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

(11) 1030217 A1

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 21/08/2023

(21) Numéro de demande : BE2022/5049

(22) Date de dépôt : 26/01/2022

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F26B 3/06, F26B 17/00, F26B 25/22

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

CROSSET Léon

4890, THIMISTER
Belgique

(72) Inventeur(s) :

CROSSET Léon
4890 THIMISTER
Belgique

(54) APPAREIL DE SÉCHAGE EN CONTINU DE PARTICULES COMPRENANT UNE BOUCLE DE RÉGULATION

(57)La présente invention concerne un sécheur pour sécher des particules comprenant, • Premier et second plateaux circulaires montés horizontalement en rotation autour d'un axe (Z), la surface des plateaux étant perforée et perméable aux fluides, • Une unité de soufflage de gaz chaud suivant un flux sensiblement 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 et première et seconde unités de récupération des particules après une rotation de chaque plateau, • Une unité de transfert des particules récoltées du premier plateau (1a) vers le second plateau, • Un processeur contrôlant les vitesses de rotation des plateaux (ωa, ωb) et le débit d'alimentation (dma/dt) en particules sur base d'une boucle de contrôle de sortie comprenant une mesure de la teneur finale en humidité (H1b) des particules mesurées dans la seconde unité de récupération.

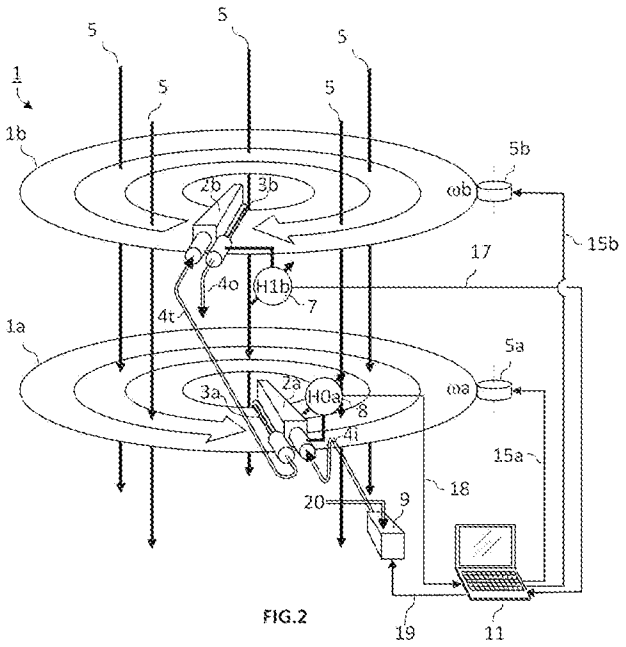


FIG.2

APPAREIL DE SÉCHAGE EN CONTINU DE PARTICULES COMPRENANT UNE BOUCLE DE RÉGULATION

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 permet de sécher à des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans une plage cible ($H1t\pm\varepsilon$) prédéfinie de manière constante et reproductible, des particules dont les teneurs initiales (H0a) en humidité peuvent varier. Ce résultat est obtenu par une première boucle de contrôle de sortie mesurant les valeurs d'humidité finales de sortie (H1b) des particules et modifiant une série de paramètres de fonctionnement du sécheur comprenant les vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux ainsi que le débit d'alimentation (dma / dt) des particules sur le premier plateau (1a) de sorte à déterminer les valeurs de ces paramètres permettant de sécher les particules à des taux compris dans la plage cible ($H1t\pm\varepsilon$). La boucle de contrôle de sortie peut être complémentée par un boucle de contrôle d'entrée mesurant les valeurs d'humidité initiales (H0a) des particules et modifiant uniquement le débit d'alimentation (dma / dt) en fonction de variations dans ces valeurs d'humidité initiales (H0a), sans modifier les vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux, de sorte à maintenir les valeurs de la teneur finale en humidité (H1b) des particules dans la plage cible de référence ($H1t\pm\varepsilon$), indépendamment des variations des teneurs initiales en humidité (H0a) des particules à sécher.

ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

[0002] 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.

[0003] 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.

[0004] 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 un 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, surtout lorsqu'exposée à des particules fines venant 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.

[0005] 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.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] 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).

[0009] Le sécheur décrit dans EP2828595 est particulièrement efficace en termes énergétiques, d'utilisation et occupation de l'espace au sol. Dans un mode stationnaire, avec des particules ayant une teneur initiale en humidité (H0a) relativement constante, le sécheur garantit que la teneur finale en humidité (H1b) sera constamment comprise dans la plage cible ($H1t \pm \varepsilon$). Cependant, la détermination des paramètres de fonctionnement du sécheur nécessaires à atteindre le mode stationnaire de fonctionnement peut prendre du temps. De plus, dans certains cas, la teneur initiale en humidité (H0a) peut varier considérablement dans un même lot de particules. Notamment, dans le cas où les particules seraient stockées à l'air libre, et même exposées aux intempéries et ramassées à l'aide d'une pelle mécanique qui peut une fois coiffer le haut du tas de particules et une autre fois racler le sol à l'endroit où une flaque d'eau se serait formée. Si les teneurs initiales en humidité (H0a) des particules varient au-delà d'une tolérance ($\pm\delta$) autour d'une valeur moyenne de référence (H0r) (i.e., $H0a \neq H0r \pm \delta$), alors il devient très difficile, voire impossible de garantir que les particules après séchage aient une teneur finale en humidité (H1b) comprise dans la plage cible ($H1t \pm \varepsilon$), (i.e., si $H0a \neq H0r \pm \delta$) $\Rightarrow H1b \neq H1t \pm \varepsilon$).

[0010] Il demeure donc un besoin pour un sécheur industriel pour sécher des particules en continu qui soit efficace, facile d'entretien et qui permette d'assurer un séchage des particules jusqu'à une teneur finale en humidité (H1b) comprise dans la plage cible ($H1t \pm \varepsilon$) indépendamment du type de particules à sécher et des variations de la teneur initiale en humidité (H0a) des particules. La présente invention propose un tel sécheur industriel.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

[0011] 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) comprise dans une plage cible prédéfinie centrée autour d'une valeur cible d'humidité (H1t) (i.e., $H1b = H1t \pm \varepsilon$), 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 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 étant perforée et perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et l'eau, et

(c) un second plateau circulaire monté à une certaine distance du premier plateau sur la paroi de ladite enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et en rotation autour dudit axe vertical (Z) dont la rotation est actionnée par un second moteur (5b), la surface du second plateau étant perforée et perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et l'eau.

[0012] 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 configurée pour récupérer les 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 du, 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) une seconde unité de récupération des particules déposées sur le second plateau après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la seconde unité de récupération étant située en aval du, préférablement adjacent à la seconde unité de répartition (2b) et étant configurée pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par un système d'évacuation,

(h) un système 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. Le gaz chaud est utilisé pour évacuer l'humidité des particules et ainsi de les sécher.

[0013] La présente invention se distingue en ce que le sécheur comprend,

(i) une sonde de sortie située au niveau de la seconde unité de récupération ou dans le système d'évacuation et configurée pour mesurer la teneur finale en humidité (H1b) des particules dans ou sortant de la seconde unité de récupération,

(j) un processeur couplé à la sonde de sortie, aux premier et second moteurs et à l'unité d'alimentation et configuré pour optimiser des paramètres de séchage comme suit,

- extraire les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) des particules mesurées par la sonde de sortie au cours du temps, et les comparer à la teneur cible d'humidité (H1t),
- si les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) ne sont pas comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$), modifier des valeurs des vitesses de rotation (ωa, ωb) des

premier et second plateaux et, optionnellement, d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation, afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$).

[0014] Dans le cas où les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) sont supérieures à la plage cible prédéfinie (i.e., H1b > H1t + ε), le processeur peut alors être de plus configuré pour déterminer des valeurs théoriques d'un ou plusieurs des vitesses de rotation (ωa, ωb) et du débit d'alimentation (dma / dt) permettant d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). Et pour

- diminuer la vitesse de rotation (|ωa|) du premier plateau r à la valeur théorique correspondante,
- diminuer la vitesse de rotation (|ωb|) du second plateau proportionnellement à la vitesse de rotation (ωa) du premier plateau à la valeur théorique correspondante, et
- optionnellement, diminuer le débit d'alimentation (dma / dt) de particules réparties sur le premier plateau à la valeur théorique correspondante.

[0015] Dans le cas où les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) sont inférieures à la plage cible prédéfinie (i.e., H1b < H1t + ε), le processeur peut alors être de plus configuré pour déterminer des valeurs théoriques d'un ou plusieurs des vitesses de rotation (ωa, ωb) et du débit d'alimentation (dma / dt) des particules sur le premier plateau permettant d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). Et pour

- augmenter la vitesse de rotation (|ωa|) du premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante,
- augmenter la vitesse de rotation (|ωb|) du second plateau (1b) proportionnellement à la vitesse de rotation (ωa) du premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante, et
- optionnellemet, augmenter le débit d'alimentation (dma / dt) de particules réparties sur le premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante.

[0016] Dans une variante préférée de l'invention, le sécheur comprend également une sonde d'entrée placée au niveau de l'unité d'alimentation ou de la première unité de répartition et configurée pour mesurer une teneur initiale en humidité (H0a) des particules entrant dans la première unité de répartition. Le processeur est configuré pour optimiser les paramètres de séchage uniquement pendant une période pendant laquelle la teneur initiale en humidité (H0a) a une valeur initiale qui est sensiblement constante, ne variant pas de plus d'une plage de référence prédéfinie ($\pm\delta$) autour d'une valeur de référence (H0r) (i.e., H0a = H0r $\pm\delta$).

[0017] Dans un exemple préféré de cette variante, l'unité d'alimentation est de préférence couplée à une source de particules à sécher. Le processeur est de préférence configuré pour atténuer ou éliminer des variations dans le temps des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) dues à des variations dans le temps des valeurs de teneurs initiales en humidité (H0a) des

particules à sécher, comme suit,

- extraire les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) mesurées par la sonde d'entrée au cours du temps, et comparer si les valeurs initiales restent comprises dans la plage de référence prédéfinie ($\pm\delta$) autour de la valeur de référence (H0r) (i.e., H0a = H0r $\pm\delta$),
- si les valeurs initiales ne sont pas comprises dans la plage de référence prédéfinie (i.e., H0a ≠ H0r $\pm\delta$), modifier le débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation, sans modifier les vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux, afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible (H1t $\pm\varepsilon$) même dans le cas où les valeurs initiales (H0a) ne sont pas comprises dans la plage de référence prédéfinie (i.e., H0a ≠ H0r $\pm\delta$),

- si les valeurs initiales sont comprises dans la plage de référence prédéfinie (i.e., H0a = H0r $\pm\delta$), ne pas modifier les paramètres de séchage,

[0018] Dans l'exemple préféré, si les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) sont inférieures à la plage de référence (i.e., H0a < H0r - δ), alors le processeur est configuré pour

- déterminer une valeur théorique du débit d'alimentation (dma / dt) permettant d'augmenter une épaisseur d'une couche de particules réparties par la première unité de répartition sur le premier plateau, afin d'assurer qu'une teneur en humidité intermédiaire (H1a) des particules adjacentes à la première unité de récupération soit compris dans une plage intermédiaire (i.e., H1a = H1i $\pm\gamma$) et
- augmenter le débit d'alimentation (dma / dt) de l'unité d'alimentation à la valeur théorique.

[0019] Inversement, si les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) sont supérieures à la plage de référence (i.e., H0a > H0r + δ), alors le processeur est configuré pour,

- déterminer une valeur théorique du débit d'alimentation (dma / dt) permettant de diminuer une épaisseur d'une couche de particules réparties par la première unité de répartition sur le premier plateau, afin d'assurer qu'une teneur en humidité intermédiaire (H1a) des particules adjacentes à la première unité de récupération (3a) soit compris dans une plage intermédiaire (i.e., H1a = H1i $\pm\gamma$) et
- diminuer le débit d'alimentation (dma / dt) de l'unité d'alimentation à la valeur théorique.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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

[0026] 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 : illustre une variante de sécheur selon la présente invention comprenant une boucle de contrôle de sortie munie d'une sonde de sortie située au niveau de la seconde unité de récupération et une boucle de contrôle d'entrée munie d'une sonde d'entrée placée au niveau de l'unité d'alimentation.

Figure 3 : illustre la boucle de contrôle de sortie avec les variations des vitesses de rotation (ωa, ωb) et de la vitesse de répartition des particules (dma / dt) sur le premier plateau en réponse à des valeurs de la teneur finale en humidité (H1b) mesurées par la sonde de sortie.

Figure 4 : : illustre la boucle de contrôle d'entrée avec les variations de la vitesse de répartition des particules (dma / dt) sur le premier plateau en réponse à des variations de la teneur initiale en humidité (H0a) mesurée par la sonde d'entrée, permettant de stabiliser la teneur finale en humidité (H1b) des particules.

Figure 5(a) & 5(b) : illustrent un exemple d'unité de répartition adaptée à la présente invention, (a) vue en perspective, (b) vue du dessus.

Figure 6(a) & 6(b) : illustrent un exemple d'unité de récupération adaptée à la présente invention, (a) vue du dessus, (d) coupe transversale.

Figure 6(c) & 6(d) : illustrent un second exemple d'unité de récupération adaptée à la présente invention, (c) vue du dessus, (d) coupe transversale.

Figure 7 : illustre sous forme de logigramme la boucle de contrôle de sortie, incluant la sonde de sortie permettant de mesurer les teneurs finales en humidité (H1b) à la sortie du sécheur.

Figure 8 : illustre le logigramme de la Figure 7, avec une condition additionnelle que pour activer la boucle de contrôle de sortie, il faut s'assurer que les teneurs initiales en humidité (H0a) des particules chargées dans le sécheur soient relativement constantes (i.e., H0a = H0r $\pm\delta$).

Figure 9 : illustre le logigramme de la Figure 8, avec en plus la boucle de contrôle d'entrée incluant la mesure de la teneur initiale en humidité (H0a) des particules.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0027] 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 est préférée car cela augmente l'efficacité énergétique du sécheur.

[0028] 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 (5a). La surface du premier plateau (1a) est perforée et perméable aux fluides tels l'air et la vapeur d'eau et l'eau.

[0029] 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 et perméable aux fluides tels l'air et la vapeur d'eau et l'eau.

[0030] 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).

[0031] 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).

[0032] L'enceinte (10) enferme 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 situé en aval de la seconde unité de répartition (2b), préférablement adjacent à la seconde unité de répartition (2b), de sorte que les particules l'atteignent après une rotation d'un

angle donné de celui-ci. La seconde unité de récupération est configurée pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par un système d'évacuation (4o).

[0033] 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) emporter 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 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).

[0034] Le sécheur de la présente invention se distingue des sécheurs antérieurs en ce qu'il comprend en outre une sonde de sortie (7) située au niveau de la seconde unité de récupération (3b) ou dans le système d'évacuation (4o) et configurée pour mesurer la teneur finale en humidité (H1b) des particules dans ou sortant de la seconde unité de récupération (3b). Un processeur (11) est couplé à la sonde de sortie (7), aux premier et second moteurs (5a, 5b) et à l'unité d'alimentation (9) et est configuré pour optimiser des paramètres de séchage comme suit,

- extraire les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) des particules mesurées par la sonde de sortie (7) au cours du temps, et les comparer à la teneur cible d'humidité (H1t),
- si les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) ne sont pas comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$), modifier des valeurs des vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux (1a, 1b) et, optionnellement d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9), afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$).

BOUCLE DE CONTRÔLE DE SORTIE BASÉE SUR LES MESURES PAR LA SONDE DE SORTIE (7)

[0035] Le sécheur de la présente invention est contrôlé par le processeur (11) à travers une première boucle de contrôle appelée boucle de contrôle de sortie. La boucle de contrôle de sortie est basée sur les principes suivants.

[0036] Pour une épaisseur d'une couche de particules constante, une vitesse de rotation plus lente d'un des plateaux augmente le temps de séchage des particules sur ce plateau et est donc indiqué dans le cas où les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) des particules mesurées par la sonde de sortie (7) sont supérieures à la teneur cible d'humidité (H1t) (i.e., les particules sont encore trop humides). Inversement, une vitesse plus rapide de rotation d'un des plateaux diminue le temps de séchage des particules et est indiqué lorsque les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) des particules mesurées par la sonde de sortie (7) sont inférieures à la teneur cible d'humidité (H1t). Si les particules sont trop sèches ou plus sèches que nécessaire ou qu'admissible, cela indique que le sécheur gaspille de l'énergie pour rien.

[0037] De préférence, le processeur (11) contrôle la vitesse de rotation du second plateau (1b) qui agit en « master » en imposant que le premier plateau (1a) qui agit en « slave » adapte automatiquement sa vitesse de rotation à celle du second plateau (1b) « master ». Le premier plateau (1a) adapte sa vitesse automatiquement à celle du second plateau (1b) en tournant à une vitesse proportionnelle à celle du second plateau (1b) qui est « master ». Le coefficient de proportionnalité ($\omega a / \omega b$) entre les vitesses de rotation du premier plateau (1a) et du second plateau (1b) est prédéfini et est de préférence négatif (i.e., le premier plateau (1a) tourne en sens inverse du second plateau (1b)). Dans une variante préférée, la valeur absolue du coefficient de proportionnalité ($\omega a / \omega b$) est comprise entre 0.7 et 1.3, de préférence entre 0.8 et 1.05. De préférence, en valeurs absolues, la vitesse de rotation du premier plateau (1a) est égale à la vitesse de rotation du second plateau (1b). Si le premier plateau (1a) tourne plus vite que le second plateau (i.e., $|\omega a / \omega b| > 1$), l'épaisseur de la couche de particules sur le second plateau (1b) est supérieure à celle du premier plateau (1a). Inversement, si $|\omega a / \omega b| < 1$), l'épaisseur de la couche de particules sur le second plateau (1b) est inférieure à celle du premier plateau (1a). Par conséquent, si $|\omega a / \omega b| = 1$, l'épaisseur de la couche de particules sur le second plateau (1b) est sensiblement égale à celle du premier plateau (1a).

[0038] Enfin, pour une vitesse constante de rotation du premier plateau (1a), diminuer le débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9) a pour effet de diminuer l'épaisseur de la couche de particules formée sur le premier plateau (1a). Les particules du premier plateau sont ainsi séchées plus rapidement par le flux de gaz chaud. Une telle diminution du débit est donc indiquée lorsque les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) mesurées par la sonde de sortie (7) sont supérieures à la teneur cible d'humidité (H1t) (i.e., les particules sont encore trop humides). Inversement, augmenter le débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9) a pour effet d'augmenter l'épaisseur de la couche de particules

formée sur le premier plateau (1a). Un plus grand volume de particules du premier plateau sont ainsi séchées par le flux de gaz chaud. Une telle augmentation du débit est donc indiquée lorsque les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) mesurées par la sonde de sortie (7) sont inférieures à la teneur cible d'humidité (H1t) (i.e., les particules sont encore plus sèches que nécessaire).

[0039] Tenant compte des effets décrits ci-dessus, le processeur (11) est configuré pour contrôler les vitesses de rotation (ωa, ωb) des premiers et second plateaux (1a, 1b) ainsi que le débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9) de la manière suivante illustrée aux Figures 3, 6 et 7. La Figure 3 illustre de manière schématique des variations de la teneur finale en humidité (H1b) des particules mesurée par la sonde de sortie (7). La teneur cible d'humidité (H1t) et la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$), sont représentées par une ligne continue centrée entre deux lignes traitillées. Chaque fois que la teneur finale en humidité (H1b) mesurée sort de la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$), le processeur (11) peut varier l'un ou plusieurs parmi les vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux (1a, 1b) et le débit d'alimentation (dma / dt) afin que la teneur finale en humidité (H1b) mesurée tombe dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). Ceci permet de définir des vitesses de référence (ωar, ωbr) des premier et second plateaux (1a, 1b) et un débit d'alimentation de référence (dmar / dt) permettant de sécher les particules dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). La Figure 3 illustre des variations constantes de la teneur finale en humidité (H1b) des particules pour illustrer les possibles variations de paramètres que le processeur (11) peut contrôler. En réalité, une fois qu'un état stationnaire est trouvé, les valeurs de référence (ωar, ωbr, dmar/dt) permettant de sécher les particules dans la plage cible prédéfinie sont enregistrées et maintenues tant qu'une variation importante de l'état stationnaire n'intervienne.

[0040] Comme illustré aux Figures 3, et 6 (et 7 et 8), la sonde de sortie (7) mesure la teneur finale en humidité (H1b) des particules. Si H1b est dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$), alors le processeur maintient les valeurs de référence (ωar, ωbr, dmar/dt) (cf. Figure 3, zones ombrées, et Figure 7, branche « oui » du losange losange [H1b = H1t $\pm\varepsilon$?]). Si par contre, H1b sort de la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$), alors le processeur est configuré pour agir de la manière suivante.

[0041] Dans un premier cas, où les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) sont supérieures à la plage cible prédéfinie (i.e., H1b > H1t + ε), alors le processeur (11) détermine des valeurs théoriques des vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux (1a, 1b) et / ou du débit d'alimentation (dma / dt) permettant d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible. Comme illustré aux Figures 3 (sections de courbe (H1b) au-dessus de la ligne traitillée « +ε ») et 6 (branche « oui » du losange [H1b > H1t $\pm\varepsilon$?)], alors le processeur est configuré pour

- diminuer la vitesse de rotation (|ωb|) du second plateau (1b) à la valeur théorique correspondante,

- diminuer la vitesse de rotation (|ωa|) du premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante ; de préférence le premier plateau est soumis (= « slave ») au second plateau (1b) (= master ») en adaptant automatiquement sa vitesse de rotation proportionnellement à celle du second plateau, et / ou
- diminuer le débit d'alimentation (dma / dt) de particules réparties sur le premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante.

[0042] Dans un second cas, où les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) sont inférieures à la plage cible prédéfinie (i.e., H1b < H1t - ε), alors le processeur (11) détermine des valeurs théoriques des vitesses de rotation (ωa, ωb) et du débit d'alimentation (dma / dt) des particules sur le premier plateau (1a) permettant d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). Ceci permet (1) de sécher un volume donné de particules à la plage cible prédéfinie en moins de temps et donc moins cher. Comme illustré aux Figures 3 (sections de courbe (H1b) en-dessous de la ligne traitillée « -ε ») et 6 (branche « non » du losange [H1b > H1t $\pm\varepsilon$?]), alors le processeur est configuré pour,

- augmenter la vitesse de rotation (|ωb|) du second plateau (1b) à la valeur théorique correspondante,
- augmenter la vitesse de rotation (|ωa|) du premier plateau (1a) proportionnellement à la vitesse de rotation (ωb) du second plateau (1b) à la valeur théorique correspondante, et / ou
- augmenter le débit d'alimentation (dma / dt) de particules réparties sur le premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante.

SONDE D'ENTRÉE (8)

[0043] La boucle de contrôle de sortie basée sur la mesure par la sonde de sortie (7) décrite supra permet de déterminer avec succès des vitesses de rotation de référence (ωar, ωbr) des plateaux (1a, 1b) et un débit d'alimentation de référence (dmar / dt) permettant de sécher des particules jusqu'à une teneur finale en humidité (H1b) comprise dans la plage cible prédéfinie à condition que la teneur initiale en humidité (H0a) des particules avant séchage soit sensiblement constante, i.e., comprise dans une plage de référence prédéfinie ($\pm\delta$) autour d'une valeur moyenne de référence (H0r) (i.e., H0a = H0r $\pm\delta$).

[0044] Si la teneur initiale en humidité (H0a) des particules varie sensiblement (i.e. |dH0a / dt| > δ) dans une plage de temps (t0), la sonde de sortie (7) ne détectera une telle variation qu'après un délai (Δt) nécessaire aux particules déposées sur le premier plateau (1a) dans la plage de temps (t0) de faire une rotation sur le premier plateau (1a), être transférées sur le second plateau (1b) et faire une rotation sur le second plateau jusqu'à atteindre la seconde unité de récupération (3b) et la sonde de sortie (7). Le processeur (11) ne pourra réagir à ces variations d'humidité qu'après le délai (Δt) qui est beaucoup trop long, et qui sera inutile si la teneur initiale en humidité (H0a) des particules aura de nouveau varié sensiblement pendant ce délai (i.e., si

t0 < Δt). Il est donc intéressant de connaître la valeur de la teneur initiale en humidité (H0a) des particules au cours du temps.

[0045] Pour pallier ce problème, une variante préférée du sécheur de la présente invention comprend en plus de la sonde de sortie (7) discutée supra, également une sonde d'entrée (8) placée au niveau de l'unité d'alimentation (9) ou de la première unité de répartition (2a). La sonde d'entrée (8) est configurée pour mesurer une teneur initiale en humidité (H0a) des particules entrant ou situées dans la première unité de répartition (2a).

[0046] Dans une variante préférée illustrée à la Figure 8, le processeur est configuré pour optimiser les paramètres de séchage sur base des valeurs (H1b) mesurées par la sonde de sortie (7) uniquement pendant une période pendant laquelle la teneur initiale en humidité (H0a) a une valeur initiale qui est sensiblement constante, ne variant pas de plus de la plage de référence prédéfinie ($\pm\delta$) autour de la valeur moyenne de référence (H0r) (i.e., si $|dH0a / dt| \leq \delta$, ou si $H0a = H0r \pm \delta$) (cf. Figure 8, losange [$H0a \neq H0r \pm \delta$]).

[0047] Par cette configuration, le processeur peut déterminer les valeurs de référence optimales des vitesses de rotation ($\omega ar, \omega br$) des plateaux (1a, 1b) et du débit d'alimentation (dmar / dt) pour sécher les particules dans la plage désirée dans un mode de fonctionnement stationnaire, i.e., où la teneur initiale en humidité (H0a) des particules reste sensiblement constante pendant le procédé de séchage. Si les particules à sécher d'un batch donné ont des teneurs initiales en humidité (H0a) qui varient sensiblement d'une zone à l'autre du batch, deux solutions s'offrent à la personne du métier. Une première option comprend une étape de mélange des particules avant le séchage afin d'homogénéiser la teneur initiale en humidité (H0a) des particules. Une seconde option, que le sécheur de la présente invention permet d'implémenter est de faire varier l'épaisseur de la couche de particules déposées sur le premier plateau (1a) en fonction des variations de la teneur initiale en humidité (H0a) des particules. Pour ce faire, le processeur (11) peut comprendre une seconde boucle de contrôle, appelée boucle de contrôle d'entrée, basée sur les mesures par la sonde d'entrée (8).

BOUCLE DE CONTRÔLE D'ENTRÉE BASÉE SUR LES MESURES PAR LA SONDE D'ENTRÉE (8)

[0048] Comme indiqué supra, dans une variante préférée du sécheur de la présente invention, le processeur (11) comprend une boucle de contrôle d'entrée, basée sur les mesures par la sonde d'entrée (8). La Figure 9 est semblable à la Figure 8 avec en plus la boucle de contrôle d'entrée décrite dans la présente section. Dans cette variante, l'unité d'alimentation (9) est couplée à une source (20) de particules à sécher, et le processeur (11) est configuré pour atténuer ou éliminer des variations dans le temps (dH1b / dt) des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) dues à des variations dans le temps (dH0a / dt) des valeurs de teneurs initiales en humidité (H0a) des particules à sécher. Comme illustré aux Figures 4 et 8, le processeur (11) est donc configuré pour extraire les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) mesurées par la sonde d'entrée

(8) au cours du temps, et comparer si les valeurs initiales restent comprises dans la plage de référence prédéfinie ($\pm\delta$) autour de la valeur moyenne de référence (H0r) (i.e., si $|dH0a / dt| \leq \delta$, ou si H0a = H0r $\pm\delta$) (cf. Figure 9, branche « oui » du losange [H1b = H1t $\pm\varepsilon$?] suivi du losange [H0a = H0r $\pm\delta$?]).

[0049] Si les valeurs initiales ne sont pas comprises dans la plage de référence prédéfinie (i.e., si $|dH0a / dt| > \delta$ ou, de manière équivalente, si H0a ≠ H0r $\pm\delta$), le processeur est configuré pour modifier le débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9), sans modifier les vitesses de rotation de référence (ωar, ωbr) des premier et second plateaux (1a, 1b), afin de modifier dans le temps l'épaisseur de la couche de particules déposées sur le premier plateau (1a) et ainsi modifier une teneur intermédiaire en humidité (H1a) des particules à la sortie du premier plateau (1a), avant d'être transférées sur le second plateau (cf. Figure 4 graphe « dma/dt », en réponse aux variations de la teneur initiale en humidité (H0a) mesurée, et graphes « da » et « H1b » illustrant les conséquences des variations de dma/dt sur l'épaisseur (da) de la couche de particules sur le premier plateau (1a) et finalement sur la valeur de la teneur finale en humidité (H1b) qui se maintient ainsi dans la plage cible prédéfinie.

[0050] Il est clair que si la valeur moyenne de l'épaisseur de la couche déposée sur le premier plateau (1a) varie d'un tour à l'autre, l'épaisseur de la couche formée sur le second plateau (1b) par les particules transférées du premier plateau (1a) va varier selon ces variations. Cependant contrairement au premier plateau (1a), sur lequel l'épaisseur de la couche de particules peut varier d'un secteur angulaire du premier plateau (1a) à un autre, l'épaisseur de la couche de particules sur le second plateau (1b) est sensiblement constante. En effet, l'unité de transfert (4t) mélange et homogénéise la masse de particules récoltée par la première unité de récupération (3a) et dépose les particules sur le second plateau (1b) à un débit constant, formant ainsi une couche d'épaisseur sensiblement constante sur le second plateau (1b).

[0051] Grâce à la boucle de contrôle d'entrée, il est possible d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible (H1t $\pm\varepsilon$) même dans le cas où les valeurs initiales (H0a) varient sensiblement dans le temps de répartition sur le premier plateau (1a). Avec cette boucle de contrôle d'entrée, l'épaisseur de la couche de particules déposée sur le premier plateau (1a) peut varier avec l'angle azimutal, permettant ainsi de répondre quasi instantanément aux variations (dH0a / dt) des teneurs initiales en humidité (H0a) dans le temps de répartition. Ceci permet d'obtenir après un tour du premier plateau (1a) une teneur intermédiaire en humidité (H1a) sensiblement constante des particules à la sortie du premier plateau (1a), avant d'être transférées sur le second plateau (1b), indépendamment des variations de teneurs initiales en humidité (H0a) des particules dans la première unité de répartition (2a).

[0052] La boucle de contrôle d'entrée basée sur la sonde d'entrée (8) est subordonnée à la boucle basée sur la sonde de sortie (7). La boucle de contrôle de sortie basée sur la sonde de sortie (7) définit les paramètres de base de fonctionnement du sécheur, incluant les vitesses de

rotation ($\omega a, \omega b$) des premier et second plateaux (1a, 1b) et le débit d'alimentation (dma / dt) pour un batch donné de particules. Ces paramètres de base peuvent rester constants tant que les propriétés du batch de particules à sécher sont sensiblement constantes, telles que teneur en humidité initiale (H0a), taille et distribution de tailles des particules, etc. La boucle de contrôle de sortie est donc un contrôle sur le long terme, alors que la boucle de contrôle d'entrée est un contrôle instantané basé sur le court terme.

[0053] En effet, la boucle de contrôle d'entrée basée sur la sonde d'entrée (8) permet d'adapter ces paramètres aux variations instantanées de la teneur initiale en humidité (H0a) des particules dans ce batch. La boucle de contrôle d'entrée permet de réagir très rapidement à des variations de la teneur initiale en humidité (H0a) des particules en contrôlant le débit d'alimentation (dma / dt) selon la teneur initiale en humidité (H0a) mesurée par la sonde d'entrée (8).

[0054] En particulier, si les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) sont inférieures à la plage de référence (i.e., H0a < H0r - δ), alors le processeur (11) détermine une valeur théorique du débit d'alimentation (dma / dt) permettant d'augmenter l'épaisseur de la couche de particules réparties par la première unité de répartition (2a) sur le premier plateau (1a). Ceci permet d'assurer que la teneur en humidité intermédiaire (H1a) des particules adjacentes à la première unité de récupération (3a) soit compris dans une plage intermédiaire (i.e., H1a = H1i $\pm\gamma$). Le processeur (11) augmente alors le débit d'alimentation (dma / dt) de l'unité d'alimentation à la valeur théorique.

[0055] Inversement, si les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) sont supérieures à la plage de référence (i.e., H0a > H0r + δ), alors le processeur (11) détermine une valeur théorique du débit d'alimentation (dma / dt) permettant de diminuer l'épaisseur de la couche de particules réparties par la première unité de répartition (2a) sur le premier plateau (1a). Ceci permet d'assurer que la teneur en humidité intermédiaire (H1a) des particules adjacentes à la première unité de récupération (3a) soit compris dans la plage intermédiaire (i.e., H1a = H1i $\pm\gamma$). Le processeur diminue alors le débit d'alimentation (dma / dt) de l'unité d'alimentation à la valeur théorique.

[0056] Dans sa détermination de la valeur théorique du débit d'alimentation (dma / dt) permettant de varier l'épaisseur de la couche de particules sur le premier plateau (1a) afin de maintenir les teneurs finales en humidité (H1b) dans la plage de cible prédéfinie (i.e., H1b = H1t $\pm\varepsilon$), avec les premier et second plateaux (1a, 1b) tournant à leurs vitesses de référence (ωar, ωbr) respectives déterminées avec la boucle de contrôle de sortie, le processeur (11) tient compte de la vitesse de rotation (ωa) du premier plateau (1a) et détermine l'épaisseur de la couche de particules permettant d'obtenir une teneur intermédiaire en humidité (H1a) des particules sensiblement constante à la sortie du premier plateau (1a), avant d'être transférées sur le second plateau.

[0057] Si les valeurs de la teneurs initiale en humidité (H0a) des particules varient au point que la valeur moyenne de référence varie aussi, alors varier le débit d'alimentation (dma / dt) des

particules sur le premier plateau (1a) permettra certes d'obtenir une valeur constante des teneurs intermédiaire et finale en humidité (H1a, H1b) mais il est possible que la valeur de la teneur finale en humidité (H1b) sorte de la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). Pour cette raison, la boucle de contrôle de sortie continue à mesurer la teneur finale en humidité (H1b) des particules, et si cette valeur sort de la plage cible prédéfinie, le contrôleur (11) peut déterminer une nouvelle valeur des vitesses de référence (ωar, ωbr) des premier et second plateaux (1a, 1b) permettant de ramener la teneur finale en humidité (H1b) dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$) (cf. Figure 9, boucle [mesurer H1b] - [mesurer H0a]).

STRUCTURE DU SECHEUR – UNITÉ D'ALIMENTATION (9)

[0058] L unité d'alimentation (9) est couplée en amont à une source (20) de particules à sécher, par exemple stockée dans un silo, un container, une benne, etc. et, 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 vers la première unité de répartition (2a) afin de pouvoir varier l'épaisseur (da) de la couche de particules déposée sur le premier plateau par la première unité de répartition (2a) en réponse à la boucle de contrôle de sortie et / ou d'entrée.

[0059] 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 (dma / dt) des particules 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 (dma / dt).

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

[0060] L'unité d'alimentation (9) est couplée en aval à la première unité de répartition (2a) et est configuré pour alimenter la première unité de répartition (2a) à un débit d'alimentation contrôlé par le processeur. La première unité de répartition (2a) des particules à sécher sur le premier plateau (1a) a pour but de répartir les particules à sécher de manière homogène le long d'un rayon du premier plateau (1a). 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.

[0061] 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). 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).

[0062] 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 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.

[0063] 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 5(a) et 5(b), une vis de répartition (21) et une vis de recirculation (22), 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 (21). Par exemple, l'ouverture d'alimentation peut se trouver au-dessus de la vis de répartition (21) 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 (21) le long du rayon du premier plateau (1a).

[0064] 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 (21) 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 (21) n'est que partiellement séparée de la vis de recirculation (22), permettant à un surplus de particules de passer de la vis de répartition (21) vers la vis de recirculation (22), qui tourne dans un second sens, opposé au premier sens de rotation de la vis de répartition (21) de sorte à transporter les particules ainsi transvasées dans la direction de l'enceinte (10). A l'extrémité de la vis de recirculation (22) adjacente à l'enceinte, la vis de recirculation (22) est munie d'une palette (22s) qui, par rotation de la vis de recirculation (22) renvoie les particules vers la vis de répartition (21). Une palette (21s) semblable est agencée à l'extrémité de la vis de répartition (21) proche du centre du sécheur afin de transvaser vers la vis

de recirculation (22) les particules se trouvant à cette extrémité sans tomber 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.

[0065] 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 5(a) et 5(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)

[0066] 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).

[0067] Comme illustré dans les Figures 6(a) et 6(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).

[0068] Les Figures 6(b) et 6(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 6(a) et 6(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).

[0069] 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.

[0070] 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.

[0071] 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)

[0072] 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. Les premiers et second plateaux (1a, 1b) peuvent ainsi comprendre 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 la granulométrie des particules à sécher. La couche filtrante 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 auto-portante 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.

[0073] 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 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 ; 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 de la poussière. 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 poussière.

[0074] 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.

[0075] 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.

[0076] 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.

[0077] 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.

[0078] 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 x D1, où n < 1, la perte en surface disponible sur chaque plateau pour le séchage entre un plateau plein et un plateau comprenant une cheminée est D6 / D1 = n^2. Par exemple, si la cheminée a le tiers du diamètre de l'enceinte extérieure, la perte en surface disponible pour le séchage n'est que de 1 / 9 ≃ 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 à déposer et fixer sur les caillebotis 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).

[0079] 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.

[0080] Comme la distribution de la granulométrie des particules d'un même type peut être large, il est difficile d'éviter que la fraction la plus fine des particules ne passe à travers les perforations des plateaux et ne tombe sur le ou les plateaux inférieurs, puis sur le plancher de l'enceinte enfermant les plateaux. Afin d'éviter une trop grande 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

[0081] 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 par le second plateau (1b).

[0082] Les particules sont réparties sur le premier plateau 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.

[0083] 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) est également le gaz en amont du premier plateau.

[0084] 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).

REVENDICATIONS

1. Sécheur pour sécher des particules ayant une teneur initiale en humidité (H0a) jusqu'à atteindre une teneur finale en humidité (H1b) comprise dans une plage cible prédéfinie centrée autour d'une valeur cible d'humidité (H1t) (i.e., H1b = H1t $\pm \varepsilon$), 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 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 étant perforée et perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et l'eau, et

(c) un second plateau circulaire monté à une certaine distance du premier plateau sur la paroi de ladite enceinte sensiblement normal à l'axe vertical (Z) et en rotation autour dudit axe vertical (Z) dont la rotation est actionnée par un second moteur (5b), la surface du second plateau étant perforée et perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et l'eau,

(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 configurée pour récupérer les 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 du, 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) une seconde unité de récupération des particules déposées sur le second plateau après une rotation d'un angle donné de celui-ci, la seconde unité de récupération étant située en aval du, préférablement adjacent à la seconde unité de répartition (2b) et étant configurée pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par un système d'évacuation,

(h) un système 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.

caractérisé en ce que le sécheur comprend, en outre,

(i) une sonde de sortie (7) située au niveau de la seconde unité de récupération (3b) ou dans le système d'évacuation (4o) et configurée pour mesurer la teneur finale en humidité (H1b) des particules dans ou sortant de la seconde unité de récupération (3b),

(j) un processeur (11) couplé à la sonde de sortie (7), aux premier et second moteurs (5a, 5b) et à l'unité d'alimentation (9) et configuré pour optimiser des paramètres de séchage incluant des vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux (1a, 1b) et,

optionnellement, d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9), comme suit,

- extraire les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) des particules mesurées par la sonde de sortie (7) au cours du temps, et les comparer à la teneur cible d'humidité (H1t),
- si les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) ne sont pas comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$), modifier des valeurs des vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux (1a, 1b) et, optionnellement, d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9), afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$).

2. Sécheur selon la revendication 1, dans lequel si les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) sont supérieures à la plage cible prédéfinie (i.e., H1b > H1t + ε), alors le processeur (11) détermine des valeurs théoriques d'un ou plusieurs des vitesses de rotation (ωa, ωb) et du débit d'alimentation (dma / dt) permettant d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). et

- diminue la vitesse de rotation (|ωa|) du premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante,
- diminue la vitesse de rotation (|ωb|) du second plateau (1b) proportionnellement à la vitesse de rotation (ωa) du premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante, et
- optionnellement, diminue le débit d'alimentation (dma / dt) de particules réparties sur le premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante.

3. Sécheur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel si les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) sont inférieures à la plage cible prédéfinie (i.e., H1b < H1t + ε), alors le processeur (11) détermine des valeurs théoriques d'un ou plusieurs des vitesses de rotation (ωa, ωb) et du débit d'alimentation (dma / dt) des particules sur le premier plateau (1a) permettant d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t $\pm\varepsilon$). et

- augmente la vitesse de rotation (|ωa|) du premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante,
- augmente la vitesse de rotation (|ωb|) du second plateau (1b) proportionnellement à la vitesse de rotation (ωa) du premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante, et
- optionnellemet, augmente le débit d'alimentation (dma / dt) de particules réparties sur le premier plateau (1a) à la valeur théorique correspondante.

4. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une sonde d'entrée (8) placée au niveau de l'unité d'alimentation (9) ou de la première unité de répartition (2a) et configurée pour mesurer une teneur initiale en humidité (H0a) des particules entrant dans la première unité de répartition (2a) et dans lequel le processeur (11) est configuré pour optimiser les paramètres de séchage uniquement pendant une période pendant laquelle la teneur initiale en humidité (H0a) a une valeur initiale qui est sensiblement constante, ne variant pas de plus

d'une plage de référence prédéfinie ($\pm\delta$) autour d'une valeur de référence (H0r) (i.e., H0a = H0r $\pm\delta$).

5. Sécheur selon la revendication 4, dans lequel l'unité d'alimentation (9) est couplée à une source (20) de particules à sécher, et dans lequel le processeur (11) est configuré pour atténuer ou éliminer des variations dans le temps des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) dues à des variations dans le temps des valeurs de teneurs initiales en humidité (H0a) des particules à sécher, comme suit,

- extraire les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) mesurées par la sonde d'entrée (8) au cours du temps, et comparer si les valeurs initiales restent comprises dans la plage de référence prédéfinie ($\pm\delta$) autour de la valeur de référence (H0r) (i.e., H0a = H0r $\pm\delta$),
- si les valeurs initiales ne sont pas comprises dans la plage de référence prédéfinie (i.e., H0a ≠ H0r $\pm\delta$), modifier le débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation (9), sans modifier les vitesses de rotation (ωa, ωb) des premier et second plateaux (1a, 1b), afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible (H1t $\pm\varepsilon$) même dans le cas où les valeurs initiales (H0a) ne sont pas comprises dans la plage de référence prédéfinie (i.e., H0a ≠ H0r $\pm\delta$).

6. Sécheur selon la revendication 5, dans lequel si les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) sont inférieures à la plage de référence (i.e., H0a < H0r - δ), alors le processeur (11) est configuré pour,

- déterminer une valeur théorique du débit d'alimentation (dma / dt) permettant d'augmenter une épaisseur d'une couche de particules réparties par la première unité de répartition (2a) sur le premier plateau (1a), afin d'assurer qu'une teneur en humidité intermédiaire (H1a) des particules adjacentes à la première unité de récupération (3a) soit compris dans une plage intermédiaire (i.e., H1a = H1i $\pm\gamma$) et
- augmenter le débit d'alimentation (dma / dt) de l'unité d'alimentation à la valeur théorique.

7. Sécheur selon la revendication 5 ou 6, dans lequel si les valeurs initiales des teneurs initiales en humidité (H0a) sont supérieures à la plage de référence (i.e., H0a > H0r + δ), alors le processeur (11) est configuré pour,

- détermine une valeur théorique du débit d'alimentation (dma / dt) permettant de diminuer une épaisseur d'une couche de particules réparties par la première unité de répartition (2a) sur le premier plateau (1a), afin d'assurer qu'une teneur en humidité intermédiaire (H1a) des particules adjacentes à la première unité de récupération (3a) soit compris dans une plage intermédiaire (i.e., H1a = H1i $\pm\gamma$) et
- diminue le débit d'alimentation (dma / dt) de l'unité d'alimentation à la valeur théorique.

8. 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 circule du haut vers le bas et est préférablement de l'air chaud.

9. 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).

10.Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les premiers et second plateaux (1a, 1b) comprennent 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.

11.Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les premier et second systèmes de répartition (2a, 2b) des particules à sécher sur les premier et second plateaux (1a, 1b), respectivement, ainsi que l'unité d'alimentation (9) 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 dudit rayon des plateaux (1a, 1b).

12. Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les première et seconde unités de récupération (3a, 3b) comprennent 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 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.

13.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), le système de soufflage de gaz chaud (5),

- est soit 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 (1b, 1a), respectivement.

14.Sécheur selon la revendication 13, 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 dernier plateau (1b, 1c) 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, suivant le flux sensiblement parallèle à l'axe 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).

15.Sécheur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité d'alimentation (9) est reliée en amont à une source (20) desdites particules à sécher, de préférence un silo), lesdites 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 sont sous forme de poudre, de granulés, de copeaux, de pellets, de tourteaux, ou de morceaux généralement ne dépassant pas 10 cm de longueur.

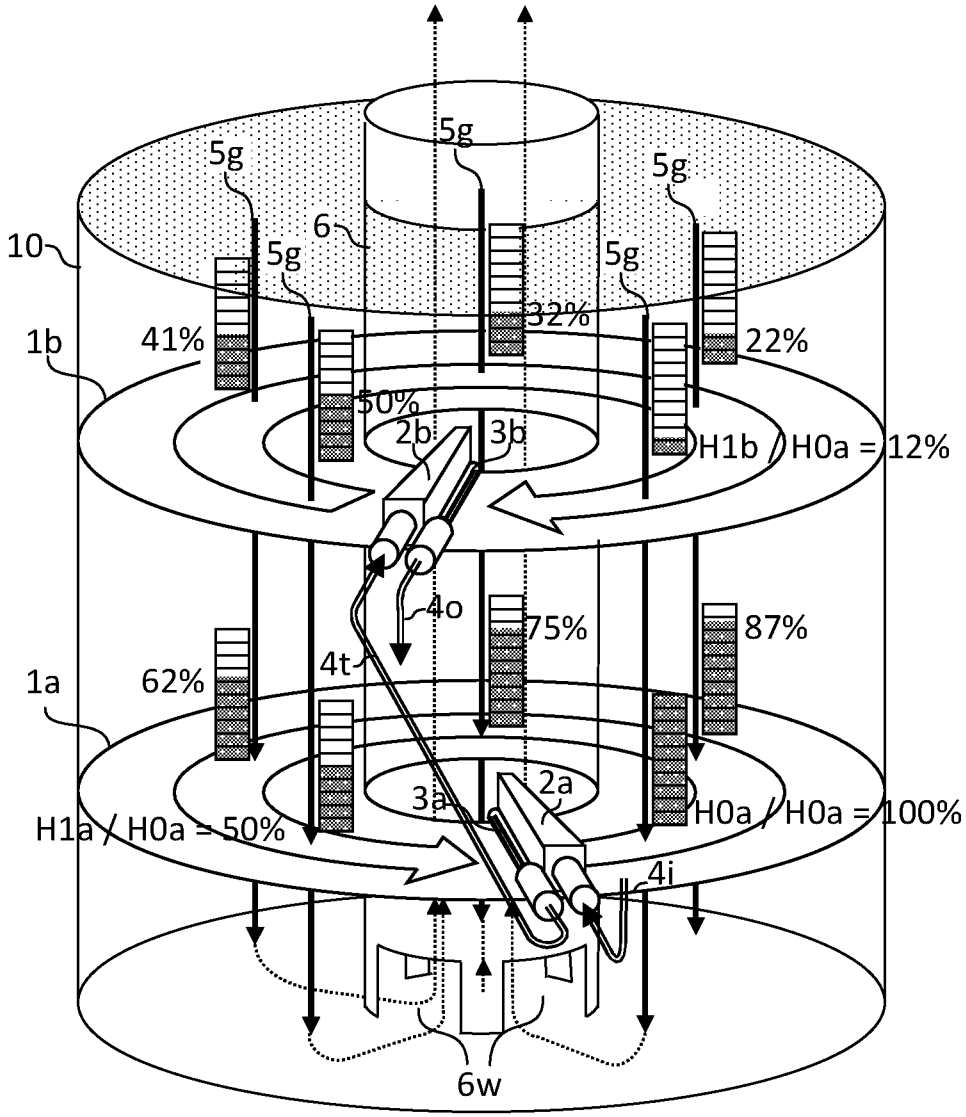

5g
5g
5g
5g
5g
6
10
1b
41%
32%
22%
50%
2b
3b
H1b / H0a = 12%
4o
75%
87%
4t
1a
62%
3a
2a
H0a / H0a = 100%
H1a / H0a = 50%
4i
6w

FIG.1

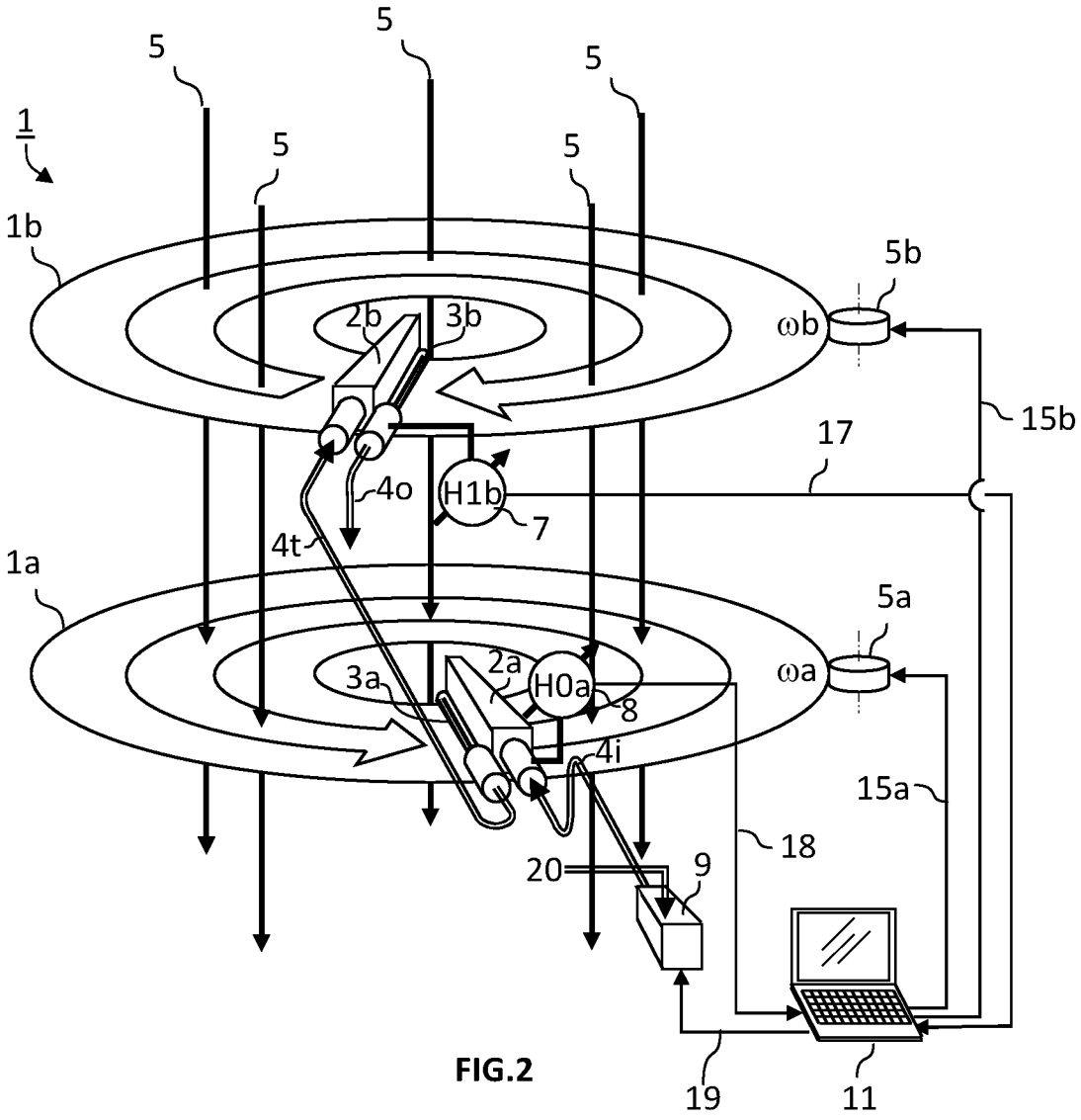

1
1b
1a
5
5
5
5
5
5b
ωb
2b
3b
15b
17
4o
H1b
7
4t
5a
ωa
2a
3a
H0a
8
4i
15a
18
20
9
19
11

FIG.2

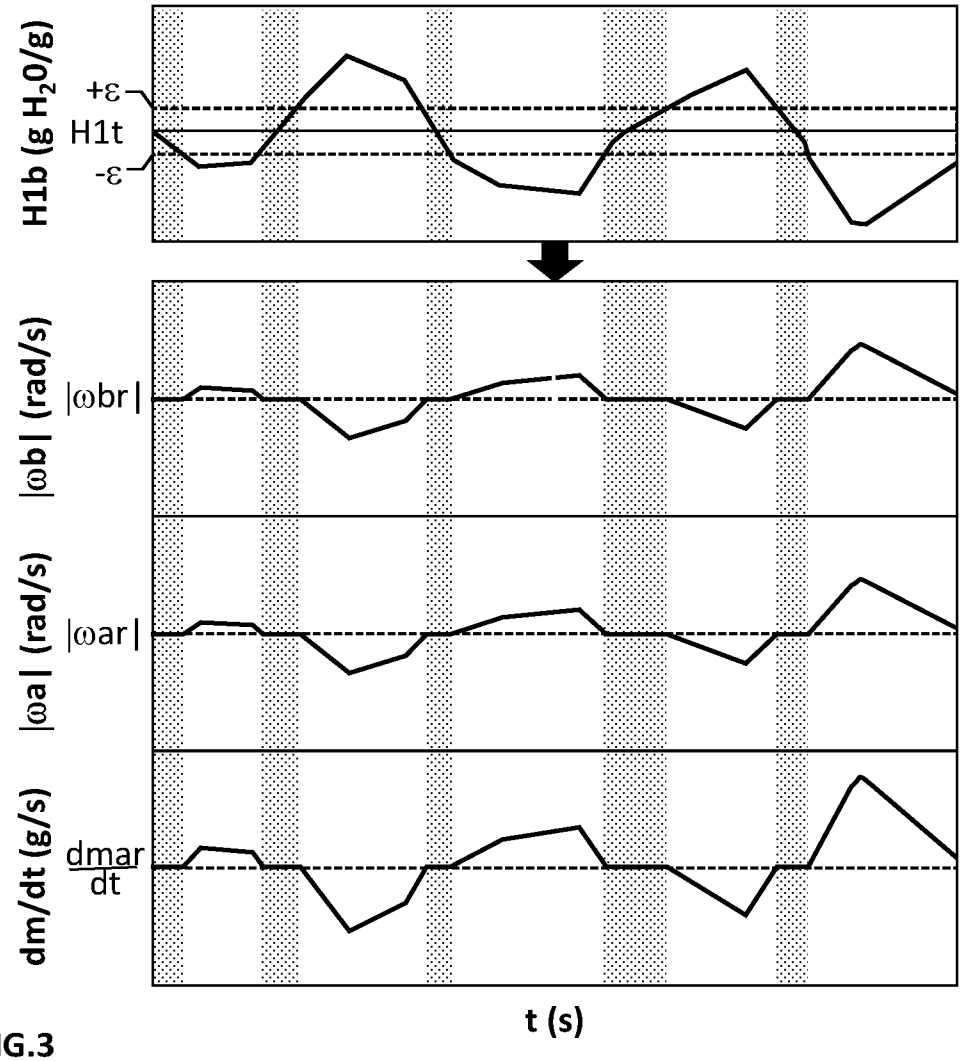


FIG.3

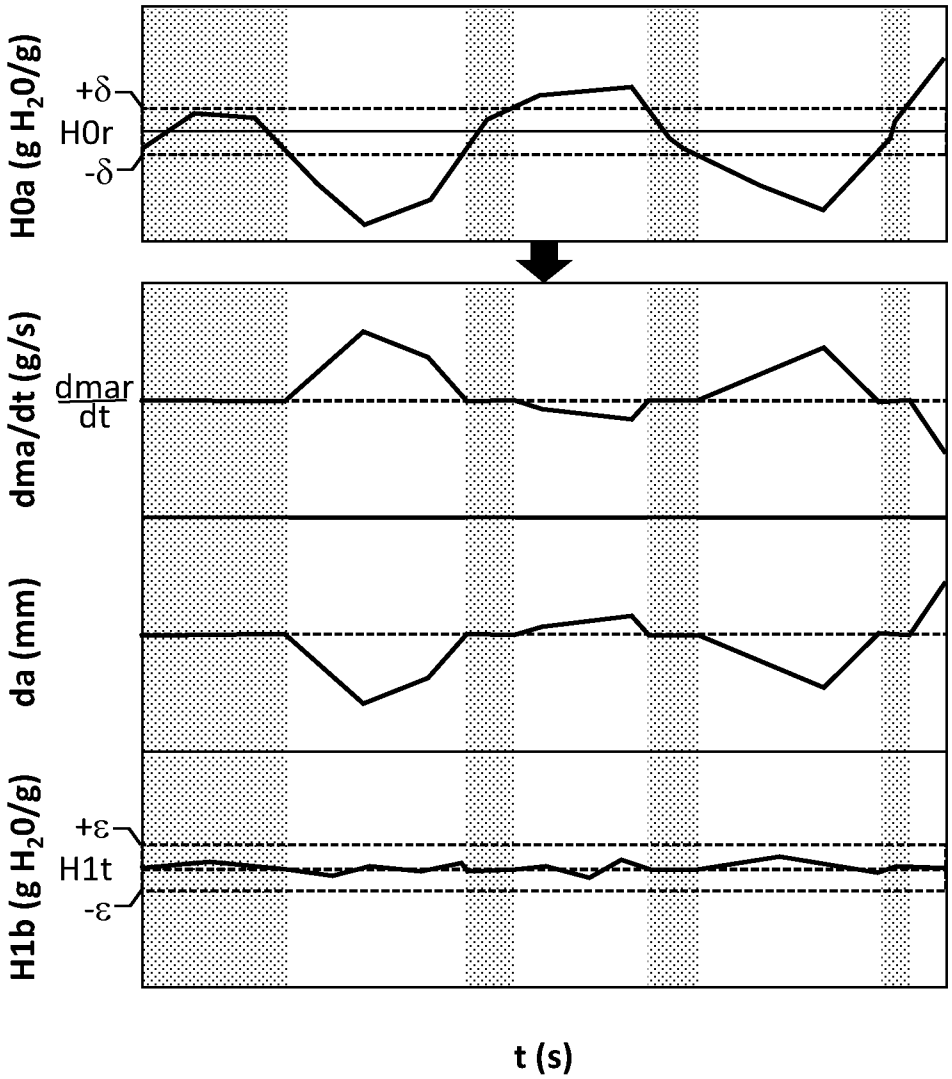


FIG.4

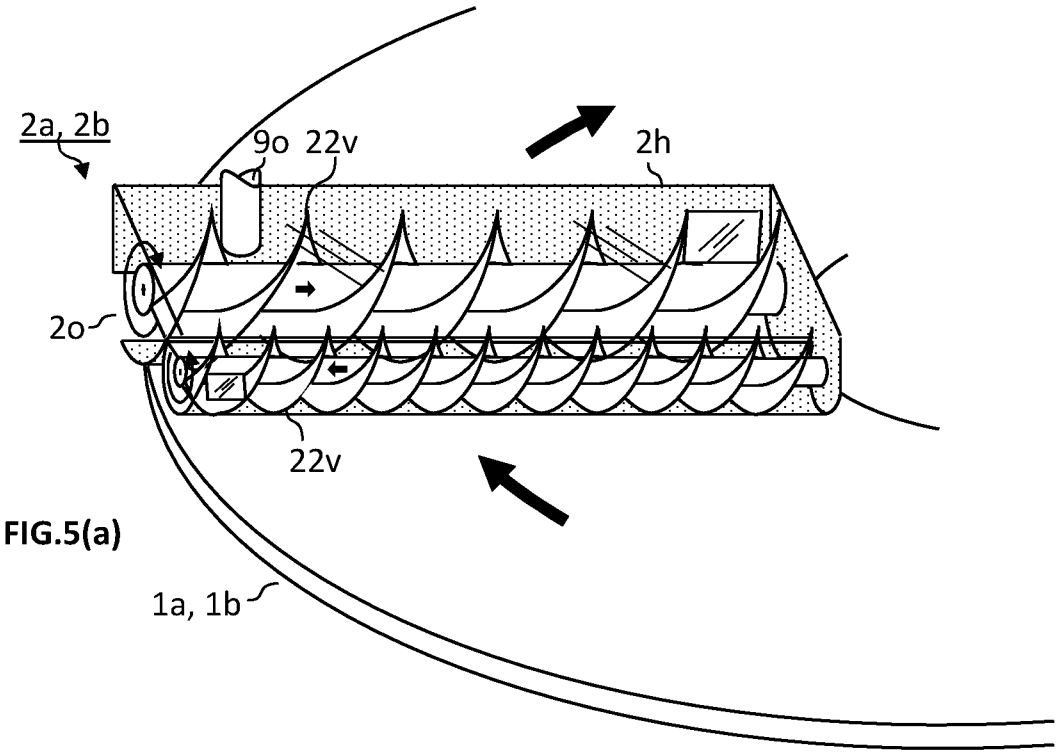


FIG.5(a)

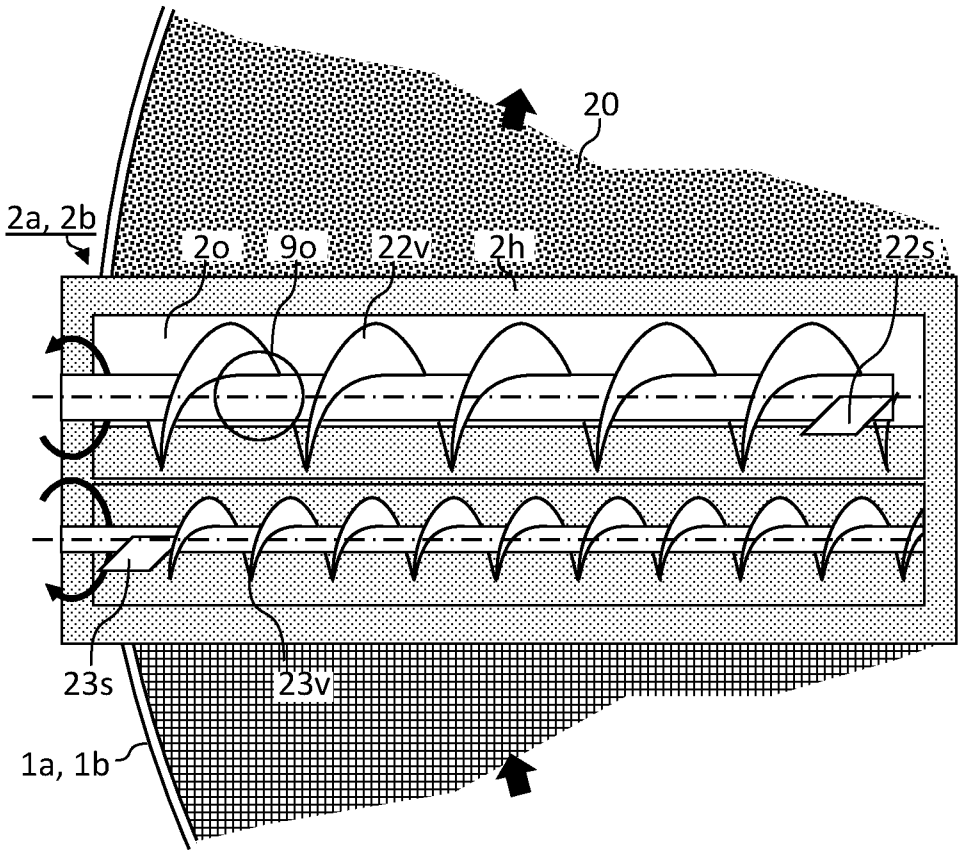


FIG.5(b)

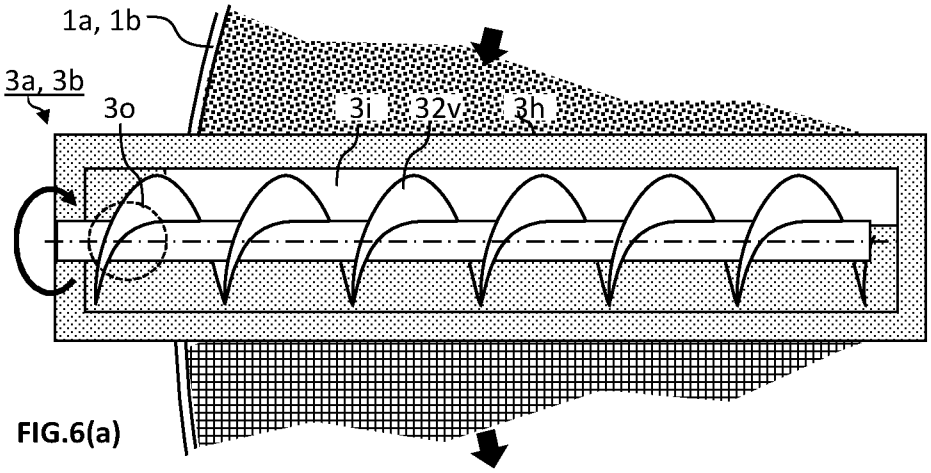


FIG.6(a)

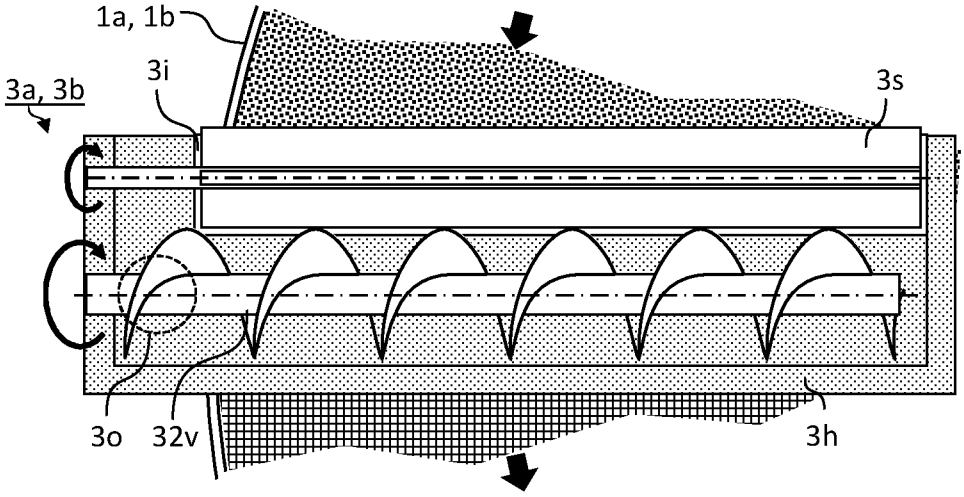


FIG.6(c)

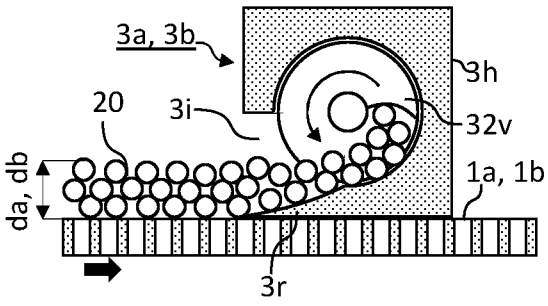


FIG.6(b)

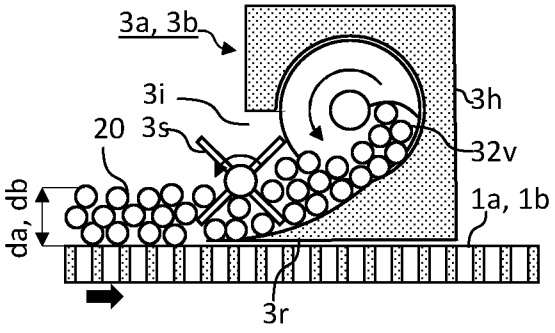


FIG.6(d)

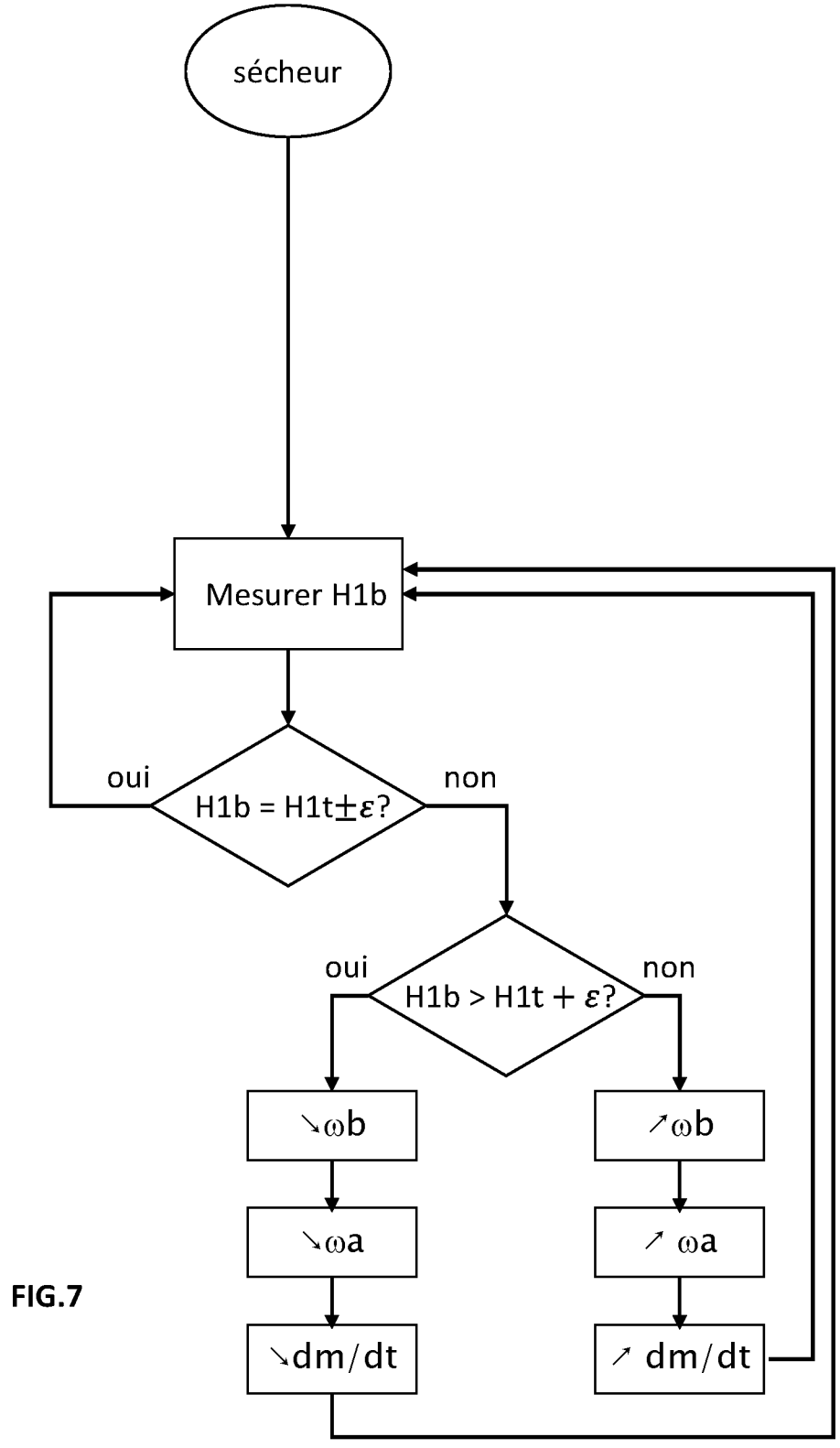

sécheur
Mesurer H1b
oui
H1b = H1t±ε?
non
oui
H1b > H1t + ε?
non
↘ωb
↗ωb
↘ωa
↗ ωa
↘dm/dt
↗ dm/dt

FIG.7

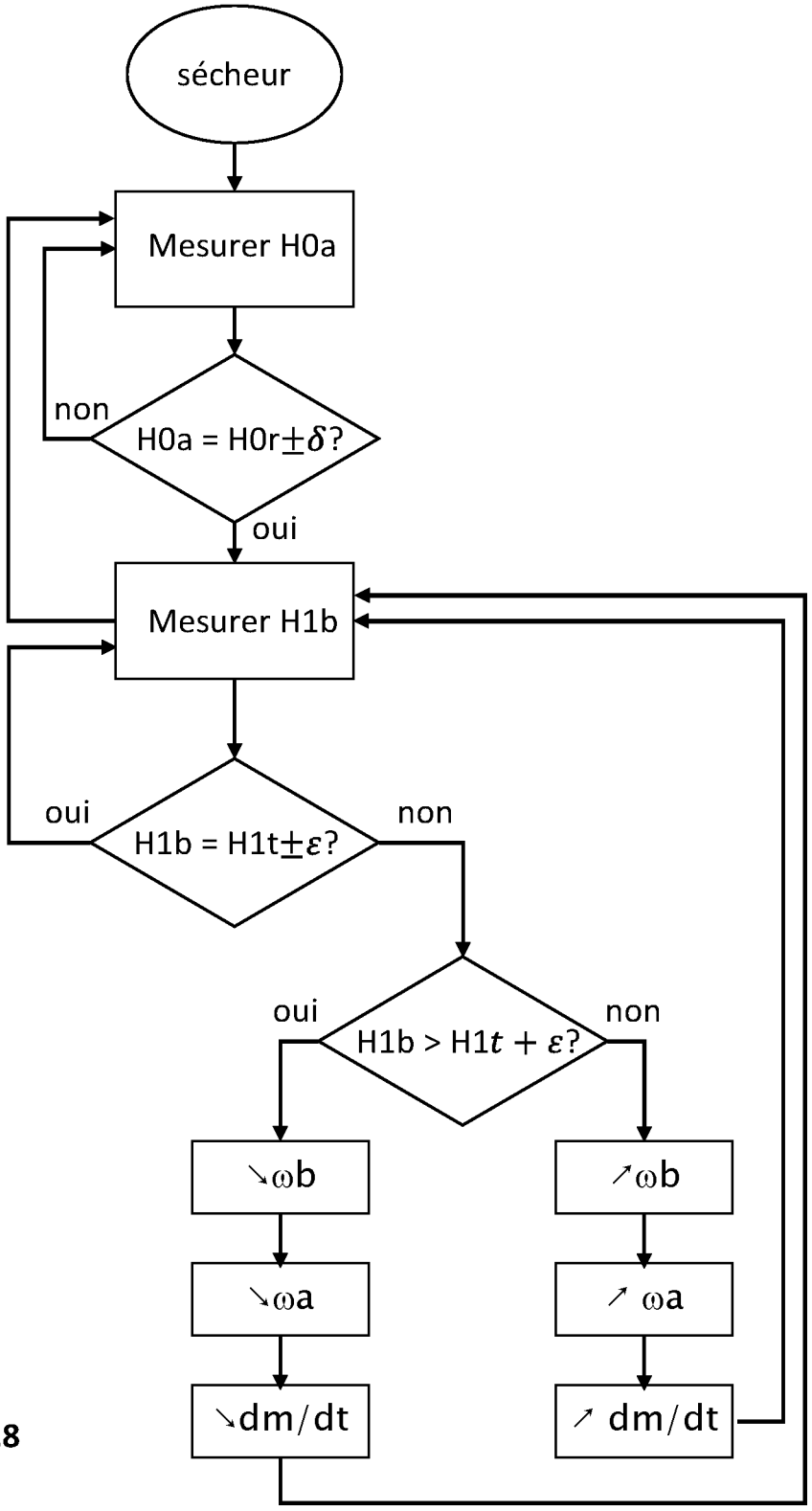

sécheur
Mesurer H0a
non
H0a = H0r±δ?
oui
Mesurer H1b
oui
H1b = H1t±ε?
non
oui
H1b > H1t + ε?
non
↘ωb
↗ωb
↘ωa
↗ ωa
↘dm/dt
↗ dm/dt

FIG.8

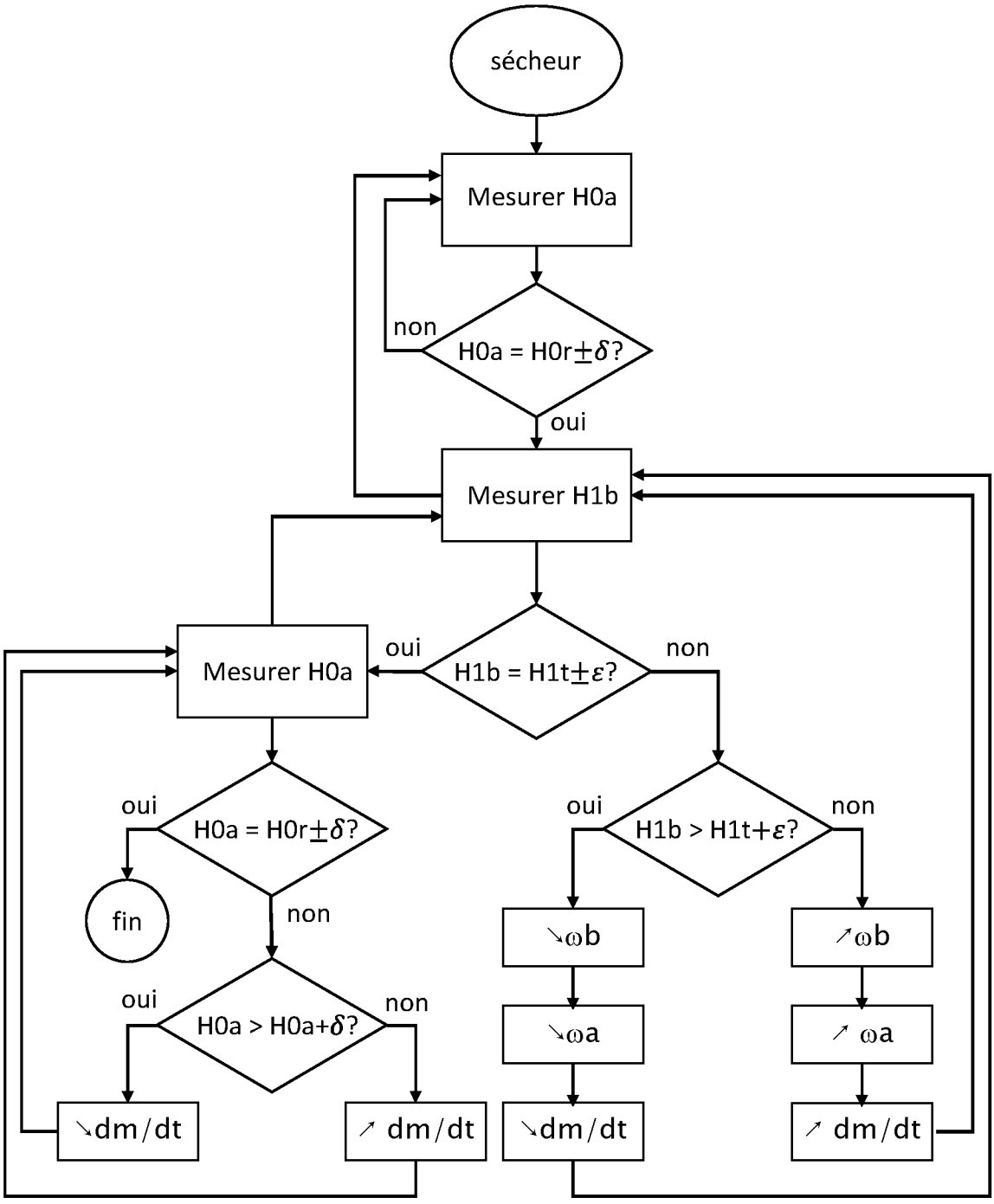

sécheur
Mesurer H0a
non
H0a = H0r±δ?
oui
Mesurer H1b
Mesurer H0a
oui
H1b = H1t±ε?
non
oui
H0a = H0r±δ?
fin
non
oui
H0a > H0a+δ?
non
↘dm/dt
↗ dm/dt
oui
H1b > H1t+ε?
non
↘ωb
↘ωa
↘dm/dt
↗ωb
↗ ωa
↗ dm/dt

FIG.9

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
	T0423-BE-P
Demande nationale belge n° **202205049**	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 **SN80607**

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 202205049

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. F26B3/06 F26B17/00 F26B25/22

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

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
Y	WO 2013/139720 A1 (CROSSET LEON [BE]) 26 septembre 2013 (2013-09-26) * alinéas [0021] - [0033]; figures 3a-4b,8 *	1-15
A	CA 3 041 187 A1 (CROSSET LEON [BE]) 7 juin 2018 (2018-06-07) * le document en entier *	1-15
Y	EP 2 503 272 A2 (FINNOMEC OY [FI]) 26 septembre 2012 (2012-09-26) * alinéa [0017]; figures 1-6 *	1-15
A	DE 37 37 072 A1 (ARIF BODUR HASAN SELAMI DIPL I [TR]) 11 mai 1989 (1989-05-11) * colonne 1, lignes 57-63 *	1-15

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ 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**

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

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202205049

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
EP 2503272	A2 26-09-2012	AUCUN	
DE 3737072	A1 11-05-1989	DE 3737072 A1	11-05-1989
		TR 23265 A	03-08-1989

OPINION ÉCRITE

Dossier N°	Date du dépot *(jour/mois/année)*	Date de priorité *(jour/mois/année)*	Demande n°
SN80607	26.01.2022		BE202205049

Classification internationale des brevets (CIB)
INV. F26B3/06 F26B17/00 F26B25/22

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

BE202205049

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

BE202205049

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	1-15
	Non :	Revendications	
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-15
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-15
	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 EP 2 503 272 A2 (FINNOMEC OY [FI]) 26 septembre 2012 (2012-09-26)

D4 DE 37 37 072 A1 (ARIF BODUR HASAN SELAMI DIPL I [TR]) 11 mai 1989 (1989-05-11)

1 **Revendication indépendant 1: Activité inventive**

La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'impliquant pas d'activité inventive.

1.1 Document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue un sécheur pour sécher des particules ayant une teneur initiale en humidité (HOa) jusqu'à atteindre une teneur finale en humidité (H1b) comprise dans une plage cible prédéfinie centrée autour d'une valeur cible d'humidité (H1t) (i.e., H1 b = H1t ± e) (figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33), le sécheur comprenant,
(a) une enceinte (figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33) comprenant 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 en rotation dans un premier sens autour de l'axe vertical (Z) dont la rotation est actionnée par un premier moteur ((7a) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33), la surface du premier plateau étant perforée et perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et 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 en rotation autour dudit axe vertical (Z) dont la rotation est actionnée par un second moteur ((7b) figures 3a-4b et 8; alinéas 21-33), la surface du second plateau étant perforée et perméable aux fluides tels l'air, la vapeur d'eau et 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) configurée pour récupérer les 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 du, 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) une 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 située en aval du, préférablement adjacent à la seconde unité de répartition et étant configurée pour évacuer les particules après séchage hors du sécheur par un système d'évacuation,
(h) un système 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

1.2 Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce sécheur connue en ce que ledit sécheur comprends en outre:

- une sonde de sortie située au niveau de la seconde unité de récupération ou dans le système d'évacuation et configurée pour mesurer la teneur finale en humidité (H1 b) des particules dans ou sortant de la seconde unité de récupération.
- (j) un processeur couplé à la sonde de sortie, aux premier et second moteurs et à l'unité d'alimentation et configuré pour optimiser des paramètres de séchage incluant des vitesses de rotation (wa, wb) des premier et second plateaux et, optionnellement, d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation, comme suit,
  • extraire les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) des particules mesurées par la sonde de sortie au cours du temps, et les comparer à la teneur cible d'humidité (H1t),
  • si les valeurs de teneurs finales en humidité (H1 b) ne sont pas

comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t ±ε), modifier des valeurs des vitesses de rotation (wa, wb) des premier et second plateaux et, optionnellement, d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation, afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t ±ε).

1.3 L'effet technique de cette différence est que le temps de résidence des particules peut être régler afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité.

1.4 Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme comment obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité.

1.5 Document D3 (figures 1-6; alinéa 17) divulgue un sécheur comprenant des plateaux circulaires,

- une sonde de sortie située au niveau de la seconde unité de récupération ou dans le système d'évacuation et configurée pour mesurer la teneur finale en humidité (H1 b) des particules dans ou sortant de la seconde unité de récupération. (figures 1-6; alinéa 17)
- (j) un processeur couplé à la sonde de sortie, aux premier et second moteurs et à l'unité d'alimentation et configuré pour optimiser des paramètres de séchage incluant des vitesses de rotation (wa, wb) des premier et second plateaux et, optionnellement, d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation, comme suit,
  • extraire les valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) des particules mesurées par la sonde de sortie au cours du temps, et les comparer à la teneur cible d'humidité (H1t), (figures 1-6; alinéa 17)
  • si les valeurs de teneurs finales en humidité (H1 b) ne sont pas comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t ±ε), modifier des valeurs des vitesses de rotation (wa, wb) des premier et second plateaux et, optionnellement, d'un débit d'alimentation (dma / dt) des particules par l'unité d'alimentation, afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité (H1b) comprises dans la plage cible prédéfinie (H1t ±ε). (figures 1-6; alinéa 17)

1.6 L'homme du métier combinerait les enseignements des documents D1 et D3 afin d'obtenir des valeurs de teneurs finales en humidité.

1.7 Ainsi, l'homme du métier arriverait au sécheur de la revendication 1 de manière évidente.

1.8 Donc, compte tenu des documents D1 et D2, la solution proposée dans la revendication 1 ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive.

2 **Revendications dépendantes 2-15: Activité Inventive**

Les revendications dépendantes 2-15 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées, voir:

2.1 **Revendications 2-15:** légère modifications de construction du sécheur mentionné dans la revendication 1. Ces modifications sont des pratiques courantes de l'homme du métier, notamment parce que les avantages qui en résultent sont aisément prévisibles.