par les électroaimants oriente  
celles desdites particules magnétiques qui sont situées dans la zone  
10 d'agitation alternativement et successivement dans deux directions distinctes.  
Ce mode de réalisation est notamment mis en œuvre dans les réactions de  
cémentation citées précédemment, dans lesquelles le fer joue le rôle de métal  
réactif. La couche mince de fluide dans la zone active permet d'avoir un  
maximum d'effet des forces magnétiques tout en ayant également un débit  
15 élevé ce qui n'est pas possible dans des réalisations cylindriques de l'état de  
la technique.

Alternativement ou cumulativement, on peut prévoir d'autres moyens  
d'agitations, par exemple au moins un transducteur ultrasonore, l'une au  
20 moins desdites parois étant chemisée par une membrane souple contenant  
un gel apte à transmettre les ultrasons, ledit transducteur ayant une tête en  
contact avec ladite membrane souple.

Selon un autre aspect de l'invention, celle-ci a également pour objet un  
25 dispositif pour la mise en œuvre des différentes variantes du procédé décrit  
précédemment, caractérisé en ce qu'il comporte : un réacteur destiné à  
contenir la solution à agiter, le réacteur ayant deux parois en vis-à-vis et  
proches l'une de l'autre, l'espace entre les deux parois étant destiné à  
recueillir le mélange à activer sous forme d'une nappe de faible épaisseur et  
30 de longueur importante, un moyen d'agitation disposé à l'extérieur du réacteur  
et apte à agir sur une zone d'agitation couvrant une partie de ladite nappe, à  
distance au travers desdites parois, cette zone d'agitation ayant une faible  
dimension dans la direction de la longueur de la nappe, ainsi que des moyens  
de déplacement permettant de déplacer en translation ledit organe d'agitation  
35 entre une première position extrême et une deuxième position extrême

5 situées de telle manière que la zone d'agitation soit apte à balayer sensiblement l'ensemble de ladite portion d'espace.

Préférentiellement, chacune des deux parois est conformée de telle manière que sa surface externe est définie géométriquement par un ensemble de  
10 segments de droites parallèles à un même axe géométrique et s'appuyant sur une courbe quelconque s'étendant dans un plan perpendiculaire audit axe, la distance entre chaque segment de l'une des parois et l'autre paroi étant constante. Cette définition géométrique couvre en particulier le cas où chacune des deux parois est plane ou cylindrique à base circulaire.

15

Préférentiellement, le dispositif comporte en outre des moyens d'entraînement du fluide dans une direction d'entraînement parallèle audit axe géométrique, les parois comportant sur leurs faces en vis-à-vis, des aspérités formant des restrictions aptes à provoquer localement des accélérations du fluide.

20

L'invention est applicable en premier lieu à la cémentation des métaux non ferreux, tant dans le secteur de la métallurgie primaire que dans celui de la décontamination des sols et des solutions chargés en métaux lourds.

25 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description qui va suivre de différents modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple non limitatifs et représentés aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement, en coupe suivant un plan vertical,  
30 un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 représente une coupe suivant le plan II-II de la figure 1 ;
- la figure 3 représente une vue de côté du dispositif de la figure 1 ;
- la figure 4 représente une coupe d'un dispositif selon deuxième mode de réalisation de l'invention;

- 5 • la figure 5 représente une coupe verticale d'un dispositif selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 représente une coupe selon le plan VI-VI de la figure 5 ;
- la figure 7 représente une coupe d'un dispositif selon un quatrième mode de réalisation de l'invention ;
- 10 • la figure 8 représente une coupe d'un dispositif selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

En référence aux figures 1 à 3, une installation d'activation 10 d'une réaction de cémentation comporte un réacteur 12 de section rectangulaire dans un  
15 plan perpendiculaire à celui de la figure 1, formant un récipient, avec deux grandes parois planes 14, 16 en regard l'une de l'autre et deux parois de faibles dimensions 18, 20. Chacune des grandes parois mesure 2 mètres de hauteur, et 16 centimètres de largeur. La distance entre les deux grandes parois est de l'ordre de 4 cm.

20

Le couvercle constituant la face supérieure du réacteur est équipé d'une trémie de chargement 22 destinée à l'alimentation du réacteur en billes de fer 24, constituant en l'espèce le métal réactif. La face inférieure est équipée d'une conduite d'alimentation 26 disposée en aval d'une pompe 27 et munie  
25 de buses d'injection 28. Cette conduite permet d'introduire la solution chargée du métal noble à extraire. Une vanne 30 permet la vidange du réacteur. En partie haute du réacteur est disposée une conduite d'évacuation 31. La circulation du mélange dans le récipient constitué par le réacteur est donc ascendante, et suit globalement une direction verticale 100 parallèle aux  
30 parois planes 14, 16.

Sur le couvercle du réacteur sont disposés deux flasques 32, 33 de fixation supportant chacun un rail latéral 34, 36. Ces rails guident en translation un chariot 38 formé de deux longerons 40, 42 et deux traverses 44, 46, entourant

- 5 Le réacteur 12, les traverses comportant des roulements linéaires coopérant avec les rails 34, 36. Le chariot 38 supporte dans l'exemple 4 paires d'électroaimants A, A', B, B', C, C' et D, D', dont les pôles sont reliés entre eux par des noyaux en tôle feuilletée d'acier au silicium.
- 10 L'installation comporte également un dispositif d'entraînement 50 du chariot, constitué par un moteur électrique 52 muni d'un variateur de vitesse, accouplé à un train réducteur 54 dont l'arbre de sortie 56 entraîne deux cylindres coaxiaux 58, 60 faisant office de treuils. Un câble 62, 64 relie chacun des treuils 58, 60 à l'un des longerons 40, 42.

15

Le dispositif fonctionne de la manière suivante.

- Les électroaimants sont excités périodiquement paire par paire par exemple (AA') puis (BB') puis (CC') puis (DD') puis (DC') puis (CB') puis (BA') de  
20 manière à croiser les lignes de champs et à obliger les particules ferromagnétiques à s'orienter alternativement dans les deux directions  $xx'$  et  $zz'$  comme indiqué sur la Figure 2. L'excitation des électroaimants est pilotée au moyen d'un automate programmable dans l'ordre indiqué précédemment.

- 25 Simultanément, le chariot 38 supportant des électroaimants se déplace lentement de haut en bas et de bas en haut parallèlement à l'axe 100. La périodicité du chariot supportant les électroaimants est telle qu'il parcourt un aller et retour pendant un temps compris entre 10 secondes et 2 minutes.

- 30 En coordonnant le déplacement du chariot 38 et l'excitation des électroaimants, il est possible de programmer l'agitation pour la rendre maximale dans les zones les plus critiques telles que celles situées au niveau des injecteurs 28 de la solution. En ajustant bien les temps d'excitation et la vitesse du chariot 38 porteur des électroaimants, il est également possible de  
35 forcer en partie les particules situées en bas du lit fluidisé à remonter vers le

5 sommet. Cela présente un avantage car la partie supérieure d'un lit fluidisé est toujours une zone peu active à forte porosité (peu de particules présentes et taille réduite des particules).

10 Pour illustrer l'effet de l'activation électromagnétique, des essais de cémentation d'une solution diluée de cuivre ont été réalisés avec le réacteur des figures 1 à 3. La solution titrait au départ 2.5g/l de cuivre sous forme de sulfate en solution dans l'acide sulfurique à pH 1,5.

15 Un premier essai a été réalisé en lit fluidisé simple sans action du champ magnétique. Le réacteur avait préalablement été chargé de billes de fer de 3mm de diamètre à raison de 25kg. La solution, dont le volume initial était de 1m<sup>3</sup>, a été injectée à raison de 2.5m<sup>3</sup>/heure. Après 25 minutes, on a effectué le bilan du passage de la solution dans le lit fluidisé. Les ciments de cuivre ont été décantés, lavés et filtrés sur un filtre type Büchner puis séchés et pesés. La  
20 teneur de la solution analysée après le premier passage était de 0,43g/l. La quantité de ciment pesée était de 1,72kg, le solde du cuivre étant resté fixé sur les billes de fer contenues dans le lit. Le pH de la solution est passé de 1.5 à 1.97. La teneur en fer du cuivre après refusion a été analysée et elle a été trouvée égale à 2%.

25 Les granules de fer contenus dans le lit ont été lavés à l'eau pendant 1 heure sous activation magnétique, de manière à en détacher le cuivre résiduel. On a recueilli 0.260kg de cuivre ce qui a porté le rendement en cuivre à 95.6%. La teneur en fer de la solution a été analysée et trouvée égale à 2.36g/l ce qui a  
30 permis d'établir la valeur du rendement en fer à 74%.

On a répété le même essai dans des conditions rigoureusement identiques, mais en excitant les électroaimants suivant le cycle suivant :  
excitation pendant 30  $\mu$ s dans l'ordre AA', BB', CC', DD' suivi d'une pause de  
35 15 $\mu$ s puis à nouveau une excitation de 30 $\mu$ s dans l'ordre DC', CB' BA' suivi

5 d'une nouvelle pause de 15 $\mu$ s avant que le cycle ne recommence. Simultanément, le chariot était déplacé à une vitesse constante de 10cm/s dans un mouvement de va et vient d'une extrémité à l'autre du réacteur.

10 On a récupéré cette fois 2.205kg de cuivre titrant 1.1% de fer sous forme de céments, soit un rendement d'extraction de 98.6% environ. La teneur en fer mesurée dans la solution était alors de 1.95g/l et le pH final était égal à 1.53. Le rendement en fer calculé à partir des analyses de la solution était alors de 96%, contre 74% dans l'essai précédent.

15 Suivant un deuxième mode de réalisation de l'invention, illustré par la figure 4, le réacteur 12 est modifié de manière à pourvoir les deux grandes parois 14, 16 d'une ou plusieurs restrictions formant des venturis et destinées à provoquer une accélération locale du fluide. En pratique, deux venturis 70, 72 sont positionnés à 60cm et 120cm du bas du réacteur. Les venturis sont  
20 constitués par des lames de polypropylène pliées et soudées comme indiqué sur la Figure 4. La fente des venturis est large de 1.5cm et leur hauteur est de 20cm.

Pour illustrer l'influence des venturis, deux séries d'essais ont été réalisées.  
25 Dans ces sections du réacteur, la vitesse était accélérée de 11cm/sec à près de 30cm/s sur 10cm, puis elle repassait de 30 à 11cm/s sur les 10cm supérieurs. Pour accroître la turbulence dans les venturis on a placé une certaine proportion de grosses particules dans les deux compartiments supérieurs, c'est-à-dire des grosses grenailles de granulométrie de l'ordre de  
30 4,5mm à raison de 0.8kg dans chacun des compartiments, ce qui représentait une proportion de la charge de l'ordre de 6%.

Le premier essai a été réalisé sans activation des électroaimants. On a récupéré après passage de 1m<sup>3</sup> de solution 2.12kg de céments de cuivre  
35 titrant 1.3% de fer, soit une quantité de cuivre récupérée de 2.09kg. La teneur

5 en cuivre de la solution a été mesurée à 0.345g/litre. La quantité de ciments restée sur le fer a été évaluée par pesée à 0.14kg. La teneur finale en fer de la solution était de 2.06g/l et le pH de 1.63. Le rendement en fer était donc de l'ordre de 89.5%.

10 On a répété la même expérience mais en activant les électroaimants. On a alors recueilli 2.25kg de ciment de cuivre titrant 1.12% de fer soit 2.225kg de cuivre, ce qui correspond à un rendement de récupération de 98.5%. La teneur en fer de la solution a été mesurée à 1.985g/litre soit un rendement de l'ordre de 97.5. Le pH de la solution n'a pratiquement pas varié puisqu'il est  
15 passé de 1.5 à 1.52.

Suivant un troisième mode de réalisation de l'invention, illustré par les figures 5 et 6, le réacteur 112 a une section en couronne. La solution à traiter est contenue entre une paroi intérieure 114 et une paroi extérieure 116, toutes  
20 deux cylindriques. La distance entre les deux parois, qui détermine l'épaisseur de la couche de solution, est du même ordre que dans l'exemple précédent, soit 4 cm. Deux chariots 118, 120 sont alors nécessaires pour supporter les électroaimants. Le déplacement des deux chariots est coordonné par un motoréducteur commun 122 entraînant trois treuils coaxiaux  
25 124, 126, 128, 130. Le câble du chariot intérieur comporte quatre élingues.

Suivant un quatrième mode de réalisation de l'invention, illustré par la figure 7, l'appareillage permet de mettre en œuvre une cémentation indirecte en utilisant un métal beaucoup plus réactif que le fer, tel que le zinc ou  
30 l'aluminium par exemple. Pour ce faire, le métal réactif (zinc ou aluminium) est introduit en continu dans le réacteur sous forme de fils qui sont débobinés dans des guides 132, 134, 136 débouchant dans le réacteur 12. Les guides sont constitués par des tubes en polymères (polypropylène, polyéthylène...). Ils sont positionnés à raison de deux à trois guides par mètre de largeur. Les  
35 fils envahissent alors la zone réactionnelle dans laquelle ils forment des

5 écheveaux qui augmentent la turbulence et offrent une grande surface de contact avec les billes de fer qui prennent un potentiel voisin de celui du fil. Dans ces conditions, les métaux peuvent précipiter sur toute la surface des billes de fer en contact direct ou indirect avec les fils. Les billes de fer ne servent alors que d'agitateur magnétique tandis que le fil se consomme et se  
10 trouve remplacé régulièrement par son déroulement dans le réacteur.

Selon un cinquième mode de réalisation de l'invention, représenté schématiquement sur la figure 8, le chariot mobile 150 est équipé de transducteurs ultrasonores 152, 154 destinés à provoquer une activation par  
15 les ultrasons. L'application des ultrasons est possible du fait de la conception même du réacteur en lame mince. Dans ce cas, pour permettre aux ondes ultrasonores de se propager à travers le lit fluidisé, il faut que les têtes de transducteurs soient en contact permanent avec le milieu. Pour ce faire, on place une double enveloppe au réacteur 155 qui est donc chemisé par deux  
20 membranes souples 156, 158 contenant un gel 160, tel que ceux employés pour la réalisation d'échographies ou un gel de silice colloïdal ou toute autre forme de gel.

Du point de vue économique la réalisation d'un activateur à ultrasons est plus  
25 onéreuse que celle d'un activateur électromagnétique, mais elle peut être utile chaque fois que l'on veut éviter toute présence de fer ou de matière ferromagnétique.

Naturellement, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation  
30 présentés ci-dessus. En particulier, le récipient servant de réacteur peut prendre toute forme permettant de définir deux parois de grande hauteur et de section constante par un plan perpendiculaire à la direction de translation du chariot, à faible distance l'une de l'autre. Ainsi, si l'on choisit comme axe de référence la direction de déplacement linéaire du chariot, il apparaît que  
35 chacune des grandes parois du réacteur doit être une voile, au sens

5 géométrique du terme, dont l'enveloppe est une portion de surface cylindrique  
dont les génératrices s'étendent dans une direction longitudinale. On entend  
ici par portion de surface cylindrique une surface constituée par un ensemble  
de segments de droites parallèles à l'axe de référence et s'appuyant sur une  
courbe quelconque constituant sa directrice. La courbe directrice peut être  
10 elle-même un segment de droite, comme illustré par le réacteur des figures 1  
à 3, ou bien un cercle, comme illustré par le réacteur des figures 5 et 6.

Par ailleurs, les dimensions des grandes parois peuvent être quelconques.  
Pour une utilisation industrielle par exemple, des parois de 4 mètres de large  
15 et 4 mètres de hauteur, disposées à une distance de 10 cm l'une de l'autre,  
permettent d'obtenir, avec une vitesse linéaire moyenne du fluide de l'ordre  
de 12 cm/sec, un débit de 190 m<sup>3</sup>/heure, donc de 5000 tonnes/an pour une  
solution à 3 g/l de cuivre. Une activation satisfaisante est alors obtenue avec  
80 paires d'électroaimants. Si l'on choisissait de réaliser des réacteurs à  
20 couronne cylindrique, les dimensions seraient comprises entre 1.3 et 2.6  
mètres de diamètre.

## 5 REVENDICATIONS

1. Procédé d'activation d'une réaction physique et / ou chimique dans un mélange comportant une solution et une matière solide librement dispersée dans la solution, caractérisé en ce que le mélange est disposé dans un réacteur (12) ayant deux parois (14, 16) se faisant face et proches l'une de l'autre, le mélange remplissant l'espace entre les deux parois (14, 16) et y formant une nappe de faible épaisseur et de longueur importante dans une direction définie par un axe géométrique parallèle aux parois (14, 16), et en ce qu'un moyen d'agitation (A, B, C, D, A', B', C', D') disposé à l'extérieur du réacteur (12) et apte à agir au travers desdites parois (14, 16) sur une zone d'agitation couvrant une partie de ladite nappe et ayant une faible dimension dans la direction de l'axe géométrique, est activé et déplacé simultanément de telle manière que la zone d'agitation balaie sensiblement l'ensemble dudit espace situé entre les deux parois (14, 16).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le mélange s'écoule continûment sensiblement parallèlement à l'axe géométrique.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen d'agitation (A, B, C, D, A', B', C', D') est déplacé dans un mouvement alternatif entre une première position extrême et une deuxième position extrême situées de telle manière que la zone d'agitation soit apte à balayer sensiblement l'ensemble de ladite portion d'espace.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la zone d'agitation couvre une tranche de la nappe

- 5       située entre deux plans perpendiculaires à l'axe géométrique, à faible distance l'un de l'autre.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le mélange comporte des particules magnétiques  
10       solides (24), et en ce que le moyen d'agitation comporte une pluralité d'électroaimants (A, B, C, D, A', B', C', D') alimentés en courants périodiques de telle manière que le champ électromagnétique engendré par les électroaimants (A, B, C, D, A', B', C', D') oriente celles desdites  
15       particules magnétiques (24) qui sont situées dans la zone d'agitation alternativement et successivement dans deux directions distinctes (xx', zz').
6. Procédé d'agitation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le moyen d'agitation comporte au moins un  
20       transducteur ultrasonore (152, 154), l'une au moins desdites parois étant chemisée par une membrane souple (156, 158) contenant un gel (160) apte à transmettre les ultrasons, ledit transducteur (152, 154) ayant une tête en contact avec ladite membrane souple.
- 25       7. Dispositif (10) pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte :
- un réacteur (12) destiné à contenir la solution à agiter, le réacteur ayant deux parois (14, 16) en vis-à-vis et proches l'une de l'autre, l'espace entre les deux parois étant destiné à recueillir le mélange à  
30       activer sous forme d'une nappe de faible épaisseur et de longueur importante,
  - un moyen d'agitation (A, B, C, D, A', B', C', D') disposé à l'extérieur du réacteur (12) et apte à agir sur une zone d'agitation couvrant une partie de ladite nappe, à distance au travers desdites parois (14, 16),

- 5           cette zone d'agitation ayant une faible dimension dans la direction  
de la longueur de la nappe,
- des moyens de déplacement (50, 34, 36, 38) permettant de déplacer  
en translation ledit organe d'agitation entre une première position  
extrême et une deuxième position extrême situées de telle manière  
10           que la zone d'agitation soit apte à balayer sensiblement l'ensemble  
de ladite portion d'espace,
  - des moyens d'injection de fils métalliques réactifs pouvant être  
utilisés pour l'injection d'adjuvants chimiques liquides.
- 15   8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacune des  
deux parois (14, 16) est conformée de telle manière que sa surface  
externe est définie géométriquement par un ensemble de segments de  
droites parallèles à un même axe géométrique et s'appuyant sur une  
courbe quelconque s'étendant dans un plan perpendiculaire audit axe, la  
20           distance entre chaque segment de l'une des parois et l'autre paroi étant  
constante.
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que chacune des  
deux parois (14, 16) est plane ou cylindrique à base circulaire.
- 25
10. Dispositif d'agitation selon l'une quelconque des revendications 7 à 9,  
caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'entraînement (27, 28, 31)  
du fluide dans une direction d'entraînement parallèle audit axe  
géométrique, les parois (14, 16) comportant sur leurs faces en vis-à-vis,  
30           des aspérités (70, 72) formant des restrictions aptes à provoquer  
localement des accélérations du fluide.

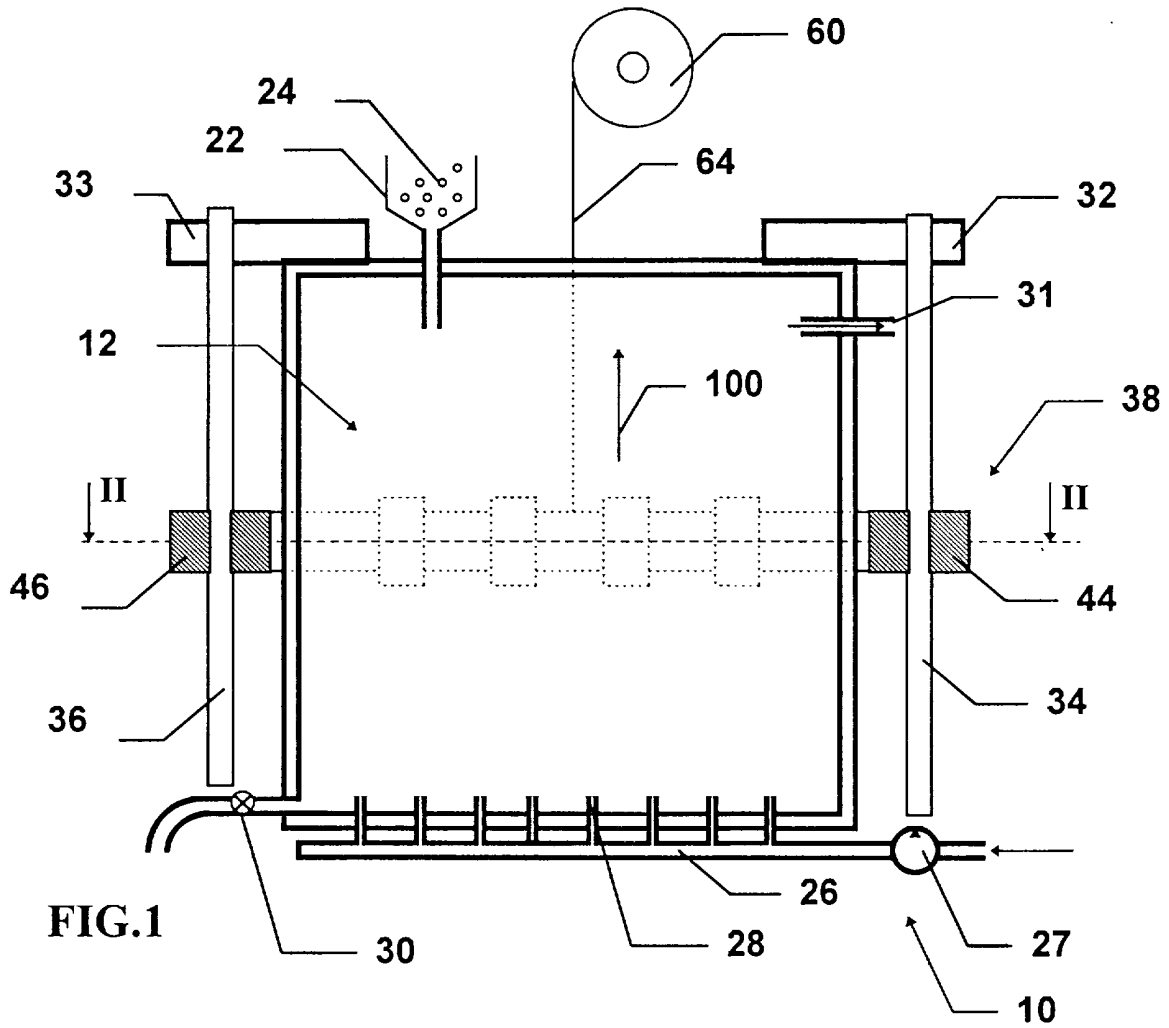


FIG. 1

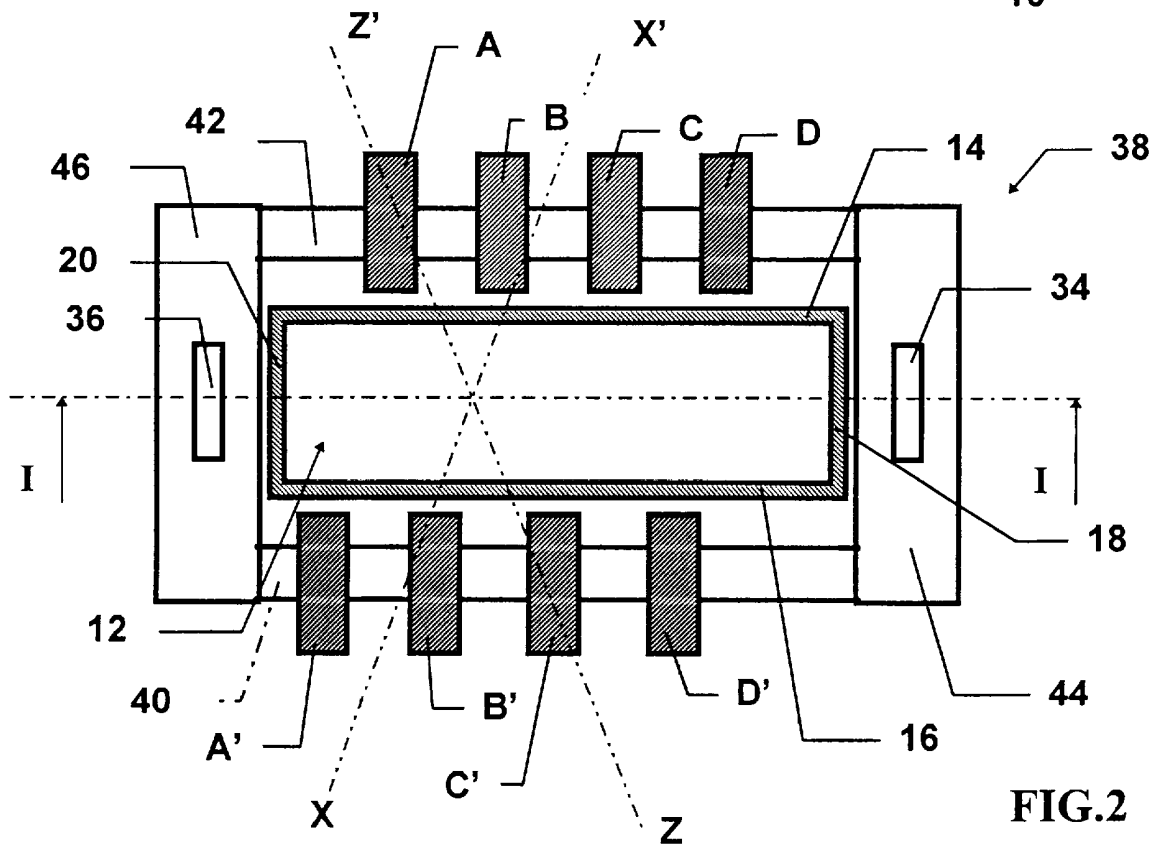


FIG. 2

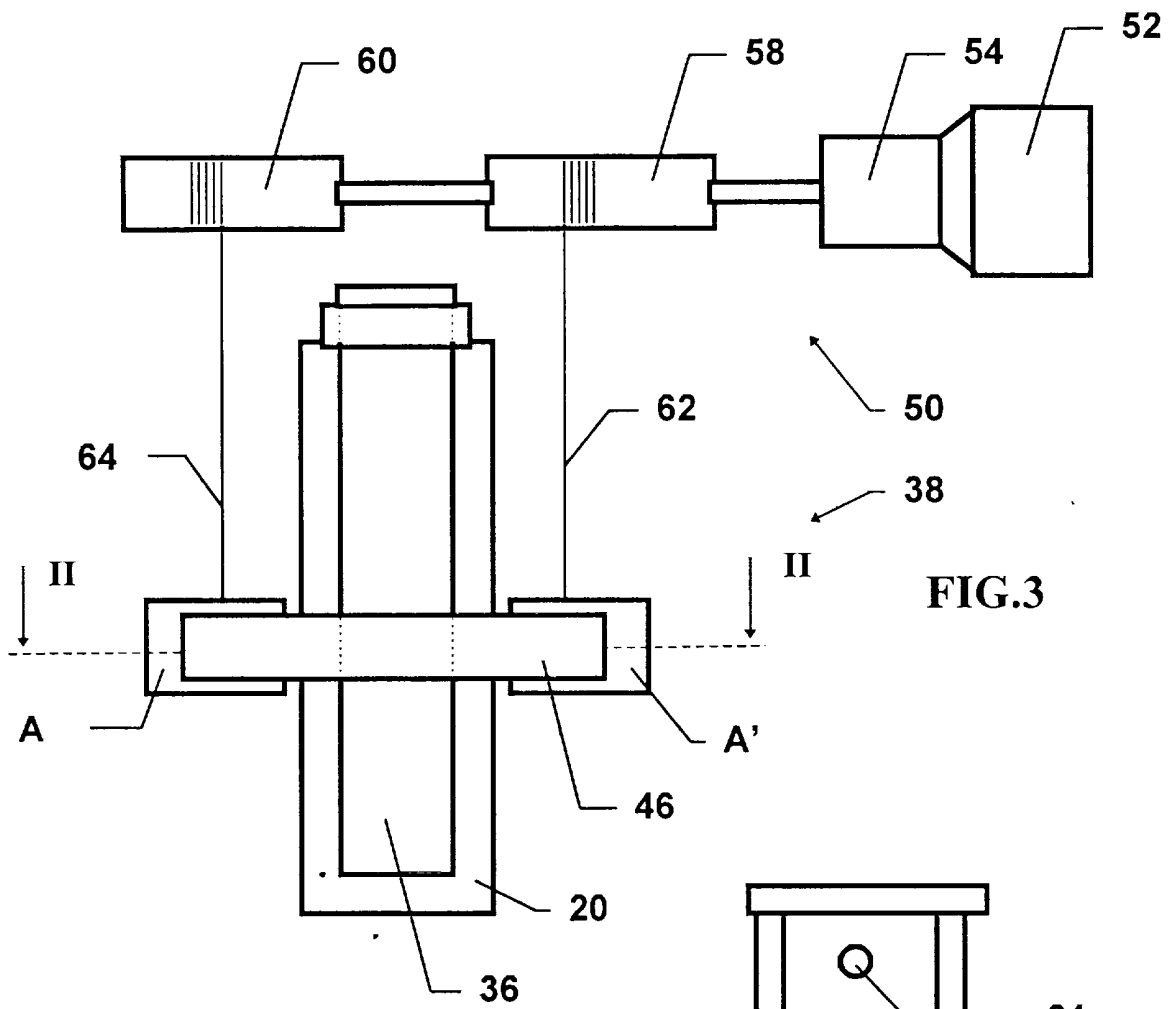
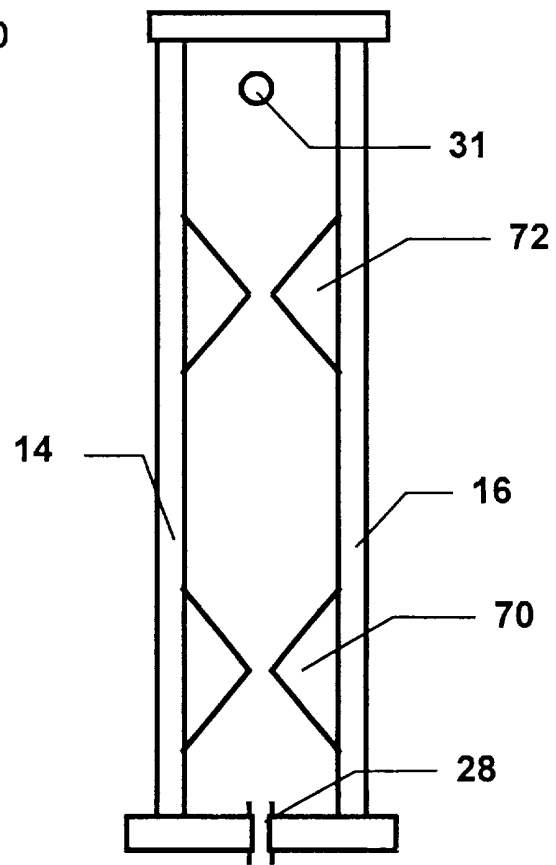


FIG.3

FIG.4



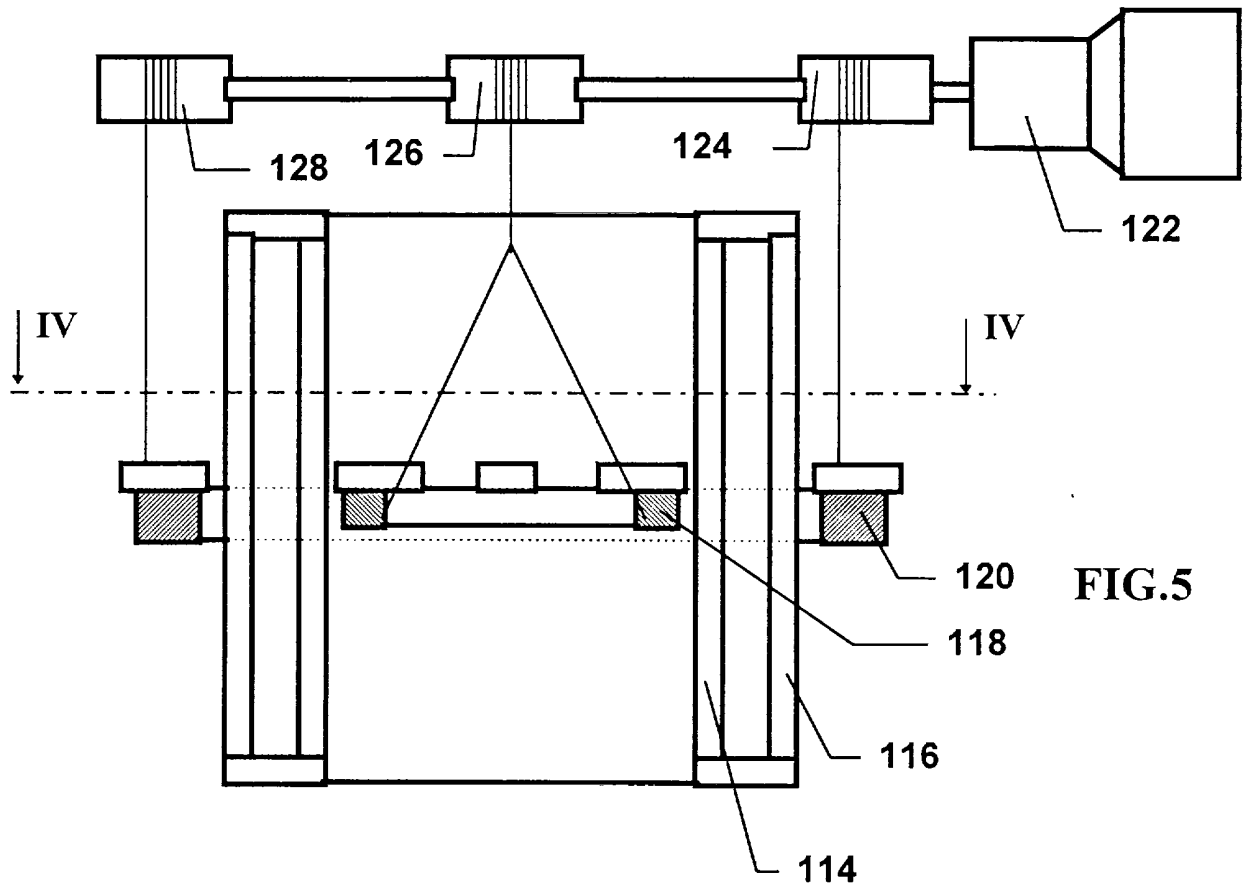


FIG.5

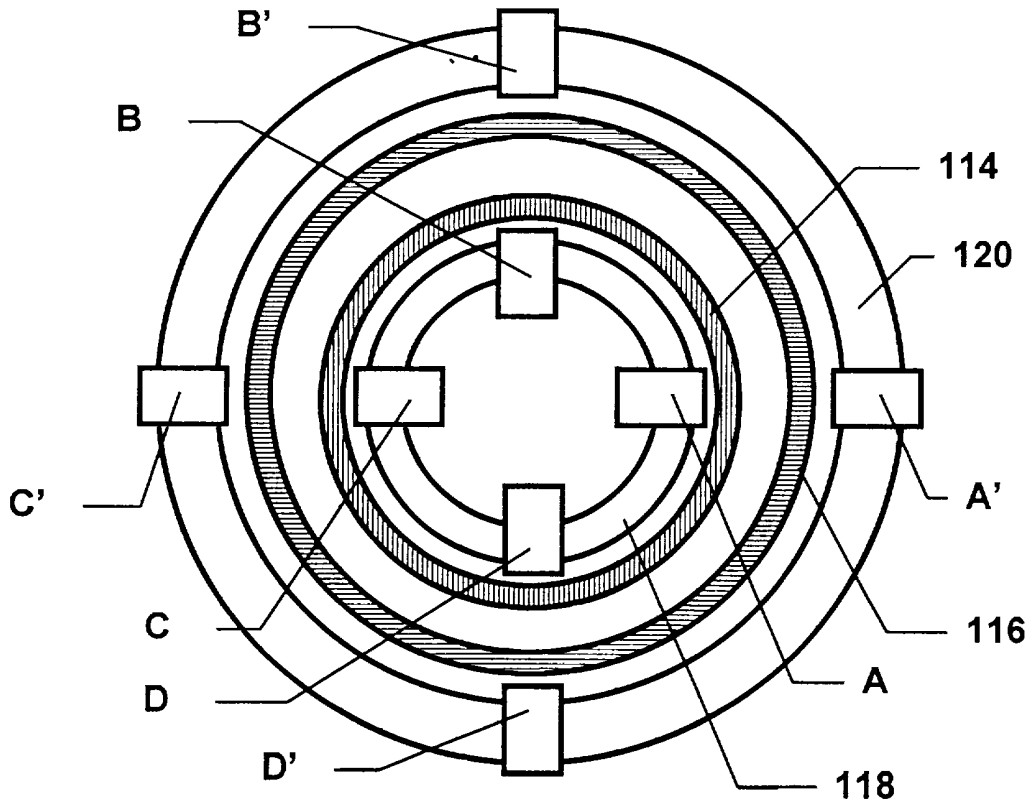


FIG.6

FIG.7

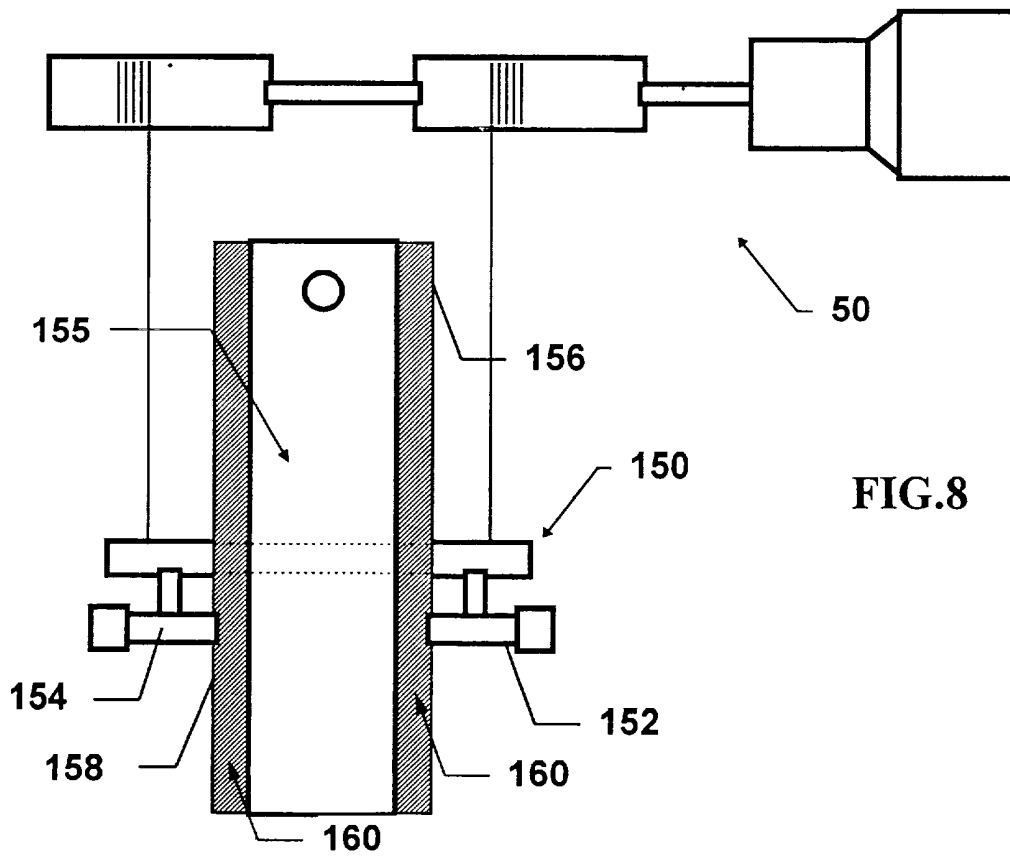
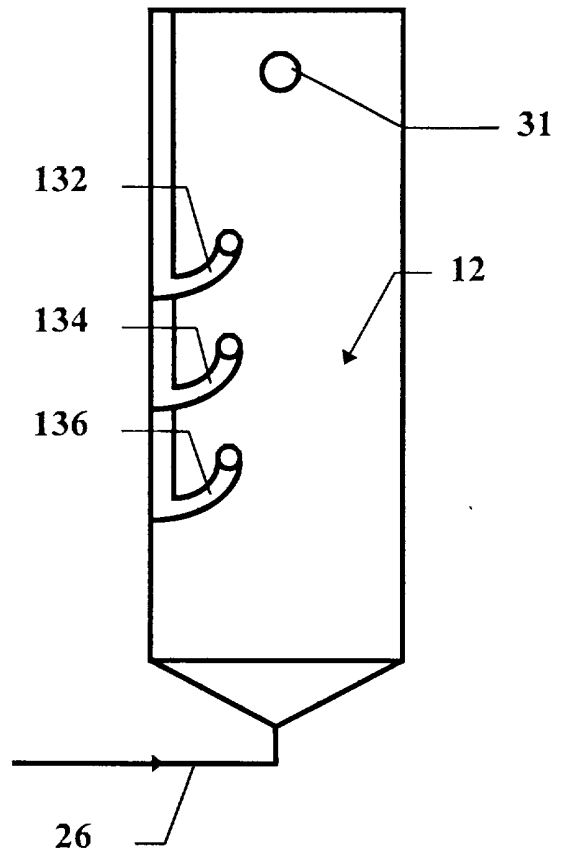


FIG.8

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

FA 569316  
FR 9901658

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 222 808 A (SUGARMAN JEFFREY, GIBBONS IAN) 29 juin 1993 (1993-06-29) * colonne 2, ligne 67 - colonne 5, ligne 13 * * colonne 6, ligne 23 - ligne 57 * * figures 1,2,4 * ---	1-5,7-9
X A	US 5 227 138 A (BOYD KAREN A, FAYETTE DANA) 13 juillet 1993 (1993-07-13) * colonne 3, ligne 4 - colonne 4, ligne 5 * * colonne 4, ligne 28 - ligne 46 * * figures 1-4 * ---	1-5 7-9
A	US 4 071 225 A (HOLL RICHARD A) 31 janvier 1978 (1978-01-31) * abrégé * * colonne 4, ligne 18 - ligne 61 * * colonne 6, ligne 11 - ligne 38 * * colonne 7, ligne 1 - ligne 13 * * colonne 7, ligne 50 - colonne 8, ligne 41 * * revendications 1-24; figures 3,4 * ---	1,2,6-9
A	GB 1 048 789 A (THEOPHILE ISIDORE SOPHIE VERMEIREN) 23 novembre 1966 (1966-11-23) * page 1, colonne de gauche, ligne 38 - page 2, colonne de droite, ligne 107 * * figures 1,2 * ---	7,10
A	US 4 632 315 A (WATANABE YASUO, KANNO HIDEOMI) 30 décembre 1986 (1986-12-30) * colonne 3, ligne 38 - colonne 5, ligne 11 * * revendications 1-5; figures 4-9 * --- -/--	1-3,5, 7-9
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B01J B01F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
5 novembre 1999		Vlassis, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

1

EPO FORM 1603 03.82 (P04C13)

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

FA 569316  
FR 9901658

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR 2 752 385 A (RIERA MICHEL) 20 février 1998 (1998-02-20) * revendications 1-10; figures 1-10 * -----	1,2,5,7, 9
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
5 novembre 1999		Vlassis, M
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie                      A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)