Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2043947 C 2001/12/18

(11)(21) 2 043 947

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(22) Date de dépôt/Filing Date: 1991/06/05

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1991/12/06

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2001/12/18

(30) Priorité/Priority: 1990/06/05 (90/06.937) FR

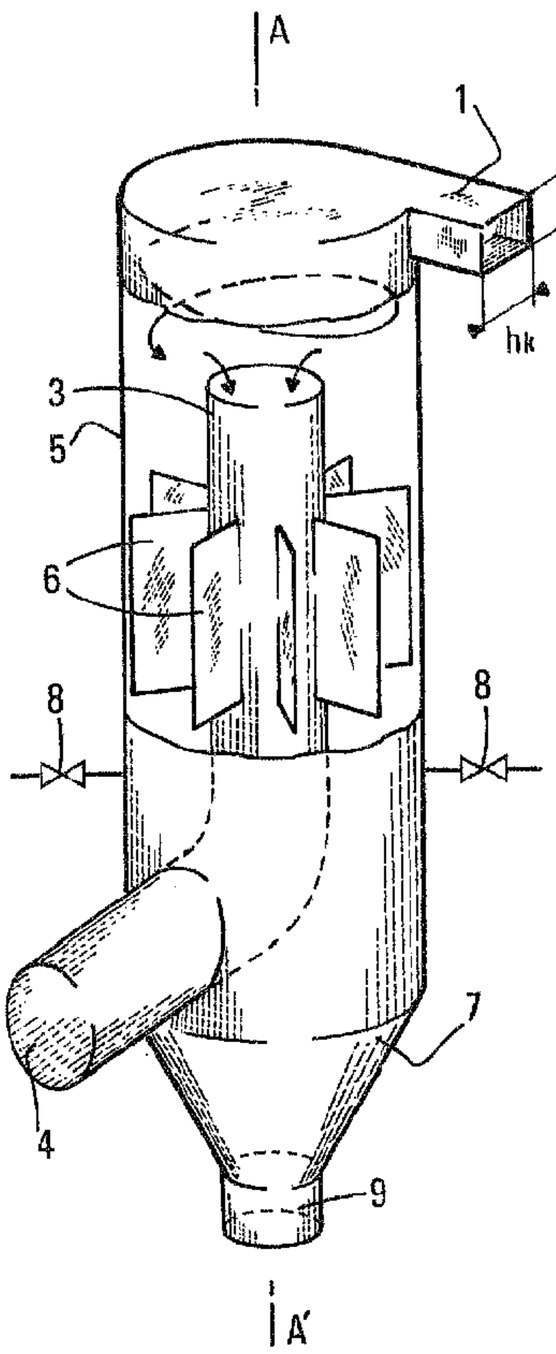
(51) Cl.Int.^{5}/Int.Cl.^{5} B04C 5/00, B04C 5/04, B04C 7/00

(72) Inventeurs/Inventors:
Briens, Cédric, CA;
Bergougnou, Maurice, CA;
Gauthier, Thierry, FR;
Galtier, Pierre, FR

(73) Propriétaire/Owner:
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : SEPARATEUR CYCLONIQUE A CO-COURANT ET SES APPLICATIONS
(54) Title: DUAL-FLOW CYCLON SEPARATOR AND ITS USES



(57) Abrégé/Abstract:
Mélangeur-séparateur cyclonique à co-courant permettant de séparer une phase légère L1, contenue dans un mélange M1 comprenant également une phase dense D1, de la phase dense D1 et de mélanger cette phase L1 à une phase dense D2 ou à un mélange M2 contenant cette phase D2 et une phase légère L2. Le mélange M1 est introduit et on récupère la phase D1. La phase dense D2 ou le mélange M2 est introduit et pénètre dans une deuxième enceinte intérieure dans laquelle pénètre également au moins une partie de la phase L1. Un mélange comprenant les phases L1, D2, et L2 si elle a été introduite, est

CA 2043947 C 2001/12/18

(11)(21) 2 043 947

(13) C

(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):
obtenu. De préférence l'appareil comporte des pales permettant de limiter la progression du vortex dans la sortie. Cet appareil permet l'échange rapide de chaleur, par exemple la trempe, d'une phase L1 par une phase D2 ou un mélange M2. Il peut aussi être utilisé pour le remplacement rapide d'une phase D1 contenue dans un mélange M1 comprenant également une phase L1 par une phase D2 différente de D1.

PRECIS DE LA DIVULGATION

Mélangeur-séparateur cyclonique à co-courant permettant de séparer une phase légère L1, contenue dans un mélange M1 comprenant également une phase dense D1, de la phase dense D1 et de mélanger cette phase L1 à une phase dense D2 ou à un mélange M2 contenant cette phase D2 et une phase légère L2. Le mélange M1 est introduit et on récupère la phase D1. La phase dense D2 ou le mélange M2 est introduit et pénètre dans une deuxième enceinte intérieure dans laquelle pénètre également au moins une partie de la phase L1. Un mélange comprenant les phases L1, D2, et L2 si elle a été introduite, est obtenu. De préférence l'appareil comporte des pales permettant de limiter la progression du vortex dans la sortie . Cet appareil permet l'échange rapide de chaleur, par exemple la trempe, d'une phase L1 par une phase D2 ou un mélange M2. Il peut aussi être utilisé pour le remplacement rapide d'une phase D1 contenue dans un mélange M1 comprenant également une phase L1 par une phase D2 différente de D1.

La présente invention concerne un séparateur cyclonique à co-courant. Cet équipement de génie chimique est un appareil permettant la séparation d'une phase dense D1 contenue dans un mélange M1 contenant ladite phase dense D1 et une phase légère L1.

La présente invention concerne également l'utilisation de ce séparateur cyclonique amélioré à la séparation rapide d'une phase dense D1 et d'une phase diluée L1 à partir de leur mélange M1.

On connait selon l'art antérieur plusieurs types de cyclone dont les performances sont habituellement évaluées à partir de l'efficacité de la collecte de la phase dense D1 et de la perte de charge de la phase légère L1 dans le séparateur cyclonique (dénommé ci-après l'appareil). Dans la plus grande majorité des cas les appareils de ce type sont conçus en cherchant à obtenir la plus grande efficacité possible pour la collecte de la phase dense D1 tout en limitant le plus possible la perte de charge de la phase légère L1.

Un premier type de cyclone est le cyclone à rebours dans lequel le mélange M1, contenant les phases D1 et L1, pénètre tangentiellement dans l'enceinte du cyclone, à proximité immédiate de son sommet, ce qui induit, au moins pour la phase légère L1, un vortex et la force centrifuge qui en découle permet de faire migrer la phase dense D1 à la paroi de l'enceinte où elle progresse en spirale (selon un mouvement hélicoïdal) vers le fond du séparateur où elle est habituellement recueillie ou évacuée par un cône collecteur au niveau duquel le vortex de la phase légère se retourne. La phase légère L1 ayant changé de direction sort à contre courant de la phase dense D1 vers l'extrémité du séparateur où est placée l'entrée du mélange M1.

Un deuxième type de cyclone est le cyclone à co-courant dans lequel le mélange M1, contenant les phases D1 et L1, pénètre axialement ou tangentiellement. Dans le cas d'une

entrée axiale, le vortex est habituellement initié à l'aide de pales en forme d'hélice. Dans ce type de cyclone la sortie de la phase légère L1 et la sortie de la phase dense D1 sont situées à proximité de la même extrémité du cyclone qui est l'extrémité opposée à celle par laquelle le mélange M1 est introduit dans l'appareil. On aura donc une sortie dite sortie interne ou intérieure par laquelle on évacue la phase légère L1 et une sortie dite sortie externe ou extérieure par laquelle on évacue la phase dense D1.

Pour certaines applications, comme par exemple dans le cas du procédé dénommé ultra-pyrolyse, décrit par exemple par Graham et al, World Fluidisation Conference, Mai 1986, Elsinore Danemark, qui est un procédé de craquage à haute température, à l'état fluidisé et avec des temps de séjour du gaz dans le réacteur inférieur à la seconde, il est nécessaire d'utiliser un séparateur très rapide. Dans ce procédé la réaction chimique de craquage thermique est initiée par des solides caloporteurs et a lieu dans un réacteur à écoulement piston. Le temps de la réaction est très court, habituellement d'environ 100 à environ 900 millisecondes (ms), et il est important, pour avoir une bonne efficacité thermique dans le procédé, de séparer très rapidement les solides et les gaz avant d'effectuer une trempe rapide des produits gazeux. Le temps de séjour dans le séparateur doit être aussi court que possible et de plus la distribution des temps de séjour doit être la plus étroite possible afin de limiter au maximum les réactions de craquage secondaires conduisant à la dégradation de produits valorisables.

Du fait de son principe même, basé sur le retournement de la phase gazeuse, il n'est guère possible de modifier la géométrie d'un cyclone à rebours afin de limiter le temps de séjour de la phase légère L1 dans l'appareil. La longueur (Lc) de l'appareil est en effet imposée par la longueur naturelle du vortex (Lv) comme cela est par exemple décrit par R. M. Alexander dans Fundamentals of cyclone design and operation, Proc. Aus. I.M.M., 1949, pages 203-228, ou

par S. Bryant et al, Hydrocarbon processing, 1983, pages 87-90. Cette longueur (Lv) est habituellement de l'ordre de 3 à 4 fois le diamètre (Dc) de l'appareil. Si on réduit la longueur de l'appareil alors le vortex va s'appuyer sur le cône de sortie de la phase dense D1 provoquant le réentraînement de la phase légère par la phase dense circulant en spirale vers sa sortie. Si on augmente la vitesse d'entrée du mélange M1 on augmente simultanément l'érosion au niveau de l'entrée tangentielle ce qui n'est pas souhaitable industriellement.

Dans un cyclone à co-courant les phases denses et légères circulent dans la même direction. La phase dense est évacuée à travers un conduit externe et la phase légère à travers un conduit interne dont l'entrée dite entrée interne est située à une distance (Ls) qui peut être très inférieure à la longueur (Lc) du cylone à rebours. Cette entrée interne peut être très proche de l'entrée du mélange M1, mais plus elle sera proche plus la phase légère aura tendance à circuler dans la sortie externe, autour du conduit interne, avant de ressortir sous l'influence du mouvement hélicoïdal des phases composant le mélange. Par ailleurs, plus l'entrée interne est proche de l'entrée du mélange M1, plus la collecte de la phase dense D1 sera soumise à l'influence des turbulences existantes au niveau de l'entrée de ce mélange. Par exemple, dans le cas d'une entrée tangentielle classique à toit plat, l'écoulement des phases dans l'entrée est altéré par des interférences et des turbulences qui projettent une partie de la phase dense dans la partie centrale de l'appareil, ce qui provoque une diminution d'autant plus sensible, de l'efficacité de la collecte de la phase dense D1, que l'entrée interne de la phase légère L1 est proche de l'entrée tangentielle du mélange M1.

Dans ce type de cyclone à co-courant on peut, contrairement au cas des cyclones à rebours, en plaçant l'entrée interne de la phase légère assez près de l'entrée (à une distance inférieure à la longueur (Lc) du cyclone à rebours) du mélange M1, et en contrôlant la circulation de la phase légère dans l'entrée interne et l'écoulement dans l'entrée du mélange M1, obtenir une

séparation rapide des phases tout en conservant une bonne efficacité de la collecte de la phase dense D1 et en ayant une distribution de temps de séjour de la phase légère acceptable.

La présente invention concerne un séparateur cyclonique à co-courant permettant d'effectuer très rapidement la séparation d'une phase dense D1 et d'une phase légère L1 à partir de leur mélange M1, avec une très bonne efficacité de collecte de la phase dense D1 et une distribution des temps de séjour de la phase légère L1 dans l'appareil plus étroite que dans les cyclones de l'art antérieur. Le volume utile à la séparation pourra être, dans l'appareil de l'invention, plus faible que dans les cyclones de l'art antérieur, et par conséquent la séparation à débit de phase légère constant pourra être plus rapide.

De façon plus précise la présente invention concerne un séparateur cyclonique à co-courant comportant en combinaison :

- au moins une enceinte extérieure, de forme allongée le long d'un axe, de section sensiblement circulaire de diamètre (Dc), comprenant à une première extrémité des moyens d'introdution permettant d'introduire, par une entrée dite entrée externe, un mélange M1 contenant au moins une phase dense D1 et une phase légère L1, lesdits moyens étant adaptés à conférer au moins à la phase légère L1 un mouvement hélicoïdal dans la direction de l'écoulement dudit mélange M1 dans ladite enceinte extérieure, comprenant également des moyens de séparation des phases D1 et L1 et à l'extrémité opposée à ladite première extrémité des moyens de récupération permettant de récupérer, par une sortie comportant un conduit latéral ou axial, dite sortie externe, au moins une partie de la phase dense D1, et ayant entre lesdites extrémités opposées une longueur L,

- au moins une enceinte intérieure de forme allongée le long d'un axe, de section sensiblement circulaire, disposée coaxialement par rapport à ladite enceinte extérieure, comprenant à une distance Ls, inférieure à L, du niveau extrême de l'entrée externe, une entrée dite entrée interne, de diamètre (Di) inférieur à (Dc), dans laquelle pénètre au moins une partie de la phase légère L1 et à son extrémité opposée des moyens de récupération permettant de récupérer, par un conduit dit conduit interne, respectivement axial si le conduit de la sortie externe est latéral, ou latéral si le conduit de la sortie externe est axial, ladite partie de la phase légère L1,

caractérisé en ce qu'il comporte en aval, dans le sens de circulation de la phase dense D1, du niveau de l'entrée interne de l'enceinte intérieure, des moyens limitant la progression de la phase légère L1 à l'extérieur de ladite enceinte intérieure, lesdits moyens étant des pales sensiblement planes dont le plan passe par un axe sensiblement vertical.

L'invention sera mieux comprise par la description de quelques modes de réalisation, donnés à titre purement illustratif mais nullement limitatif, qui en sera faite ci-après à l'aide des figures 1A, 1B, 2, 3, 4 et 5 annexées, sur lesquelles les organes similaires sont désignés par les mêmes chiffres et lettres de référence.

La figure 1A est une vue en perspective d'un appareil selon l'invention.

La figure 1B est une vue en perspective d'un appareil selon l'invention qui ne diffère de celui représenté sur la figure 1A que par les moyens de récupération de la phase dense D1 et de la phase légère L1. Ces moyens permettent dans le cas de l'appareil schématisé sur la figure 1B une récupération par un conduit latéral de la phase dense D1 et une récupération par un conduit axial de la phase légère L1 et dans celui schématisé sur la figure 1A une récupération

par un conduit axial de la phase dense D1 et une récupération par un conduit latéral de la phase légère L1.

La figure 2 est une vue en coupe d'un appareil selon l'invention pratiquement identique à celui représenté sur la figure 1B mais comportant des moyens (6), limitant la progression de la phase légère L1 à l'extérieur de l'enceinte intérieure, dont la dimension dans la direction perpendiculaire à l'axe de l'enceinte extérieure est inférieure à la dimension de la sortie externe (5).

Les appareils selon l'invention, schématisés sur les figures 1B et 2, de formes allongées, sensiblement régulières, comportent une enceinte extérieure, ayant un axe (AA') qui est un axe de symétrie, sensiblement verticale, de diamètre (Dc) et de longueur (L) entre le niveau extrême de l'entrée tangentielle (1), dite entrée externe, et les moyens (7) de sortie de la phase dense D1. Le mélange M1 contenant au moins une phase dense D1 et au moins une phase légère L1 est introduit par l'entrée tangentielle (1) suivant une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de l'enceinte extérieure. Cette entrée tangentielle a de préférence une section rectangulaire ou carrée dont le côté parallèle à l'axe de l'enceinte extérieure a une dimension (Lk) habituellement d'environ 0,25 à environ 1 fois le diamètre (Dc), et le côté perpendiculaire à l'axe de l'enceinte extérieure a une dimension (hk) habituellement d'environ 0,05 à environ 0,5 fois le diamètre (Dc).

Ces appareils comportent une enceinte intérieure de forme allongée le long d'un axe, de section sensiblement verticale et circulaire, disposée coaxialement par rapport à ladite enceinte extérieure, comprenant à une distance (Ls), inférieure à (L), du niveau extrême de l'entrée externe (1), une entrée (3) dite entrée interne, de diamètre (Di) inférieur à (Dc). Le diamètre de cette entrée interne (3) est habituellement d'environ 0,2 à environ 0,9 fois le diamètre (Dc), le

plus souvent d'environ 0,4 à environ 0,8 fois le diamètre (Dc) et de préférence d'environ 0,4 à environ 0,6 fois le diamètre (Dc). Cette distance (Ls) est habituellement d'environ 0,2 à environ 9,5 fois le diamètre (Dc) et le plus souvent d'environ 0,5 à environ 2 fois le diamètre (Dc). Une distance relativement courte comprise entre 0,5 et 2 fois le diamètre (Dc) permet habituellement une séparation très rapide tout en conservant une bonne efficacité de séparation.

Les appareils comportent également en aval, dans le sens de circulation de la phase dense D1, du niveau de l'entrée interne (3), des moyens (6) limitant la progression de la phase légère L1 dans l'espace situé entre la paroi interne de l'enceinte extérieure et la paroi externe de l'enceinte intérieure ou sortie externe (5). Ces moyens (6) sont habituellement positionnés à l'intérieur de l'enceinte extérieure et l'extérieur de l'enceinte intérieure (entre la paroi externe de l'enceinte intérieure et la paroi interne de l'enceinte extérieure), entre le niveau de l'entrée interne (3) et les moyens (7) de récupérations de la phase dense D1. Ces moyens (6) sont de préférence des pales sensiblement planes dont le plan passe par un axe sensiblement vertical et sont habituellement fixées sur au moins une paroi de l'une des enceintes intérieure ou extérieure. Ces moyens sont de préférence fixés à la paroi de l'enceinte intérieure de sorte que la distance (Lp) entre l'entrée interne et le point desdites pales le plus proche de cette entrée interne soit d'environ 0 à environ 5 fois le diamètre (Dc) et de préférence d'environ 0,1 à environ 1 fois ce diamètre (Dc).

Le nombre de pales est variable suivant la distribution du temps de séjour que l'on accepte pour la phase L1 et également en fonction du diamètre (Dc) de l'enceinte extérieure. Le nombre de pale est habituellement d'au moins 2 et par exemple de 2 à 50 et le plus souvent de 3 à 50. Les pales permettent une limitation de la continuation du vortex sur toute la section du cyclone, dans la sortie externe (5), autour du conduit formant l'enceinte intérieure et reliant

l'entrée interne (3) à la sortie interne (4) de la phase légère, et donc une diminution et un contrôle de la distribution des temps de séjour de cette phase dans l'appareil.

Ainsi dans le cas de l'utilisation d'un appareil selon l'invention dans la mise en oeuvre de réactions ultra-rapides, par exemple dans le cas de l'ultra-pyrolyse, on limite le temps de séjour de la phase légère L1 et la distribution de ces temps de séjour et en conséquence on limite ainsi la dégradation des produits contenus dans la phase légère circulant autour de l'entrée interne.

Chacune de ces pales a habituellement une dimension ou largeur (ep) mesurée dans la direction perpendiculaire à l'axe de l'enceinte intérieure (c'est-à-dire horizontalement, à partir de son arête la plus proche de l'axe de l'enceinte extérieure) et définie par rapport au diamètre intérieur (Dc) de l'enceinte extérieure et au diamètre extérieur (D'e) de l'enceinte intérieure d'environ 0,01 à 1 fois la valeur [((Dc)-(D'e))/2] de la demi différence de ces diamètres (Dc) et (D'e), de préférence d'environ 0,5 à environ 1 fois cette valeur et le plus souvent d'environ 0,9 à environ 1 fois cette valeur.

Dans le cas d'un appareil vertical, selon l'invention, tel que par exemple celui schématisé sur la figure 1A ayant une sortie interne (4) latérale, et lorsque les pales sont positionnées après cette sortie interne, cette dimension (ep) peut être d'environ 0,01 à environ 1 fois la valeur (Dc)/2 du demi diamètre de l'enceinte extérieure.

Ces pales ont chacune sur leur arête, la plus proche de l'axe de l'enceinte intérieure, dans la direction parallèle à l'axe sensiblement vertical par lequel passe le plan de la pale, une dimension ou hauteur interne (hpi) et une dimension ou hauteur externe (hpe) mesurée dans la direction parallèle à l'axe sensiblement vertical par lequel passe le plan de la pale, sur l'arête

de ladite pale la plus proche de la paroi interne de l'enceinte extérieure. Ces dimensions (hpi) et (hpe) sont habituellement supérieures à 0,1 fois le diamètre (Dc) et par exemple d'environ 0,1 fois à environ 10 fois le diamètre (Dc) et le plus souvent d'environ 1 à environ 4 fois ce diamètre (Dc). De préférence ces pales ont chacune une dimension (hpi) supérieure ou égale à leur dimension (hpe).

Selon la réalisation schématisée sur les figures 1B et 2 l'appareil comporte, en aval, dans le sens de l'écoulement des diverses phases, de l'entrée interne (3), au moins un moyen (8) permettant l'introduction éventuelle d'une phase légère L2 en au moins un point situé entre l'entrée interne (3) de l'enceinte intérieure et l'extrémité du conduit (9) de récupération de la phase dense D1 ; ce ou ces points sont de préférence à une distance (Lz) de l'entrée (3) de l'enceinte intérieure. Ladite distance (Lz) a de préférence une valeur au moins égale à la somme des valeurs de (Lp) et (hpi) et au plus égale à la distance entre l'entrée (3) de l'enceinte intérieure et les moyens de sortie (7) de la phase dense D1. Cette phase légère L2 peut être introduite par exemple dans le cas où il est souhaitable d'effectuer un strippage de la phase dense D1.

Cette phase légère L2, est de préférence introduite en plusieurs points qui sont habituellement répartis symétriquement, dans un plan au niveau duquel l'introduction est effectuée, autour de l'enceinte extérieure.

Le point d'introduction de cette phase légère L2 est habituellement situé à une distance au moins égale à 0,1 fois le diamètre (Dc) du point desdits moyens (6) le plus proche des moyens (7) de sortie de la phase dense D1. Le point d'introduction de cette phase légère L2 est de préférence situé à proximité du conduit (9) de récupération de la phase dense D1 et le plus souvent à proximité des moyens de sortie (7) de la phase dense D1.

La dimension (p') entre le niveau de l'entrée interne (3) et les moyens (7) de sortie de la phase dense D1 est déterminée à partir des autres dimensions des divers moyens formant l'appareil et de la longueur (L) de l'enceinte extérieure mesurée entre le niveau extrême de l'entrée tangentielle (1) et les moyens (7) de sortie de la phase dense D1. Cette dimension (L) est habituellement d'environ 1 à environ 35 fois le diamètre (Dc) de l'enceinte extérieure et le plus souvent d'environ 1 à 25 fois ce diamètre (Dc). On peut de même calculer la dimension (P), entre le point des moyens (6) le plus proche des moyens (7) de sortie de la phase dense D1 et lesdits moyens (7), à partir des autres dimensions des divers moyens formant l'appareil et de la longueur (L).

Les moyens (6) limitent la progression du vortex de la phase légère L1 dans la sortie externe (5). La position de ces moyens (6) et leur nombre influent donc sur les performances de la séparation des phases D1 et L1 contenues dans le mélange M1 (perte de charge et efficacité de la collecte des phases) et également sur la pénétration du vortex de la phase légère L1 dans la sortie (5). Ces paramètres seront donc choisis avec soin par l'homme du métier en particulier en fonction des résultats souhaités et de la perte de charge tolérée. En particulier lorsque D1 est un solide le nombre de pales, leur forme et leur position seront choisis avec soins en tenant compte de leur influence sur l'écoulement du solide en liaison avec la limitation recherchée de la progression du vortex dans la sortie externe (5).

La figure 3 est une vue en coupe d'un appareil selon l'invention comportant une enceinte extérieure, de diamètre (Dc) ayant une entrée (1) dite entrée externe axiale, dans laquelle on introduit suivant une direction sensiblement parallèle à l'axe (AA') de l'enceinte extérieure le mélange M1 contenant une phase dense D1 et une phase légère L1. Cet appareil comporte en outre des moyens (2) placés à l'intérieur de l'entrée (1) permettant de conférer en aval, dans le

sens de circulation dudit mélange M1, un mouvement hélicoïdal ou tourbillonnant au moins à la phase L1 dudit mélange M1. Ces moyens sont habituellement des pales inclinées. La longueur L de l'appareil est comptée entre ces moyens permettant de créer un vortex, au moins sur la phase L1, et les moyens (7) de sortie de la phase dense D1. Toutes les autres caractéristiques sont identiques à celles décrites en liaison avec les appareils représentés sur les figures 1B et 2, en particulier les diverses dimensions sont celles mentionnées dans la description de ces appareils. Les variantes décritent en liaison avec les appareils représentés sur les figures 1B et 2 sont également possibles dans le cas de l'appareil selon la présente invention schématisé sur la figure 3. On peut en particulier envisager une sortie interne (4) latérale et un conduit (9) de récupération de la phase dense D1 axial comme dans le cas de la réalisation schématisée sur la figure 1A.

La figure 4 est une vue en coupe d'un appareil selon l'invention de forme allongée, sensiblement régulière, comportant une enceinte extérieure, ayant un axe (AA') qui est un axe de symétrie, sensiblement horizontal de diamètre (Dc) et de longueur (L) entre le niveau extrême de l'entrée tangentielle (1), dite entrée externe, et les moyens (7) de sortie de la phase dense D1. Le mélange M1 contenant au moins une phase dense D1 et au moins une phase légère L1 est introduit par l'entrée tangentielle (1) suivant une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de l'enceinte extérieure.

Cet appareil comporte également en aval, dans le sens de circulation de la phase dense D1, du niveau de l'entrée interne (3), des moyens (6) limitant la progression de la phase légère L1, à l'extérieur de l'enceinte intérieure, dans l'espace situé entre la paroi interne de l'enceinte extérieure et la paroi externe de l'enceinte intérieure ou sortie externe (5). Ces moyens (6) sont habituellement positionnés, en aval, dans le sens de circulation de la phase dense D1, des

moyens de récupération (7) de la phase dense D1, dans le conduit (9), de récupération de la phase dense D1, de diamètre (Ds).

Ces moyens (6) sont habituellement des pales sensiblement planes dont le plan passe par un axe sensiblement vertical. La dimension (ep) de chacune de ces pales est habituellement d'environ 0,01 à environ 1 fois le diamètre (Ds) du conduit (9). Les pales sont habituellement positionnées de manière à ce que l'arête intérieure, c'est-à-dire l'arête de la pale la plus proche de l'axe du conduit (9), de chacune d'elles soit confondue avec l'axe dudit conduit (9). Ces pales sont positionnées à une distance (Lp) par rapport aux moyens (7) d'environ 0 à environ 5x(Dc).

Les moyens (8) permettant d'introduire éventuellement une phase légère L2 sont habituellement positionnés en aval, dans le sens de circulation de la phase dense D1, du niveau de l'entrée interne (3), et de préférence entre les moyens (7) de récupération de la phase dense D1 et l'extrémité du conduit (9) de récupération de la phase dense D1. Dans le cas de l'appareil schématisé sur la figure 4 l'introduction d'une phase légère L2 est prévue à 2 niveaux différents par un premier moyen (8) au niveau des moyens (7) et par un deuxième moyen (8) en dessous des moyens (6). Les moyens (8) sont positionnés à une distance (Lz), des moyens de récupération de la phase dense D1, mesurée à partir desdits moyens (7).

Cet appareil schématisé sur la figure 4 comporte un conduit (9), de récupération de la phase dense D1, de diamètre (Ds) habituellement égal à environ 0,1 à environ 1 fois le diamètre (Dc) et le plus souvent d'environ 0,2 à environ 0,7 fois ce diamètre.

Toutes les autres caractéristiques de ce séparateur cyclonique horizontal sont identiques à celles décrites en liaison avec les appareils représentés sur les figures 1B et 2, en particulier les diverses dimensions sont celles mentionnées dans la description de ces appareils.

Bien que cela ne soit pas représenté sur les figures 1A, 1B, 2, 3 et 4 il est possible, et habituellement souhaitable, dans le cas de débits importants des diverses phases au niveau des entrées de l'appareil, d'utiliser des moyens permettant de favoriser la formation du vortex. De tel moyens (10) sont par exemple représentés sur la figure 5 qui représente selon une réalisation préférée de l'invention la partie voisine de l'entrée tangentielle (1) du mélange M1. Selon cette réalisation l'appareil comporte un toit, par exemple hélicoïdal, descendant à partir du niveau extrême de l'entrée tangentielle (1). Ces moyens (10) peuvent également consister en une volute interne ou externe. Ces moyens permettent en outre de limiter les interférences entre le flux du mélange M1 et les flux des phases déjà présentes dans le séparateur et de limiter également la turbulence au niveau de l'entrée tangentielle (1). Habituellement, en particulier dans le cas d'un toit hélicoïdal descendant, le pas de l'hélice est d'environ 0,01 à environ 3 fois la valeur de (Lk) et le plus souvent d'environ 0,5 à environ 1,5 fois cette valeur.

Dans cette forme préférée, de réalisation de l'invention, l'appareil comporte également entre l'entrée externe et l'entrée interne des moyens de stabilisations de l'écoulement hélicoïdal d'au moins la phase légère L1 et de limitation du volume utile à la séparation. Ces moyens sont de préférence centrés sur l'axe de l'enceinte intérieure.

Ces moyens peuvent être un cône dont la pointe est dirigée vers l'entrée interne et dont la base est située au niveau extrême de l'entrée tangentielle (1). Ils peuvent aussi être formés, comme cela est schématisé sur la figure 5, par un cylindre (11) prolongé par un cône (12). Le

diamètre de la base du cône est identique à celui du cylindre et est strictement inférieur au diamètre (Dc). Ce diamètre est habituellement d'environ 0,01 à environ 1,5 fois le diamètre (Di) de l'entrée interne (3) et de préférence d'environ 0,75 à environ 1,25 fois le diamètre (Di). L'encombrement axial ou dimension entre le niveau extrême de ces moyens le plus proche de l'entrée tangentielle et l'extrémité opposée desdits moyens est habituellement d'environ 0,01 à environ 3 fois la valeur (Ls) de la distance entre le niveau extrême de l'entrée tangentielle (1) et le niveau de l'entrée interne (3) et de préférence d'environ 0,75 à environ 1,25 fois cette valeur (Ls).

Les moyens de sortie (7) de la phase dense D1 permettent habituellement de collecter et de canaliser cette phase dense D1 jusqu'à la sortie externe (9). Ces moyens sont le plus souvent un fond incliné ou un cône axé ou non sur la sortie interne (4).

Les appareils selon la présente invention permettent ainsi la séparation rapide, à partir d'un mélange M1, comprenant une phase dense et une phase légère, de ladite phase dense et de ladite phase légère. Ils peuvent être avantageusement utilisés dans le cas où le mélange à séparer est un mélange obtenu à l'issue d'une réaction chimique et comprenant au moins une phase qui contribue à cette réaction.

Dans la présente description les phases sont, pour ce qui est des phases légères des phases liquides, gazeuses ou des phases contenant à la fois du liquide et du gaz, et pour ce qui est de la phase dense une phase solide (sous forme de particules), liquide ou une phase contenant à la fois du solide et du liquide. Deux cas sont fréquemment rencontrés : le premier dans lequel la phase dense est une phase solide et les phases légères des gaz et le second dans lequel il y a une phase liquide qui peut être la phase dense ou la phase légère.

Le diamètre (Dc) de l'appareil mesuré au niveau de l'entrée tangentielle (1) du côté de son extrémité la plus proche de l'entrée interne (3) est habituellement d'environ 0,01 à environ 10 m (mètres) et le plus souvent d'environ 0,05 à environ 2 m. Il est habituellement préférable de garder un diamètre constant sur toute la longueur de l'appareil comprise entre l'extrémité de l'entrée tangentielle la plus proche de l'entrée interne (3) et ladite entrée interne (3) ou même depuis le niveau de l'injection du mélange M1 jusqu'au niveau des moyens (7) de sortie de la phase dense D1 ; cependant on ne sortirait pas du cadre de l'invention dans le cas d'un appareil comportant des élargissements ou des rétrécissements de section entre lesdits niveaux.

Pour obtenir une bonne séparation d'une phase L1 contenu dans un mélange M1 comprenant également au moins une phase D1 il est préférable d'avoir une vitesse superficielle d'entrée de cette phase L1 élevée et par exemple d'environ 5 à environ 150 mxs^{-1} (mètre par seconde) et de préférence d'environ 10 à environ 75 mxs^{-1}. Le rapport en poids du débit de la phase D1 au débit de la phase L1 est habituellement d'environ 0,0001 : 1 à environ 50 : 1 et le plus souvent d'environ 0,1 : 1 à environ 15 : 1.

Il est possible en augmentant la différence de pression entre l'entrée (3) et les moyens (7), ce qui peut être obtenu par exemple en augmentant la pression en aval, dans le sens de la circulation de la phase dense D1, de l'entrée interne (3) ou en diminuant la pression en aval, dans le sens de la circulation de la phase dense D1, des moyens (7) de sortie de cette phase, de soutirer une partie plus ou moins importante de la phase L1 avec la phase D1 et simultanément d'obtenir au niveau de la sortie (4) un mélange pratiquement complètement exempt de phase D1. On peut ainsi soutirer jusqu'à 90 % de la phase L1 avec D1, mais le plus souvent on soutire environ 1 à environ 10 % de cette phase L1 avec la phase D1. Les variations de pression permettant de jouer sur la quantité de phase L1 soutirée avec la phase D1 sont

assurées par des moyens bien connus de l'homme du métier et par exemple en modifiant le débit de la phase L3, ou en modifiant les conditions d'opérations en aval de la sortie (9). Ainsi dans une forme avantageuse de réalisation de l'invention l'appareil comprendra au moins un moyen permettant le soutirage, par la sortie externe (5), d'au moins une partie de la phase légère L1 en mélange avec la phase dense D1.

Dans les divers appareils selon l'invention et dans les différents modes d'injection du mélange M1 un tel soutirage peut permettre d'améliorer l'efficacité de récupération de la phase dense D1.

Le choix entre un appareil comportant une entrée tangentielle, pour le mélange M1, et un appareil comportant une entrée axiale, pour ce mélange M1, est habituellement guidé par le rapport en poids des débits des phases L1 et D1. Dans le cas où ce rapport est inférieur à 2 : 1 il peut être avantageux de choisir un appareil à entrée axiale.

Dans l'art antérieur on note US-A-4,746,340 qui concerne un purificateur d'air et non la séparation de deux phases (légère et lourde) d'un mélange solide/gaz obtenu notamment après une réaction chimique. On note également US-A-3,955,948 qui se diffère de l'invention par l'emploi de vannes hélicoïdales au lieu de pales planes.

L'exemple qui suit est donné à titre illustratif et montre l'efficacité de la séparation d'une phase légère (gazeuse) L1 contenue dans un mélange M1 contenant également une phase dense (solide) D1 et également l'efficacité des pales sur la pénétration du vortex de la phase gazeuse L1 dans la sortie externe.

Exemple

On réalise deux appareils, d'axes verticaux, conformes à ceux représentés schématiquement sur les figures 1B et 2 comportant une entrée tangentielle à toit descendant sur 3/4 de tour continuellement sur une hauteur égale à la valeur de Lk. Ces appareils ont les caractéristiques géométriques mentionnées dans le tableau I ci-après. Ils comportent un volume mort ayant la forme de celui schématisé sur la figure 5 et composé d'un cylindre prolongé d'un cône dont la pointe est dirigée vers l'entrée interne (3). Le diamètre du cylindre est égal à 0,5 fois le diamètre (Dc) de l'enceinte extérieure, sa hauteur est de 0,5x(Dc) et le cône a une base circulaire de diamètre 0,5x(Dc) et une hauteur de 1x(Dc).

TABLEAU I

	Appareil A	Appareil B
Dimensions en cm	avec pales	sans pales
Dc	5,1	5,1
De	2,5	2,5
Ls	7,6	7,6
Lk	2,5	2,5
Lp	2,5	—
hpe	5,1	—
hpi	5,1	—
hk	1,3	1,3
ep	1,2	—
Np*(nombre)	8	0
p'	25	25

* Np représente le nombre de pales. Les autres symboles sont définis dans la description.

Les flux des phases introduites sont caractérisés à l'aide des notations suivantes :

température d'entrée : T

débit massique : F

débit volumique : Q

masse volumique : R

vitesse superficielle : V

diamètre de sauter des particules : ds

La phase L1 est de l'air ayant les caractéristiques suivantes :

TL1=25°C, FL1=7,4x10^{-3}Kg/s,QL1=6,2x$10^{-3}$$m^3$/s, VL1=V=18m/s.

Il n'y a pas d'injection de phase L2.

La phase D1 est constituée de bille de verre ayant les caractéristiques suivantes :

TD1=25°C, FD1=14x10^{-3}Kg/s,RD1=2500Kg/m^3, dsD1=29x10^{-6}m.

Les performances des appareils, mentionnées dans le tableau II, sont exprimées comme suit :

ED1= efficacité de séparation de D1 dans l'appareil (rapport du débit massique de D1 mesuré dans le conduit (9) de récupération de la phase dense D1 au débit massique de D1 introduit dans l'entrée tangentielle (1)) avec un soutirage de la phase L1 dans le conduit (9) de récupération de la phase dense D1 de 2 % en poids par rapport au poids de L1 introduit dans l'entrée tangentielle (1).

Pvortex = distance entre la fin du vortex de L1 dans la sortie externe (5) et le sommet de l'entrée interne (3). Cette distance est mesurée à l'aide de sondes thermiques permettant de

mettre en évidence la disparition de la composante vitesse tangentielle et donc du vortex dans l'écoulement de la phase L1 dans la sortie externe (5).

TABLEAU II

Performances	Appareil A	Appareil B
ED1	99,9 %	99,9 %
Pvortex	4 cm	18 cm

Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de priopriété ou de privilège est revendiqué, sont définis comme il suit :

1- Séparateur cyclonique à co-courant comportant en combinaison :

- une enceinte extérieure, de forme allongée le long d'un axe, de section sensiblement circulaire de diamètre (Dc), comprenant à une première extrémité des moyens d'introdution permettant d'introduire, par une entrée dite entrée externe, un mélange M1 contenant au moins une phase dense D1 et une phase légère L1, lesdits moyens étant adaptés à conférer au moins à la phase légère L1 un mouvement hélicoïdal dans la direction de l'écoulement dudit mélange M1 dans ladite enceinte extérieure, comprenant également des moyens de séparation des phases D1 et L1 et à l'extrémité opposée à ladite première extrémité des moyens de récupération permettant de récupérer, par une sortie comportant un conduit, latéral ou axial, dite sortie externe, au moins une partie de la phase dense D1, et ayant entre lesdites extrémités opposées une longueur L,

- une enceinte intérieure de forme allongée le long d'un axe, de section sensiblement circulaire, disposée coaxialement par rapport à ladite enceinte extérieure, comprenant à une distance Ls, inférieure à L, du niveau extrême de l'entrée externe, une entrée dite entrée interne, de diamètre (Di) inférieur à (Dc), dans laquelle pénètre au moins une partie de la phase légère L1 et à son extrémité opposée des moyens de récupération permettant de récupérer, par un conduit dit conduit interne, respectivement axial si le conduit de la sortie externe est latéral, ou latéral si le conduit de la sortie externe est axial, ladite partie de la phase légère L1,

caractérisé en ce qu'il comporte en aval, dans le sens de circulation de la phase dense D1, du niveau de l'entrée interne de l'enceinte intérieure, des moyens limitant la progression de la phase légère L1 à l'extérieur de ladite enceinte intérieure, lesdits moyens étant des pales sensiblement planes dont le plan passe par un axe sensiblement vertical.

2- Séparateur cyclonique selon la revendication 1 dans lequel l'enceinte extérieure est sensiblement verticale et les moyens limitant la progression de la phase légère L1 à l'extérieur de l'enceinte intérieure sont positionnés à l'intérieur de l'enceinte extérieure et à l'extérieur de l'enceinte intérieure, entre le niveau de l'entrée interne et les moyens de récupération de la phase dense D1.

3- Séparateur cyclonique selon la revendication 1 dans lequel l'enceinte extérieure est sensiblement horizontale et les moyens limitant la progression de la phase légère L1 à l'extérieur de l'enceinte intérieure sont positionnés, en aval, dans le sens de circulation de la phase dense D1, des moyens de récupération de la phase dense D1, dans le conduit de la sortie externe.

4- Séparateur cyclonique selon l'une des revendications 1 à 3 comprenant au moins un moyen permettant le soutirage, par la sortie externe, d'au moins une partie de la phase légère L1 en mélange avec la phase dense D1.

5- Séparateur cyclonique selon la revendication 4, dans lequel ledit moyen permettant le soutirage comprend une modification du débit de la phase L1 ou un modification des conditions opératoires en aval de la sortie externe de façon à obtenir une variation de pression entre l'entrée interne et les moyens de récupérations.

6- Séparateur cyclonique selon l'une des revendications 1 à 5 comportant de 2 à 50 pales ayant chacune une dimension (ep), mesurée, horizontalement, à partir de son arête la plus proche de l'axe de l'enceinte extérieure d'environ 0,01 à environ 1 fois la valeur [((Dc)-(D'e))/2] lorsque ces pales sont, dans le cas d'un séparateur cyclonique vertical, positionnées entre la paroi externe de l'enceinte intérieure de diamètre externe (D'e) et la paroi interne de l'enceinte extérieure de diamètre intérieur (Dc), d'environ 0,01 à environ 1 fois la valeur (Dc)/2 dans le cas

d'un séparateur cyclonique vertical à sortie interne latérale lorsqu'elles sont positionnées après cette sortie interne et d'environ 0,01 à 1 fois le diamètre (Ds) du conduit de la sortie externe dans le cas d'un séparateur cylonique horizontal, une dimension (hpe), mesurée, dans la direction parallèle à l'axe sensiblement vertical par lequel passe le plan de la pale, sur l'arête de la pale la plus proche de la paroi interne de l'enceinte extérieure ou de la paroi interne de la sortie externe et une dimension (hpi) mesurée, sur l'arête de la pale la plus proche de l'axe de l'enceinte intérieure ou de l'axe de la sortie externe, dans la direction parallèle à l'axe sensiblement vertical par lequel passe le plan de la pale, lesdites dimensions (hpe) et (hpi) étant d'environ 0,1x(Dc) à environ 10x(Dc) et lesdites pales étant chacune situées à une distance, par rapport à l'entrée interne dans le cas d'un séparateur cyclonique vertical ou par rapport aux moyens de séparation dans le cas d'un séparateur cyclonique horizontal, d'environ 0 à environ 5x(Dc).

7 - Séparateur cyclonique selon la revendication 6 dans lequel les pales ont chacune une dimension (hpi) supérieure ou égale à (hpe).

8 - Séparateur cyclonique selon l'une des revendications 1 à 7 comprenant au moins un moyen d'introduction d'une phase légère L2 entre l'entrée interne et l'extrémité du conduit de la sortie externe.

9 - Séparateur cyclonique selon l'une des revendications 1 à 8 comprenant entre l'entrée externe et l'entrée interne des moyens de stabilisation de l'écoulement hélicoïdal d'au moins la phase légère L1 et de limitation du volume utile à la séparation.

10 - Séparateur cyclonique selon l'une des revendications 1 à 9 dans lequel le mélange M1 est introduit selon une direction sensiblement parallèle à l'axe de l'enceinte extérieure.

11- Séparateur cyclonique selon l'une des revendications 1 à 9 dans lequel le mélange M1 est introduit selon une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de l'enceinte extérieure.

12-Séparateur cyclonique selon la revendication 11 comprenant des moyens, de limitation des interférences entre le flux du mélange M1 introduit et les flux des phases déjà présentes dans le séparateur, choisis parmi un toit descendant, une volute externe et une volute interne.

13-Utilisation d'un séparateur cyclonique selon l'une des revendications 1 à 12 à la séparation rapide, à partir d'un mélange M1, comprenant une phase dense et une phase légère, de ladite phase dense et de ladite phase légère.

14-Utilisation selon la revendication 13 dans laquelle le mélange à séparer est un mélange obtenu à l'issue d'une réaction chimique et comprenant au moins une phase qui contribue à cette réaction.

2043947

FIG.1A

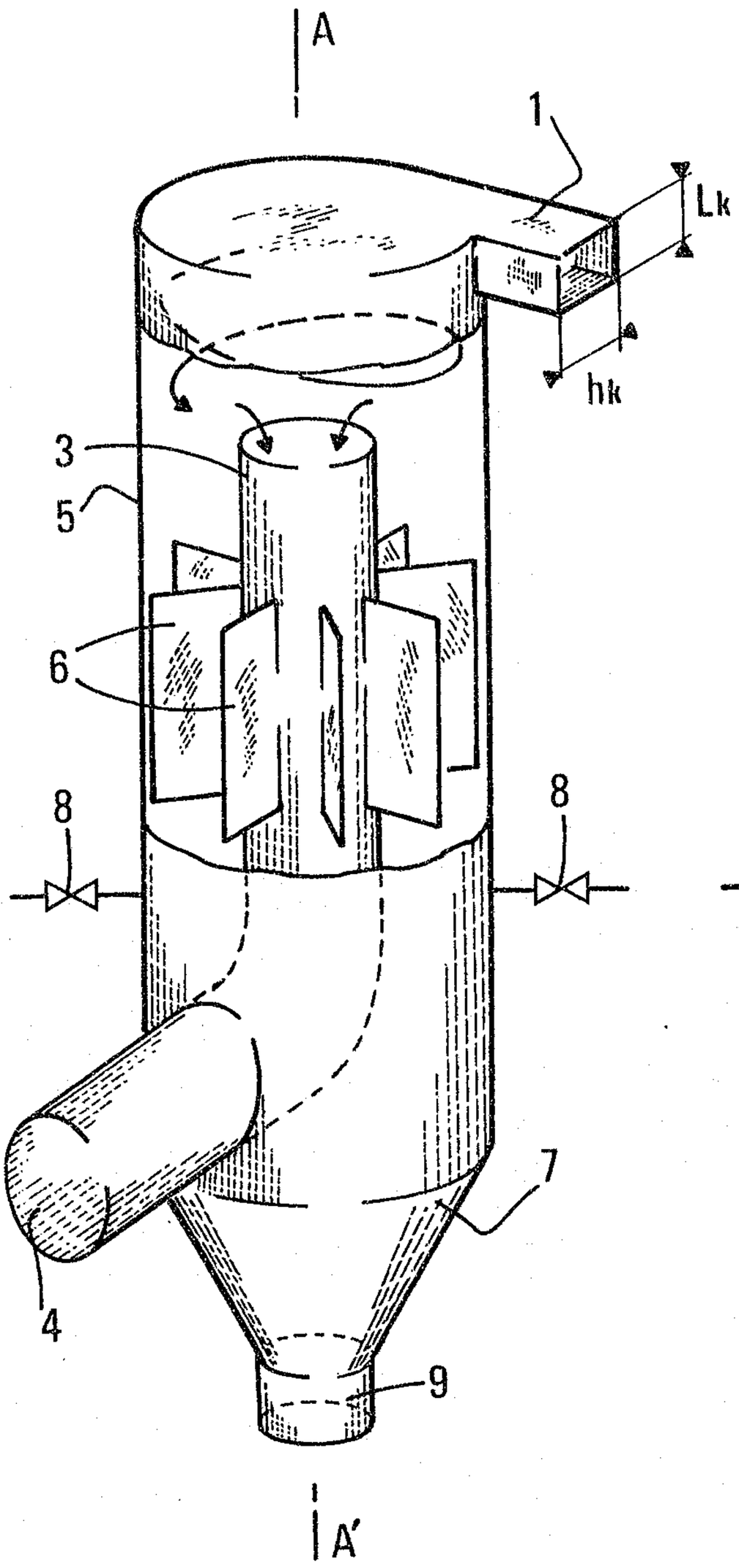
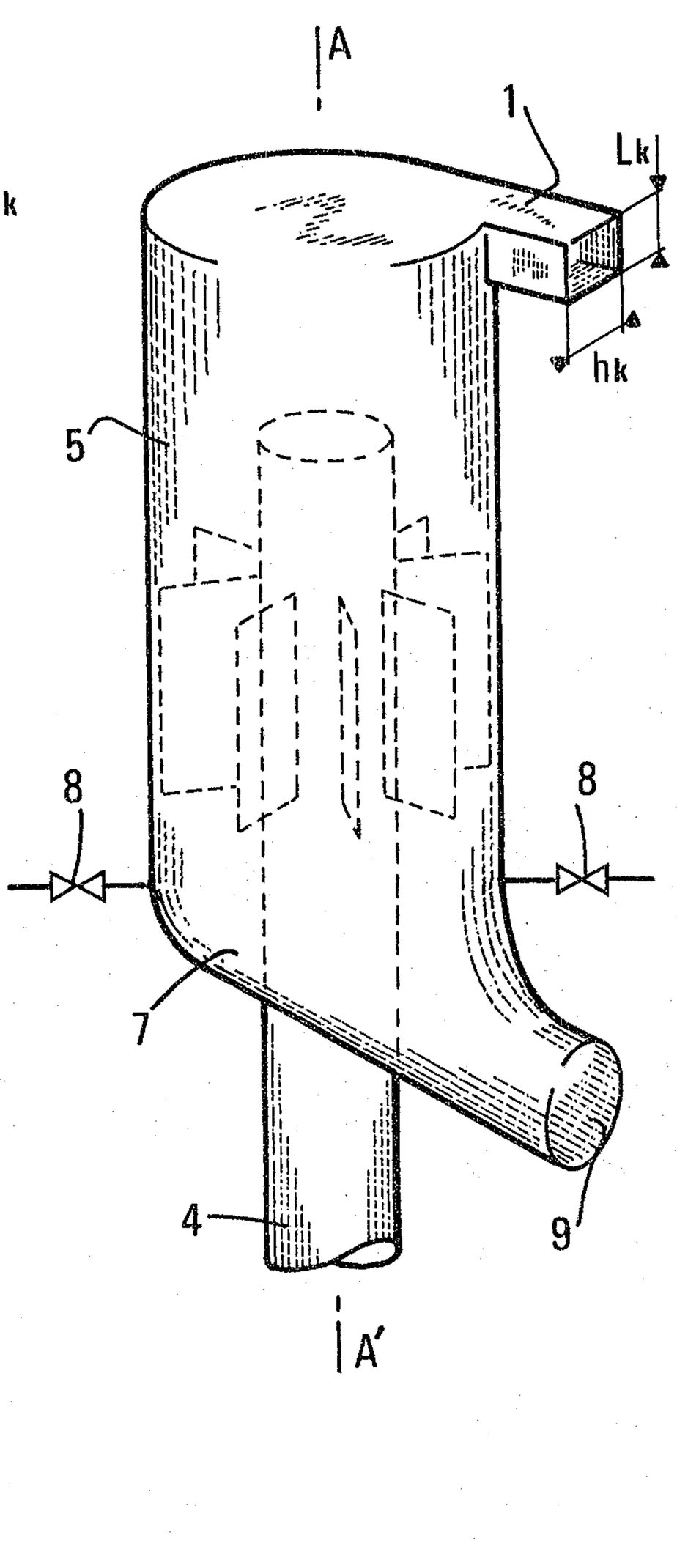
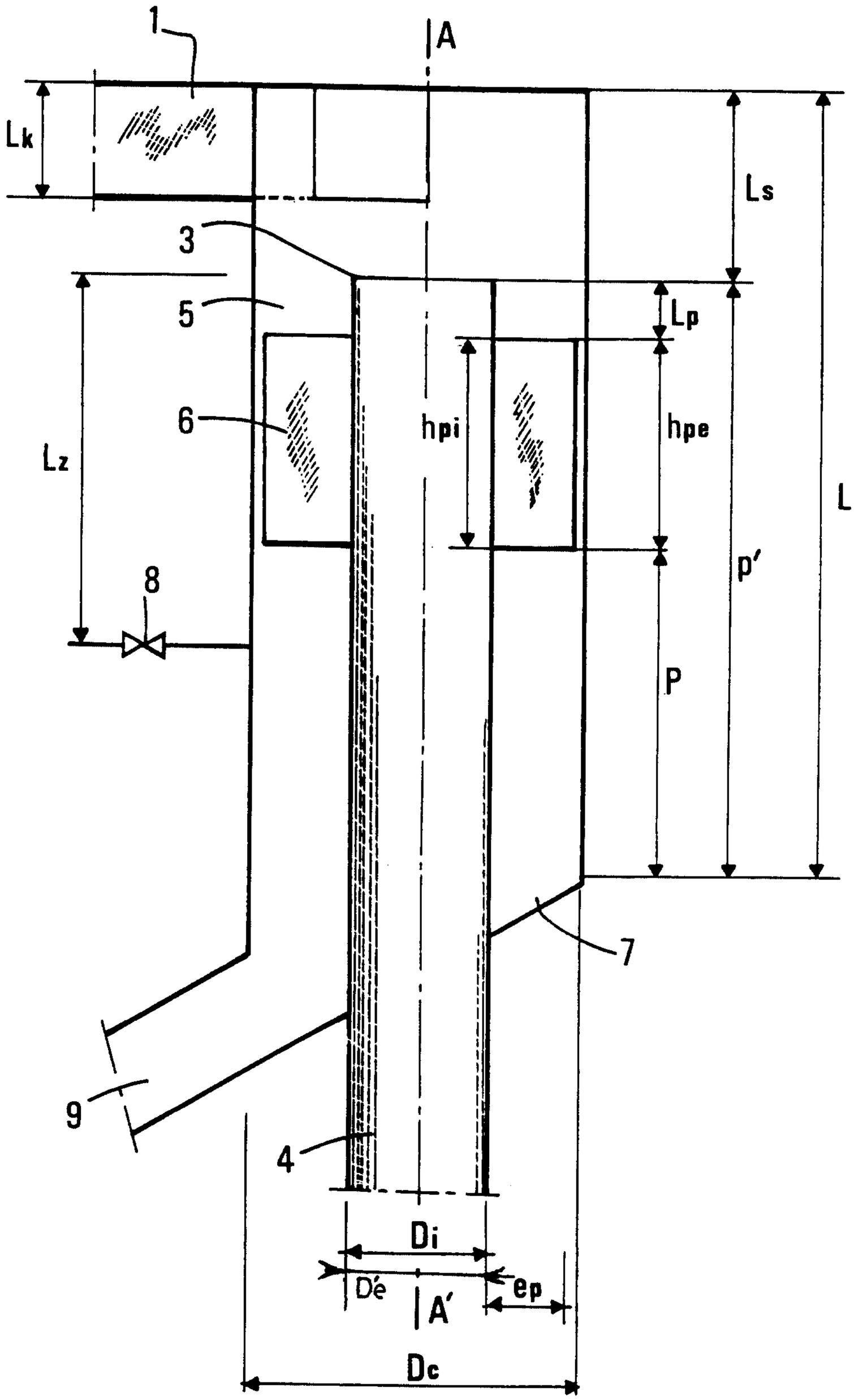


FIG.1B



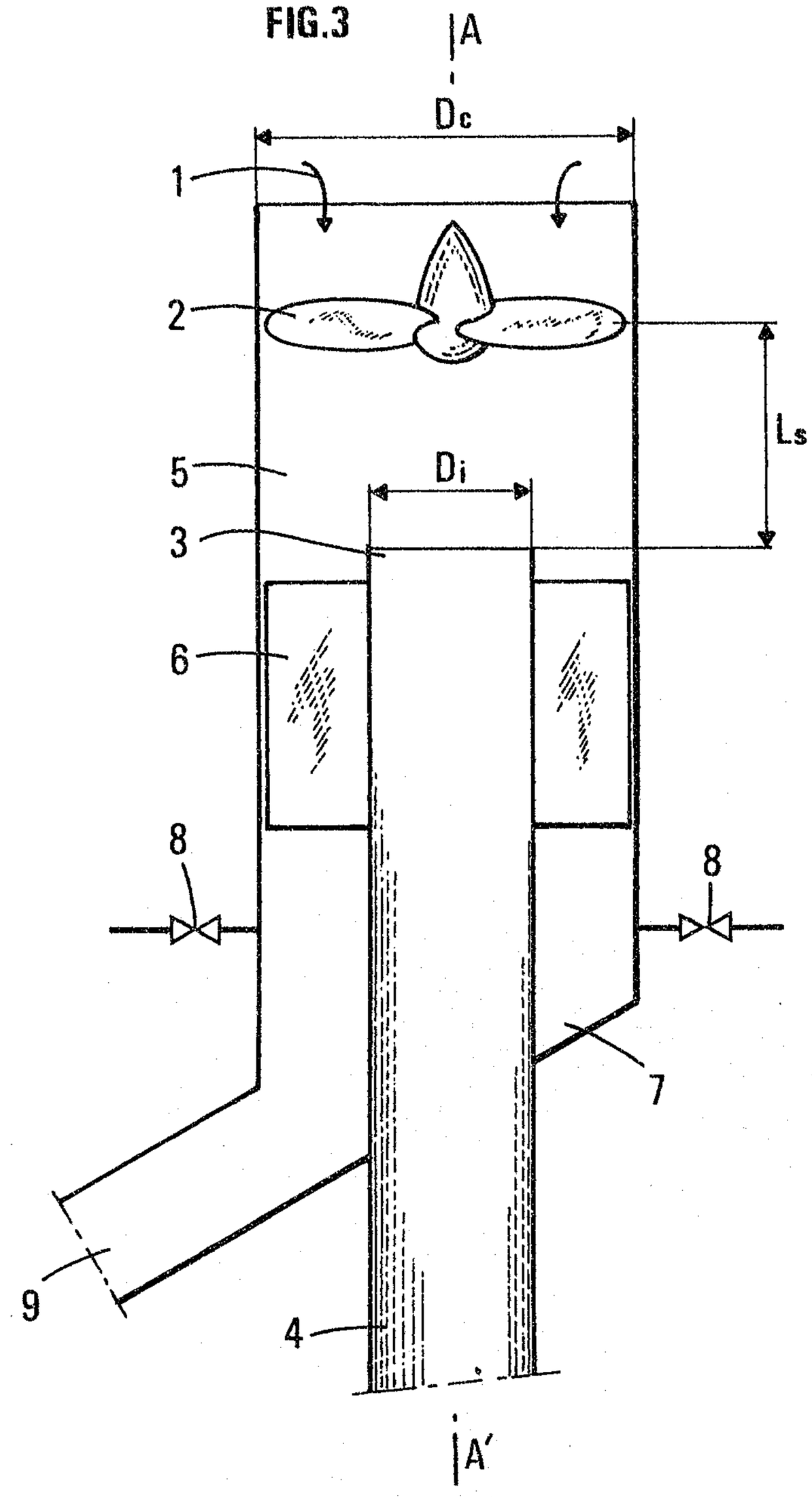
Agents de Brevets

FIG.2



2043947

FIG.3



Agents de Brevets

2043947

FIG.4

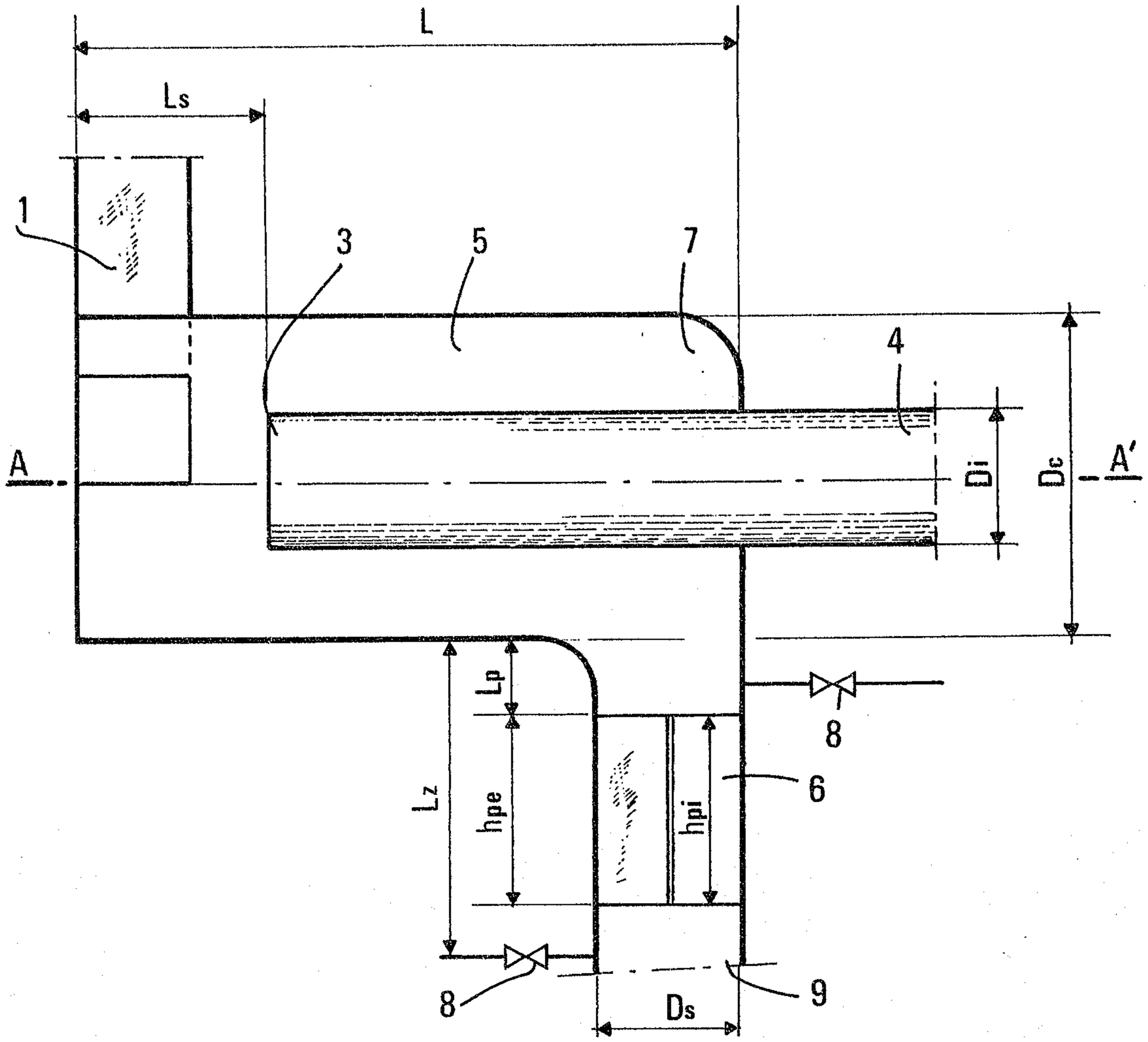
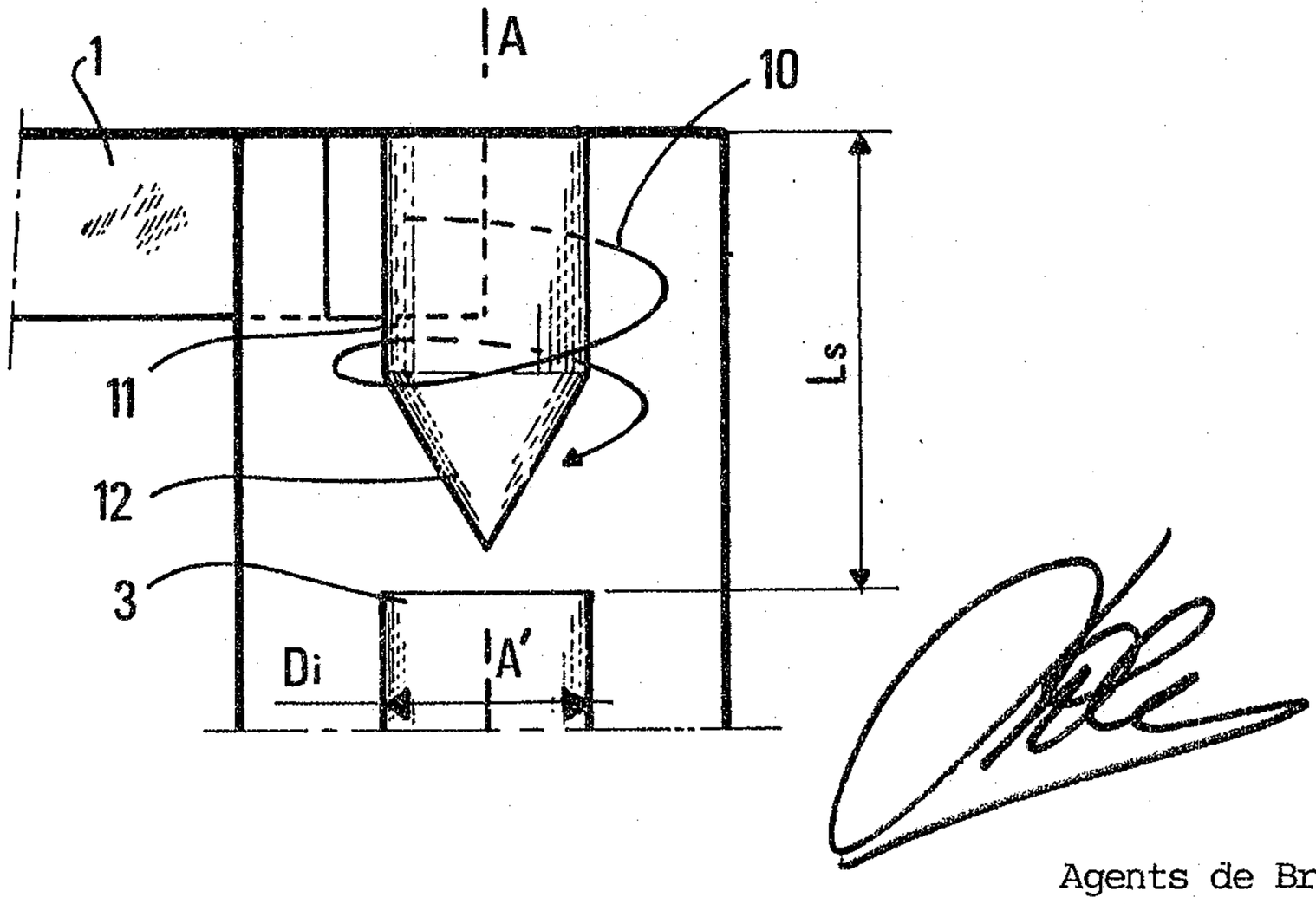
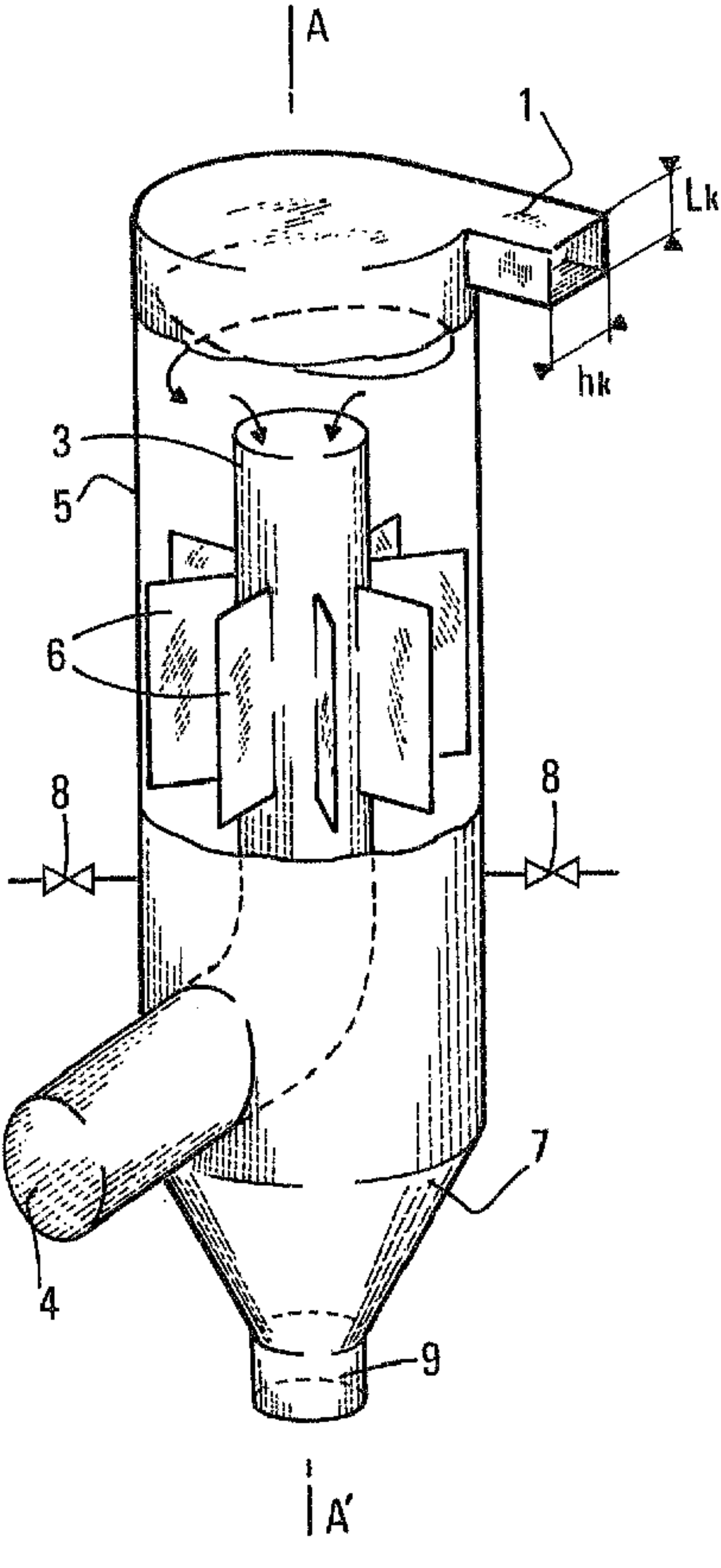


FIG.5



Agents de Brevets


A
1
Lk
hk
3
5
6
8
8
7
4
9
A'