SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

(11) 1030218 B1

(47) Date de délivrance : 28/08/2023

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 28/08/2023

(21) Numéro de demande : BE2022/5050

(22) Date de dépôt : 26/01/2022

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F26B 3/06, B07B 15/00, F26B 17/00, F26B 25/00

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

CROSSET Léon

4890, THIMISTER-CLERMONT
Belgique

(72) Inventeur(s) :

CROSSET Léon
4890 THIMISTER-CLERMONT
Belgique

(54) APPAREIL DE SÉCHAGE EN CONTINU DE PARTICULES COMPRENANT UN SYSTÈME DE SÉPARATION ET RECIRCULATION DES FRACTIONS PLUS FINES DE PARTICULES

(57)La présente invention concerne un sécheur pour sécher des particules comprenant, • Premier et second plateaux (1a, 1b) montés à rotation autour d'un axe (Z), ayant une surface perforée, • Une unité de soufflage de gaz chaud (5g) suivant un flux parallèle à l'axe (Z) passant à travers le second plateau avant de passer à travers le premier plateau, • Première et seconde unités de répartition des particules sur les premier et second plateaux et première et seconde unités de récupération (3a, 3b) des particules après une rotation de chaque plateau, • Une unité de transfert (4t) des particules du premier plateau vers le second plateau, • une unité de séparation (21) de particules en amont de l'unité de répartition (2a) configurée pour séparer les particules fines (20f)) des particules grossières (20c) • des moyens de distribution des particules grossières (20c) sur le premier plateau et des particules fines sur le second plateau

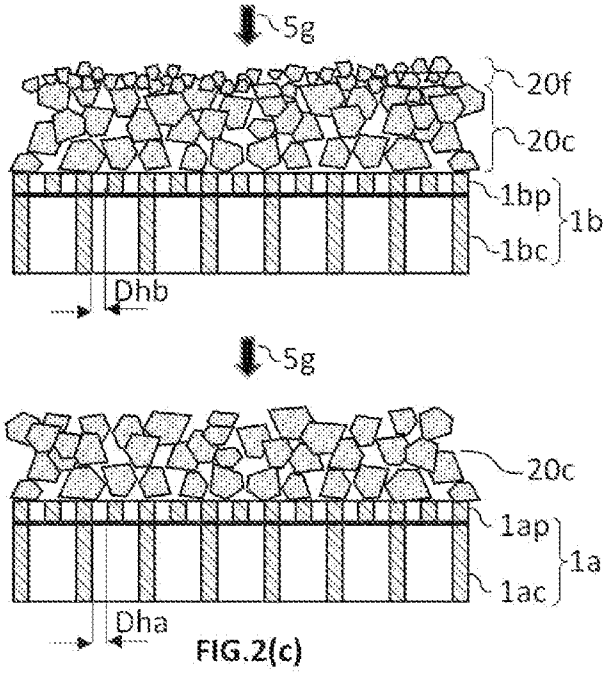


FIG.2(c)

APPAREIL DE SÉCHAGE EN CONTINU DE PARTICULES COMPRENANT UN SYSTÈME DE SÉPARATION ET RECIRCULATION DES FRACTIONS PLUS FINES DE PARTICULES

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention se rapporte à un sécheur industriel pour sécher en continu des particules, de préférence des particules organiques, par exemple d'origine agro-alimentaire, telles des céréales, ou de déchets servant comme combustible ou matériaux de construction tels des copeaux ou fibres de bois, ou autre végétal. Le sécheur de la présente invention est du type comprenant,

- un premier plateau perforé configuré pour recevoir des particules à sécher ayant une teneur initiale en humidité (H0a) et les transporter sur un tour de rotation,
- une unité de transfert configurée pour transférer les particules partiellement séchées à une teneur intermédiaire d'humidité (H1a) après un tour de rotation du premier plateau vers,
- un second plateau perforé configuré pour recevoir les particules partiellement séchées du premier plateau à la teneur intermédiaire d'humidité (H1a = H0b) et les transporter sur un tour de rotation vers un système d'évacuation à leur teneur finale d'humidité (H1b), et
- une unité de soufflage d'un gaz chaud suivant un flux vertical, passant à travers le second plateau, suivi directement par le premier plateau, permettant de sécher les particules lors de leurs rotations sur les premier et second plateaux.

[0002] Le gaz chaud traversant le second plateau subit des pertes de charges, avant d'atteindre le premier plateau avec une pression plus basse qu'en amont du second plateau. De même, lors de la traversée du premier plateau, le gaz chaud subit à nouveau une perte de charge. Ces pertes de charges augmentent lorsque les premier et second plateaux transportent une couche de particules. On peut diminuer les pertes de charges en augmentant le diamètre des ouvertures de perforation des premier et second plateaux. Cependant, augmenter le diamètre des ouvertures des plateaux entraîne la perte des fractions plus fines de particules qui passent à travers les perforations des plateaux.

[0003] Le sécheur de la présente invention permet de minimiser à la fois, d'une part, les pertes de charges du flux de gaz chaud lors de son passage à travers les second et premier plateaux et, d'autre part, la perte des fractions plus fines des particules à sécher.

ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

[0004] De nombreux procédés industriels nécessitent le séchage de particules avant leur utilisation ultérieure, que ce soit avant l'emballage de produits granulaires agro-alimentaires ou de produits industriels, ou avant la combustion de déchets broyés utilisés comme combustibles. Selon le type d'utilisation prévu, les particules doivent être séchées de sorte à atteindre des teneurs en humidité finales comprises dans des plages cibles ($H1t\pm\varepsilon$) bien définies. Par exemple,

des copeaux de bois devront être séchés dans des plages cibles différentes selon qu'ils seront destinés à la combustion, la production de pellets, la production de litières ou la production de panneaux agglomérés. Il est possible bien entendu d'effectuer le séchage des particules par batch en déposant les particules sur des plateaux préférablement perforés afin de laisser passer un gaz chaud au travers et de permettre à l'eau et la vapeur d'eau de s'évacuer. Dans certains cas un lit fluidisé est formé par les particules en suspension sous l'action du flux de gaz chaud. Cependant la plupart des applications industrielles demandent des débits qu'un procédé de séchage par batch ne peut atteindre. Pour cette raison, le même principe de déposer les particules à sécher sur un support perforé et de les exposer à un flux de gaz chaud a été appliqué à des appareils permettant le séchage en continu, avec une source continue des particules à sécher en amont du sécheur proprement dit et une décharge continue des particules séchées en aval de celui-ci.

[0005] En particulier, un sécheur à bande (belt dryer) comprend une bande perforée souple continue tendue entre deux rouleaux motorisés formant une boucle. De l'air ou autre gaz chaud est soufflé sous la toile supérieure sur laquelle on dépose en continu les particules à sécher. La longueur d'un sécheur à bande dépend du type de particules à sécher, de leur charge en eau et de la plage cible (H1t$\pm\varepsilon$) à atteindre. Ainsi, une bande peut atteindre une longueur de 200 m qui est très chère et difficile à monter / démonter sur l'appareil. Un sécheur à bande est donc généralement réservé pour le séchage d'un seul type de particules, car il serait anti-économique de changer de bande pour optimaliser le type de perforation à un nouveau type de particules. Un sécheur à bande est très onéreux et peu efficace en termes de dimensions, puisque les particules ne sont séchées que sur moins de la moitié de la longueur de la bande. Alternativement, une bande unique peut être utilisée pour sécher des particules de granulométries différentes en sélectionnant des ouvertures de petites tailles, au prix d'augmenter la perte de charge du flux de gaz chauds.

[0006] Il existe également des sécheurs à plateaux perforés qui ressemblent à des sécheurs à bande, sauf que la bande est remplacée par des plateaux perforés couplés l'un à l'autre formant une sorte de chenille. La différence avec un sécheur à bande est que les plateaux sont articulés de manière à présenter la même face qu'ils soient sur la bande supérieure ou inférieure de la boucle. Ceci permet de réduire pratiquement de moitié la longueur du sécheur, puisque les particules sont soumises deux fois au flux de gaz chaud : une première fois lors de leur passage sur la partie supérieure de la boucle et une seconde fois lors de leur passage en sens inverse sur la partie inférieure. Bien qu'avantageux à ce point de vue-là par rapport à un sécheur à bande, il est clair que la mécanique nécessaire aux mouvements des plateaux est délicate et donc onéreuse et fragile, et doit être protégée lorsqu'exposée à des particules fines susceptibles de gripper les roulements. De plus, les ouvertures créées entre deux plateaux adjacents et, surtout, les espaces s'ouvrant dans le mécanisme de transfert des plateaux lors de chaque transfert d'un plateau de la portion supérieure à la portion inférieure de la chenille créent autant de passages

préférentiels de moindre résistance pour le flux de gaz chaud, qui entraînent une importante chute de l'efficacité de ce type de sécheurs.

[0007] EP0197171 décrit un sécheur comprenant plusieurs plateaux perforés, circulaires, superposés et montés à rotation sur un axe central creux. Chaque plateau est enfermé dans une chambre cylindrique individuelle munie d'un toit et d'un plancher qui le séparent des autres plateaux. Des moyens de transfert de la poudre à sécher sont prévus entre chaque plateau adjacent. Chaque chambre est munie, d'une part, d'une première ouverture d'introduction d'air chaud, en communication fluidique avec la cavité de l'axe central creux, la première ouverture étant positionnée au-dessus du plateau se trouvant dans la chambre correspondante et, d'autre part, d'une seconde ouverture d'évacuation sur la paroi périphérique de la chambre en communication avec l'extérieur, la seconde ouverture se trouvant en-dessous du plateau correspondant. De l'air chaud est soufflé dans la cavité de l'axe creux et est distribué en parallèle dans chaque chambre par la première ouverture d'introduction d'air chaud. L'air chaud est obligé de passer à travers le plateau perforé circulaire avant d'être évacué par la seconde ouverture se trouvant sur la paroi périphérique de chaque chambre. En réalité, un tel système est semblable en principe à un sécheur à bande dont le mouvement linéaire a été remplacé par un mouvement circulaire réparti sur plusieurs étages avec des moyens de transfert de la poudre d'un plateau à l'autre. Certes, un tel système rotatif a un avantage considérable de gain de place au sol par rapport à un sécheur à bande linéaire, mais un tel système manque d'efficacité. En effet, si l'air chaud ayant traversé les premiers plateaux chargés de particules fort humides ressort relativement saturé en humidité, l'air chaud traversant les derniers plateaux chargés de particules déjà partiellement séchés sur les plateaux précédents, ne ressort que peu chargé d'humidité, ce qui représente un gaspillage d'énergie considérable.

[0008] EP2828595 décrit un sécheur illustré à la Figure 1, comprenant premier et second (ou plus de) plateaux perforés (1a, 1b), superposés et montés à rotation autour d'un axe vertical (Z). Un système de ventilation souffle un gaz chaud verticalement en passant d'abord par le second plateau (1b), avant de passer directement à travers le premier plateau (1a). Comme il s'agit d'un sécheur, le gaz chaud, après être passé à travers le second plateau (1b) puis le premier plateau (1a) est soit évacué, soit recirculé, mais à condition de le sécher et le réchauffer avant de le réinjecter à travers le second plateau.

[0009] Les particules humides sont distribuées le long d'un rayon du premier plateau (1a) par une première unité de répartition (2a) et emportées par la rotation du premier plateau sur une distance angulaire (ou azimutale) d'un peu moins de 360° avant d'être recueillies par une première unité de récupération (3a). Pendant la rotation du premier plateau (1a), les particules sont exposées au courant de gaz chaud qui est auparavant passé à travers le second plateau où il a perdu un peu de son énergie calorifique et s'est chargé d'un peu d'humidité. Les particules partiellement séchées sont transférées de la première unité de récupération vers un second

système (3a) de répartition (2b) qui distribue les particules partiellement séchées le long d'un rayon du second plateau (1b) qui tourne autour de l'axe vertical (Z) dans le sens inverse du premier plateau (1a). Les particules partiellement séchées sont emportées par la rotation du second plateau (1b) (en sens inverse du premier plateau) sur une distance angulaire (ou azimutale) d'un peu moins de 360° avant d'être recueillies par une seconde unité de récupération. (3b) et évacuées. Pendant la rotation du second plateau (1b), les particules sont exposées au courant de gaz chaud directement depuis le système de ventilation, où le gaz chaud a sa température maximale et sa teneur en humidité minimale.

[0010] Comme on le voit sur la Figure 1, comme les plateaux tournent en sens inverse, le gaz chaud qui atteint les particules juste après avoir été déposées le long du rayon du premier plateau, où elles ont leur teneur en humidité maximale (H0a / H0a = 100%) a la plus haute température et la plus basse teneur en humidité de tout le gaz chaud qui atteint le premier plateau, car il est passé auparavant à travers les particules pratiquement sèches (teneur finale en humidité H1b) juste avant d'être évacuées avec une teneur en humidité qui peut être de l'ordre (à titre d'exemple) de H1b / H0a) = 12%, où H0a est la teneur initiale en humidité des particules à l'entrée du premier plateau (1a) et H1b est la teneur finale des particules à la sortie du second plateau (1b).

[0011] Le sécheur décrit dans EP2828595 est particulièrement efficace en termes énergétiques, d'utilisation et occupation de l'espace au sol. Comme illustré dans les Figures 2(b) à 7(b), les particules à sécher ont une distribution granulométrique centrée sur une taille moyenne (Dm). Les ouvertures de la perforation des premier et second plateaux doivent permettre de retenir les particules sur le plateau correspondant, tout en laissant passer le gaz chaud à travers le plateau. On peut voir sur les Figures 2(b) à 7(b), qu'à moins de prendre des diamètres d'ouvertures de perforation très petits, situés à l'extrême gauche de la courbe granulométrique, il y aura toujours une fraction fine des particules qui aura une taille (D0) inférieure au diamètre (Dha, Dhb) des ouvertures de perforations (cf. portion de courbe hachurée (20f) des Figures 2(b) à 7(b)). Si les particules (20f) de cette fraction fine sont en contact direct avec les ouvertures de perforation des plateaux, ces particules fines vont passer à travers les plateaux et se retrouver sur le plancher inférieur du sécheur. Il est bien entendu possible de récupérer les particules fines (20f) ayant percolé jusqu'au plancher du sécheur et de les réintroduire sur le premier plateau, où elles risquent, cependant, de passer à travers celui-ci et de se retrouver à nouveau sur le plancher. Un tel procédé nuit à l'efficacité de séchage du sécheur.

[0012] Diminuer le diamètre (Dha, Dhb) des perforations certes réduit le volume de la fraction de particules fines (20f) qui peut traverser les plateaux, mais augmente de manière considérable les pertes de charges du flux de gaz chaud traversant les plateaux. A ce jour, la personne du métier doit faire un compromis dans le choix de la taille du diamètre des perforations permettant de minimiser, d'une part, les pertes de charges et, d'autre part le volume de la fraction de particules fines (20f) qui peut passer à travers la perforation des plateaux.

[0013] Il demeure donc un besoin pour un sécheur industriel pour sécher des particules en continu qui soit efficace en termes de pertes de charges du gaz chaud et minimsant les pertes de fractions de particules fines à sécher. Le sécheur de la présente invention permet de minimiser à la fois, d'une part, les pertes de charges du flux de gaz chaud lors de son passage à travers les second et premier plateaux et, d'autre part, la perte des fractions plus fines des particules à sécher

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

[0014] La présente invention est définie dans les revendications indépendantes. Des variantes préférées sont définies dans les revendications dépendantes. En particulier, la présente invention concerne un sécheur pour sécher des particules ayant une teneur initiale en humidité (H0a) jusqu'à atteindre une teneur finale en humidité (H1b) inférieure à la teneur initiale (H1b < H0a), le sécheur comprenant,

(a) une enceinte comprenant une paroi essentiellement cylindrique s'étendant le long d'un axe vertical (Z),

(b) un premier plateau circulaire monté sur la paroi de ladite enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et configuré pour entrer en rotation dans un premier sens autour de l'axe vertical (Z), la surface du premier plateau étant perforée d'ouvertures de diamètre hydraulique (Dha = 4 Aa / Pa) égal au rapport de quatre fois une aire (Aa) sur un périmètre (Pa) des ouvertures, rendant la surface perméable aux gaz tels l'air et la vapeur d'eau et à l'eau, et

(c) un second plateau (1b) circulaire monté à une certaine distance du premier plateau sur la paroi de ladite enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et configuré pour entrer en rotation autour de l'axe vertical (Z), la surface du second plateau étant perforée d'ouvertures de diamètre hydraulique (Dhb = 4 Ab / Pb) égal au rapport de quatre fois une aire (Ab) sur un périmètre (Pb) des ouvertures, rendant la surface perméable aux gaz tels l'air et la vapeur d'eau et à l'eau.

[0015] Les premier et second plateaux sont configurés pour, d'une part, supporter les particules à sécher et, d'autre part, laisser passer un gaz chaud soufflant sensiblement parallèle à l'axe vertical (Z) à travers ceux-ci. Dans une variante préférée, le premier plateau est situé en dessous du second plateau et le gaz chaud circule du haut vers le bas et est préférablement de l'air chaud. Das tous les cas, il est préféré que le second plateau tourne dans un sens inverse de rotation du premier plateau Le sécheur comprend de plus,

(d) une première unité de répartition des particules à sécher configurée pour recevoir les particules à sécher depuis une unité d'alimentation et pour répartir ces particules avant séchage le long d'un rayon du premier plateau,

(e) une première unité de récupération des particules déposées sur le premier plateau après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la première unité de récupération étant située en aval de, préférablement adjacent à la première unité de répartition,

(f) une unité de transfert des particules récoltées du premier plateau par la première unité de récupération vers une seconde unité de répartition configurée pour répartir lesdites particules le long d'un rayon du second plateau,

(g) un seconde unité de récupération (3b) des particules déposées sur le second plateau après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la seconde unité de récupération étant situé en aval du, préférablement adjacent au seconde unité de répartition et étant configuré pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par une unité d'évacuation,

(h) une unité de soufflage de gaz chaud suivant un flux sensiblement parallèle à l'axe vertical (Z), passant d'abord à travers la surface perforée du second plateau avant de passer directement après à travers la surface perforée du premier plateau,

[0016] La présente invention se distingue en ce que le sécheur comprend,

(i) une unité de séparation de particules située dans ou en amont de l'unité d'alimentation l'unité de séparation étant configurée pour séparer des particules fines de diamètre inférieur à un diamètre fin (D0) des particules grossières de diamètre supérieur au diamètre fin (D0), et

(j) une première conduite configurée pour alimenter en particules grossières l'unité d'alimentation ou la première unité de répartition pour répartir les particules grossières avant séchage le long du rayon du premier plateau, et

(k) une seconde conduite configurée pour alimenter en particules fines soit,

- la seconde unité de répartition, soit
- une seconde unité de répartition des fines située en aval de la seconde unité de répartition pour répartir les particules fines avant séchage le long du rayon du second plateau, soit
- une première unité de répartition des fines située en aval de la première unité de répartition pour répartir les particules fines avant séchage le long du rayon du premier plateau, soit
- une combinaison de deux ou trois des options précédentes,

dans lequel les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la direction de déplacement des particules dans le sécheur.

[0017] Dans une variante de l'invention, l'unité de séparation comprend un élément de tamisage comprenant des ouvertures de diamètre hydraulique (Dhs) égale au diamètre hydraulique des ouvertures du premier plateau dans une tolérance de $\pm$ 10% (i.e., Dhs = Dha $\pm$ 10%), de préférence égal au diamètre hydraulique des ouvertures du premier plateau (i.e., Dhs = Dha). Dans cette variante, l'élément de tamisage peut être configuré pour entrer dans un mouvement cyclique de trajectoire, amplitude et fréquence contrôlées afin d'améliorer la séparation des particules fines et des particules grossières.

[0018] Dans une première réalisation, l'unité de séparation est distincte de l'unité d'alimentation, et comprend,

- un volume de rétentat configuré pour contenir les particules grossières après séparation par l'unité de séparation), et
- un volume de tamisat configuré pour contenir les particules fines après séparation par l'unité de séparation.

[0019] La première conduite relie le volume de rétentat de l'unité de séparation vers l'unité d'alimentation, et la seconde conduite relie le volume de tamisat de l'unité de séparation soit vers la seconde unité de répartition, soit vers la premier ou la seconde unité de répartition des fines, soit vers une combinaison des unités de répartition susmentionnés.

[0020] Dans une réalisation alternative, l'unité de séparation est comprise dans l'unité d'alimentation (9), et comprend,

- un volume de rétentat configuré pour contenir les particules grossières après séparation par l'unité de séparation, et
- un volume de tamisat configuré pour contenir les particules fines après séparation par l'unité de séparation

[0021] La première conduite) relie le volume de rétentat de l'unité d'alimentation vers la première unité de répartition et la seconde conduite relie le volume de tamisat de l'unité d'alimentation soit vers la seconde unité de répartition, soit vers la première ou la seconde unité de répartition des fines, soit vers une combinaison des unités de répartition susmentionnés.

[0022] Les diamètres hydrauliques (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux sont de préférence sélectionnés de sorte que les particules fines représentent entre 5% et 20% en poids du poids total de particules avant séchage, de préférence entre 10 et 15% en poids.

[0023] Les premiers et second plateaux comprennent de préférence une structure rigide auto-portante à haute perméabilité de type caillebotis, sur laquelle est posée une couche filtrante comprenant des ouvertures de taille et densité correspondant à la perméabilité désirée selon le type et taille des particules à sécher.

[0024] Les premier et second unités de répartition des particules à sécher sur les premier et second plateaux respectivement, ainsi que l'unité d'alimentation peuvent comprendre chacun au moins une vis d'Archimède s'étendant le long d'un rayon des premier et second plateaux, respectivement, ladite au moins une vis d'Archimède étant enfermée dans une enceinte munie d'une ou plusieurs ouvertures s'étendant le long dudit rayon des plateaux.

[0025] De manière similaire, les première et seconde unités de récupération peuvent comprendre chacune au moins une vis d'Archimède s'étendant le long d'un rayon dudit plateau qui est

enfermée dans une enceinte munie d'une ou plusieurs ouvertures s'étendant le long du rayon du premier plateau, lesdites ouvertures étant reliées à un racleur ou brosse apte à récolter et diriger les particules amenées par la rotation du plateau vers la vis d'Archimède.

[0026] Après que le gaz soit passé à travers la surface perforée du premier plateau, le système de soufflage de gaz chaud (5) peut soit

- être configuré pour évacuer le gaz hors de l'enceinte, soit
- comprendre un sécheur d'air permettant de capturer l'humidité présente dans le gaz avant de réchauffer et de recirculer le gaz ainsi séché à travers le second et le premier plateau, respectivement.

[0027] Pour ce faire, le sécheur peut comprendre une cheminée (6) essentiellement cylindrique creuse centrée autour de l'axe vertical (Z) et dont la paroi s'étend au moins du premier plateau) au dernier plateau comprenant une ou plusieurs ouvertures offrant un accès fluidique vers l'intérieur de la cheminée au gaz étant passé à travers la surface perforée du premier plateau. La cheminée peut comprendre soit,

- une ou plusieurs ouvertures vers l'extérieur de l'enceinte permettant d'évacuer le gaz hors de l'enceinte, soit
- le sécheur et une ou plusieurs ouvertures configurées pour recirculer le gaz après son passage à travers le sécheur, suivant le flux sensiblement parallèle à l'axe Z, passant d'abord à travers la surface perforée du second plateau avant de passer directement après à travers la surface perforée du premier plateau.

[0028] Dans une variante préférée, l'unité d'alimentation (9) est reliée en amont à une source desdites particules à sécher, de préférence un silo, les particules comprenant de manière préférée des déchets de bois de scieries, des déchets de bois de matériaux de construction, des déchets papier ou cartons, des produits agroalimentaires telles des céréales, et peuvent êrtre sous forme de poudre, de granulés, de copeaux, de pellets, de tourteaux, ou de morceaux généralement ne dépassant pas 10 cm de longueur.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0029] Pour une meilleure compréhension de la nature de la présente invention, il est fait référence aux Figures suivantes, dont la ;

Figure 1 : illustre un sécheur selon EP2828595.

Figure 2(a) : illustre une variante de sécheur selon la présente invention comprenant un système de séparation et une unité de transfert des particules fine vers le second plateau.

Figure 2(b) : illustre une distribution granulométrique des particules à sécher, avec la fraction de

particules fines ayant un diamètre < D0.

Figure 2(c) : illustre la distribution de particules fines et de particules grossières sur l'épaisseur des couches de particules déposées sur les premier et second plateaux obtenu avec la présente variante de l'invention.

Figure 3(a) : illustre une variante alternative de sécheur selon la présente invention comprenant un système de séparation et une unité de transfert des particules fine vers le second plateau.

Figure 3(b) : illustre une distribution granulométrique des particules à sécher, avec la fraction de particules fines ayant un diamètre < D0.

Figure 3(c) : illustre la distribution de particules fines et de particules grossières sur l'épaisseur des couches de particules déposées sur les premier et second plateaux obtenu avec la présente variante de l'invention.

Figure 4(a) : illustre une variante alternative de sécheur selon la présente invention comprenant un système de séparation et une unité de transfert des particules fine vers le second plateau.

Figure 4(b) : illustre une distribution granulométrique des particules à sécher, avec la fraction de particules fines ayant un diamètre < D0.

Figure 4(c) : illustre la distribution de particules fines et de particules grossières sur l'épaisseur des couches de particules déposées sur les premier et second plateaux obtenu avec la présente variante de l'invention.

Figure 5(a) : illustre une variante alternative de sécheur selon la présente invention comprenant un système de séparation et une unité de transfert des particules fine vers le second plateau.

Figure 5(b) : illustre une distribution granulométrique des particules à sécher, avec la fraction de particules fines ayant un diamètre < D0.

Figure 5(c) : illustre la distribution de particules fines et de particules grossières sur l'épaisseur des couches de particules déposées sur les premier et second plateaux obtenu avec la présente variante de l'invention.

Figure 6(a) : illustre une variante alternative de sécheur selon la présente invention comprenant un système de séparation et de transfert des particules fine vers le premier plateau en aval du premier moyen de répartition.

Figure 6(b) : illustre une distribution granulométrique des particules à sécher, avec la fraction de particules fines ayant un diamètre < D0.

Figure 6(c) : illustre la distribution de particules fines et de particules grossières sur l'épaisseur des couches de particules déposées sur les premier et second plateaux obtenu avec la présente variante de l'invention.

Figure 7(a) : illustre une variante alternative de sécheur selon la présente invention comprenant un système de séparation et de transfert des particules fine vers le premier plateau en aval du premier moyen de répartition.

Figure 7(b) : illustre une distribution granulométrique des particules à sécher, avec la fraction de particules fines ayant un diamètre < D0.

Figure 7(c) : illustre la distribution de particules fines et de particules grossières sur l'épaisseur des couches de particules déposées sur les premier et second plateaux obtenu avec la présente variante de l'invention.

Figures 8(a) & 8(b) : illustrent un exemple d'unité de répartition adaptée à la présente invention, (a) vue en perspective, (b) vue du dessus.

Figures 9(a) & 9(c) : illustrent un exemple d'unité de récupération adaptée à la présente invention, (a) vue du dessus, (c) coupe transversale.

Figures 9(b) & 9(d) : illustrent un exemple alternatif d'unité de récupération adaptée à la présente invention, (b) vue du dessus, (d) coupe transversale

Figure 10 : illustre graphiquement l'augmentation relative de la teneur en humidité ($[(H0b)_{inv} – (H0b)_{PA}] / (H0b)_{PA}$) des particules réparties sur le second plateau (1b) uniquement, en fonction de la teneur intermédiaire en humidité (H0b / H0a) relative à la teneur initiale (H0a), des particules réparties sur le second plateau (1b), pour une fraction de f = 10% de particules fines.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0030] Le sécheur selon la présente invention est de préférence un sécheur du type décrit dans EP2828595, qui est discuté dans la section « arrière-plan technologique » supra et illustré à la Figure 1. Il n'est pas indispensable que les premier et second plateaux tournent en sens inverse, mais des rotations inverses des deux plateaux sont préférées car cela augmente l'efficacité énergétique du sécheur.

[0031] Le sécheur de la présente invention comprend une enceinte (10) comprenant une paroi essentiellement cylindrique s'étendant le long d'un axe vertical (Z). L'enceinte enferme un premier plateau (1a) circulaire monté sur la paroi de l'enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z). Le premier plateau (1a) est monté en rotation dans un premier sens autour de l'axe vertical (Z) dont la rotation est actionnée par un premier moteur. La surface du premier plateau (1a) est perforée par des ouvertures de diamètre hydraulique (Dha) le rendant ainsi perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et l'eau.

[0032] L'enceinte (10) enferme un second plateau (1b) circulaire monté à une certaine distance du premier plateau sur la paroi de l'enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z). Le second plateau est monté en rotation autour de l'axe vertical (Z) dont la rotation est actionnée par un second moteur (5b). Le second moteur (5b) peut être le premier moteur (5a) ou peut être un

moteur différent du premier moteur (5a). La rotation du second plateau peut être dans le même sens ou dans le sens contraire de la rotation du premier plateau, et les vitesses de rotation ($|\omega a|$, $|\omega b|$) (en valeurs absolues) des premier et second plateaux peuvent être égales ou différentes et peuvent varier dans le temps, soit indépendamment l'une de l'autre soit, au contraire, la vitesse de rotation d'un plateau (= « master ») imposant la vitesse de rotation de l'autre plateau (= « slave »). La surface du second plateau (1b) est perforée par des ouvertures de diamètre hydraulique (Dhb) le rendant ainsi perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et l'eau. Les diamètres hydrauliques (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b) sont de préférence identiques (i.e., Dha = Dhb).

[0033] Une première unité de répartition (2a) des particules à sécher s'étend le long d'un rayon du premier plateau (1a) et est configuré pour recevoir les particules à sécher depuis une unité d'alimentation (9) et pour répartir avant séchage ces particules le long d'un rayon du premier plateau (1a). L'unité d'alimentation permet de contrôler le débit d'alimentation ou de chargement (dma / dt) des particules à sécher sur le premier plateau (1a).

[0034] Une première unité de récupération (3a) s'étend le long d'un second rayon du premier plateau, situé en aval du, préférablement adjacent à la première unité de répartition (2a), La première unité de récupération (3a) est configurée pour récupérer les particules déposées sur le premier plateau (1a) après une rotation d'un angle donné de celui-ci. L'angle de rotation est de préférence au moins égal à 300°, de préférence au moins égal à 320°, encore de préférence au moins égal à 340°, et de préférence le plus grand angle permettant d'accommoder la première unité de répartition (2a) et la première unité de récupération (3a) le long des rayons respectifs du premier plateau (1a). Un grand angle de rotation permet d'allonger le temps d'exposition aux gaz chauds des particules pour une vitesse de rotation donnée. Un angle de pratiquement 360° peut être obtenu en superposant la première unité de répartition (2a) au-dessus de la première unité de récupération (3a).

[0035] Le sécheur comprend également une unité de transfert (4t) des particules récoltées du premier plateau (1a) par la première unité de récupération (3a) vers une seconde unité de répartition (2b). La seconde unité de répartition (2b) s'étend le long d'un rayon du second plateau (1b) et est configuré pour répartir les particules sur le second plateau (1b), le long du rayon du second plateau. Une seconde unité de récupération (3b) des particules déposées sur le second plateau (1b) est située en aval de la seconde unité de répartition (2b), préférablement adjacente à la seconde unité de répartition (2b), de sorte que les particules l'atteignent après une rotation d'un angle donné de celui-ci. Les secondes unités de répartition et de récupération (2b, 3b) sont semblables aux premières unités de répartition et de récupération (2a, 3a) et les premières sont arrangées de manière similaire sur le second plateau (1b) que les dernières le sont sur le premier plateau (1a). Elles diffèrent cependant en ce que la seconde unité de répartition (2b) est couplée en amont à l'unité de transfert (4f) et en ce que la seconde unité de récupération (3b) est configurée pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par un système d'évacuation (4o).

[0036] Le sécheur comprend un système de soufflage de gaz chaud (5) configuré pour former un flux de gaz chaud sensiblement parallèle à l'axe vertical (Z), passant d'abord à travers la surface perforée du second plateau (1b) avant de passer directement après à travers la surface perforée du premier plateau (1a). C'est le gaz chaud et sec qui en contactant les particules humides va (a) augmenter leur température et (b) évacuer une partie de leur humidité. Il s'ensuit que la température du gaz chaud baisse et sa teneur en humidité augmente une première fois lorsqu'il passe à travers le second plateau (1b), puis une deuxième fois lorsqu'il passe à travers le premier plateau (1a). Le gaz sortant du premier plateau (1a) a donc une teneur en humidité trop élevée pour être recirculé tel quel. En pratique, le gaz ainsi refroidi et humidifié est donc soit évacué à l'extérieur de l'enceinte dans l'atmosphère ou pour une autre utilisation tel qu'un échangeur de chaleur ou un humidificateur (cf. flèches pointillées à la Figure 1 évacuant les gaz hors du sécheur vers le haut par une cheminée (6) du sécheur), soit recirculé après séchage et réchauffement. Le système de soufflage peut comprendre un ou, de préférence, plusieurs ventilateurs. Le ou les ventilateurs peuvent être configurés pour aspirer les gaz chauds en créant une dépression en aval des plateaux. Dans cette variante, le ou les ventilateurs sont positionnés en aval du premier plateau (1a). Dans une variante alternative, le ou les ventilateurs peuvent être configurés pour souffler le gaz chaud en créant une pression positive en amont du second plateau (1b). Dans cette variante, le ou les ventilateurs sont positionnés en amont du second plateau (1b). Les termes « amont » et « aval » utilisés pour définir le système de soufflage sont définis par rapport au sens de déplacement du gaz à travers le second plateau (1b) avant de passer à travers le premier plateau (1a).

[0037] Le sécheur de la présente invention se distingue des sécheurs antérieurs en ce qu'il comprend en outre une unité de séparation (21) de particules située dans ou en amont de l'unité d'alimentation (9). L'unité de séparation (21) est configurée pour séparer les particules fines (20f) de diamètre inférieur à un diamètre fin (D0) des particules grossières (20c) de diamètre supérieur au diamètre fin (D0). L'idée est qu'en tamisant les particules (20) avant le sécheur, avec une unité de séparation (21) séparant les particules fines (20f) susceptibles de passer à travers les ouvertures du plateau inférieur (e.g., le premier plateau (1a)) et ainsi tomber sur le plancher du sécheur, les particules grossières (20c) retenues dans un volume de rétentat (21c) de l'unité de séparation (21) peuvent être distribuées sur le plateau inférieur (e.g., le premier plateau (1a)) sans qu'elles ne puissent passer au travers de celui-ci, puisqu'elles s ont plus grosses que les ouvertures du plateau inférieur.

[0038] Les particules fines (20f) de diamètre inférieur au diamètre des ouvertures du plateau inférieur récoltées dans un volume de tamisat (21f) de l'unité de séparation (21) peuvent être distribuées à différents endroits du sécheur discutés plus en détails plus bas, permettant d'éviter qu'elles n'entrent en contact direct avec la surface supérieure du plateau inférieur (e.g., premier plateau (1a)). Ainsi la quantité de particules fines qui se retrouve perdue sur le plancher du sécheur est diminuée sensiblement, voire pratiquement réduite à zéro.

[0039] Pour atteindre cet objectif, une première conduite (4c) relie l'unité de séparation (21) à l'unité d'alimentation (9) ou, si l'unité de séparation (21) est intégrée dans l'unité d'alimentation (9), à la première unité de répartition (2a). La première conduite (4c) est configurée pour alimenter en particules grossières (20c) la première unité de répartition (2a), soit directement, soit à travers l'unité d'alimentation (9) et la conduite d'alimentation (4i), pour répartir les particules grossières (20c) avant séchage le long du rayon du premier plateau (1a).

[0040] Une seconde conduite (4f) relie l'unité de séparation à l'une ou plusieurs des unités suivantes,

- la seconde unité de répartition (2b) (cf. Figures 4(a), 5(a)), soit
- une seconde unité de répartition des fines (2bf) située en aval de la seconde unité de répartition (2b) pour répartir les particules fines (20f) avant séchage le long du rayon du second plateau (1b) (cf. Figures 2(a), 3(a)), soit
- une première unité de répartition des fines (2af) située en aval de la première unité de répartition (2a) pour répartir les particules fines (20f) avant séchage le long du rayon du premier plateau (1b) (cf. Figure 6(a)), soit
- une combinaison de deux ou trois des options précédentes,

[0041] La seconde conduite (4f) est configurée pour alimenter en particules fines (20f) une ou plusieurs des unités précédentes. Lorsque utilisés pour se référer au transport des particules, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la direction de déplacement des particules dans le sécheur.

UNITÉ DE SÉPARATION (21)

[0042] L'unité de séparation (21) est configurée pour séparer les particules fines des particules grossières. Les Figures 2(b) à 7(b) montrent un exemple de distribution granulométrique des particules (20) à sécher. Les particules fines sont les particules d'une fraction fine de la distribution granulométrique, dont le diamètre est inférieur au diamètre fin (D0) (cf. zone hachurée dans les Figures 2(b) à 7(b). Les particules grossières sont les particules de la fraction complémentaire ou grossière dont le diamètre est supérieur au diamètre fin (D0). La valeur du diamètre fin (D0) dépend en fait du diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b), surtout du plateau inférieur, i.e., situé en dessous de l'autre plateau (supérieur). Le diamètre fin correspond à la taille des particules qui ne seraient pas retenues par les plateaux (1a, 1b) en passant par les ouvertures de ceux-ci et, dans le cas du plateau inférieur, tomberaient sur le plancher du sécheur. Par exemple, les diamètres hydrauliques (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b) sont sélectionnés de sorte que les particules fines (20f) représentent moins de 20%, de préférence moins de 15% et encore de préférence moins de 10% ou même 5% en poids du poids total de particules (20) avant séchage. En général, il est préféré que les particules fines (20f) représentent entre 5% et 20%, de préférence entre 5 et 15% en poids

du poids total de particules (20) avant séchage. Le diamètre hydraulique (Dh) d'une figure géométrique fermée et plane est défini comme le rapport, Dh = 4 A / P, où P le périmètre de la figure géométrique et A est l'aire de la surface comprise dans le périmètre. Dans le cas d'une ouverture, la figure géométrique est la section transversale de l'ouverture.

[0043] Dans un mode de réalisation de l'invention, l'unité de séparation (21) peut comprendre un volume de rétentat (21c) séparé d'un volume de tamisat (21f) par un élément de tamisage (21s). Le volume de rétentat (21c) est relié, d'une part, en amont à une source (20s) des particules (20) pour alimenter l'unité de séparation (21) en particules et, d'autre part, en aval à la première conduite (4c) afin d'alimenter en particules grossières la première unité de répartition (2a), soit directement, soit à travers l'unité d'alimentation (9) et la conduite d'alimentation (4i). Le volume de tamisat est relié à l'un ou plusieurs parmi la seconde unité de répartition (2b) (cf. Figures 4(a), 5(a)) et / ou la seconde unité de répartition des fines (2bf) (cf. Figures 2(a), 3(a)), et / ou une première unité de répartition des fines (2af) (cf. Figure 6(a)).

[0044] Afin de diminuer les pertes de charges, il est préférable d'augmenter (ou de ne pas diminuer) les diamètres hydrauliques des ouvertures des plateaux. Par contre, pour minimiser la perte de particules ayant une taille inférieure ou égale au diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures et pouvant passer à travers les plateaux, il faut minimiser la taille des diamètres hydrauliques des ouvertures des plateaux. Selon la présente invention, la fraction fine (21f) de particules est définie comme la fraction de particules ayant une taille inférieure ou égale au diamètre fin (D0). La fraction fine correspond aux particules fines (20f) qui, par leurs petites tailles, sont les plus susceptibles de passer à travers le premier plateau (1a) et M ou le second plateau (1b) et se retrouver sur le plancher du sécheur. Les valeurs du diamètre fin (D0) et du diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b) sont donc intimement liées entre elles.

[0045] Par exemple, dans le cas où on ne veut pas ou ne peut pas changer le diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b), le diamètre fin (D0) est égal à ou légèrement supérieur au diamètre hydraulique des ouvertures. Dans ce cas, l'élément de tamisage (21s) a des ouvertures de dimensions égales ou légèrement supérieures au diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures du plateau inférieur (e.g., le premier plateau (1a)), de préférence Dha = Dhb. Si la fraction de particules fines (20f) ainsi définie forme plus de 20%, de préférence plus de 25% du poids total de particules (20) à sécher, alors il devient préférable de considérer une réduction du diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b), pour ramener à ou à moins de 20% du poids total de particules (20) à sécher la fraction de particules fines (20f) de diamètre inférieur au diamètre fin (D0).

[0046] Par contre, dans le cas où le diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures des premier

et second plateaux (1a, 1b) peut être changé à loisir (par exemple en déposant une couche filtrante (1bp) sur un caillebotis), il sera sélectionné de sorte que la valeur du diamètre fin (D0) définissant la borne supérieure de la fraction de particules fines (20f) au-dessus de laquelle les particules grossières (20c) ne peuvent passer à travers le plateau inférieur (e.g., le premier plateau (1a)), est choisie de préférence de sorte que la fraction de particules fines (20f) forme environ 5 à 20%, de préférence de 7 à 10% du poids total de particules. En général, les ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b) ont un diamètre hydraulique (Dha, Dhb) égal ou inférieur au diamètre fin (D0) dans une tolérance de 10% en dessous de D0 (i.e., Dha = 90% D0 à D0) ou de 5% (i.e., Dha = 95% D0 à D0). De préférence, Dha = Dhb. De préférence le diamètre hydraulique (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b) est égal au diamètre fin (D0) (i.e., Dha = Dhb = D0).

[0047] L'élément de tamisage (21s) peut comprendre des ouvertures de diamètre hydraulique (Dhs) égale au diamètre hydraulique des ouvertures du premier plateau (1a) dans une tolérance de + 10% (i.e., Dhs = Dha à 110% Dha) ou de + 5% (i.e., Dhs = Dha à 95% Dha). De préférence le diamètre hydraulique (Dhs) des ouvertures de l'élément de tamisage est égal au diamètre hydraulique (Dha) des ouvertures du premier plateau (1a) (i.e., Dhs = Dha). De préférence, le diamètre hydraulique (Dhb) des ouvertures du second plateau (1b) est égal au diamètre hydraulique (Dha) des ouvertures du premier plateau (1a) (i.e., Dha = Dhb). L'élément de tamisage peut être sous la forme d'une plaque, d'un panier, d'une membrane, etc. Dans une variante préférée, l'élément de tamisage (21s) est configuré pour entrer en vibrations, dans un mouvement cyclique de trajectoire, amplitude et fréquence contrôlées afin d'améliorer la séparation des particules fines (20f) et des particules grossières (20c). Ceci permet de désagréger des agglomérats et une séparation plus efficace des particules fines (21f). Alternativement ou conjointement, un mouvement de rotation de l'élément de tamisage (21s) permet d'augmenter la pression par la force centrifuge lors du tamisage à travers l'élément de tamisage (21s). Dans la discussion qui précède, par volonté de simplification, il a souvent été proposé que le plateau inférieur était le premier plateau (1a) car cette configuration du sécheur est préférée. Cependant, la même discussion s'applique *mutatis mutandis* dans le cas où le plateau inférieur est le second plateau (1b).

[0048] Dans une variante de l'invention, illustrée dans les Figures 3(a), 5(a), et 7(a), l'élément de tamisage (21s) de l'unité de séparation (21) est intégré à l'unité d'alimentation (9). Dans cette variante, le volume de rétentat (21c) est couplé à l'unité d'alimentation (9) et est configuré pour alimenter la première unité de répartition (2a) en particules grossières (21c), de préférence par une vis d'Archimède. Dans une variante alternative, illustrée dans les Figures 2(a), 4(a), et 6(a), l'élément de tamisage (21s) de l'unité de séparation (21) est distinct de l'unité d'alimentation (9). Dans cette variante, le volume de rétentat (21c) est en communication directe avec une entrée de l'unité d'alimentation (9) et est configuré pour alimenter l'unité d'alimentation (9) en particules

grossières (20c).

[0049] Ainsi séparées en une fraction grossière de particules grossières (20c) constituant de préférence de 85 à 95% en poids de la distribution granulométrique des particules et une fraction fine de particules fines (20f) constituant le reste de la distribution granulométrique ayant un diamètre fin inférieur ou égal au diamètre fin (D0), la première unité de répartition (2a) peut répartir la fraction grossière de particules grossières (20c) sur le premier plateau (1a) sans risque que les particules fines (20f) ne passent à travers les ouvertures du premier plateau (1a). Les particules fines (20f) de la fraction fine peuvent être réparties sur les premier et / ou second plateaux (1a, 1b) séparément de différentes manières. Dans une variante illustrée dans les Figures 2(a)&2(c) à 5(a)&5(c), les particules fines sont réparties sur le second plateau (1b) uniquement, sans passer par le premier plateau (1a). Dans une variante alternative (ou conjointe) illustrée dans les Figures 6(a)&6(c) et 7(a)&7(c), les particules fines sont réparties sur le premier plateau (1a) mais seulement après que les particules grossières (20c) aient été réparties pour former sur le premier plateau (1a) une couche de particules grossières (20c) sur laquelle sont déposées les particules fines (20f).

RÉPARTITION DES PARTICULES FINES (20f) SUR LE SECOND PLATEAU (1b) UNIQUEMENT

[0050] Les Figures 2(a)&2(c) à 5(a)&5(c) illustrent une première variante de la présente invention dans laquelle les particules fines sont réparties sur le second plateau (1b) uniquement, sans passer par le premier plateau (1a). Dans cette variante, le volume de rétentat (21c) est couplé à la première unité de répartition (2a). Ainsi, seules les particules grossières (20c) contenues dans le volume de rétentat (21c) sont transférées dans la première unité de répartition (2a) qui répartit les particules pour former sur le premier plateau (1a) une couche exclusivement formée de particules grossières, comme illustré sur le premier plateau (1a) inférieur des Figures 2(c) à 5(c). Après un tour sur le premier plateau, les particules grossières déposées sur le premier plateau (1a) sont transférées par l'unité de transfert (4t) sur le second plateau (1b) sur lequel les particules fines (20f) sont déposées également selon différents modes de réalisation.

[0051] Il est vrai que la fraction fine de particules fines (20f) n'est séchée que le temps d'une rotation sur le second plateau (1b), au détriment d'une certaine efficacité du procédé de séchage. Cependant, cette perte d'efficacité n'est pas conséquente, puisque la fraction de particules fines (20f) ne constitue que de l'ordre de 10% du poids total des particules. Ainsi, il est fait référence à la Figure 10 discutée plus en détail plus bas, représentant l'augmentation relative de la teneur en humidité selon la présente variante et en prenant les valeurs indiquées à la Figure 1 qui donne à titre purement indicatif des valeurs de teneurs en humidité relatives à la teneur initiale (H0a) des particules avant de sécher. Prenant ces valeurs de H0b / H0a) à titre d'exemple, on voit que les particules grossières (20c), constituant environ (1 – f) = 90% du poids total de particules, sont

réparties sur le premier plateau (1a) avec une teneur initiale H0a / H0a = 100%. Après un tour du premier plateau (1a) les particules grossières sont récupérées par la première unité de récupération (3a), transférée vers le second plateau et réparties sur le second plateau avec une teneur intermédiaire en humidité e.g., H1a / H0a = H0b / H0a = 50%. On ajoute également les particules fines qui ont une teneur initiale en humidité H0a / H0a = 100% et constituant environ f = 10% du poids total des particules. Ainsi, on voit à la Figure 10 que pour une teneur intermédiaire en humidité H0b / H0a = 50% à lire sur l'abscisse de la Figure 10, on obtient une augmentation relative de la teneur relative en humidité d'environ 10% seulement, pour une fraction f = 10% de particules fines.

[0052] De plus, comme seule 90% en poids des particules formant la fraction grossière est déposée sur le premier plateau (1a), le séchage est plus efficace sur le premier plateau (1a) que si toutes les particules y avaient été déposées. La teneur intermédiaire (H1a / H0a) est donc inférieure si on n'a déposé que les particules grossières (20c) sur le premier plateau (1a) que si toutes les particules y avaient été déposées. Enfin, il a été observé que les particules fines séchaient plus rapidement que les particules grossières. Ceci peut même être un inconvénient dans certains cas utilisant des sécheurs de l'art antérieur, avec lesquels les particules plus fines peuvent être sur-séchées. Raccourcir le temps de séchage des particules fines résout donc ce problème. Pour toutes ces raisons, la perte en efficacité est donc faible en comparaison avec l'avantage de ne pas perdre environ 10% du poids des particules, ou de devoir réduire la taille des ouvertures des plateaux, augmentant ainsi les pertes de charges des flux de gaz chaud passant à travers les deux plateaux.

Les Fines dans une Seconde Unité de Répartition des Fines (2bf)

[0053] Les Figures 2(a) à 2(c) et 3(a) à 3(c) illustrent un premier mode de réalisation de la présente variante différant l'une de l'autre uniquement en ce que dans la Figure 2(a), l'unité de séparation (21) est distincte de l'unité d'alimentation (9), alors que dans la Figure 3(a), l'unité de séparation est intégrée dans l'unité d'alimentation (9). Dans ce premier mode de réalisation illustré dans les Figures 2(a) et 3(a), le volume de tamisat (21f) contenant les particules fines (20f) est couplé à une seconde unité de répartition des fines (2bf) située en aval de la seconde unité de répartition (2b) pour répartir les particules fines (20f) avant séchage le long du rayon du second plateau (1b). Comme la seconde unité de répartition des fines (2bf) est située en aval de la seconde unité de répartition (2b), les particules fines (20f) sont déposées sur une couche de particules formées exclusivement des particules grossières (20c) provenant du premier plateau (1a). Ainsi, tel qu'illustré sur les Figures 2(c) et 3(c), les particules déposées sur le second plateau (1b) supérieur de ces Figures forment deux couches stratigraphiques bien marquées, avec une couche supérieure formée uniquement de particules fines (20f) reposant sur une couche de base formée exclusivement de particules grossières (20c). Bien que le diamètre hydraulique (Dhb) des

ouvertures du second plateau (1b) sont de l'ordre du diamètre fin (D0) et de préférence égal au diamètre hydraulique des ouvertures du premier plateau (1a), les particules fines (20f) ne peuvent pas traverser le second plateau (1b) car elles sont séparées des ouvertures du second plateau par la couche de particules grossières.

[0054] Sans passer par le premier plateau et grâce à la couche tampon formée par les particules grossières (20c) sur le second plateau (1b), les particules fines ne tombent plus à travers les plateaux, malgré qu'elles aient une taille inférieure ou égale au diamètre hydraulique des ouvertures des plateaux. Ce mode de réalisation est très efficace pour ne perdre pratiquement aucune des particules fines (20f). Cependant, ce mode de réalisation nécessite d'installer la seconde unité de répartition des fines (2bf) qui, bien que de plus petites dimensions que la seconde unité de répartition (2b), augmente le coût de l'installation et réduit l'espace angulaire disponible sur le second plateau (1b) pour sécher les particules.

Les Fines dans la Seconde Unité de Répartition (2b)

[0055] Les Figures 4(a) à 4(c) et 5(a) à 5(c) illustrent un mode de réalisation alternatif de la présente variante différant l'une de l'autre uniquement en ce que dans la Figure 4(a), l'unité de séparation (21) est distincte de l'unité d'alimentation (9), alors que dans la Figure 5(a), l'unité de séparation est intégrée dans l'unité d'alimentation (9). Dans ce mode de réalisation alternatif illustré dans les Figures 4(a) et 5(a), le volume de tamisat (21f) contenant les particules fines (20f) est couplé à la seconde unité de répartition (2b) où elles sont mélangées aux particules grossières (21c) partiellement séchées provenant du premier plateau (1a) à travers l'unité de transfert (4t) pour répartir les particules fines (20f) avant séchage et grossières (20c) partiellement séchées le long du rayon du second plateau (1b). Comme les particules fines et grossières sont mélangées dans la seconde unité de répartition (2b), la granulométrie des particules est distribuée de manière homogène dans l'épaisseur de la couche ainsi formée sur le second plateau (1b), tel qu'illustré sur les Figures 4(c) et 5(c).

[0056] Contrairement au premier mode de réalisation illustré dans les Figures 2(a) et 3(a), les particules fines (20f) déposées sur le second plateau (2b) selon le présent mode de réalisation des Figures 4(a) et 5(a) ne sont pas séparées de celui-ci par une couche de particules grossières (20c). Il est donc possible que des particules fines (20f) passent à travers les ouvertures du second plateau (1b) pour tomber par gravité sur le premier plateau (1a) (cf. particules chutant du second plateau (1b) vers le premier plateau (1a) dans les Figures 4(c) et 5(c)). Ceci n'est cependant pas un inconvénient, car les particules fines (20f) tombant ainsi du second plateau (1b) tombent sur une couche composée uniquement de particules grossières (20c) déposées sur le premier plateau (1a). Ainsi, ces particules fines tombant du second plateau (1b) n'entrent jamais en contact direct avec le premier plateau (1a) et ne peuvent donc passer à travers les ouvertures de celui-ci. Ainsi, malgré que le diamètre hydraulique (Dha) des ouvertures du premier plateau (1a) sont de l'ordre

du diamètre fin (D0), les particules fines (20f) ne peuvent pas traverser le premier plateau (1a) car elles sont séparées des ouvertures du premier plateau (1a) par la couche de particules grossières (20c).

[0057] Ce mode de réalisation est simple et économique à implémenter dans un sécheur du type décrit dans EP2828595 et illustré à la Figure 1, puisqu'il suffit d'installer une unité de séparation et conduites (4f, 4c) correspondantes.

RÉPARTITION DES PARTICULES FINES (20f) SUR UNE COUCHE DE PARTIULES GROSSIÈRES (20c) SUR LE PREMIER PLATEAU (1a)

[0058] Les Figures 6(a) à 6(c) et 7(a) à 7(c) illustrent une variante alternative différant l'une de l'autre uniquement en ce que dans la Figure 6(a), l'unité de séparation (21) est distincte de l'unité d'alimentation (9), alors que dans la Figure 7(a), l'unité de séparation est intégrée dans l'unité d'alimentation (9). Contrairement à la variante précédente, dans laquelle les particules fines (20f) sont réparties sur le second plateau uniquement, dans cette variante, les particules fines sont déposées sur le premier plateau (1a), sur une couche constituée uniquement de particules grossières (20c). Dans cette variante illustrée dans les Figures 6(a) et 7(a), le volume de tamisat (21f) contenant les particules fines (20f) est couplé à une première unité de répartition des fines (2af) située en aval de la première unité de répartition (2a) pour répartir les particules fines (20f) avant séchage le long du rayon du premier plateau (1b).

[0059] Comme la première unité de répartition des fines (2af) est située en aval de la première unité de répartition (2a), les particules fines (20f) sont déposées sur une couche de particules formées exclusivement des particules grossières déposées sur le premier plateau (1a) par la première unité de répartition (2a) en amont de la première unité de répartition des fines (2af). Ainsi, tel qu'illustré sur les Figures 6(c) et 7(c), les particules déposées sur le premier plateau (1a) inférieur de ces Figures forment deux couches stratigraphiques bien marquées, avec une couche supérieure formée uniquement de particules fines (20f) reposant sur une couche de base formée exclusivement de particules grossières (20c). Bien que le diamètre hydraulique (Dha) des ouvertures du premier plateau (1a) sont de l'ordre du diamètre fin (D0) et de préférence égal au diamètre hydraulique des ouvertures du second plateau (1b), les particules fines (20f) ne peuvent pas traverser le premier plateau (1a) car elles sont séparées des ouvertures du second plateau par la couche de particules grossières.

[0060] Après un tour sur le premier plateau (1a) les particules fines (20f) posées sur les particules grossières (20c) sont recueillies par la première unité de récupération (3a) et transférées par l'unité de transfert (4t) vers la seconde unité de répartition (2b) pour répartir les particules fines et grossières mélangées. Les particules en deux couches distinctes sur le premier plateau (1a) sont mélangées dans les unités de transfert (4t) et seconde unité de répartition (2b) qui dépose les particules de manière homogène sur le second plateau (1b). Comme les particules fines et

grossières sont mélangées dans la seconde unité de répartition (2b), la granulométrie des particules est distribuée de manière homogène dans l'épaisseur de la couche ainsi formée sur le second plateau (1b), tel qu'illustré sur les Figures 6(c) et 7(c), les particules fines (20f) déposées sur le second plateau (2b) selon la présente variante des Figures 6(a) et 7(a) ne sont pas séparées de celui-ci par une couche de particules grossières (20c). Il est donc possible que des particules fines (20f) passent à travers les ouvertures du second plateau (1b) pour tomber sur le premier plateau (1a) (cf. particules chutant du second plateau (1b) vers le premier plateau (1a) dans les Figures 6(c) et 7(c)). Ceci n'est cependant pas un inconvénient, car les particules fines (20f) tombant ainsi du second plateau (1b) tombent sur une couche composée uniquement de particules fines (20f), elles-mêmes déposées sur une couche composée uniquement de particules grossières (20c) déposées sur le premier plateau (1a). Ainsi, ces particules fines (20f) tombant du second plateau (1b) n'entrent jamais en contact direct avec le premier plateau (1a) et ne peuvent donc passer à travers les ouvertures de celui-ci. Ainsi, malgré que le diamètre hydraulique (Dha) des ouvertures du premier plateau (1a) sont de l'ordre du diamètre fin (D0), les particules fines (20f) ne peuvent pas traverser le premier plateau (1a) car elles sont séparées des ouvertures du premier plateau (1a) par la couche de particules grossières (20c).

[0061] Dans cette variante, toutes les particules fines (20f) et grossières (20c) sont séchées sur deux rotations consécutives sur le premier plateau (1a- puis le second plateau (1b), alors que dans la variante précédente des Figures 2 à 5, seules les particules grossières font deux rotations, les particules fines ne faisant qu'une rotation sur le second plateau (1b).

[0062] Il est clair qu'il est possible de combiner les variantes et modes de réalisation décrits ci-dessus, en envoyant une partie des particules fines (20f) recueillies dans le volume de tamisat (21f) vers la première unité de répartition de fines (2af) et une autre partie vers la seconde unité de répartition (2b) et / ou vers la seconde unité de répartition de fines (2bf)

STRUCTURE DU SECHEUR – UNITÉ D'ALIMENTATION (9)

[0063] L'unité d'alimentation (9) est couplée en amont soit au volume de rétentat (21c) de l'unité de séparation (21), soit, dans le cas où l'unité de séparation (21) est intégrée dans l'unité d'alimentation (9) à une source de particules (20s), par exemple stockée dans un silo, un container, une benne, etc. L'unité d'alimentation (9) est couplée en aval, à la première unité de répartition (2a). L'unité d'alimentation (9) permet de préférence de contrôler précisément et de varier le débit d'alimentation en particules grossières (20c) vers la première unité de répartition (2a) afin de pouvoir contrôler l'épaisseur (da) de la couche de particules déposée sur le premier plateau par la première unité de répartition (2a).

[0064] Toute unité d'alimentation permettant un tel contrôle connu de l'homme du métier peut être utilisé et la présente invention n'est pas limitée à un type ou modèle particulier d'unité d'alimentation. Par exemple, l'unité d'alimentation (9) peut comprendre une ou plusieurs vis d'Archimède dont la vitesse de rotation contrôle le débit d'alimentation des particules grossières

(21c) alimentant la première unité de répartition (2a). De manière alternative, l'unité d'alimentation peut comprendre un tapis roulant dont la vitesse de déplacement peut être contrôlée afin de contrôler le débit d'alimentation.

[0065] Une unité d'alimentation des fines permettant de contrôler le débit de particules fines (21f) vers l'une ou plusieurs parmi la seconde unité de répartition (2b), la première et / ou la seconde unité de répartition de fines (2af, 2bf). Comme l'unité d'alimentation (9), l'unité d'alimentation des fines peut être sous la forme d'une vis d'Archimère ou un tapis roulant. Cependant, comme la fraction de particules fine (20f) ne forme qu'environ 10 à 15% du poids total de particules, les particules fines (20f) recueillies dans le volume de tamisat (21f) peuvent être transférées vers les unité d'alimentation correspondantes (2b, 2af, 2bf) au fur et à mesure qu'elles passent à travers l'élément de tamisage (21f), sans contrôle particulier du débit.

STRUCTURE DU SECHEUR – 1er ET 2nd UNITÉS DE RÉPARTITION (2a, 2b)

[0066] L'unité d'alimentation (9) est couplée en aval à la première unité de répartition (2a) et est configurée pour alimenter en particules grossières (20c) la première unité de répartition (2a) à un débit d'alimentation contrôlé, par exemple, par un processeur. La première unité de répartition (2a) des particules à sécher sur le premier plateau (1a) a pour but de répartir les particules grossières à sécher de manière homogène le long d'un rayon du premier plateau (1a) pour former une couche d'épaisseur (da, db) contrôlée et sensiblement constante le long d'un rayon du plateau correspondant. De manière générale, la première unité de répartition (2a) comprend,

- une structure s'étendant de la périphérie extérieure à la périphérie intérieure d'un plateau, suivant de préférence un rayon de celui-ci,
- des moyens de transport des particules de la périphérie extérieure à la périphérie intérieure des plateaux, et enfin
- des moyens de déposition desdites particules depuis les moyens de transport vers les plateaux.

[0067] Plusieurs solutions sont possibles. Par exemple, le transport des particules de la périphérie extérieure vers la périphérie intérieure des plateaux peut être assurée par une bande transporteuse, soit perforée, soit inclinée transversalement de sorte à permettre aux particules de saupoudrer le plateau situé en-dessous. Pour assister au saupoudrage, la bande peut être vibrée. Dans une variante alternative et préférée, la première unité de répartition (2a) comprend au moins une vis d'Archimède s'étendant le long d'un rayon du premier plateau (1a), afin de transporter les particules de la périphérie extérieure vers la périphérie intérieure du premier plateau (1a), tout en répartissant les particules sur le plateau. Ladite au moins une vis d'Archimède est enfermée dans une enceinte munie d'une ou plusieurs ouvertures s'étendant vers le bas et le long dudit rayon du premier plateau (1a) afin de permettre le saupoudrage des particules de manière homogène le long du rayon du premier plateau (1a).

[0068] Dans le cas d'une vis d'Archimède, si les particules à sécher sont déversées par l'unité d'alimentation (9) à une première extrémité de la vis d'Archimède de la première unité de répartition (1a), par exemple adjacente à l'enceinte (10), le risque est grand que l'épaisseur (da) de la couche de particules diminue le long du rayon du premier plateau (1a) au fur et à mesure qu'on s'approche du centre du plateau. Un tel gradient d'épaisseur (d(da) / dR) n'est pas conseillé car cela entraîne un gradient le long du rayon du premier plateau (1a) en teneurs intermédiaires en humidité (H1a) des particules après un tour sur le premier plateau (1a). Pire encore, si la couche devient si fine que des trous apparaissent dans la couche de particules, cela crée des zones de faible résistance au flux de gaz chaud qui passera préférentiellement par ces zones au détriment des particules à sécher.

[0069] Pour pallier ce problème, la première unité de répartition (2a) s'étendant le long d'un rayon du premier plateau (1a) peut comprendre, tel qu'illustrée dans les Figures 8(a) et 8(b), une vis de répartition (22v) et une vis de recirculation (23v), placées côte à côte et enfermées dans un caisson (2h). Le caisson (2h) comprend une ouverture d'alimentation couplée à une sortie (9o) de l'unité d'alimentation (9). L'ouverture d'alimentation est configurée pour délivrer des particules provenant de l'unité d'alimentation (9) vers une extrémité de la vis de répartition (22v). Par exemple, l'ouverture d'alimentation peut se trouver au-dessus de la vis de répartition (22v) afin de permettre aux particules de tomber par gravité dans le caisson (2h) et d'être emportées par la rotation dans un premier sens de la vis de répartition (22v) le long du rayon du premier plateau (1a).

[0070] Une ouverture de répartition (2o) s'étend le long de la longueur d'une face inférieure du caisson (2h), en-dessous de la vis de répartition (22v) afin que les particules puissent sortir du caisson (2h) par gravité et tomber sur le premier plateau (1a) le long de son rayon. Afin d'éviter que les particules tombent majoritairement dans une section adjacente à l'ouverture d'alimentation (9o), la vis de répartition (22v) n'est que partiellement séparée de la vis de recirculation (23v), permettant à un surplus de particules de passer de la vis de répartition (22v) vers la vis de recirculation (23v), qui tourne dans un second sens, opposé au premier sens de rotation de la vis de répartition (22v) de sorte à transporter les particules ainsi transvasées dans la direction de l'enceinte (10) (i.e., vers les extrémités extérieures des vis de répartition et recirculation (22v, 23v)). A l'extrémité extérieure de la vis de recirculation (23v) adjacente à l'enceinte, la vis de recirculation (23v) est munie d'une palette (23s) qui, par rotation de la vis de recirculation (23v) renvoie les particules vers la vis de répartition (22v). Une palette (22s) semblable est agencée à l'extrémité de la vis de répartition (22v) à l'extrémité intérieure de la vis de répartition (22v) proche du centre du sécheur afin de transvaser vers la vis de recirculation (23v) les particules se trouvant à cette extrémité sans être tombées sur le premier plateau (1a) à travers l'ouverture de répartition (2o). Une première unité de répartition (2a) de ce type permet une répartition homogène des particules le long du rayon du premier plateau (1a), assurant ainsi que l'épaisseur (da) de la couche de particules déposées sur le premier plateau (1a) soit radialement sensiblement constante.

[0071] La seconde unité de répartition (2b) remplit pour le second plateau (1b) les mêmes fonctions que la première unité de répartition (2a) pour le premier plateau (1a), à la différence qu'il n'est pas alimenté en amont par une unité d'alimentation (9) mais par l'unité de transfert (4t) discutée plus bas. Elle peut être différente de la première unité de répartition (2a), mais les première et seconde unités de répartition (2a, 2b) sont de préférence semblables et même de préférence identiques. La seconde unité de répartition (2b) est de préférence du type discuté supra en référence aux Figures 8(a) et 8(b). Même si semblables, les première et seconde unités de répartition (2a,2b) ne doivent pas nécessairement fonctionner au même débit, et les couches déposées sur les premier et second plateaux (1a, 1b) ne doivent pas nécessairement avoir la même épaisseur (da, db).

STRUCTURE DU SECHEUR – 1er ET 2nd UNITÉS DE RÉCUPÉRATION (3a, 3b) ET UNITÉ DE TRANSFERT (4t)

[0072] La première unité de récupération (3a) du premier plateau (1a) permet de récupérer les particules déposées sur le premier plateau (1a) après un tour de rotation de celui-ci. La première unité de récupération (3a) est donc positionnée en amont de la première unité de répartition, adjacent à celui-ci de sorte que les particules ayant une teneur initiale en humidité (H0a) déposées sur le premier plateau par la première unité de répartition puissent faire une rotation, de préférence comprise entre 340 et 360°, ou de préférence entre 345 et 355° avant d'être recueillies et évacuées du premier plateau (1a) avec une teneur intermédiaire en humidité (H1a) par la première unité de récupération (3a). Pour maximiser l'angle de rotation des particules sur le premier plateau (1a) entre la première unité de répartition (2a) et la première unité de récupération (3a), elles sont de préférence agencées une à côté de l'autre, ou même la première unité de répartition (2a) peut être agencée au-dessus de la première unité de récupération (3a).

[0073] Comme illustré dans les Figures 9(a) et 9(c), la première unité de récupération (3a) comprend de préférence au moins une vis d'Archimède (32v) s'étendant le long d'un rayon dudit plateaux qui est enfermée dans un caisson (3h) muni d'une ou plusieurs ouvertures de récupération (3i) s'étendant le long dudit rayon du plateau correspondant. Les ouvertures sont reliées à un racleur (3r) ou brosse apte à récolter et diriger les particules amenées par la rotation du premier plateau (1a) à travers l'ouverture de récupération (3i) dans le caisson (3h) de la vis d'Archimède (32v). En tournant, la vis d'Archimède transporte les particules ainsi recueillies vers une ouverture d'évacuation (3o) qui est reliée à l'unité de transfert (4t). La première unité de récupération (3a) est ainsi couplée en aval à l'unité de transfert (4t) configurée pour transférer les particules ainsi recueillies par la première unité de récupération (3a) vers le second plateau (1b).

[0074] Les Figures 9(b) et 9(d) illustrent une autre variante de première unité de récupération (3a), particulièrement adaptée, mais pas uniquement, aux cas où le premier plateau (1a) comprend un rebord circonférentiel surélevé imposant de surélever la vis d'Archimède (32v) au-dessus de ce rebord. Comme dans la variante des Figures 9(a) et 9(c), dans la présente variante, la première unité de récupération (3a) comprend une vis d'Archimède (32v) dont la rotation permet

de transporter radialement les particules recueillies le long d'un rayon du premier plateau (1a) vers l'extérieur de celui-ci et de les décharger vers l'ouverture d'évacuation (3o) reliée à l'unité de transfert (4t). Dans la présente variante, la première unité de récupération (3a) comprend de plus un moulin multipale (3s) disposé en amont de et parallèle à la vis d'Archimède (32v). La rotation du moulin multipale (3s) permet d'alimenter la vis d'Archimède (32v) même si elle est surélevée par rapport à la surface du premier plateau. Dans tous les cas, le moulin multipale (3s) assure une alimentation en particules reproductible et fiable de la vis d'Archimède (32v).

[0075] L'unité de transfert (4t) est couplée en amont à la première unité de récupération (3a) du premier plateau (1a) et en aval à la seconde unité de répartition (2b) du second plateau (1b). La fonction de l'unité de transfert (4t) est donc de transférer les particules partiellement séchées du premier plateau (1a) vers le second plateau (1b) pour finaliser le séchage des particules. Le type d'unité de transfert (4t) des particules du premier plateau (1a) vers le second plateau (1b) dépend de la configuration du sécheur. Si le premier plateau (1a) est le plateau supérieur, le moyen de transfert peut être un simple tube reliant la première unité de récupération (3a) du premier plateau (1a) à la seconde unité de répartition (2b) du second plateau, dans lequel les particules tombent par gravité. Si, au contraire, le premier plateau (1a) est le plateau inférieur, il est préférable que l'unité de transfert (4t) comprenne une vis d'Archimède permettant de monter les particules du premier plateau (1a) inférieur vers le second plateau (1b) supérieur. Cette configuration du plateau inférieur formant le premier plateau (1a) et le plateau supérieur formant le second plateau (1b) a l'avantage de diminuer la mise en suspension des particules les plus fines, car dans cette configuration, le gaz chaud s'écoule du haut vers le bas, écrasant les particules contre les plateaux respectifs.

[0076] La seconde unité de récupération (3b) remplit pour le second plateau (1b) les mêmes fonctions que la première unité de récupération (3a) pour le premier plateau (1a), avec les différences suivantes,

- Les particules recueillies par la seconde unité de récupération (3b) ont une teneur finale en humidité (H1b) qui doit se trouver dans la plage cible prédéfinie (H1b = H1t $\pm \varepsilon$), après un premier tour de rotation sur le premier plateau (1a) et un second tour de rotation sur le second plateau (1b) exposées à un flux de gaz chaud traversant le second plateau (1b) avant de traverser le premier plateau (1a),
- la seconde unité de récupération (3b) n'est pas couplée en aval à l'unité de transfert (4t) mais est couplée par l'ouverture de récupération (3o) à un système d'évacuation (4o) qui évacue les particules hors du sécheur.

[0077] La seconde unité de récupération (3b) peut être différente de la première unité de récupération (3a), mais les première et seconde unités de récupération (3a, 3b) sont de préférence semblables et même de préférence identiques.

PREMIER ET SECOND PLATEAUX (1a, 1b)

[0078] Le sécheur selon la présente invention est particulièrement avantageux car il peut être utilisé pour sécher des particules de granulométries très différentes allant de particules fines telles que des sciures, des grains fin, des poudres céramiques, polymères ou métalliques, à des particules plus grossières, telles des déchets de bois, copeaux, pellets, des déchets agricoles, des écorces de maïs, etc. en changeant rapidement et facilement le diamètre des orifices des plateaux de la manière suivante. Comme illustré dans les Figures 2(c), 4(c), 6(c) et 7(c), les premiers et second plateaux (1a, 1b) peuvent ainsi comprendre une structure rigide autoportante (1ac, 1bc) à haute perméabilité de type caillebotis, sur laquelle est posée une couche filtrante (1ap, 1bp) comprenant des ouvertures de taille et densité correspondant à la perméabilité désirée selon le type et la granulométrie des particules à sécher. La couche filtrante (1ap, 1bp) peut être une tôle perforée, un tamis, une grille ou une toile. Pour faciliter la mise en place d'une telle couche filtrante, elle peut être découpée en secteurs angulaires, qu'on peut poser et fixer côte à côte directement sur le caillebotis ou autre structure autoportante (1ac, 1bc) à haute perméabilité. Ceci serait impossible dans la pratique avec des sécheurs à bande ou à plateaux perforés qui sont dédiés à sécher des particules d'un type unique de granulométrie.

[0079] La séquence de superposition des premier et second plateaux (1a, 1b) dépend des applications et des préférences. Par exemple, le premier plateau (1a) peut être situé en dessus du second plateau (1b) et le gaz chaud (par exemple de l'air chaud) circule alors du bas vers le haut. Un avantage de cette variante est que le transfert des particules partiellement séchées du premier plateau (1a) supérieur vers le second plateau (1b) inférieur par l'unité de transfert (4t) se fait du haut vers le bas, assisté par la gravité ; ainsi, un simple tube reliant la première unité de récupération (3a) à la seconde unité de répartition (2b) suffit. Par contre, comme le flux de gaz chaud circule du bas vers le haut à travers les second et premier plateaux, respectivement, les particules peuvent s'envoler et créer un nuage de poussières. Une légère fluidisation de la couche de particules peut être avantageuse pour le séchage de celles-ci, mais il faut éviter la formation d'un nuage de poussières fines en suspension dans l'air. Cette configuration convient donc mieux au séchage de particules plus lourdes qui ne forment pas facilement un nuage de poussières.

[0080] Pour les particules plus légères ou plus fines, le premier plateau (1a) peut être au contraire situé en dessous du second plateau (1b) et le gaz chaud circule ainsi du haut vers le bas, comme représenté aux Figures 1 à 7. Dans cette configuration, les particules sont plaquées contre le plateau sur lequel elles se trouvent ce qui compacte la couche de particules et diminue considérablement la mise en suspension de poussières. Le compactage de la couche de particules par un flux de gaz chaud du haut vers le bas risque de former des gradients de température et humidité dans l'épaisseur de la couche plus importants que dans une couche légèrement fluidisée par un flux de gaz chauds du bas vers le haut. Cependant, les particules ayant des température et teneur d'humidité différentes sont mélangées lors de la récupération des particules du premier plateau (1a) et de leur transfert vers le second plateau (1b) par l'unité de transfert (4t) comprenant, par exemple, une vis d'Archimède. Le brassage effectué dans l'unité de

transfert (4t) permet d'encore augmenter l'efficacité du séchage en remélangeant les particules permettant ainsi de déposer une couche de particules de température et teneur en humidité homogènes sur l'épaisseur de la couche.

[0081] Les Figures 1 et 2 illustrent des sécheurs comprenant deux plateaux. Cependant, pour réduire l'espace au sol occupé par l'équipement, il est tout à fait possible de monter :

- au moins un troisième plateau circulaire monté sensiblement horizontalement à une certaine distance du, et séparé du premier plateau (1a) par, le second plateau (1b), en rotation autour de l'axe vertical (Z), dans le sens inverse de rotation du second plateau, la surface dudit plateau étant perforée et perméable aux fluides tels l'air et la vapeur d'eau et l'eau, et
- un moyen de transfert des particules récoltées du second plateau (1b) par le moyen de récupération (2b) vers un troisième moyen de répartition apte à répartir lesdites particules le long d'un rayon du troisième plateau.

[0082] Il est clair qu'on peut monter autant de plateaux parallèles en rotation autour de l'axe (Z) que désiré et selon les besoins d'une application particulière. Cependant, un sécheur comprenant deux plateaux (1a, 1b) convient à la majorité des applications. L'utilisation de plusieurs plateaux superposés permet de réduire le diamètre extérieur des plateaux, mais augmente le prix de production du sécheur.

[0083] Les plateaux (1a, 1b) sont enfermés dans une enceinte extérieure de diamètre correspondant au diamètre des plateaux avec assez de marge pour éviter des frottements, mais aussi peu que possible pour permettre d'étanchéifier l'interface entre les plateaux et la paroi extérieure. L'étanchéité peut être assurée par exemple par une jupe flexible fixée à la paroi extérieure et reposant sur un rebord surélevé de la circonférence des plateaux. De cette manière, la couche de particules reposant sur un plateau en rotation n'est pas en contact avec la jupe statique, assurant ainsi une bonne étanchéité et une intégrité de la couche de particules sur le plateau. Ceci n'est pas possible à réaliser sur un sécheur à bande, dans lequel la jupe d'étanchéité est placée entre la bande roulante et les particules se trouvant sur les bords de la bande. Il y a donc une frange de particules en contact avec la jupe statique à chaque bord de la bande qui ne se déplace pas à la même vitesse que les particules se trouvant au milieu de la bande.

[0084] Comme illustré à la Figure 1, la partie centrale des plateaux est préférablement creuse et incluse dans une cheminée (6) qui est cylindrique, intérieure et centrée sur l'axe de rotation (Z). Une telle cheminée (6) s'élevant sur pratiquement toute la hauteur du sécheur, en tout cas entre les plateaux supérieur et inférieur, comprend de nombreux avantages, qui compensent amplement la perte en surface disponible pour le séchage. En effet, si le diamètre extérieur des plateaux est D1 et le diamètre de la cheminée cylindrique est $D6 = n \times D1$, où $n < 1$, la perte en surface (Ai) disponible sur chaque plateau pour le séchage entre un plateau plein et un plateau

comprenant une cheminée est A6 / A1 = n^2. Par exemple, si la cheminée a le tiers du diamètre de l'enceinte extérieure (i.e., n = 1/3), la perte en surface disponible pour le séchage n'est que de $n^2 = 1 / 9 \simeq 11\%$. Une cheminée (6) permet tout d'abord un accès aisé par un opérateur à tous les éléments mécaniques de la machine, tels que des paliers, motoréducteurs, vérins, etc. Elle facilite aussi le remplacement des couches poreuses flexibles (1ap, 1bp) à déposer et fixer sur les caillebotis (1ac, 1bc) donnant aux plateaux leur intégrité mécanique. La cheminée peut également servir à loger les moteurs (5a, 5b) entraînant la rotation des plateaux, ainsi que les ventilateurs servant à générer le flux de gaz chaud, avec l'avantage d'une réduction substantielle des nuisances sonores générées par le sécheur. Dans le cas d'un flux de gaz du haut vers le bas tel que représenté à la Figure 1, des fenêtres (6w) au bas de la cheminée (6), situées en dessous du plateau inférieur permettent de récupérer le gaz chaud et l'évacuer par le haut à l'intérieur de l'enceinte. De manière alternative, les gaz chauds peuvent être évacués par un espace défini dans une double paroi de l'enceinte (10).

[0085] Par ailleurs, la cheminée (6) permet de fixer les première et seconde unités de répartition (2a, 2b) et de récupération (3a, 3b) à leur deux extrémités afin d'éviter de devoir les fixer en porte-à-faux sur l'enceinte extérieure uniquement. De plus cela dégage de la place aux extrémités intérieures desdits moyens situés côte-à-côte pour accommoder leur largeur. Enfin, une telle structure permet de rigidifier la surface comprise entre la cheminée (6) et l'enceinte extérieure (10), permettant de garder une bonne planéité des plateaux. Ceci est important pour le nettoyage et récupération des particules par un racleur ou une brosse, qui ne sont efficaces que si la surface des plateaux est parfaitement plane.

[0086] Grâce à l'unité de séparation (21) et à la répartition des particules grossières (20c) et particules fines (20f) selon la présente invention, il est possible de sélectionner des diamètres hydrauliques (Dha, Dhb) d'ouvertures des plateaux plus grands que dans un sécheur de l'art antérieur, sans perdre les particules les plus fines qui, sinon, se retrouveraient sur le plancher du sécheur après être passées à travers les premiers et second plateaux (1a, 1b).

[0087] Des particules fines peuvent néancmoins tomber sur le plancher du sécheur. Afin d'éviter une accumulation de particules sur le plancher et aussi pour les récupérer, il est avantageux de munir le plancher d'une ouverture d'extraction des particules les plus fines qui se seraient déposées sur le plancher. De plus, un racleur ou brosse fixé de manière solidaire au plateau inférieur et apte à suivre le mouvement de rotation de celui-ci sert à pousser les particules déposées sur le plancher vers ladite ouverture d'évacuation. Comme le racleur ou brosse est fixé au plateau inférieur, il n'est pas nécessaire de le motoriser individuellement.

PRINCIPE DE SÉCHAGE

[0088] Le séchage des particules déposées sur le premier plateau (1a) perforé, transférées après une rotation donnée du premier plateau vers le second plateau (1b) perforé et en rotation est

assuré par un moyen de soufflage de gaz chaud (5g) suivant un flux sensiblement parallèle à l'axe vertical (Z), passant à travers le second plateau (1b) avant de passer à travers le premier plateau (1a), définissant ainsi un système de séchage à contre-courant. Il est important que le flux de gaz chaud et sec passe d'abord par le second plateau (1b), où les particules sont déjà partiellement séchées par leur séjour sur le premier plateau (1a), qui est lui atteint par un flux de gaz chaud partiellement chargé en humidité après le passage à travers le second plateau (1b).

[0089] Les particules sont réparties sur le premier plateau par la première unité de répartition (2a) avec leur teneur initiale (H0a) en humidité. Les particules sont alors emportées par la rotation du premier plateau (1a) avant d'être récupérées par la première unité de récupération (3a) et transférées vers le second plateau (1b) par l'unité de transfert (4t). Au cours de la rotation du premier plateau (1a), les particules sont exposées au flux de gaz chaud sortant du second plateau (1b), qui est légèrement moins chaud et plus humide que le gaz chaud en amont du second plateau (1b). Le taux d'humidité des particules se trouvant sur le premier plateau (1a) diminue sous l'action du flux de gaz chaud au fur et à mesure que la rotation du premier plateau (1a) progresse, jusqu'à atteindre la première unité de récupération (3a) avec une teneur intermédiaire (H1a) d'humidité inférieure à la teneur initiale (H0a) mais encore supérieure à la teneur finale (H1b) (qui doit être comprise dans la plage cible prédéfinie) (i.e., $H1b < H1a < H0a$). Les particules transférées par l'unité de transfert (4t) arrivent sur le second plateau (1b) partiellement séchées avec la teneur intermédiaire ($H0b = H1a$) d'humidité et entament une seconde rotation, de préférence en sens inverse, où le flux d'air chaud termine de les sécher jusqu'à ce qu'elles atteignent leur taux d'humidité finale (H1b). Le séchage reste optimal tant sur le premier plateau (1a) que sur le second plateau (1b) car les gradients de températures (ΔT) et d'humidités (ΔH) entre les particules et les gaz chauds restent élevés sur les deux plateaux. En effet, avec une température supérieure et une teneur d'humidité inférieure aux particules situées sur le premier plateau (1a), les particules du second plateau (1b) sont exposées à des gaz plus chauds et plus secs que celles du premier plateau (1a). Cependant, bien que les particules situées sur le premier plateau (1a) soient exposées à des gaz moins chauds et plus humides que celles du second plateau, comme elles sont plus humides et moins chaudes que les particules situées sur le second plateau (1b), les gradients de températures (ΔT) et d'humidités (ΔH) entre les particules et les gaz chauds restent élevés.

[0090] Une rotation en sens inverse des premier et second plateaux (1a, 1b) optimise le processus de séchage. Le gaz chaud, par exemple de l'air chaud ou tout autre gaz issu d'un procédé de combustion, suit un parcours inverse à celui des particules. Comme la teneur en humidité des particules se trouvant sur le second plateau dépend de leur position angulaire, il s'ensuit que la teneur en humidité de l'air ayant passé à travers le second plateau (1b) et emporté une partie de l'humidité des particules en transférant une partie de sa chaleur, elle aussi dépend de la position angulaire et sera plus élevée là où les particules touchées par le flux ont une teneur en humidité supérieure, soit dans les angles bas de rotation du second plateau (1b). Le gaz chaud

en aval du second plateau (1b) (i.e., le gaz situé entre les deux plateaux) est également le gaz en amont du premier plateau.

[0091] La Figure 1 illustre à titre d'exemple des teneurs en humidité des particules selon leur position sur différents secteurs angulaires des premier et second plateaux (1a, 1b). On peut voir qu'après avoir traversé les particules du second plateau (1b) adjacentes à la seconde unité de récupération (3b) qui ont la teneur finale d'humidité (H1b) la plus basse, la colonne de gaz chaud atteint les particules fraichement déposées sur le premier plateau (1a) ayant la teneur initiale en humidité (H0a) la plus haute. Ainsi, le premier contact des particules sur le premier plateau avec une colonne de gaz chaud est très efficace pour éliminer rapidement une grande quantité d'eau. Au fur et à mesure que le premier plateau tourne et que les particules perdent de leur teneur initiale en humidité, les gaz chauds sont modérément chargés en humidité mais suffisamment chauds et secs pour baisser la teneur en humidité jusqu'à la teneur intermédiaire (H1a) qu'elles doivent atteindre avant d'être transférées sur le second plateau (1b).

[0092] Dans la variante de l'invention dans laquelle les particules fines (20f) sont réparties uniquement sur le second plateau (1b) et ne séjournent pas sur le premier plateau (1a), la fraction de particules fines (20f) n'est exposée à l'action de séchage des gaz chaud que sur la moitié du parcours des particules grossières (20c). Comme discuté plus haut, comme, d'une part, les particules plus fines (20f) sèchent plus rapidement que les particules grossières (20c) et, d'autre part, la fraction de particules fines (20f) ne représente en général que de l'ordre de 10% du poids de particules, cela ne représente pas une très grande augmentation du taux d'humidité des particules arrivant sur le second plateau (1b). Par exemple, les particules grossières qui constituent (100 – f)% du poids des particules sont réparties sur le second plateau (1b) avec une teneur en humidité intermédiaire (H0b = H1a) et les particules fines, qui représentent f% du poids des particules, sont réparties avec une teneur en humidité initiale (H0a). L'augmentation relative ($[(H0b)_{inv} – (H0b)_{PA}] / (H0b)_{PA}$) de la teneur intermédiaire en humidité des particules réparties sur le second plateau (1b) selon que les particules sont réparties sur le second plateau uniquement ($(H0b)_{inv}$ = H0b) selon cette variante de la présente invention et sans séparation des particules fines (20f) ($(H0b)_{PA}$ = H1a) selon l'art antérieur est donc de,

$$\frac{(H0b)_{inv} - (H0b)_{PA}}{(H0b)_{PA}} = \frac{H0b - H1a}{H1a} = \frac{((100 - f)\%\ H0b + f\%\ H0a) - H1a}{H1a} = f\%\frac{H0a - H1a}{H1a}$$

$$= f\%\ \frac{1 - (H1a / H0a)}{H1a / H0a}$$

[0093] Dans lequel ;

- H0a est la teneur initiale en humidité, lors de la répartition sur le premier plateau (1a),
- H1a est la teneur intermédiaire en humidité après un tour sur le premier plateau (1a), lors de la récupération des particules du premier plateau (1a),
- H0b est la teneur intermédiaire en humidité, lors de la répartition sur le second plateau (1a) ; dans le cas de l'art antérieur, sans séparation des particules fines (20f),

$(H0b)_{PA}$ = H1a ; dans le cas de la présente invention, $(H0b)_{inv}$ > H1a, à cause de l'addition des particules fines (20f) avant séchage,

- H1b est la teneur finale en humidité après un tour sur le second plateau (1b), lors de la récupération des particules du second plateau (1b).

[0094] La Figure 10 représente graphiquement l'augmentation relative de la teneur en humidité $([(H0b)_{inv} – (H0b)_{PA}] / (H0b)_{PA})$ des particules réparties sur le second plateau (1b) en fonction de la teneur intermédiaire en humidité (H0b / H0a) relative à la teneur initiale (H0a), des particules réparties sur le second plateau (1b), pour une fraction de f = 10% de particules fines (20f). Dans la pratique, la teneur relative intermédiaire en humidité (H0b / H0a) des particules transférées du premier plateau (1a) vers le second plateau (1b) est comprise entre 40 et 60% de la teneur initiale (H0a) en humidité des particules avant séchage, représentée par la zone ombragée de la Figure 10. On peut voir que dans ces conditions, l'augmentation de la teneur en humidité $([(H0b)_{inv} – (H0b)_{PA}] / (H0b)_{PA})$ est comprise entre 5 et 15% par rapport au cas où les particules fines ne sont pas séparées. Si nécessaire, le second plateau (1b) peut tourner à une vitesse de rotation (ωb) inférieure à la vitesse de rotation (ωa) du premier plateau (1a), afin d'augmenter le temps de séchage des particules sur le second plateau (1b).

Réf #	**Caractéristique**
1	Sécheur
1a	Premier plateau
1ac	Structure rigide auto-portante du premier plateau à haute perméabilité (e.g.,caillebotis)
1ap	Couche filtrante du premier plateau
1b	Second plateau
1bc	Structure rigide auto-portante du second plateau à haute perméabilité (e.g.,caillebotis)
1bp	Couche filtrante du second plateau
2a	Première unité de répartition
2af	Première unité de répartition des fines
2b	Seconde unité de répartition
2bf	Seconde unité de répartition des fines
2h	Caisson des 1ère et 2nde unités de répartition
2o	Ouverture de répartition
3a	Première unité de récupération
3b	Seconde unité de récupération
3h	Caisson des 1ère et 2nde unités de récupération
3i	Ouverture de récupération des 1ère et 2nde unités de récupération
3o	Ouverture d'évacuation des 1ère et 2nde unités de récupération
3s	Moulin multipale

4c	Unité d'alimentation des particules grossières (20c)
4f	Unité d'alimentation des particules fines (20f)
4i	Unité d'alimentation des particules vers la première unité de répartition
4o	Unité d'évacuation des particules après séchage
4t	Unité de transfert des particules du premier au second plateau
5g	Gaz chaud
9	Unité d'alimentation des particules vers la première unité de répartition
9o	Ouverture d'alimentation
20	Particules
20c	Particules grossières (D > D0)
20f	Particules fines (D < D0)
21	Unité de séparation
21c	Volume de rétentat contenant les particules grossières (D > D0)
21f	Volume de tamisat contenant les particules fines (D < D0)
21s	Élément de tamisage
22v	Vis de répartition de l'unité de répartition
23v	Vis de recirculation de l'unité de répartition
32v	Vis d'Archimède de l'unité de récupération
D0	Diamètre fin
Dha	Diamètre hydraulique des ouvertures du premier plateau
Dhb	Diamètre hydraulique des ouvertures du second plateau
Dhs	Diamètre hydraulique des ouvertures de la plaque de l'unité de séparation
H0a	Teneur initiale en humidité avant séchage lors de la répartition sur le 1er plateau
H0b	Teneur intermédiaire en humidité lors de la répartition sur le 2nd plateau (H1a = H0b)
H1a	Teneur intermédiaire en humidité lors de la récupération du 1er plateau (H1a = H0b)
H1b	Teneur finale en humidité lors de la récupération du 2nd plateau

REVENDICATIONS

1. Sécheur pour sécher des particules (20) ayant une teneur initiale en humidité (H0a) jusqu'à atteindre une teneur finale en humidité (H1b) inférieure à la teneur initiale (H1b < H0a), le sécheur comprenant,

(a) une enceinte (10) comprenant une paroi essentiellement cylindrique s'étendant le long d'un axe vertical (Z),

(b) un premier plateau (1a) circulaire monté sur la paroi de ladite enceinte (10) sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et configuré pour entrer en rotation dans un premier sens autour de l'axe vertical (Z), la surface du premier plateau étant perforée d'ouvertures de diamètre hydraulique (Dha = 4 Aa / Pa) égal au rapport de quatre fois une aire (Aa) sur un périmètre (Pa) des ouvertures, rendant la surface perméable aux gaz tels l'air et la vapeur d'eau et à l'eau, et

(c) un second plateau (1b) circulaire monté à une certaine distance du premier plateau sur la paroi de ladite enceinte (10) sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et configuré pour entrer en rotation autour de l'axe vertical (Z), la surface du second plateau étant perforée d'ouvertures de diamètre hydraulique (Dhb = 4 Ab / Pb) égal au rapport de quatre fois une aire (Ab) sur un périmètre (Pb) des ouvertures, rendant la surface perméable aux gaz tels l'air et la vapeur d'eau et à l'eau,

(d) une première unité de répartition (2a) des particules à sécher configurée pour recevoir les particules à sécher depuis une unité d'alimentation (9) et pour répartir ces particules avant séchage le long d'un rayon du premier plateau (1a),

(e) une première unité de récupération (3a) des particules déposées sur le premier plateau (1a) après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la première unité de récupération étant située en aval de, préférablement adjacent à la première unité de répartition (2a),

(f) une unité de transfert (4t) des particules récoltées du premier plateau (1a) par la première unité de récupération (3a) vers une seconde unité de répartition (2b) configurée pour répartir lesdites particules le long d'un rayon du second plateau (1b),

(g) un seconde unité de récupération (3b) des particules déposées sur le second plateau (1b) après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la seconde unité de récupération étant situé en aval du, préférablement adjacent au seconde unité de répartition (2b) et étant configuré pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par une unité d'évacuation (4o),

(h) une unité de soufflage de gaz chaud (5) suivant un flux sensiblement parallèle à l'axe vertical (Z), passant d'abord à travers la surface perforée du second plateau (1b) avant de passer directement après à travers la surface perforée du premier plateau (1a),

caractérisé en ce que le sécheur comprend

(i) une unité de séparation (21) de particules située dans ou en amont de l'unité d'alimentation (9) l'unité de séparation (21) étant configurée pour séparer des particules

fines (20f) de diamètre inférieur à un diamètre fin (D0) des particules grossières (20c) de diamètre supérieur au diamètre fin (D0), et

(j) une première conduite (4c) configurée pour alimenter en particules grossières (20c) l'unité d'alimentation (9) ou la première unité de répartition (2a) pour répartir les particules grossières (20c) avant séchage le long du rayon du premier plateau (1a), et

(k) une seconde conduite (4f) configurée pour alimenter en particules fines (20f) soit,

- la seconde unité de répartition (2b), soit
- une seconde unité de répartition des fines (2bf) située en aval de la seconde unité de répartition (2b) pour répartir les particules fines (20f) avant séchage le long du rayon du second plateau (1b), soit
- une première unité de répartition des fines (2af) située en aval de la première unité de répartition (2a) pour répartir les particules fines (20f) avant séchage le long du rayon du premier plateau (1b), soit
- une combinaison de deux ou trois des options précédentes,

dans lequel les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la direction de déplacement des particules dans le sécheur.

2. Sécheur selon la revendication 1, dans lequel l'unité de séparation (21) comprend un élément de tamisage (21s) comprenant des ouvertures de diamètre hydraulique (Dhs) égale au diamètre hydraulique des ouvertures du premier plateau (1a) dans une tolérance de $\pm$ 10% (i.e., Dhs = Dha $\pm$ 10%), de préférence égal au diamètre hydraulique des ouvertures du premier plateau (1a) (i.e., Dhs = Dha).

3. Sécheur selon la revendication 2, dans lequel l'élément de tamisage (21s) est configuré pour entrer dans un mouvement cyclique de trajectoire, amplitude et fréquence contrôlées afin d'améliorer la séparation des particules fines (20f) et des particules grossières (20c).

4. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité de séparation (21) est distincte de l'unité d'alimentation (9), et comprenant,

- un volume de rétentat (21c) configuré pour contenir les particules grossières (20c) après séparation par l'unité de séparation (21), et
- un volume de tamisat (21f) configuré pour contenir les particules fines (20f) après séparation par l'unité de séparation (21)

dans lequel la première conduite (4c) relie le volume de rétentat (21c) de l'unité de séparation (21) vers l'unité d'alimentation (9), et

dans lequel la seconde conduite (4f) relie le volume de tamisat (21f) de l'unité de séparation (21) soit vers la seconde unité de répartition (2b), soit vers la premier ou la seconde

unité de répartition des fines (2af, 2bf), soit vers une combinaison des unités de répartition susmentionnés.

5. Sécheur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'unité de séparation (21) est comprise dans l'unité d'alimentation (9), et comprenant,

- un volume de rétentat (21c) configuré pour contenir les particules grossières (20c) après séparation par l'unité de séparation (21), et
- un volume de tamisat (21f) configuré pour contenir les particules fines (20f) après séparation par l'unité de séparation (21)

dans lequel la première conduite (4c) relie le volume de rétentat (21c) de l'unité d'alimentation (9) vers la première unité de répartition (2a), et

dans lequel la seconde conduite (4f) relie le volume de tamisat (21f) de l'unité d'alimentation (9) soit vers la seconde unité de répartition (2b), soit vers la première ou la seconde unité de répartition des fines (2af, 2bf), soit vers une combinaison des unités de répartition susmentionnés.

6. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les diamètres hydrauliques (Dha, Dhb) des ouvertures des premier et second plateaux (1a, 1b) sont sélectionnés de sorte que les particules fines (20f) représentent entre 5% et 20% en poids du poids total de particules (20) avant séchage.

7. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier plateau (1a) est situé en dessous du second plateau (1b) et où le gaz chaud est préférablement de l'air chaud circulant du haut vers le bas.

8. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le second plateau (1b) tourne dans un sens inverse de rotation du premier plateau (1a).

9. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les premiers et second plateaux (1a, 1b) comprennent une structure rigide (1ac, 1bc) auto-portante à haute perméabilité de type caillebotis, sur laquelle est posée une couche filtrante (1af, 1bf) comprenant des ouvertures du diamètre hydraulique (Dha, Dhb) et en densité correspondant à la perméabilité désirée selon le type et taille des particules (20) à sécher.

10.Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les première et seconde unités de répartition (2a, 2b) des particules à sécher sur les premier et second plateaux (1a, 1b), respectivement, comprennent chacun au moins une vis d'Archimède s'étendant le long d'un rayon des premier et second plateaux (1a, 1b), respectivement, ladite au moins une vis d'Archimède étant enfermée dans une enceinte munie d'une ou plusieurs ouvertures s'étendant le long du rayon des plateaux (1a, 1b).

11. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les première et seconde unités de récupération (3a, 3b) comprennent chacun au moins une vis d'Archimède s'étendant le long d'un rayon dudit plateau qui est enfermée dans une enceinte munie d'une ou plusieurs ouvertures s'étendant le long dudit rayon du premier plateau (1a), lesdites ouvertures étant reliées à un racleur ou brosse apte à récolter et diriger les particules amenées par la rotation du plateau vers la vis d'Archimède.

12.Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel après que le gaz soit passé à travers la surface perforée du premier plateau (1a), l'unité de soufflage de gaz chaud (5) soit

- est configuré pour évacuer le gaz hors de l'enceinte, soit
- comprend un sécheur d'air permettant de capturer l'humidité présente dans le gaz avant de réchauffer et de recirculer le gaz ainsi séché à travers le second et le premier plateau (1b, 1a), respectivement.

13.Sécheur selon la revendication 12, dans lequel l'axe vertical (Z) est centré dans une cheminée (6) essentiellement cylindrique creuse dont la paroi s'étend au moins du premier plateau (1a) au second plateau (1b, 1b) comprenant une ou plusieurs ouvertures offrant un accès fluidique vers l'intérieur de la cheminée (6) au gaz étant passé à travers la surface perforée du premier plateau (1a), et dans lequel la cheminée comprend soit,

- une ou plusieurs ouvertures vers l'extérieur de l'enceinte permettant d'évacuer le gaz hors de l'enceinte, soit
- le sécheur et une ou plusieurs ouvertures configurées pour recirculer le gaz après son passage à travers le sécheur et après réchauffement, suivant le flux sensiblement parallèle à l'axe vertical (Z), passant d'abord à travers la surface perforée du second plateau (1b) avant de passer directement après à travers la surface perforée du premier plateau (1a).

14.Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité d'alimentation (9) est reliée en amont à une source (20s) des particules (20) à sécher, de préférence un silo, les particules (20) comprenant de manière préférée des déchets de bois de scieries, des déchets de bois de matériaux de construction, des déchets papier ou cartons, des produits agroalimentaires, et sont sous forme de poudre, de granulés, de copeaux, de pellets, de tourteaux, ou de morceaux ne dépassant pas 10 cm de longueur.

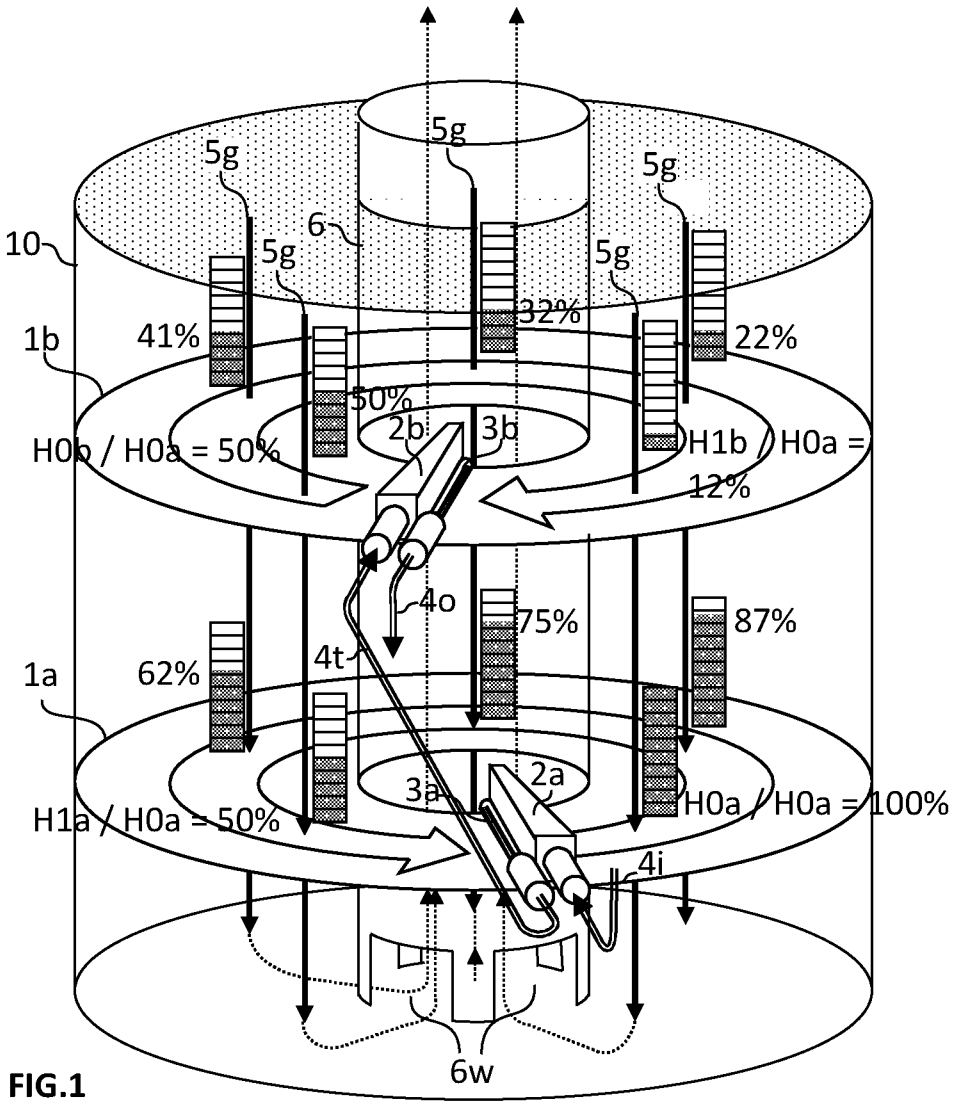

5g
5g
5g
5g
6
10
1b
41%
32%
22%
50%
2b
3b
H0b / H0a = 50%
H1b / H0a = 12%
4o
75%
87%
62%
4t
1a
3a
2a
H1a / H0a = 50%
H0a / H0a = 100%
4i
6w

FIG.1

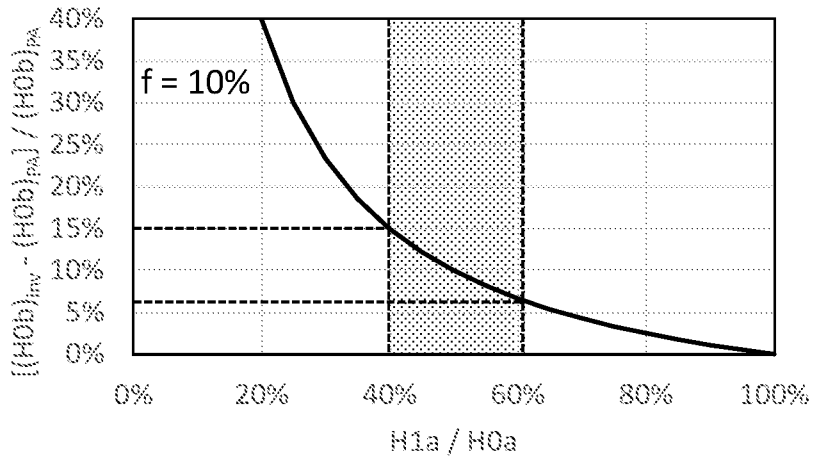

40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
f = 10%
0%
20%
40%
60%
80%
100%
H1a / H0a

FIG.10

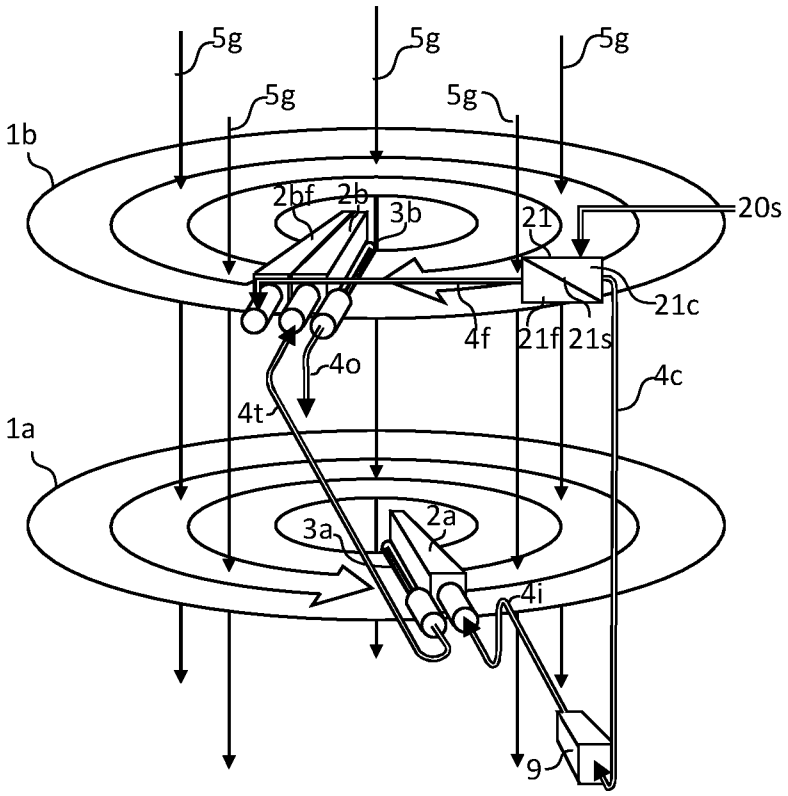


FIG.2(a)

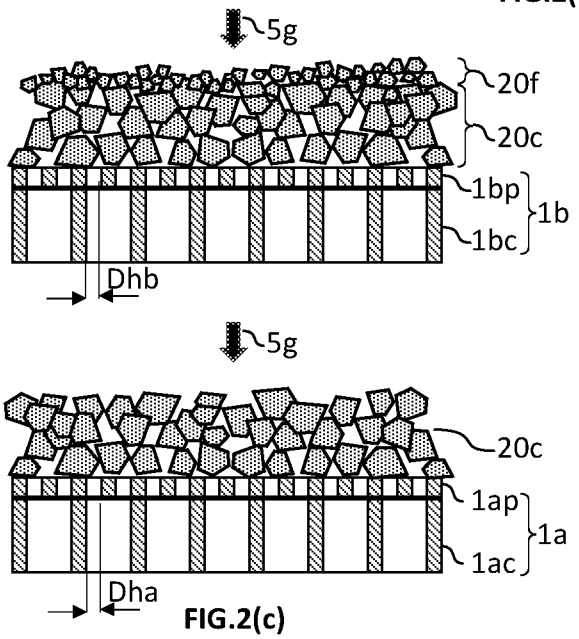


FIG.2(c)

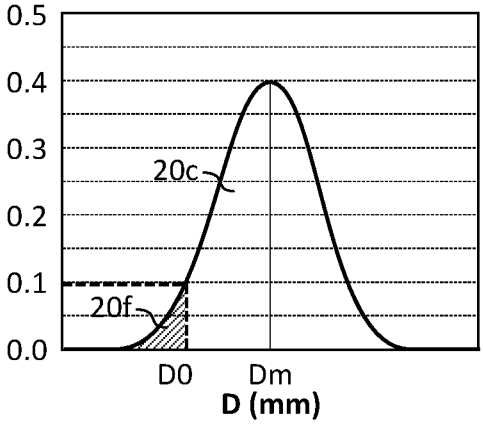


FIG.2(b)

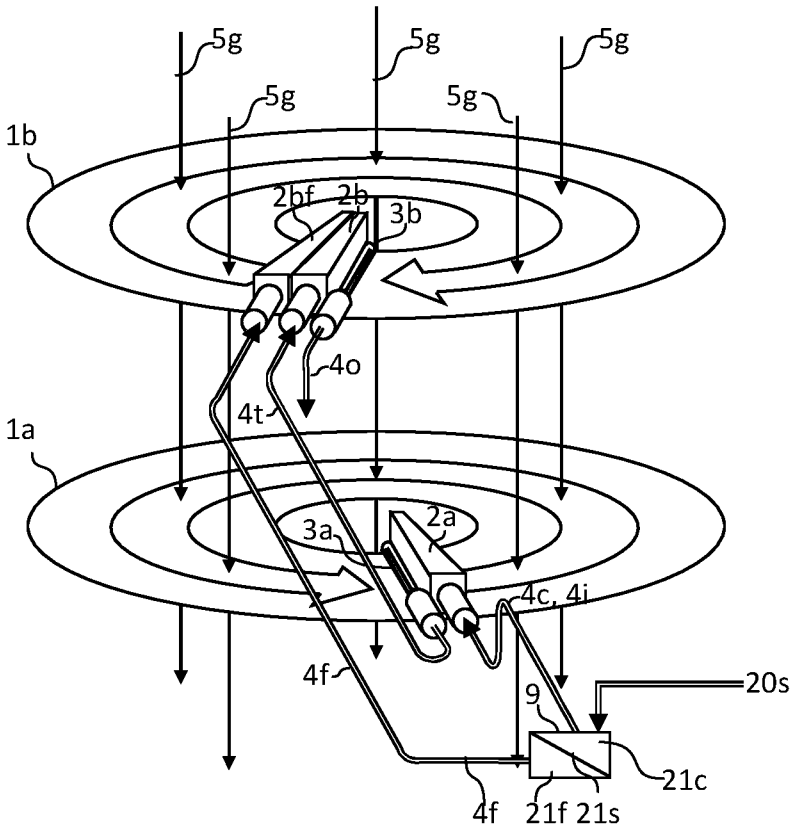


FIG.3(a)

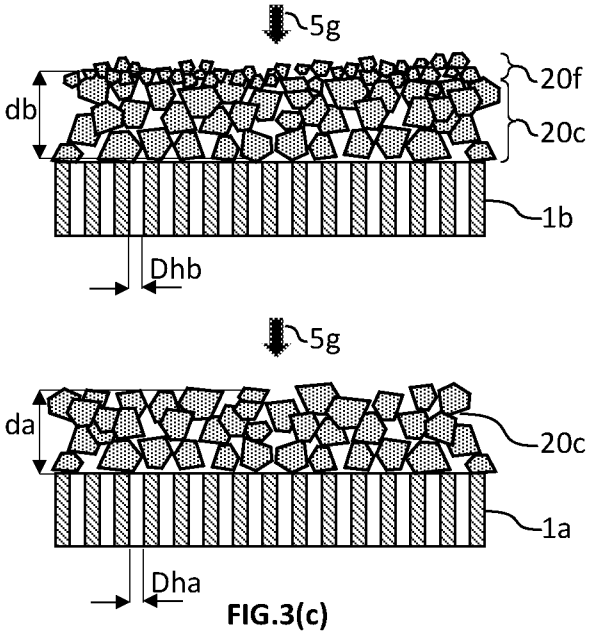


FIG.3(c)

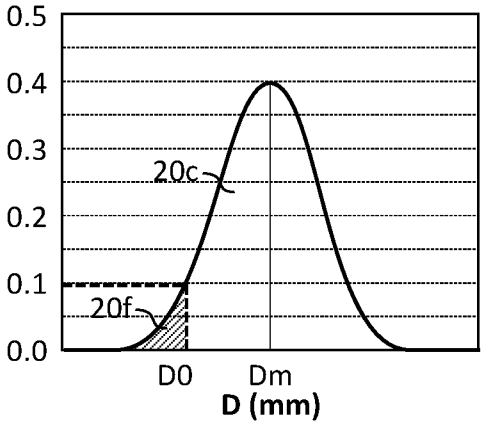


FIG.3(b)

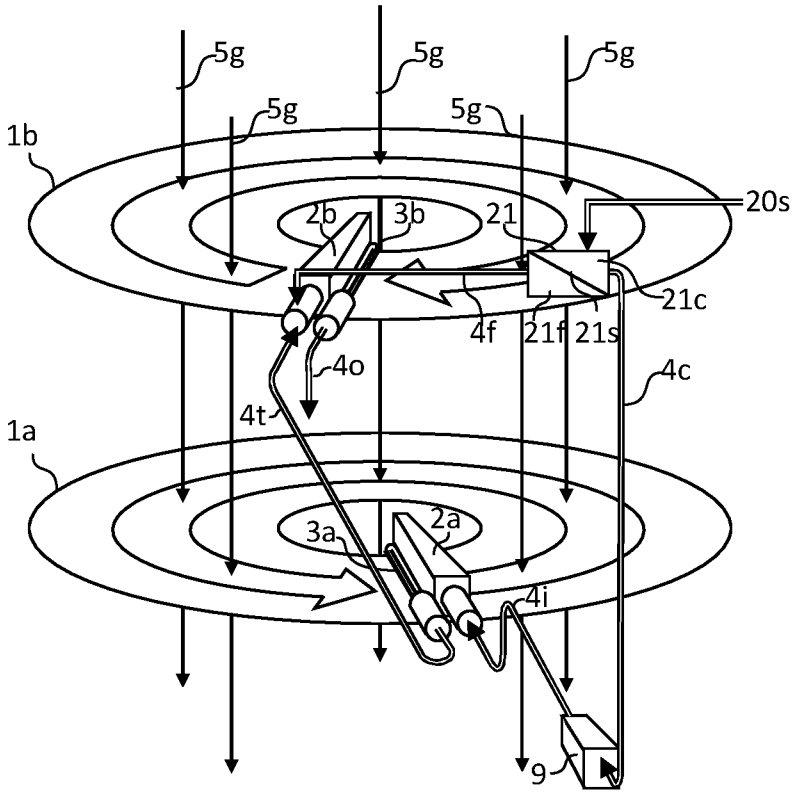


FIG.4(a)

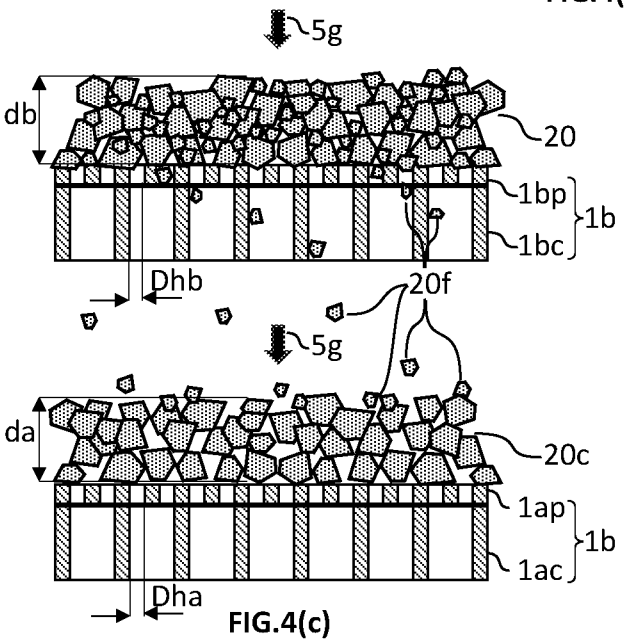


FIG.4(c)

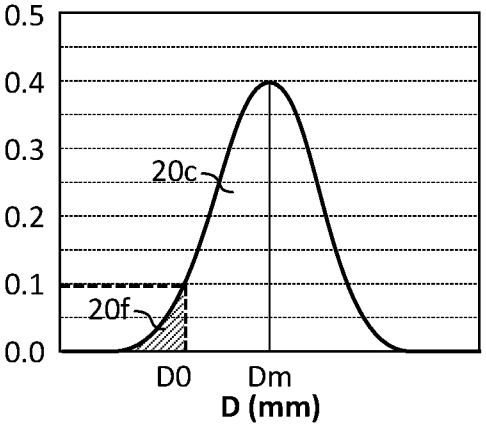


FIG.4(b)

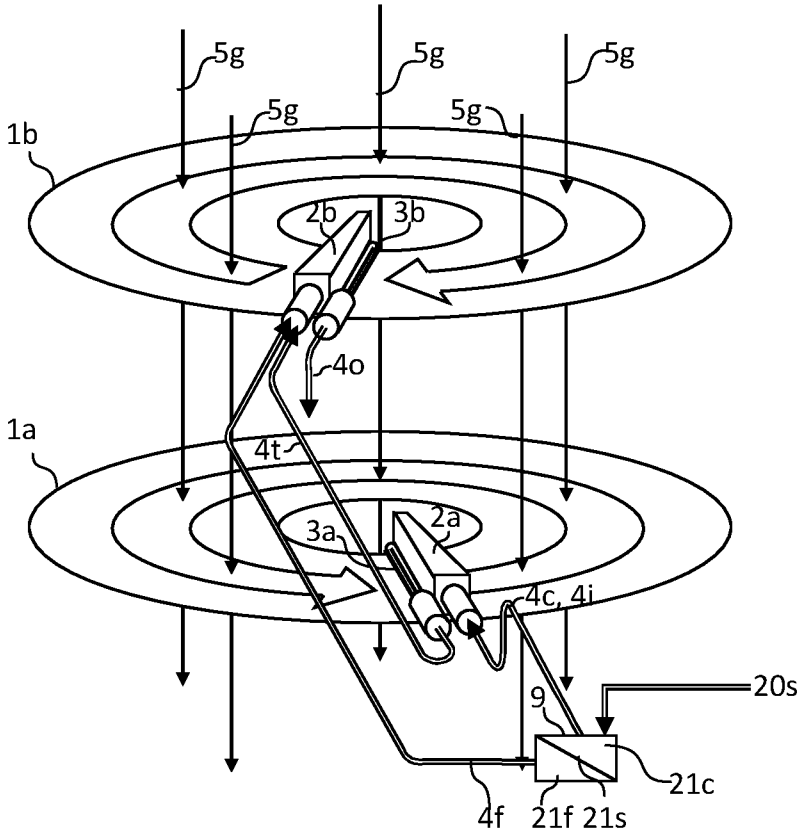


FIG.5(a)

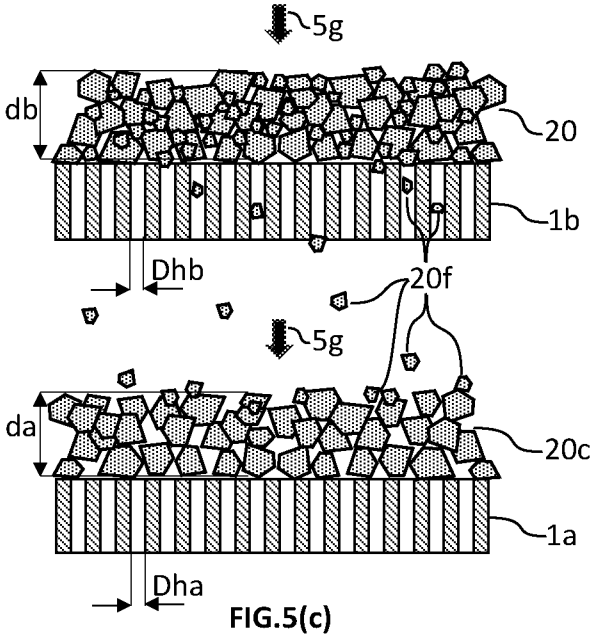


FIG.5(c)

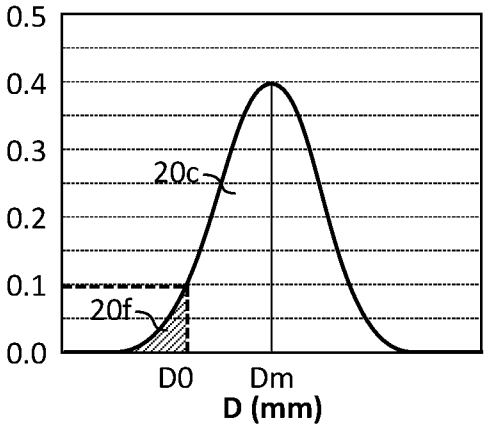


FIG.5(b)

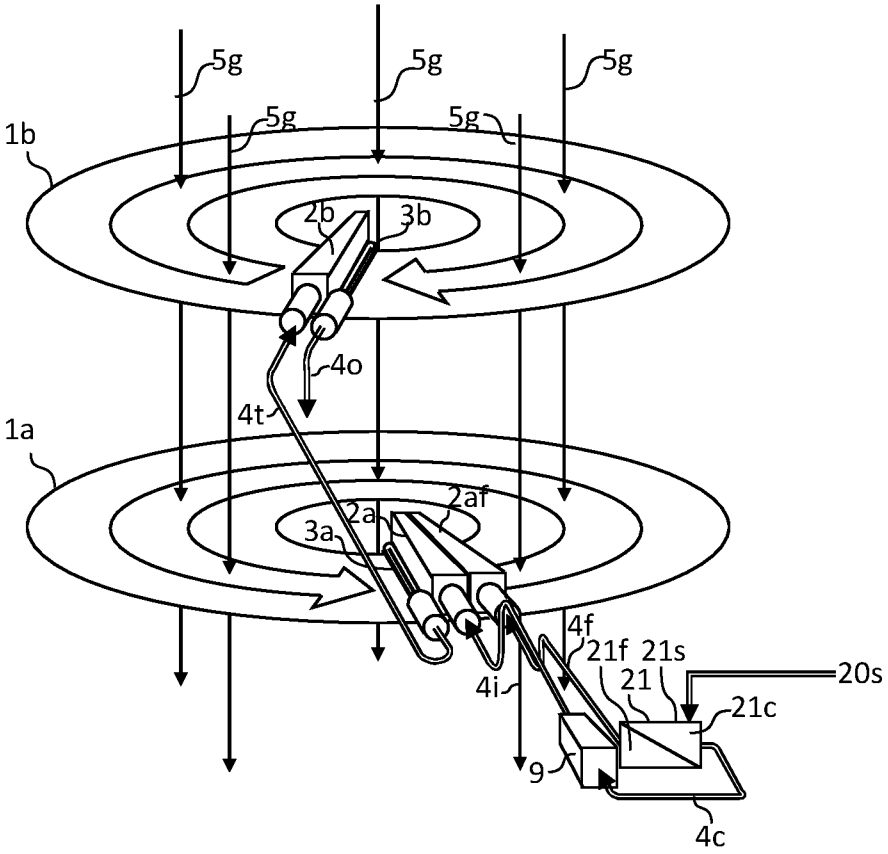


FIG.6(a)

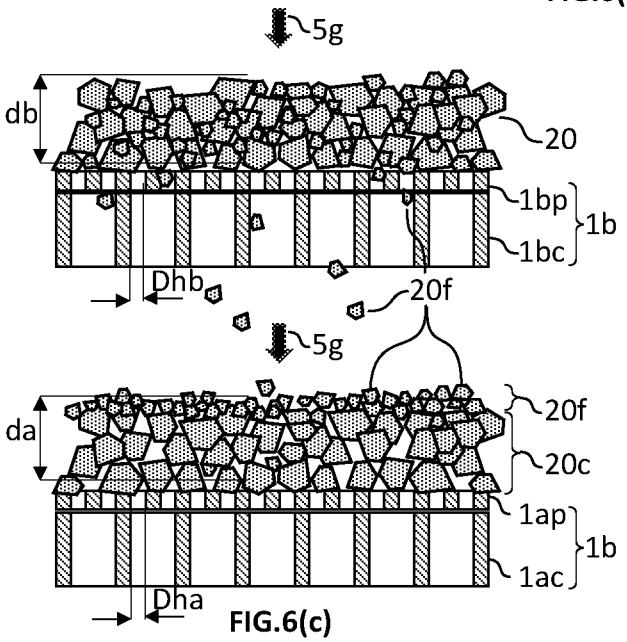


FIG.6(c)

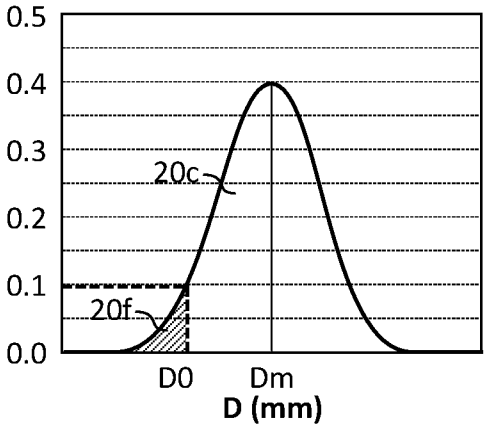


FIG.6(b)

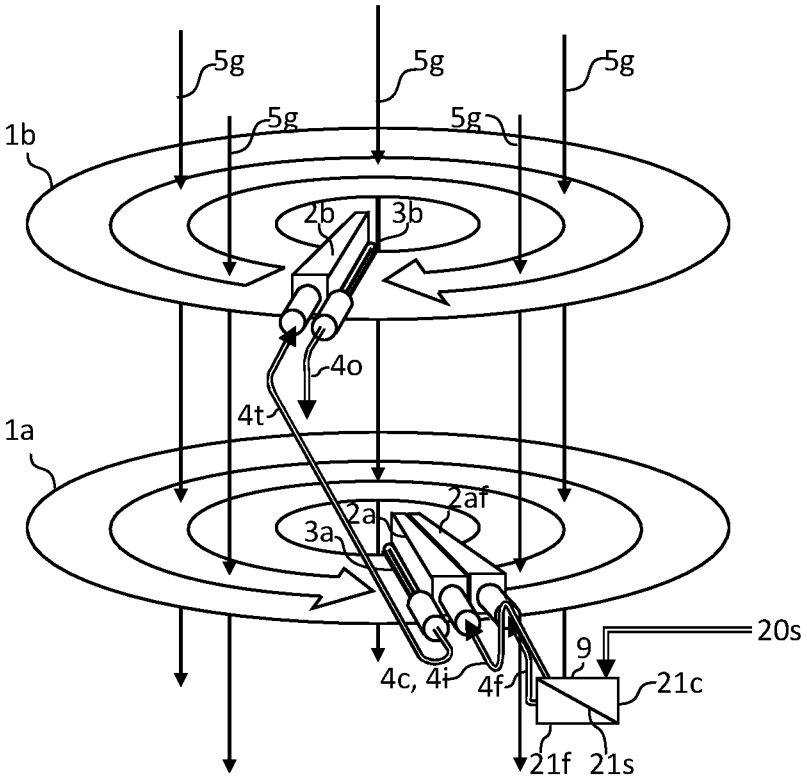


FIG.7(a)

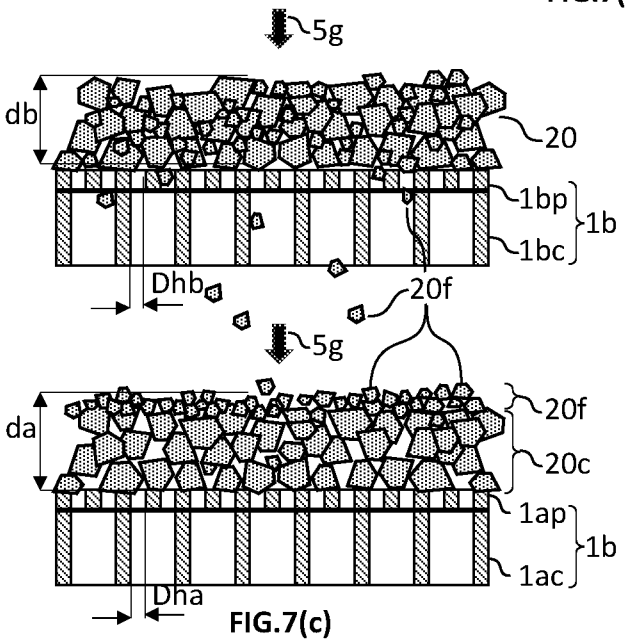


FIG.7(c)

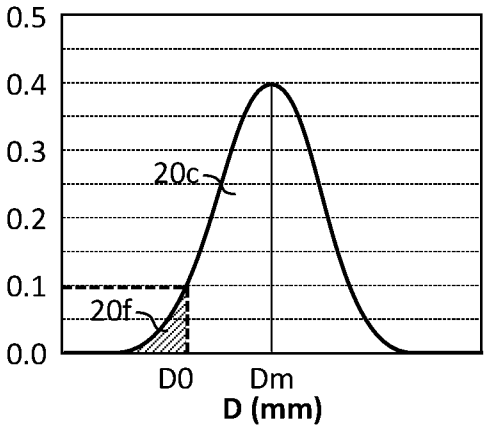


FIG.7(b)

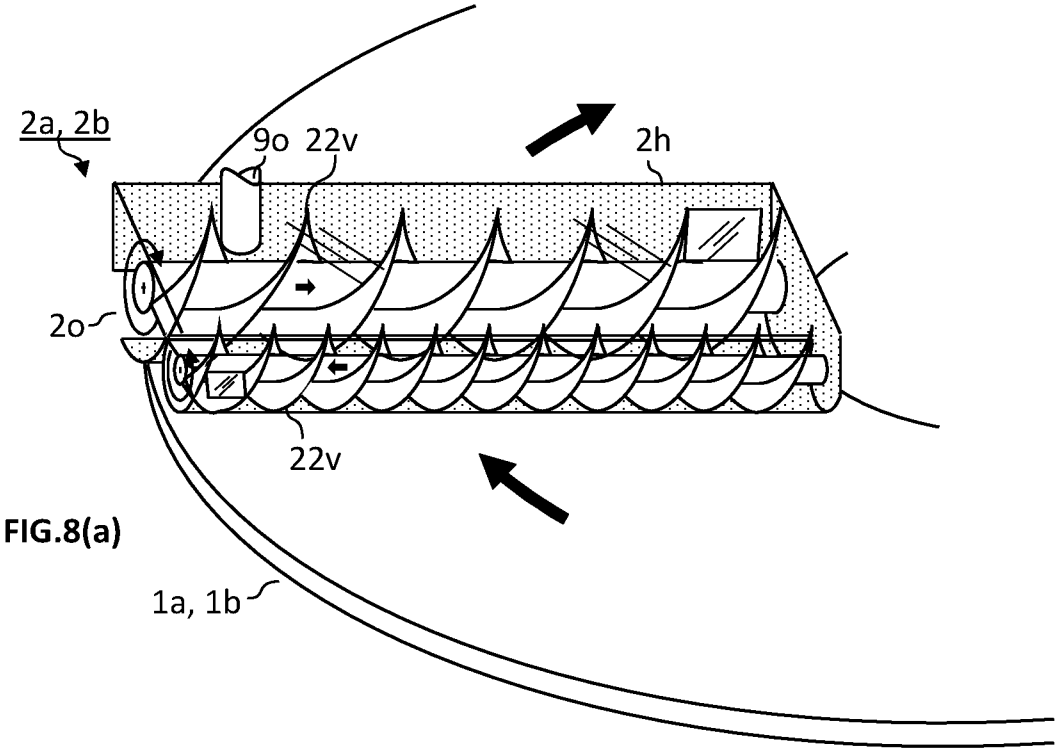


FIG.8(a)

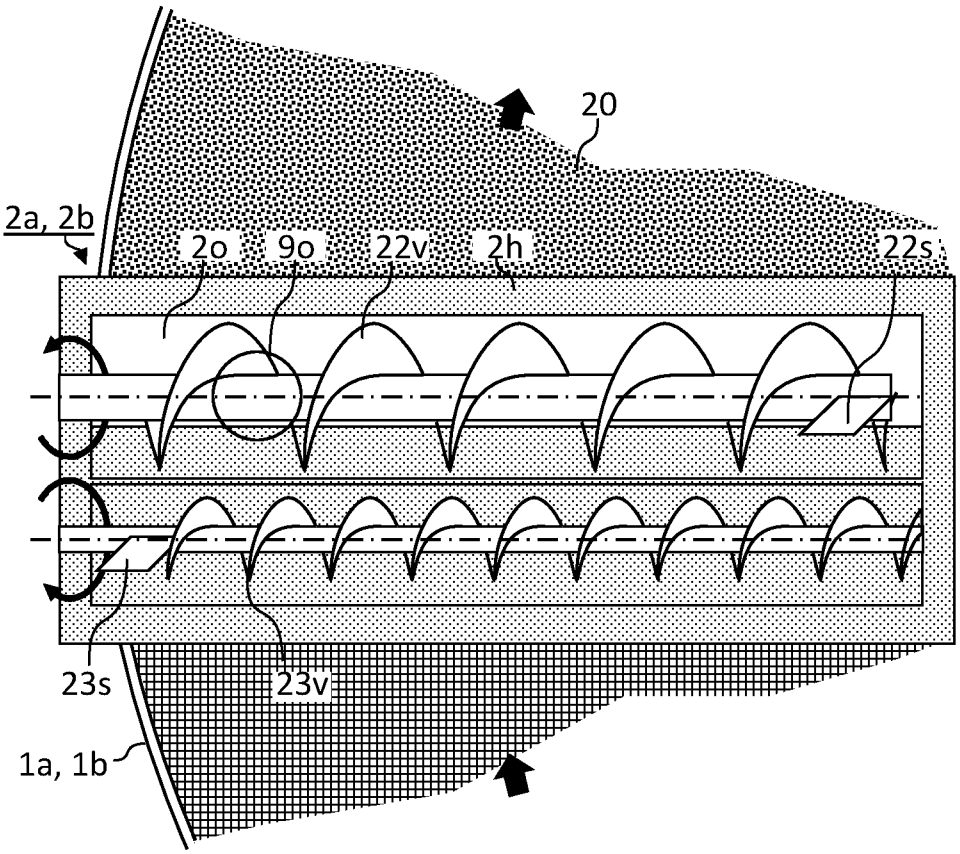


FIG.8(b)

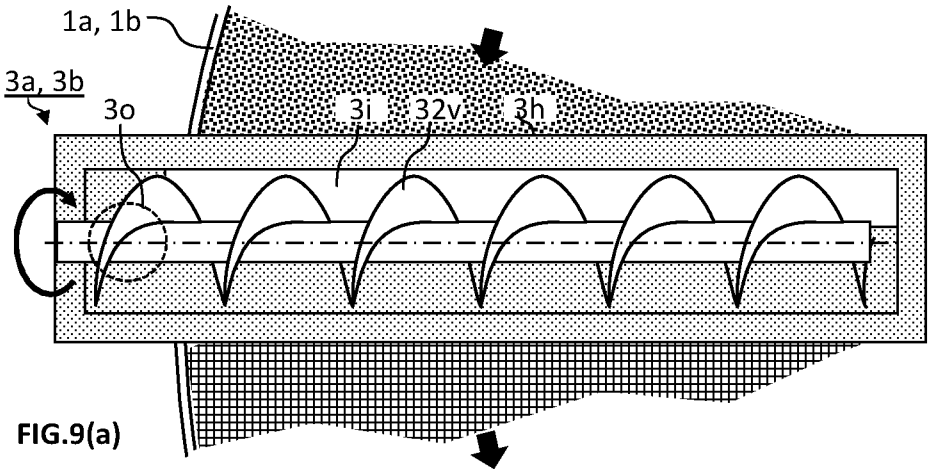


FIG.9(a)

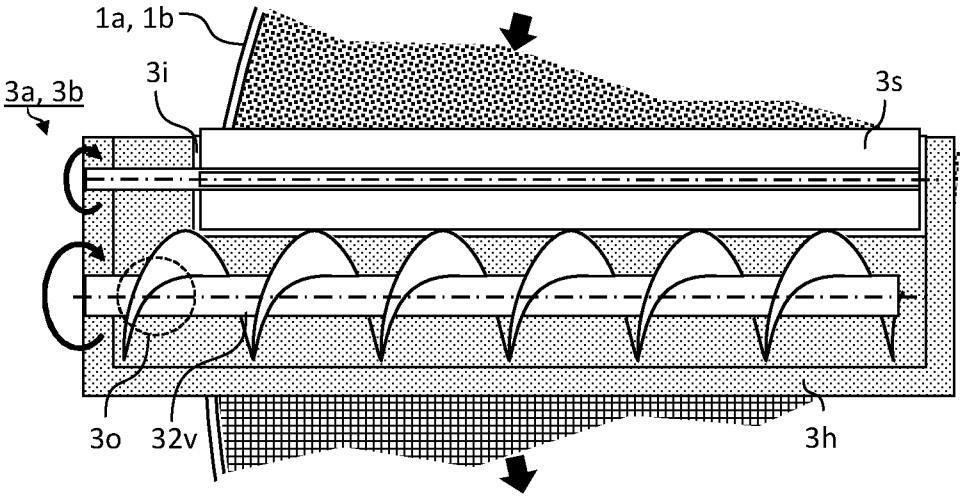


FIG.9(c)

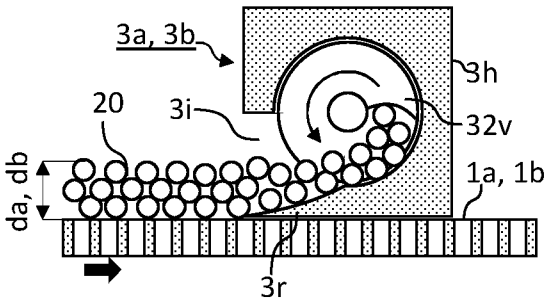


FIG.9(b)

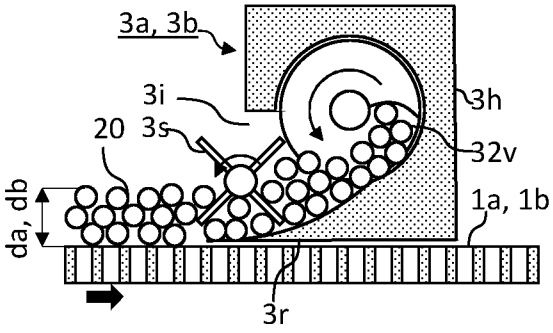


FIG.9(d)

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE	REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE
	T0424-BE-P
Demande nationale belge n° **202205050**	Date du dépôt **26-01-2022**
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom) **CROSSET Léon**	
Date de la requête d'une recherche de type international **05-02-2022**	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international **SN80608**

I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

Voir rapport de recherche

II. DOMAINES RECHERCHES

Documentation minimale consultée

Système de classification	Symboles de la classification
IPC	**Voir rapport de recherche**

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents fort partie des domaines consultés

III. ☐ **IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE** (Observations sur la feuille supplémentaire)

IV. ☐ **ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE A L'ETENDUE DE LA RECHERCHE** (Observations sur la feuille supplémentaire)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 202205050

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. F26B3/06 B07B15/00 F26B17/00 F26B25/00

ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

F26B B07B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2013/139720 A1 (CROSSET LEON [BE]) 26 septembre 2013 (2013-09-26) * alinéas [0021] - [0033]; figures 3a-4b,8 *	1-14
A	CA 3 041 187 A1 (CROSSET LEON [BE]) 7 juin 2018 (2018-06-07) * le document en entier *	1-14
A	CN 113 720 117 A (YU CUIYUN) 30 novembre 2021 (2021-11-30) * alinéa [0045] *	1-14
A	DE 21 61 319 A1 (KRAUSS MAFFEI AG) 20 juin 1973 (1973-06-20) * pages 6-8; figure 1 *	1-14

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée	Date d'expédition du rapport de recherche de type international
25 août 2022	

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	**De Meester, Reni**

1

Formulaire PCT/ISA/201 (deuxième feuille) (Janvier 2004)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 202205050

C.(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	**US 7 591 375 B2 (MI LLC [US])** **22 septembre 2009 (2009-09-22)** *** colonnes 5-6; figures 1-10 *** **-----**	**1-14**

1

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202205050

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2013139720	A1 26-09-2013	BE 1020153 A5	07-05-2013
		BR 112014022464 B1	13-04-2021
		CN 104204701 A	10-12-2014
		DK 2828595 T3	14-08-2017
		EP 2828595 A1	28-01-2015
		ES 2632233 T3	11-09-2017
		PL 2828595 T3	31-10-2017
		PT 2828595 T	13-07-2017
		RU 2014141413 A	20-05-2016
		UA 114622 C2	10-07-2017
		US 2015013179 A1	15-01-2015
		WO 2013139720 A1	26-09-2013
CA 3041187	A1 07-06-2018	BE 1024440 B1	20-02-2018
		BR 112019010478 A2	10-09-2019
		CA 3041187 A1	07-06-2018
		CN 109982723 A	05-07-2019
		EP 3548099 A1	09-10-2019
		US 2021105992 A1	15-04-2021
		WO 2018099850 A1	07-06-2018
CN 113720117	A 30-11-2021	AUCUN	
DE 2161319	A1 20-06-1973	AUCUN	
US 7591375	B2 22-09-2009	AUCUN	

OPINION ÉCRITE

Dossier N°	Date du dépot *(jour/mois/année)*	Date de priorité *(jour/mois/année)*	Demande n°
SN80608	26.01.2022		BE202205050

Classification internationale des brevets (CIB)
INV. F26B3/06 B07B15/00 F26B17/00 F26B25/00

Déposant
CROSSET Léon

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☐ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☐ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Examinateur
De Meester, Reni

Demande n°

OPINION ÉCRITE

BE202205050

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.

2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :

   a. Nature de l'élément:

   ☐ un listage de la ou des séquences

   ☐ un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences

   b. Type de support:

   ☐ sur papier

   ☐ sous forme électronique

   c. Moment du dépôt ou de la remise:

   ☐ contenu(s) dans la demande telle que déposée

   ☐ déposé(s) avec la demande, sous forme électronique

   ☐ remis ultérieurement

3. ☐ De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande internationale telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.

4. Commentaires complémentaires :

Demande n°

OPINION ÉCRITE

BE202205050

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	1-14
	Non :	Revendications	
Activité inventive	Oui :	Revendications	1-14
	Non :	Revendications	
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-14
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

Il est fait référence aux documents suivants :

D1	WO 2013/139720 A1 (CROSSET LEON [BE]) 26 septembre 2013 (2013-09-26)
D2	CA 3 041 187 A1 (CROSSET LEON [BE]) 7 juin 2018 (2018-06-07)
D3	CN 113 720 117 A (YU CUIYUN) 30 novembre 2021 (2021-11-30)
D4	DE 21 61 319 A1 (KRAUSS MAFFEI AG) 20 juin 1973 (1973-06-20)
D5	US 7 591 375 B2 (MI LLC [US]) 22 septembre 2009 (2009-09-22)

Document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue un sécheur (figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) pour sécher des particules ayant une teneur initiale en humidité (HOa) jusqu'à atteindre une teneur finale en humidité (H 1 b) inférieure à la teneur initiale (H1 b < HOa), le sécheur comprenant,
(a) une enceinte comprenant (figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) une paroi essentiellement cylindrique s'étendant le long d'un axe vertical (Z),
(b) un premier plateau circulaire ((1a) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) monté sur la paroi de ladite enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et configuré pour entrer en rotation dans un premier sens autour de l'axe vertical (Z), la surface du premier plateau étant perforée d'ouvertures de diamètre hydraulique (Dha = 4 Aa / Pa) égal au rapport de quatre fois une aire (Aa) sur un périmètre (Pa) des ouvertures, rendant la surface perméable aux gaz tels l'air et la vapeur d'eau et à l'eau, et
(c) un second plateau circulaire ((1b) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) monté à une certaine distance du premier plateau sur la paroi de ladite enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et configuré pour entrer en rotation autour de l'axe vertical (Z), la surface du second plateau étant perforée d'ouvertures de diamètre hydraulique (Dhb = 4 Ab / Pb) égal au rapport de quatre fois une aire (Ab) sur un périmètre (Pb) des ouvertures, rendant la surface perméable aux gaz tels l'air et la vapeur d'eau et à l'eau,
(d) une première unité de répartition ((2a) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) des particules à sécher configurée pour recevoir les particules à sécher depuis une unité d'alimentation et pour répartir ces particules avant séchage le long d'un rayon du premier plateau,

(e) une première unité de récupération ((3a) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) des particules déposées sur le premier plateau après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la première unité de récupération étant située en aval de, préférablement adjacent à la première unité de répartition,
(f) une unité de transfert ((4a) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) des particules récoltées du premier plateau par la première unité de récupération vers une seconde unité de répartition configurée pour répartir lesdites particules le long d'un rayon du second plateau,
(g) un seconde unité de récupération ((3b) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) des particules déposées sur le second plateau après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la seconde unité de récupération étant situé en aval du, préférablement adjacent au seconde unité de répartition et étant configuré pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par une unité d'évacuation,
(h) une unité de soufflage de gaz chaud ((5) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) suivant un flux sensiblement parallèle à l'axe vertical (Z), passant d'abord à travers la surface perforée du second plateau avant de passer directement après à travers la surface perforée du premier plateau.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce sécheur connu en ce que le sécheur comprend
(i) une unité de séparation de particules située dans ou en amont de l'unité d'alimentation l'unité de séparation étant configurée pour séparer des particules fines de diamètre inférieur à un diamètre fin (DO) des particules grossières de diamètre supérieur au diamètre fin (DO), et
(j) une première conduite configurée pour alimenter en particules grossières l'unité d'alimentation ou la première unité de répartition pour répartir les particules grossières avant séchage le long du rayon du premier plateau, et
(k) une seconde conduite configurée pour alimenter en particules fines soit,
• la seconde unité de répartition, soit
• une seconde unité de répartition des fines située en aval de la seconde unité de répartition pour répartir les particules fines avant séchage le long du rayon du second plateau, soit
• une première unité de répartition des fines située en aval de la première unité de répartition pour répartir les particules fines avant séchage le long du rayon du premier plateau, soit
• une combinaison de deux ou trois des options précédentes,dans lequel les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la direction de déplacement des particules dans le sécheur. ; il est donc nouveau.

L'effet technique de cette différence est en tamisant les particules avant le sécheur, avec une unité de séparation séparant les particules fines susceptibles de passer à travers les ouvertures du plateau inférieur (e.g., le premier plateau (1a)) et ainsi tomber sur le plancher du sécheur, les particules grossières retenues dans un volume de rétentat de l'unité de séparation peuvent être distribuées sur le plateau inférieur sans qu'elles ne puissent passer au travers de celui-ci, puisqu'elles s ont plus grosses que les ouvertures du plateau inférieur.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut être considéré comme comment minimiser à la fois, d'une part, les pertes de charges du flux de gaz chaud lors de son passage à travers les second et premier plateaux et, d'autre part, la perte des fractions plus fines des particules à sécher.

La solution à ce problème, proposée dans la revendication 1 de la présente demande, est considérée comme impliquant une activité inventive pour les motifs suivants:

Document D3 (alinéa 45) divulgue une unité de séparation de particules située dans ou en amont de l'unité d'alimentation l'unité de séparation étant configurée pour séparer des particules fines de diamètre inférieur à un diamètre fin (DO) des particules grossières de diamètre supérieur au diamètre fin (DO)

Aucun des documents D1-D5 ne divulguent une première conduite configurée pour alimenter en particules grossières l'unité d'alimentation ou la première unité de répartition pour répartir les particules grossières avant séchage le long du rayon du premier plateau, et
(k) une seconde conduite configurée pour alimenter en particules fines soit,
• la seconde unité de répartition, soit
• une seconde unité de répartition des fines située en aval de la seconde unité de répartition pour répartir les particules fines avant séchage le long du rayon du second plateau, soit
• une première unité de répartition des fines située en aval de la première unité de répartition pour répartir les particules fines avant séchage le long du rayon du premier plateau, soit
• une combinaison de deux ou trois des options précédentes,dans lequel les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la direction de déplacement des particules dans le sécheur.

En outre, aucun des documents D1-D5 ne divulguent le problème de minimiser à la fois, d'une part, les pertes de charges du flux de gaz chaud lors de son passage à travers les second et premier plateaux et, d'autre part, la perte des fractions plus fines des particules à sécher.

Ainsi, l'homme du métier n'arriverait pas d'une manière évidente au sécheur de la revendication 1.

Les revendications 2-14 dépendent de la revendication 1 et satisfont donc également, en tant que telles, aux exigences de nouveauté et d'activité inventive.