(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 767 273 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.03.2007 Bulletin 2007/13

(51) Int Cl.:
B03B 5/22 *(2006.01)* ***B03B 5/32*** *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **05020997.2**

(22) Date de dépôt: **27.09.2005**

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

(71) Demandeur: **Genimin**
7000 Mons (BE)

(72) Inventeur: **Huart, Pol**
7000 Mons (BE)

(54) **Procédé et appareil pour la concentration de matières à l'état de particules solides**

(57) Procédé et appareil pour la concentration d'une matière particulaire, comprenant au moins deux constituants de masses volumiques différentes, dans lesquels on soumet une pulpe (15) de la matière particulaire à une centrifugation dans une chambre de centrifugation (11), on injecte tangentiellement un fluide (16) dans la pulpe pour y engendrer des pulsations centripètes et on soutire de la chambre une fraction dense (20) et une fraction légère (17).

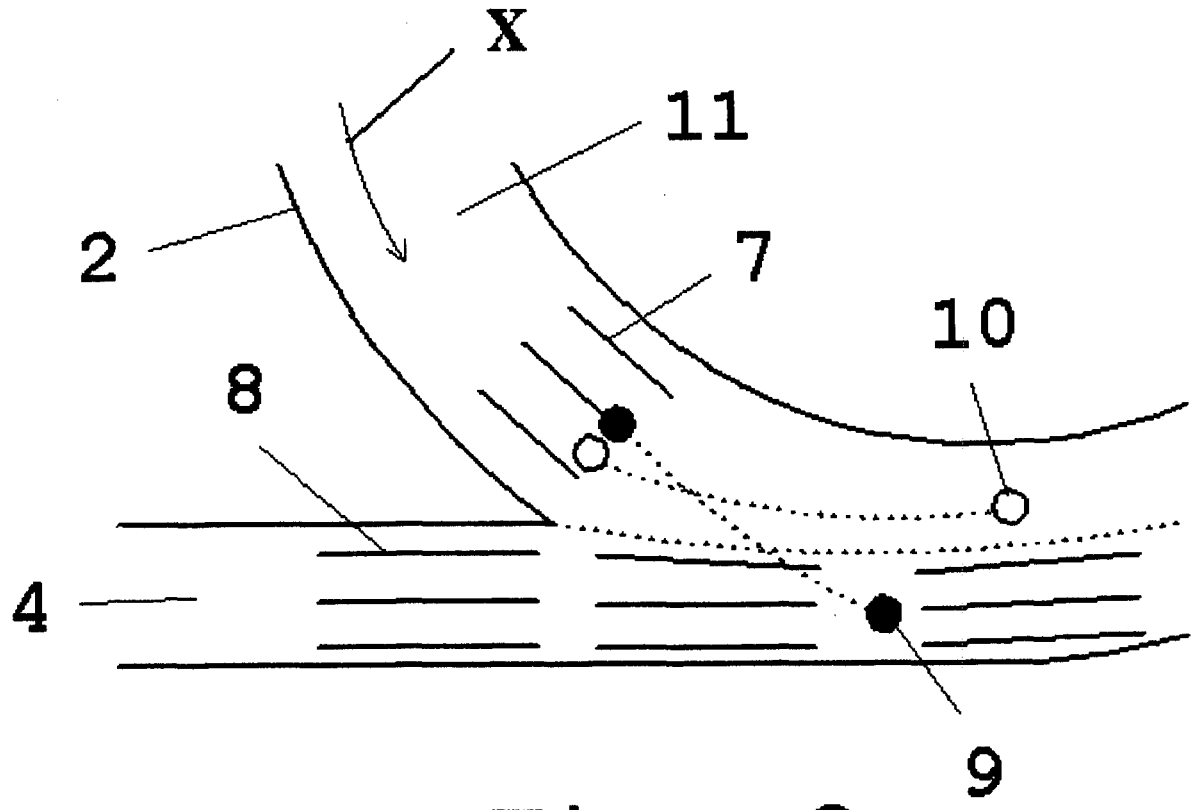

Fig. 2

EP 1 767 273 A1

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à la concentration de matières à l'état de particules solides, comprenant plusieurs constituants organiques et/ou inorganiques de masses volumiques différentes.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un procédé perfectionné pour la concentration densimétrique d'ultrafines particules de telles matières, selon le principe du setzage ou jiggage dans une chambre de centrifugation, ainsi qu'un appareil pour la mise en oeuvre de ce procédé perfectionné.

Etat de la technique

[0003] Le setzage ou jiggage est une technique bien connue pour la concentration de matières solides comprenant des substances de densités ou masses volumiques différentes [par exemple un minerai libéré de ses constituants (naturellement pour les gisements alluvionnaires et éluvionnaires ou après broyage), l'assainissement d'une terre polluée de plombs de chasse, ou tout autre mélange de matières différentes].

[0004] Le jiggage fait intervenir plusieurs principes physiques pour permettre la ségrégation des particules en fonction de leur densité en évitant le phénomène d'équivalence qui se produit lors de la chute libre de ces particules où une particule légère et grosse présente la même vitesse de sédimentation qu'une particule lourde et fine.

[0005] Ces principes physiques sont les suivants :

- le déplacement des particules lors d'une courte accélération n'est fonction que de la densité des particules ;
- la vitesse libre de sédimentation favorise la sédimentation des particules les plus grosses ;
- la sédimentation entravée (les particules se gênent et s'entrechoquent mutuellement pendant la sédimentation) favorise la sédimentation des particules les plus fines. Ce phénomène se passe surtout en fin de sédimentation. Il a tendance à compenser le second qui favorise les grosses particules.

[0006] Les techniques du setzage ou jiggage se répartissent en deux grandes familles : les techniques du jiggage sous l'action de la pesanteur et les techniques du jiggage par centrifugation. Les techniques utilisant l'action de la pesanteur exploitent généralement deux moteurs de ségrégation dont l'un exploite le premier principe physique énoncé plus haut et dont l'autre exploite les deux autres principes physiques. Mais, dès que la granulométrie diminue, la surface spécifique augmente et les forces surfaciques (traînée) deviennent prépondérantes vis-à-vis des forces volumiques (poids) qui sont en compétition dans le phénomène de jiggage. Une manière de résoudre ce problème est de centrifuger la matière pour augmenter les forces volumiques. Les techniques de jiggage par centrifugation exploitent rarement le premier moteur de ségrégation, car les moyens habituellement utilisés pour soumettre les particules solides à de courtes accélérations ne donnent généralement pas satisfaction et entravent le bon fonctionnement du jigg. Dans le document WO-90/00090, on décrit un appareil de jiggage par centrifugation, dans lequel on exploite les deux moteurs de ségrégation. A cet effet, dans cet appareil connu, on soumet une pulpe d'une matière particulaire à concentrer, à une centrifugation dans une chambre cylindrique dont la paroi périphérique comprend une grille recouverte d'un lit filtrant et, pendant la centrifugation, on soumet le lit filtrant à des déplacements centripètes pulsés qui ont pour effet de soumettre la pulpe dans la chambre à des forces ponctuelles centripètes. L'action combinée de ces forces centripètes ponctuelles et de la force centrifuge permanente sur la pulpe engendre progressivement une stratification radiale des particules de la matière dans la chambre de centrifugation, en fonction de leurs masses volumiques respectives, cette stratification étant sensiblement indépendante des dimensions des particules ou peu influencée par celle-ci. Les particules denses se rassemblent dans une zone périphérique de la pulpe et les particules moins denses se concentrent dans une zone centrale de celle-ci. Dans l'appareil du document WO-90/00090, une série de cavités à paroi souple, alimentées avec de l'eau, entourent la grille précitée de la chambre. La chambre, sa grille et les cavités sont entraînées à grande vitesse pour centrifuger la pulpe et on soumet la paroi souple des cavités à des déplacements selon une fréquence définie, pour projeter l'eau qu'elles contiennent à travers la grille et soumettre le lit filtrant aux pulsations centripètes. Dans cette appareil connu, la pulsation imprimée à la pulpe est induite par un effet mécanique, ce qui a pour résultat désavantageux de limiter la fréquence des pulsations à cause de problèmes d'inertie mécanique. Hors, une fréquence très élevée est nécessaire pour provoquer les très courtes accélérations nécessaires à la ségrégation de très fines particules. Ces accélérations doivent être d'autant plus courtes que les particules sont fines. En effet, plus elles sont fines, plus la surface spécifique est grande, plus la traînées est grande. Dans ces conditions, la durée de l'accélération durant laquelle on peut négliger l'effet de traînée est très courte. Donc, plus la fréquence des accélérations successives est grande, plus l'influence de la traînée est faible.

L'appareil connu du document WO-90/00090 présente le désavantage supplémentaire d'être de construction compliquée. En particulier, la réalisation de son étanchéité pose de sérieuses difficultés. En outre, la nécessité d'un lit filtrant sur la grille de la centrifugeuse constitue une autre difficulté, particulièrement la réalisation pratique d'une grille à ouvertures ultrafines. Il en résulte une

construction onéreuse et une exploitation difficile.

Résumé de l'invention

[0007] L'invention vise à remédier aux inconvénients de l'appareil centrifuge connu décrit plus haut.

[0008] L'invention vise plus particulièrement à fournir un procédé nouveau et perfectionné pour la concentration, par la technique du jiggage centrifuge, de matières à l'état de particules solides, comprenant plusieurs constituants organiques et/ou inorganiques de masses volumiques différentes.

[0009] L'invention vise tout spécialement à fournir un procédé qui permette de réaliser, de manière simple et économique, une concentration rapide et efficace d'ultrafines particules de telles matières.

[0010] L'invention a aussi pour objectif de fournir un appareil pour la concentration de telles matières par la technique du jiggage centrifuge, ledit appareil étant de conception simple, pratique, économique et présentant par ailleurs une grande fiabilité et un haut rendement d'exploitation.

[0011] Par convention, dans la suite du présent mémoire, l'expression « matière particulaire » désigne une matière solide à l'état de particules de dimensions et de forme diverses, comprenant au moins deux constituants organiques et/ou inorganiques solides. La matière particulaire peut par exemple comprendre un minerai, dont les constituants comprennent des minéraux. L'expression « substance utile » désigne un composant solide ou minéral que l'on cherche à extraire à l'état concentré de la matière particulaire et l'expression « substance stérile » désigne un composant solide ou minéral résiduaire, que l'on cherche à séparer de la (ou des) substance(s) utile(s).

Le vocable « pulpe » désigne une dispersion ou suspension aqueuse de la matière particulaire susdite dans de l'eau ou un autre liquide (organique ou inorganique) adéquat. Le liquide sélectionné doit avoir une masse volumique inférieure à celle de la matière particulaire.

[0012] En conséquence, l'invention concerne un procédé pour la concentration d'une matière particulaire, comprenant au moins deux constituants de masses volumiques différentes, dans lequel on soumet une pulpe de ladite matière particulaire à une centrifugation et à des pulsations centripètes dans une chambre de centrifugation et on soutire de la chambre de centrifugation, une fraction dense de la pulpe et une fraction légère de la pulpe, le procédé se caractérisant en ce que, pour réaliser les pulsations centripètes, on injecte un fluide dans la pulpe, dans une direction qui présente une composante tangentielle à la centrifugation.

[0013] Dans le procédé selon l'invention, la centrifugation a pour fonction de soumettre les particules de la matière particulaire à une accélération centrifuge et, de ce fait, à des forces centrifuges qui vont opérer un classement radial des particules de la matière particulaire en fonction de leurs masses respectives. La centrifugation peut être opérée par tout moyen adéquat, par exemple à l'aide d'une centrifugeuse rotative. La centrifugation est exécutée dans une chambre de centrifugation. Celle-ci est normalement une chambre de révolution. Elle peut par exemple être cylindrique, conique ou tronconique. Elle n'est pas critique pour la définition de l'invention et sera explicitée plus loin.

[0014] La vitesse de la centrifugation va conditionner l'accélération centrifuge de la pulpe et, dès lors, les forces centrifuges agissant sur les particules de la matière particulaire. Elle n'est pas critique pour la définition de l'invention. Toutes autres choses étant égales par ailleurs, elle va conditionner la productivité du procédé et la précision de la coupure entre la fraction légère et la fraction dense de la matière particulaire. La vitesse optimum de centrifugation va dépendre de divers paramètres, parmi lesquels figurent la masse volumique de la ou de chaque substance utile de la matière particulaire, les masses volumiques des substances stériles, la distribution granulométrique de la matière particulaire et les dimensions de la chambre utilisée pour la centrifugation. Ces paramètres doivent être déterminés dans chaque cas particulier par l'homme du métier, au moyen d'essais de routine au laboratoire ou de travaux au bureau d'études.

[0015] Les pulsations centripètes ont pour fonction de soumettre la pulpe centrifugée, à des forces centripètes ponctuelles, de courtes durées, assimilables à des chocs, selon une fréquence définie.

Conformément à l'invention, les pulsations centripètes sont obtenues en injectant un fluide dans la pulpe soumise à la centrifugation, cette injection de fluide comportant une composante tangentielle à la centrifugation.

Le fluide peut être invariablement un gaz ou un liquide. Il doit être sensiblement inerte vis-à-vis des constituants de la pulpe. Dans le cas d'un liquide, celui-ci ne peut normalement pas être un dissolvant des constituants de la matière particulaire. Il peut être indifféremment un liquide organique ou un liquide aqueux. On recommande spécialement les liquides qui sont miscibles avec le liquide de la pulpe. On utilise avantageusement le même liquide que celui de la pulpe, l'eau ayant la préférence.

[0016] Le fluide est injecté dans la pulpe sous la forme d'un jet localisé, ce jet présentant une composante qui est tangente au sens de rotation de la pulpe et à la paroi périphérique de la chambre de centrifugation. L'injection peut être rigoureusement tangentielle à la paroi périphérique de la chambre de centrifugation. On préfère qu'elle soit oblique, de manière à présenter aussi une composante radiale.

L'injection du fluide est de préférence opérée de manière continue, avec une vitesse sensiblement constante et/ou un débit sensiblement constant. On préfère une injection continue avec une vitesse d'injection sensiblement constante. L'injection tangentielle du fluide dans la pulpe génère dans celle-ci des pulsations centripètes locales en face de la zone d'injection du fluide. Les particules de matière particulaire dans la pulpe sont ainsi soumises à des accélérations ponctuelles tangentielles et centripè-

tes, qui se superposent à l'accélération centrifuge sensiblement constante. La fréquence des accélérations centripètes auxquelles chaque particule de matière particulaire est soumise est fonction de la vitesse de rotation de la pulpe dans la chambre de centrifugation. La combinaison de l'accélération centrifuge et des accélérations centripètes ponctuelles réalise une stratification progressive des particules de la matière particulaire dans la pulpe, en fonction de leurs masses volumiques respectives, les particules les plus denses migrant vers la périphérie du tourbillon de pulpe et les particules moins denses migrant en sens inverse.

La qualité de la stratification des particules de matière particulaire dans la pulpe et, par voie de conséquence, le rendement de la concentration de la matière particulaire vont dépendre de divers paramètres parmi lesquels figurent les dimensions de la chambre de centrifugation, le débit de la pulpe et sa vitesse d'introduction dans la chambre de centrifugation, ainsi que le débit et la vitesse d'injection du fluide dans la pulpe. Les valeurs optimum de ces paramètres vont en outre dépendre de divers facteurs, notamment de la matière particulaire traité, des masses volumiques respectives de la substance utile et des substances stériles, de la distribution granulométrique de la matière particulaire dans la pulpe et de la concentration de la pulpe, ainsi que des masses volumiques du liquide de la pulpe et du fluide injecté. Ces valeurs optimum doivent dès lors être déterminées dans chaque cas particulier par l'homme du métier, au moyen d'essais de routine au laboratoire.

[0017] Dans le procédé selon l'invention, on soutire une fraction dense de la pulpe et une fraction légère. La fraction dense est normalement soutirée à la périphérie du tourbillon de pulpe centrifugée, généralement dans une direction tangentielle à ce tourbillon.

[0018] Dans une forme d'exécution particulière du procédé selon l'invention, la chambre de centrifugation est cylindrique, on y introduit la pulpe avec une vitesse définie, tangentiellement à la paroi périphérique de la chambre et on soutire la fraction dense tangentiellement à ladite paroi.

Par le vocable « tangentiellement », on entend spécifier que la direction d'introduction de la pulpe dans la chambre et la direction du soutirage de la fraction dense comprennent chacune une composante tangentielle à la paroi de la chambre. Ces directions peuvent par conséquent être rigoureusement tangentielles ou être obliques. On préfère qu'elle soient rigoureusement tangentielles ou quasi tangentielles.

Le soutirage de la fraction dense est normalement effectué en aval de l'introduction de la pulpe dans la chambre de centrifugation, les expressions « en amont » et « en aval » étant définies par rapport au sens de la rotation du tourbillon de pulpe dans la chambre de centrifugation.

Dans la forme de réalisation particulière qui vient d'être décrite, la fraction légère de la pulpe peut être soutirée axialement de la chambre de centrifugation. On préfère qu'elle soit soutirée tangentiellement à la paroi périphérique précitée de ladite chambre, en aval du soutirage de la fraction dense.

Dans la forme de réalisation particulière qui vient d'être décrite, la vitesse tangentielle d'introduction de la pulpe dans la chambre va conditionner sa vitesse de rotation dans la chambre et, par voie de conséquence, l'accélération centrifuge.

Dans cette forme de réalisation particulière, la chambre cylindrique peut être horizontale, oblique ou verticale. On préfère que la chambre soit sensiblement verticale.

[0019] Dans l'exécution du procédé selon l'invention, il est nécessaire d'évacuer de la chambre, le fluide qui a servi à engendrer les pulsations centripètes dans la pulpe. Cette évacuation peut être opérée par tout moyen adéquat, généralement en aval du soutirage de la fraction légère.

[0020] Dans une mode de réalisation avantageux de la forme d'exécution particulière qui vient d'être décrite, le fluide servant à produire les pulsations centripètes est injecté à travers la paroi périphérique susdite de la chambre de centrifugation, sensiblement sur toute la longueur de celle-ci.

[0021] Dans une variante de réalisation de la forme d'exécution décrite plus haut, on opère au moins un soutirage additionnel d'une fraction additionnelle de pulpe, ce soutirage additionnel étant opéré en aval du soutirage de la fraction dense et en amont du soutirage de la fraction légère. Dans cette variante de réalisation de l'invention, la teneur en substance utile de la fraction additionnelle est intermédiaire entre les teneurs respectives en ladite substance utile dans la fraction dense, d'une part, et dans la fraction légère, d'autre part. Cette variante de réalisation de l'invention réalise ainsi une coupure de la matière particulaire en plusieurs fractions à taux d'enrichissement différents en substance utile. Dans la suite du présent mémoire, le soutirage additionnel susdit sera désigné « soutirage intermédiaire » et la fraction additionnelle correspondante sera désignée « fraction intermédiaire ».

Dans la variante de réalisation de l'invention qui vient d'être décrite, on peut améliorer de manière substantielle le rendement de la concentration en substance utile, en recyclant la fraction intermédiaire dans la pulpe que l'on introduit dans la chambre de centrifugation.

[0022] Dans le procédé selon l'invention et ses formes de réalisation particulières, le fraction dense constitue la fraction utile (concentrée en substance utile) ou un sous-produit (enrichi en substances stériles de la matière particulaire), selon que la masse volumique de la substance utile est supérieure à celles des substances stériles ou inférieure à celles-ci.

[0023] Le procédé selon l'invention est spécialement adapté à la concentration de matières particulaires de faible granulométrie, notamment à l'état de particules de diamètre inférieur à 800 μm, généralement compris entre 1 et 500 μm, le diamètre d'une particule étant, par définition, le diamètre d'une sphère de même volume que la particule.

Dans une forme d'exécution particulière du procédé selon l'invention, spécialement bien adaptée à de tels matières particulaires, on règle la centrifugation pour soumettre la pulpe à une accélération centrifuge supérieure à 3000 m/s^2 et on règle l'injection du fluide pour que les pulsations centripètes aient une accélération sensiblement comprise entre 1 et 5 fois l'accélération centrifuge susdite.

[0024] L'invention concerne également un appareil pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, ledit appareil comprenant une chambre de centrifugation, un dispositif pour l'admission d'une pulpe de la matière particulaire dans la chambre de centrifugation, un dispositif pour engendrer des pulsations centripètes dans la pulpe dans la chambre de centrifugation, un dispositif de soutirage d'une fraction dense de la pulpe et un dispositif de soutirage d'une fraction légère de la pulpe ; conformément à l'invention, le dispositif pour engendrer des pulsations centripètes dans la pulpe comprend un conduit qui débouche dans la chambre susdite, à travers une paroi périphérique de celle-ci, et qui est en communication avec un organe d'injection d'un fluide.

[0025] Dans l'appareil selon l'invention, la paroi périphérique de la chambre de centrifugation est de révolution. Elle peut avoir tout profil approprié. Elle peut par exemple être une paroi cylindrique, une paroi conique ou une paroi tronconique. Les parois cylindriques sont préférées. La paroi périphérique de révolution peut être horizontale, verticale ou oblique. On préfère que la paroi soit sensiblement verticale.

Le dispositif pour alimenter la chambre de centrifugation avec la pulpe comprend un conduit qui débouche dans la chambre, à travers sa paroi périphérique, ce conduit étant en outre en communication avec un organe d'injection continue de la pulpe. Le conduit d'introduction de pulpe est disposé tangentiellement ou obliquement par rapport à la paroi périphérique. On préfère qu'il soit sensiblement tangentiel par rapport à cette paroi.

Le conduit pour l'injection du fluide servant à engendrer les pulsations débouche obliquement ou tangentiellement à travers la paroi périphérique de la chambre de centrifugation. Il comprend une composante tangentielle qui a de préférence le même sens que la composante tangentielle du conduit d'introduction de la pulpe. L'organe d'injection du fluide est avantageusement conçu pour que l'injection du fluide soit continue et à débit et/ou vitesse sensiblement constant.

Le dispositif de soutirage de la fraction dense comprend avantageusement un conduit qui traverse la paroi périphérique de la chambre de centrifugation et qui est orienté de manière à présenter une composante tangentielle de même sens que la composante tangentielle du conduit d'introduction de la pulpe.

Le dispositif de soutirage de la fraction légère comprend de préférence un conduit qui traverse la paroi périphérique de la chambre de centrifugation, en aval du conduit de soutirage de la fraction dense et qui est orienté de manière à présenter une composante tangentielle de même sens que la composante tangentielle du conduit d'introduction de la pulpe.

[0026] Dans une forme de réalisation particulière de l'appareil selon l'invention, la chambre de centrifugation comprend au moins un dispositif additionnel de soutirage d'une fraction de la pulpe, ledit dispositif additionnel de soutirage comprenant un conduit qui traverse la paroi périphérique de la chambre de centrifugation, entre les conduits de soutirage de la fraction dense et de la fraction légère. Le conduit de soutirage additionnel est avantageusement similaire aux conduits de soutirage des fractions dense et légère. En variante, le conduit de soutirage additionnel peut être raccordé au dispositif d'alimentation de ladite chambre pour y recycler la fraction soutirée.

[0027] Dans une forme de réalisation avantageuse de l'appareil selon l'invention, le conduit pour l'injection du fluide destiné à engendrer les pulsations comprend une fente qui est ménagée à travers la paroi périphérique de la chambre de centrifugation, sur une longueur substantielle de celle-ci. On entend par l'expression « sur une longueur substantielle de la paroi de la chambre » une longueur supérieure à la moitié de la longueur totale de la chambre, généralement au moins égale à 75 % (de préférence 80 %) de la longueur totale de la chambre. Par définition, la longueur totale de la chambre est la longueur de la chambre, depuis le dispositif d'alimentation en pulpe jusqu'au dispositif de soutirage de la fraction légère.

[0028] L'appareil selon l'invention comprend normalement un dispositif d'évacuation du fluide ayant servi à engendrer des pulsations centripètes dans la pulpe. Ce dispositif d'évacuation comprend normalement un conduit qui débouche à travers la paroi périphérique de la chambre de centrifugation, en aval du dispositif de soutirage de la fraction légère. En variante, il peut comprendre un conduit qui traverse axialement l'extrémité d'aval de la chambre de centrifugation.

[0029] Le procédé et l'appareil selon l'invention trouvent diverses applications. Ils trouvent notamment une application pour la concentration de terres ou de minerais se présentant naturellement à l'état granulaire ou pulvérulent, comme par exemple des produits alluvionnaires. Le procédé et l'appareil selon l'invention sont spécialement adaptés au traitement d'enrichissement de minerais ultrafins, notamment à la récupération de résidus fins de broyage et au traitement de minerais recueillis de gisements alluvionnaires et éluvionnaires ou après broyage. Le procédé et l'appareil selon l'invention trouvent une application toute particulière pour la concentration de minerais d'or, de diamant et de tout autre minéral de valeur, de densité différenciée par rapport à l'environnement (cassitérite, wolframite, coltan, tourmaline, grenats, chrysobéryl, spinelle, zircon, rhodonite, rubis, saphir, ...). Le procédé et l'appareil selon l'invention trouvent également une application pour le traitement de terres polluées, par exemple pour le traitement de boues de draguage de cours d'eau, polluées par des métaux lourds, l'assainissement de terres polluées par des

plombs de chasse, l'assainissement de terrains industriels pollués par des matières solides organiques et/ou inorganiques.

Brève description des figures

[0030] Des particularités et détails de l'invention vont apparaître au cours de la description suivante des figures annexées, qui représentent quelques formes de réalisation particulières de l'invention.

La figure 1 montre en perspective une première forme de réalisation particulière de l'appareil selon l'invention ;

La figure 2 montre schématiquement un détail de l'appareil de la figure 1, en section transversale selon le plan II-II de la figure 1 ;

Les figures 3, 4, 5 et 6 sont des schémas analogues à celui de la figure 2, de quatre variantes du détail de la figure 2 ;

La figure 7 est un schéma analogue à celui de la figure 2, d'une variante supplémentaire du détail de la figure 2 ;

La figure 8 montre en perspective, une autre forme de réalisation de l'appareil selon l'invention ;

La figure 9 montre l'appareil de la figure 8 en section axiale ;

La figure 10 montre en section axiale, une forme de réalisation supplémentaire de l'appareil selon l'invention ; et

La figure 11 montre en section axiale, une forme de réalisation modifiée de l'appareil de la figure 10.

Dans ces figures, des mêmes notations de référence désignent généralement des mêmes éléments.

[0031] Les figures ne sont pas dessinées à l'échelle.

Description détaillée de modes de réalisation particuliers

[0032] L'appareil représenté à la figure 1 comprend une chambre de centrifugation 11, délimitée par une paroi latérale cylindrique verticale 2.

[0033] Deux conduits 3 débouchent dans le bas de la chambre 11, tangentiellement à la paroi cylindrique 2, aux deux extrémités d'un même diamètre. Les conduits 3 servent à l'introduction d'une pulpe de matière particulaire dans la chambre 11 pour l'y soumettre à une rotation dans le sens de la flèche X (Figure 2).

[0034] La chambre 11 est en communication avec un conduit vertical étroit 4, qui traverse la paroi 2 sur approximativement toute sa hauteur et dont l'orientation est approximativement tangentielle par rapport à celle-ci. Le conduit 4 est orienté pour introduire un fluide dans le sens de la flèche X dans la chambre 11. La fonction du conduit 4 sera explicitée plus loin.

[0035] La chambre 11 se trouve en outre en communication avec un conduit 5 près de son extrémité supérieure et avec un conduit 6 dans une zone intermédiaire. Ces deux conduits servent au soutirage de fractions de la pulpe traitée dans la chambre 11.

[0036] Les conduits 3, 4, 5 et 6 sont orientés de manière à déboucher dans la chambre 11, tangentiellement par rapport à sa paroi 2.

[0037] L'appareil de la figure 1 est destiné à la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. A cet effet, une matière particulaire à l'état de particules ultrafines est dispersée dans de l'eau de manière à former un pulpe. On introduit la pulpe dans les conduits 3 avec une vitesse uniforme au cours du temps et contrôlée pour soumettre ladite pulpe à une circulation rotatoire dans la chambre 11. On injecte par ailleurs de l'eau sous pression dans la couche de pulpe dans la chambre 11, via le conduit 4. L'injection de l'eau est continue et à débit sensiblement constant, ce qui provoque des pulsations dans la pulpe, en regard du conduit 4. Sous l'action de ces pulsations, les particules de la matière particulaire sont soumises à des accélérations ponctuelles tangentielles et centripètes lorsqu'elles passent en regard du conduit 4, dans la chambre 11. Ces accélérations centripètes ponctuelles se superposent à l'accélération centrifuge continue et sensiblement constante. La grandeur des accélérations centripètes est déterminée par un choix approprié du débit, de la pression et de la vitesse de l'eau injectée dans le conduit 4. La figure 2 montre schématiquement l'action combinée de l'accélération centrifuge continue et des accélérations centripètes ponctuelles. Dans cette figure, les lignes 7 schématisent les lignes de courant circulaire de la pulpe soumise à la centrifugation dans la chambre 11 et les lignes 8 schématisent les lignes de courant de l'eau introduite dans la chambre 11 par le conduit 4. Sous l'effet combiné de l'accélération centrifuge continue et des accélérations centripètes ponctuelles, il s'opère une classification radiale des particules de matière solide dans la chambre 11, en fonction de leurs masses volumiques respectives : les particules les plus denses (9) migrent vers la périphérie de la chambre 11, tandis que les particules légères (10) migrent vers le centre de la chambre. Les particules denses sont soutirées avec du liquide de la pulpe via le conduit 6 et les particules légères sont soutirées avec du liquide de la pulpe, via le conduit 5. Dans le cas où la substance utile de la matière particulaire serait plus dense que les substances stériles de la matière particulaire, la fraction de pulpe soutirée de la chambre 11 par le conduit 6 est la fraction utile, enrichie en substance utile, tandis que la fraction soutirée par le conduit 5 contient une majorité de substances stériles.

[0038] Dans l'appareil des figures 1 et 2, le conduit 4 doit être orienté de manière que le flux d'eau qui pénètrent dans la chambre 11 possède une composante ra-

diale.

[0039] Les figures 3, 4, 5 et 6 montrent diverses dispositions du conduit 4, qui réalisent cette fonction technique.

Dans la disposition de la figure 3, le conduit 4 pénètre dans la chambre 11 tangentiellement à sa paroi périphérique 2. La chambre s'élargit en aval du conduit 4.

Dans les dispositions des figures 4 et 5, le conduit 4 pénètre obliquement dans la chambre cylindrique 11 et le diamètre de celle-ci est uniforme.

Dans la disposition de la figure 6, le conduit 4 pénètre obliquement dans la chambre 11 et celle-ci se rétrécit en aval du conduit 4.

[0040] Dans l'appareil schématisé à la figure 7, plusieurs conduits 6, 6', 6" débouchent dans la chambre 11, à travers sa paroi 2. Les conduits 6, 6', 6" sont décalés angulairement. Ils servent au soutirage de fractions de la pulpe, qui diffèrent par la masse volumique des substances solides qu'elles contiennent. Compte tenu du sens de rotation X de la pulpe dans la chambre 11, la masse volumique des fractions soutirées décroît depuis le conduit 6 (qui est le plus proche du conduit d'admission d'eau 4) jusqu'au conduit 6" (qui est le plus éloigné du conduit 4). Cette forme de réalisation de l'invention permet de scinder la matière particulaire en plusieurs fractions de concentrations différentes en substance utile. Les fractions peuvent être recueillies séparément. En variante, la fraction la plus légère 6" (ou chaque fraction 6' et 6") peut être recyclée telle quelle dans les conduits d'admission 3.

Dans l'appareil représenté aux figures 8 et 9, la chambre cylindrique 11 contient un cylindre 12 à paroi ajourée (figure 9), dont l'axe coïncide avec celui de la chambre 11. Le cylindre 12 est monté sur des paliers 13, de manière à pouvoir tourner librement dans la chambre 11, pour réduire les pertes de charge dans la pulpe en rotation. En variante le cylindre 12 peut être entraîné par un moteur électrique (non représenté). Le cylindre 12 est prolongé par un goulot 14 qui débouche à l'extérieur, après avoir traversé un goulot correspondant 19 de la chambre 11.

Pendant l'exploitation de l'appareil des figures 8 et 9, on introduit la pulpe 15 dans la chambre 11 via le conduit 3, de manière qu'elle subisse une centrifugation dans ladite chambre 11. La pulpe se répartit en une couche 21 contre la paroi 2 de la chambre 11. Par le conduit 4 (figure 8), on injecte de l'eau 16 (figure 9) de manière continue dans la couche de pulpe. L'eau qui a traversé la couche de pulpe traverse la paroi ajourée du cylindre 12 et est évacuée de l'appareil par le goulot 14. La fraction légère 17 de pulpe est recueillie via l'ouverture annulaire 5 située en aval de l'appareil, la fraction dense est recueillie via l'ouverture 6 et des fractions de masses volumiques intermédiaires sont soutirées par des ouvertures 6', 6" et 6"' situées entre l'ouverture 6 et l'ouverture 5.

[0041] L'appareil schématisé à la figure 10 diffère de l'appareil des figures 8 et 9 par la présence de deux seuils annulaires 18 et 22 sur la paroi 2, dans la chambre 11. Les deux seuils 18 et 22 sont disposés entre le conduit 3 (non visible) d'admission de la pulpe 15 et le conduit 5 (non visible) d'évacuation de la fraction légère 17. Ils forment entre eux une cavité annulaire 23, dans laquelle débouche le conduit 4 (non représenté, servant à l'injection de l'eau 16 destinée aux pulsations) et le conduit 6 (non représenté, servant à l'évacuation de la fraction dense 20).

Pendant le fonctionnent de l'appareil de la figure 10, la fraction dense 20 de la pulpe est soutirée de la cavité annulaire 23 et la fraction légère 17 déborde le seuil 18. Toutes autres choses égales par ailleurs, l'appareil de la figure 10 réalise une coupure plus précise entre les particules légères et les particules denses de la pulpe.

[0042] Dans l'appareil de la figure 11, la chambre 11 comprend un hydrocyclone 24 en amont du seuil 22. Le conduit 3 d'admission de la pulpe 15 débouche dans l'hydrocyclone 24. Pendant le fonctionnement de l'appareil, la pulpe traverse l'hydrocyclone 24 et migre vers la cavité annulaire 23. Le cyclone 24 sert à séparer les particules trop fines de la matière particulaire, qui sont évacuées par la cheminée axiale 25.

Revendications

1. Procédé pour la concentration d'une matière particulaire, comprenant au moins deux constituants de masses volumiques différentes, dans lequel on soumet une pulpe de ladite matière particulaire à une centrifugation et à des pulsations centripètes dans une chambre de centrifugation (11) et on soutire de la chambre de centrifugation, une fraction dense (20) de la pulpe et une fraction légère (17) de la pulpe, **caractérisé en ce que**, pour réaliser les pulsations centripètes, on injecte un fluide (16) dans la pulpe, dans une direction qui présente une composante tangentielle à la centrifugation.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le fluide (16) est injecté de manière sensiblement continue dans la pulpe.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**on introduit la pulpe (15) dans la chambre (11), tangentiellement à une paroi périphérique (2) de ladite chambre et on soutire la fraction dense tangentiellement à ladite paroi.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**on opère au moins un soutirage additionnel d'une fraction additionnelle de pulpe, en aval du soutirage de la fraction dense (20) et en amont du soutirage de la fraction légère (17).

5. Procédé selon la revendication 3 ou 5, **caractérisé en ce qu'**on injecte le fluide (16) à travers la paroi périphérique susdite (2), sensiblement sur toute la

longueur de la chambre (11).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** la direction précitée d'injection du fluide (16) dans la pulpe présente une composante radiale.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le fluide (16) est le liquide de la pulpe (15).

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le fluide (16) comprend de l'eau.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, **caractérisé en ce qu'**on règle la centrifugation pour soumettre la pulpe à une accélération centrifuge supérieure à 3000 m/s^2 et on règle le débit de l'injection continue du fluide (16) pour que les pulsations centripètes aient une accélération sensiblement comprise entre 1 et 5 fois l'accélération centrifuge susdite.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la matière particulaire est à l'état de particules dont le diamètre est sensiblement compris entre 1 et 500 μm.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la matière particulaire comprend un minerai.

12. Appareil pour la concentration d'une matière particulaire, comprenant au moins deux constituants de masses volumiques différentes, ledit appareil comprenant une chambre de centrifugation, un dispositif pour l'admission d'une pulpe de ladite matière particulaire dans la chambre de centrifugation, un dispositif pour engendrer des pulsations centripètes dans la pulpe dans la chambre de centrifugation, un dispositif de soutirage d'une fraction dense de la pulpe et un dispositif de soutirage d'une fraction légère de la pulpe, **caractérisé en ce** le dispositif pour engendrer des pulsations centripètes dans la pulpe comprend un conduit (4) qui débouche dans la chambre de centrifugation (11), à travers une paroi périphérique (2) de celle-ci, et qui est en communication avec un organe d'injection d'un fluide.

13. Appareil selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** l'organe d'injection du fluide est conçu pour que l'injection du fluide soit continue et à débit et/ou vitesse sensiblement constant.

14. Appareil selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le conduit (4) précité débouche dans la chambre (11), tangentiellement ou obliquement par rapport à la paroi périphérique (2).

15. Appareil selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** le dispositif d'admission de la pulpe comprend un conduit (3) qui débouche dans la chambre susdite (11), tangentiellement à la paroi périphérique (2) et qui est en communication avec un organe d'injection continue de la pulpe.

16. Appareil selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** le conduit (4) qui est en communication avec un organe d'injection,d'un fluide s'étend sur sensiblement toute la longueur de la paroi périphérique (2) de la chambre (11), en aval du conduit (3) d'admission de la pulpe.

17. Appareil selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, **caractérisé en ce que** la paroi périphérique (2) de la chambre de centrifugation (11) est cylindrique.

18. Appareil selon l'une quelconque des revendications 12 à 17, **caractérisé en ce que** la paroi périphérique (2) de la chambre (11) comprend deux seuils annulaires (18, 22) entre le conduit d'admission (3) de la pulpe (15) et le conduit de soutirage (5) de la fraction légère (17), les deux seuils définissant entre eux une cavité annulaire (23) dans laquelle débouchent respectivement le conduit (4) d'admission du fluide (16) et le conduit de soutirage (6) de la fraction dense (20).

19. Appareil selon l'une quelconque des revendications 12 à 18, **caractérisé en ce que** la chambre de centrifugation (11) comprend un hydrocyclone dans lequel débouche le conduit d'admission (3) de la pulpe (15).

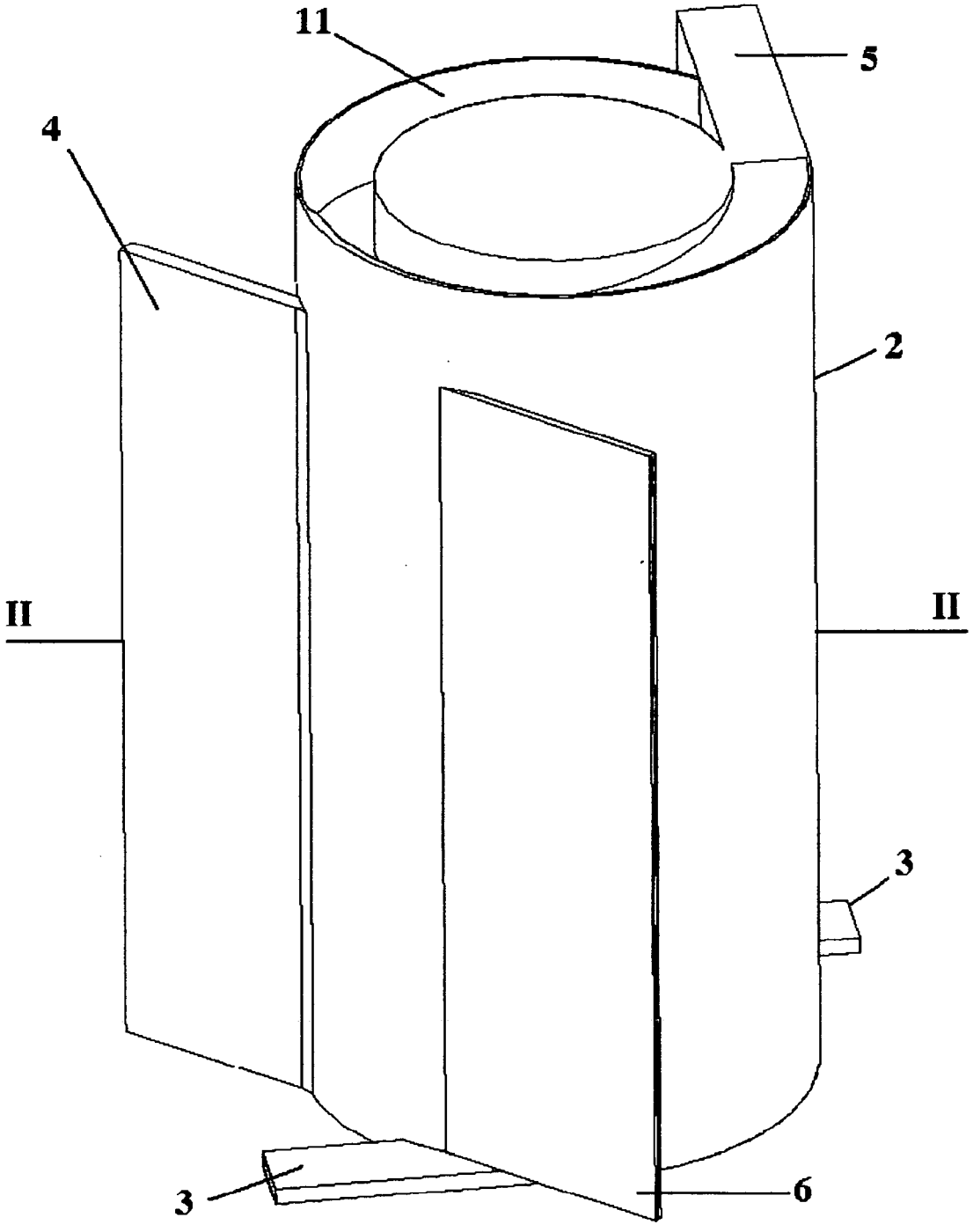

Fig. 1

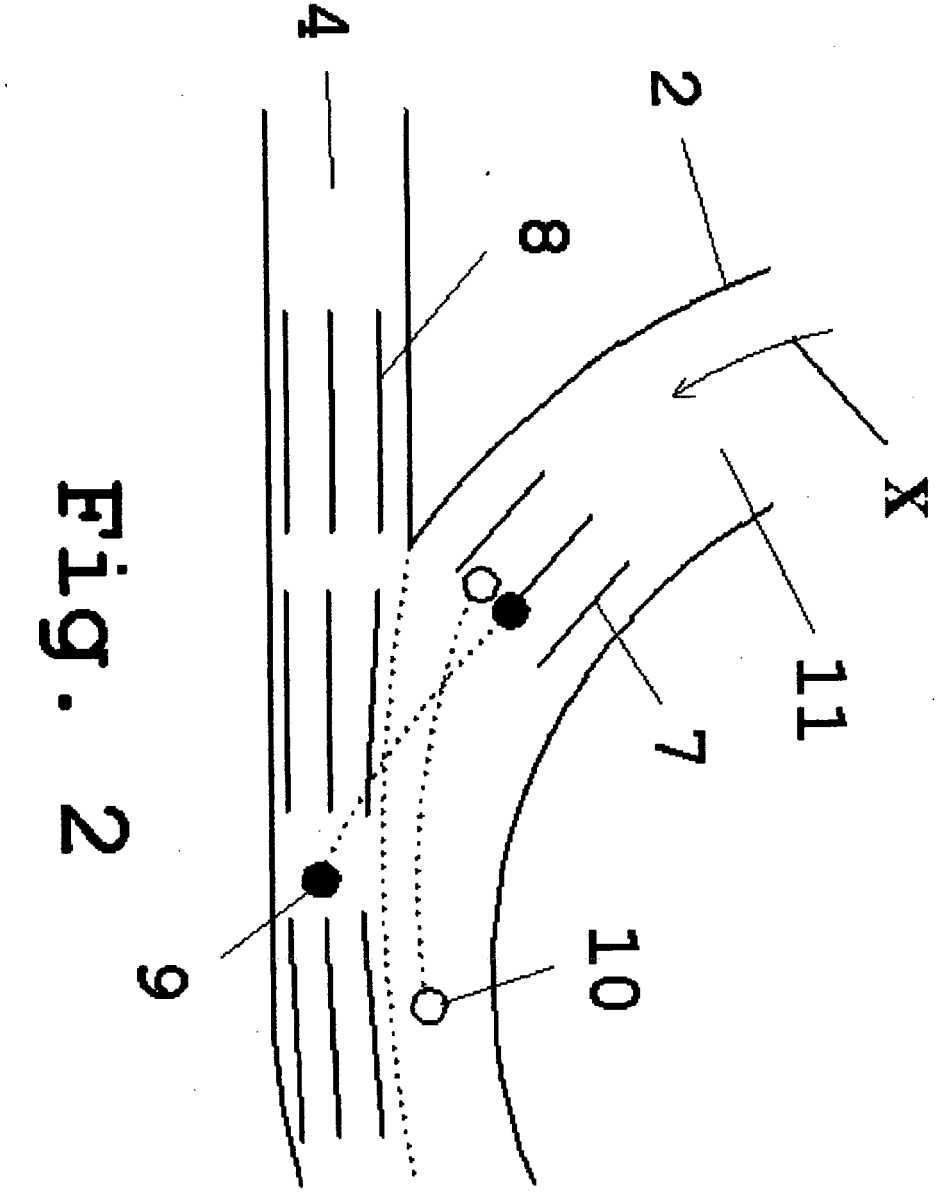

Fig. 2

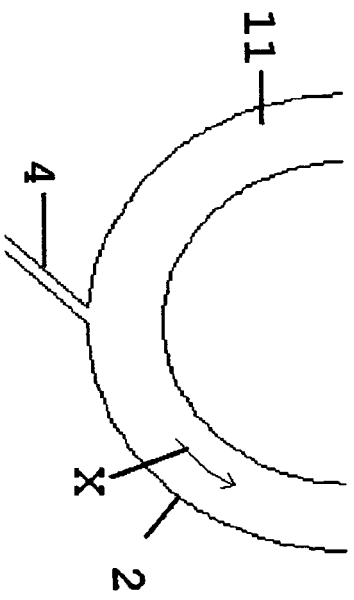

Fig. 5

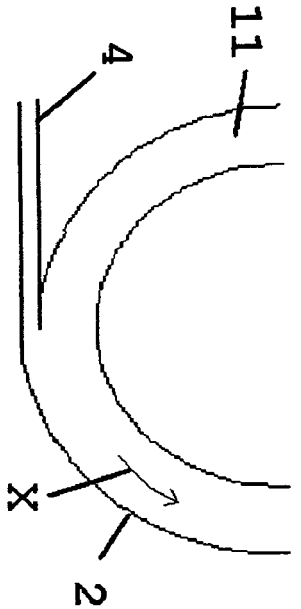

Fig. 3

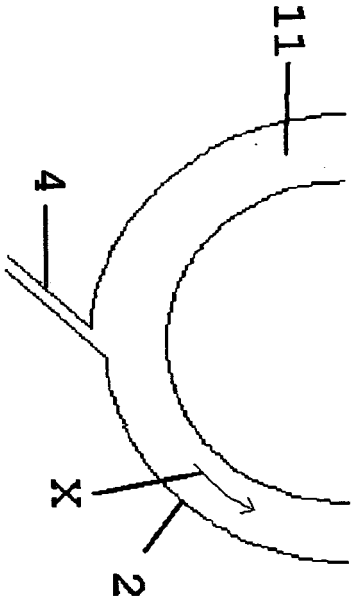

Fig. 6

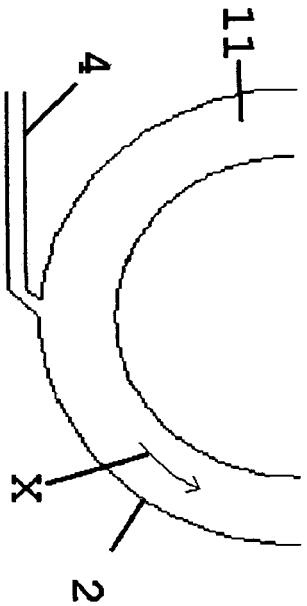

Fig. 4

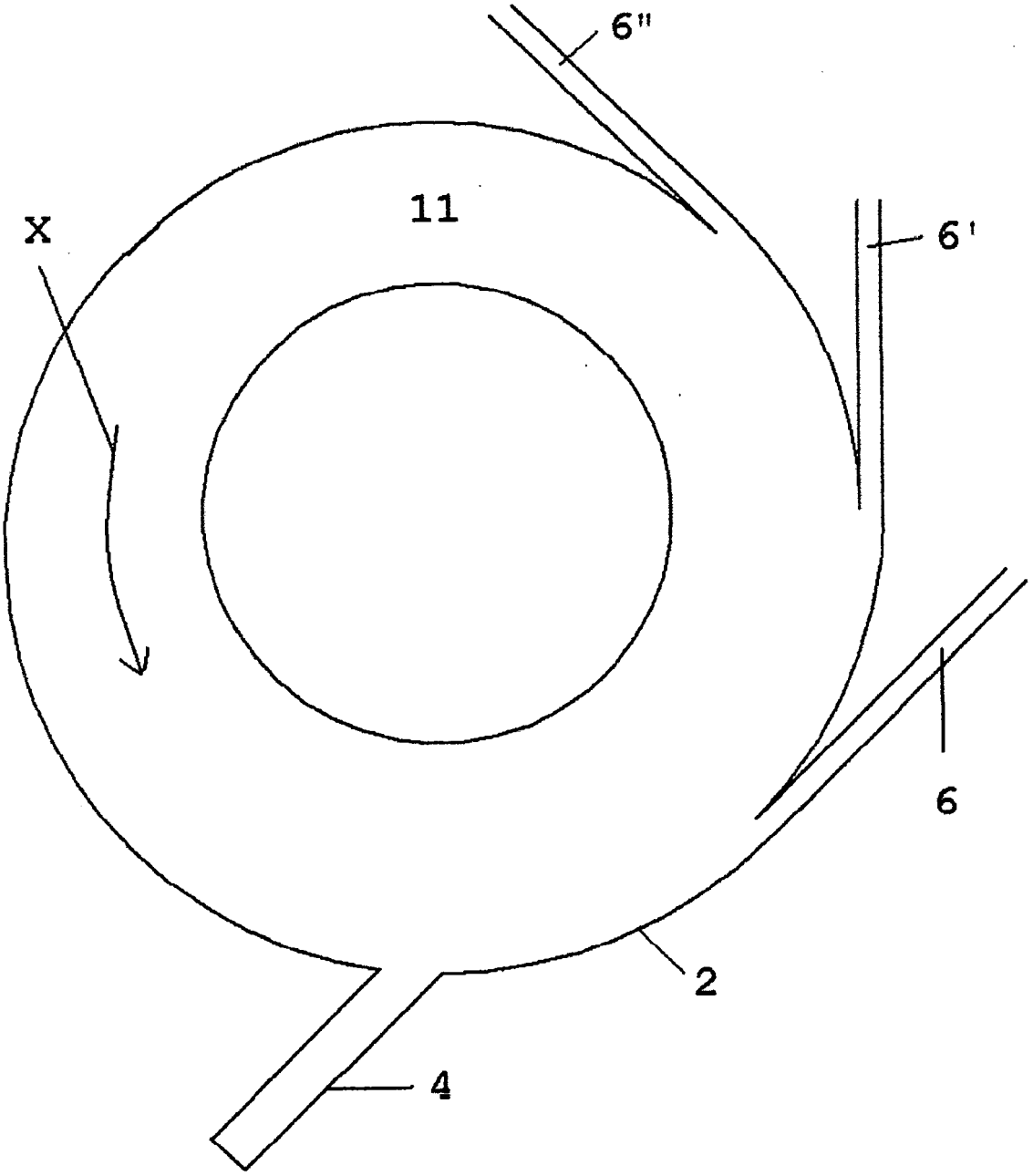

Fig. 7

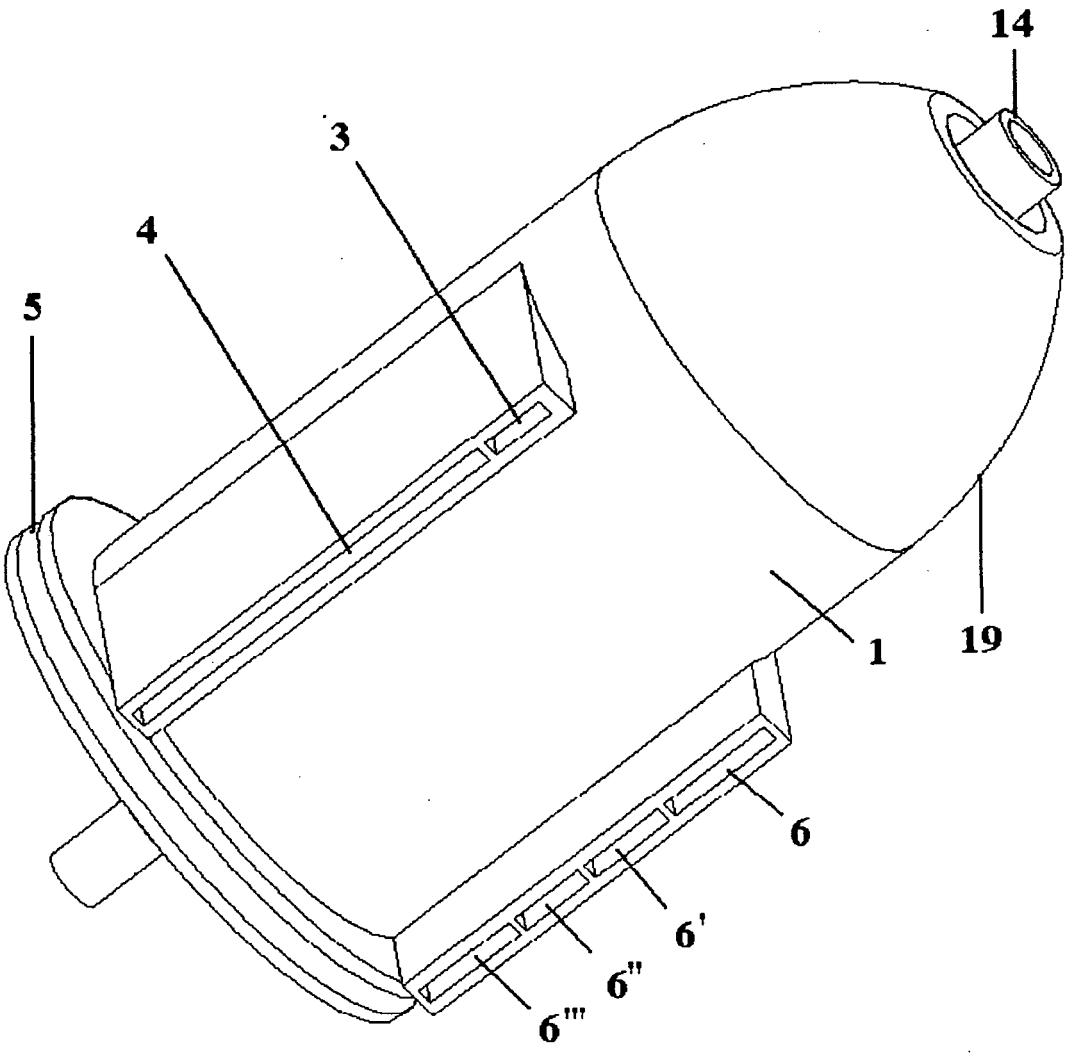

Fig. 8

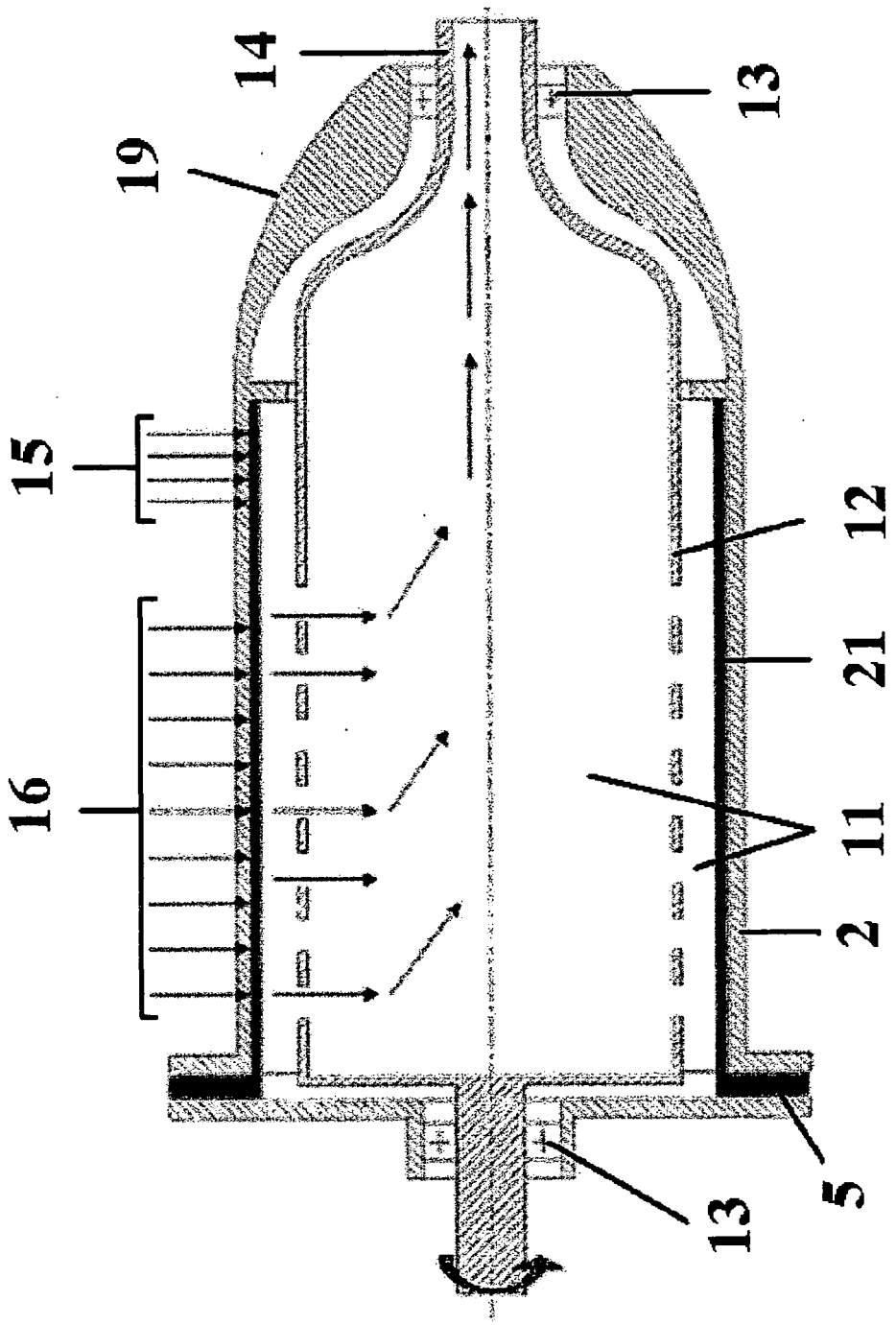

Fig. 9

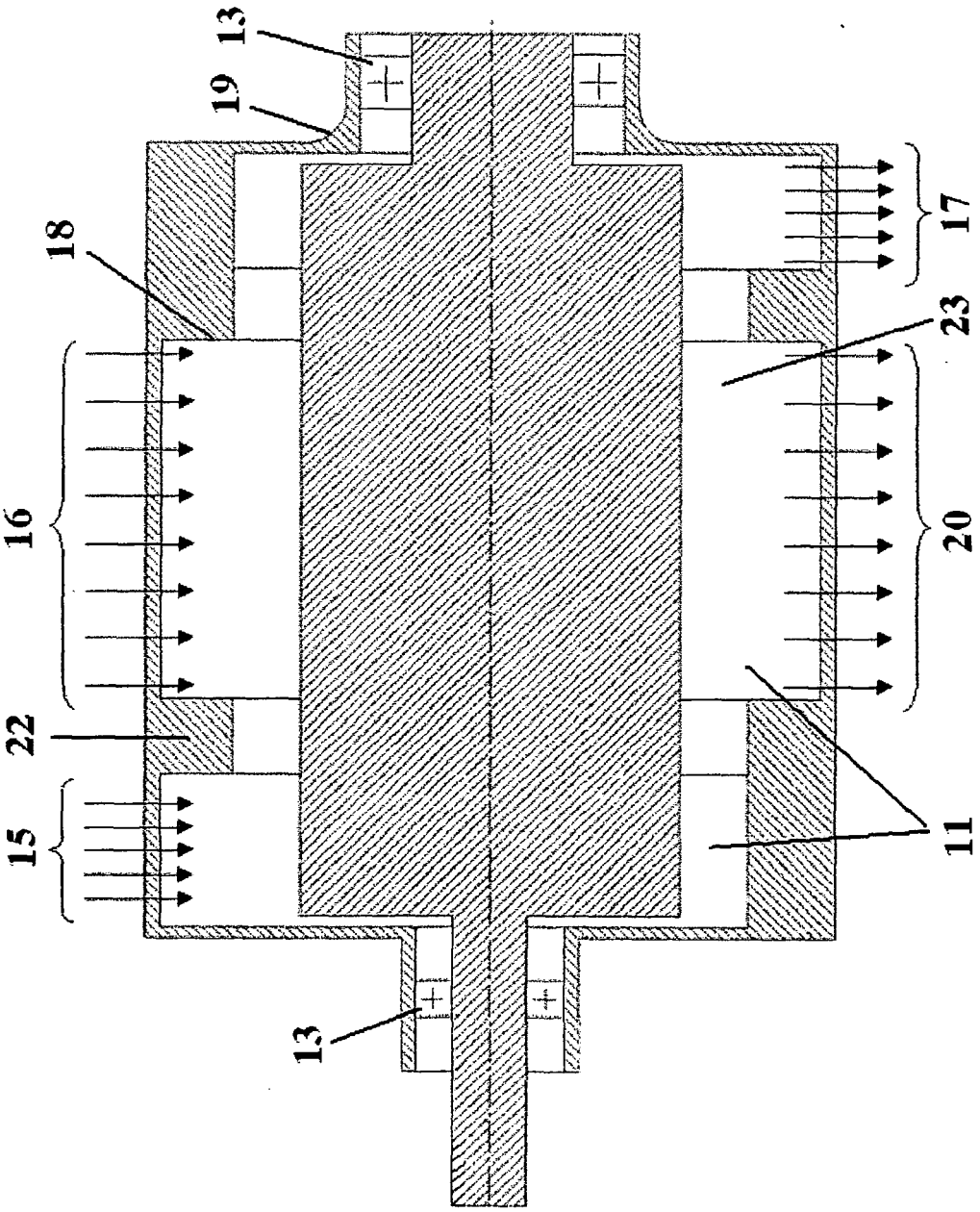

Fig. 10

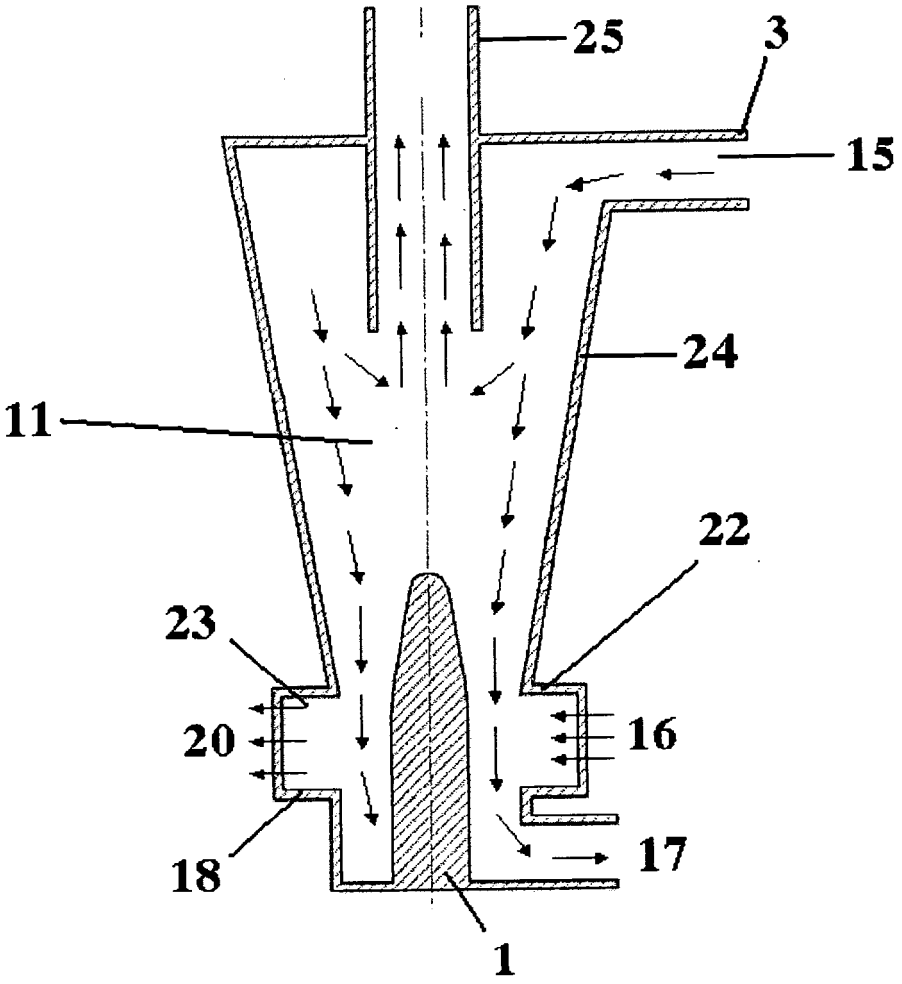

Figure 11

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 05 02 0997

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X Y	US 4 574 046 A (SPROW ET AL) 4 mars 1986 (1986-03-04) * colonne 6, ligne 15 - colonne 11, ligne 35; figures 1,4 * -----	1,2,6, 10-13,17 15	INV. B03B5/22 B03B5/32
Y	US 4 071 440 A (JEDO ET AL) 31 janvier 1978 (1978-01-31) * colonne 3, ligne 30 - ligne 43; figures 1,2,7 * -----	15	
A	US 4 279 741 A (CAMPBELL ET AL) 21 juillet 1981 (1981-07-21) * colonne 4, ligne 8 - colonne 7, ligne 16; figure 1 * -----	1,12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B03B B04C B04B

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	1 juin 2006	Leitner, J

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 05 02 0997

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

01-06-2006

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4574046 A	04-03-1986	AUCUN	
US 4071440 A	31-01-1978	AR 209669 A1	13-05-1977
		BR 7604967 A	09-08-1977
		CA 1069859 A1	15-01-1980
		DE 2630639 A1	03-02-1977
		FR 2319424 A1	25-02-1977
		GB 1546714 A	31-05-1979
		IN 145358 A1	30-09-1978
		PL 113266 B1	29-11-1980
		SU 797554 A3	15-01-1981
US 4279741 A	21-07-1981	AU 544495 B2	30-05-1985
		CA 1159422 A1	27-12-1983
		EP 0028247 A1	13-05-1981
		GB 2063107 A	03-06-1981
		NZ 193608 A	24-08-1984
		WO 8002389 A1	13-11-1980
		ZA 8002619 A	27-05-1981

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- WO 9000090 A **[0006] [0006] [0006]**