



(51) Classification internationale des brevets :
B30B 15/30 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2013/076412

(22) Date de dépôt international :
12 décembre 2013 (12.12.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1262082 14 décembre 2012 (14.12.2012) FR

(71) Déposants : COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 Rue Leblanc Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR). AREVA NC [FR/FR]; 33 rue La Fayette, F-75009 Paris (FR). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, Rue Michel-Ange, F-75016 Paris (FR). UNIVERSITE AIX-MARSEILLE [FR/FR]; 58 Boulevard Charles Livron, F-13284 Marseille (FR).

(72) Inventeurs : BENEDETTI, Arnaud; 13 rue de l'Eglise, F-84120 Pertuis (FR). SORNAY, Philippe; 773 Montée des

Genets, F-04100 Manosque (FR). BROTHIER, Méryl; Villa n°10, 380 Avenue de Ravanasse, F-13090 Aix en Provence (FR). NICOLAS, Maxime; 27 Boulevard Ludovic, F-13010 Marseille (FR). DUBRUJEAUD-DALLOZ, Blanche; 10 traverse Sylvacane, F-13100 Aix en Provence (FR).

(74) Mandataires : AHNER, Philippe et al.; Brevalax, 95, rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR TRANSPORTING FACETED PARTICLES

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE TRANSPORT DE PARTICULES FACETTEES

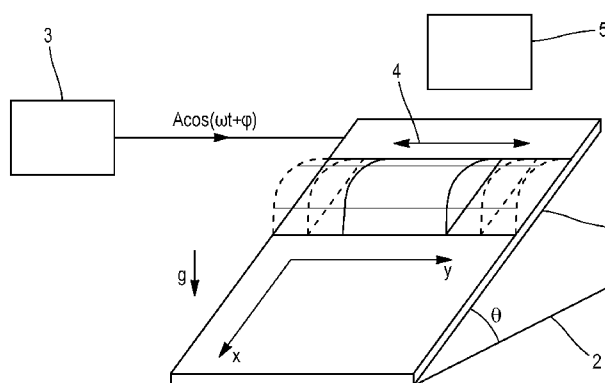


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a device and to a method for transporting powder made up of faceted particles on a vibrating conveyor surface (1) inclined by an angle Θ , in which method and device - $R_a \leq 0.2 \mu\text{m}$, where R_a is the arithmetic mean deviation of the conveying surface (1); - $\theta \leq 2/3 \alpha$, where α is the angle of friction of said powder on said conveying surface (1); - the vibrations are generated in the plane of said conveying surface (1) and in a direction (y) perpendicular or substantially perpendicular to the direction (x) of greatest gradient of the conveying surface (1) and have a frequency comprised between 5 Hz and 2kHz and an acceleration in excess of $1g$.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

L'invention concerne un dispositif et un procédé de transport de poudre constituée de particules facettées sur une surface de transport (1) vibrante inclinée d'un angle Θ , dans lesquels - $R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$, où R_a est l'écart moyen arithmétique de la surface de transport (1); - $\theta \leq 2/3 \alpha$, où α est l'angle de frottement de ladite poudre à ladite surface de transport (1); - les vibrations sont générées dans le plan de ladite surface de transport (1) et dans une direction (y) perpendiculaire ou sensiblement perpendiculaire à la direction (x) de plus grande pente de la surface de transport (1) et ont une fréquence comprise entre 5 Hz et 2k Hz et une accélération supérieure à 1g.

DISPOSITIF ET PROCEDE DE TRANSPORT DE PARTICULES FACETTEES**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR**

5 La présente invention se rapporte d'une manière générale à un procédé et un dispositif pour le transport de produits en poudre (ou mélange de poudres), constitués de particules facettées notamment pour le transport en vrac de ces produits.

On entend particules « facettées » des particules présentant au moins une face proche d'un plan d'étendue suffisante pour que la particule glisse sans
10 roulement sur un plan incliné en deçà de son angle d'écoulement naturel. Et on entend par poudre, une poudre ou un mélange de poudres constituées de particules facettées.

La fabrication du combustible nucléaire à base de dioxyde d'uranium (UO_2) repose sur un procédé de métallurgie des poudres, qui, à partir de l' UO_2 sous forme pulvérulente, permet d'obtenir un objet solide, mis en forme par pressage puis consolidé
15 par frittage.

Un tel procédé de fabrication de combustible nucléaire comporte notamment quatre étapes principales :

- l'élaboration de poudres d'uranium en vue de fournir de l' UO_2 .
- la préparation de ces poudres pour les rendre manipulables dans un
20 procédé industriel. En particulier, ces poudres doivent s'écouler facilement dans des trémies d'alimentation pour répondre aux cadences industrielles. Selon l'origine des poudres mises en œuvre, une étape complémentaire de granulation est réalisée.

- la mise en forme pour former des pastilles, ou comprimés. La poudre d' UO_2 est typiquement déversée dans une matrice de presse. Le remplissage de la
25 matrice dépend essentiellement des propriétés d'écoulement des poudres qui sont elles-mêmes pilotées par les forces d'adhésion, la forme, la distribution de forme, la taille et la distribution de taille des particules. Cette étape doit éviter la formation de défauts d'empilement tels que des voutes ou des hétérogénéités de quantité de matière dans la matrice de presse.

- le frittage, c'est-à-dire le traitement thermique des pastilles afin de les consolider et de les densifier. La résorption de la porosité de la pastille dépend entre autre de la texture de l'empilement granulaire résultant de la mise en forme du comprimé ou de la pastille.

5 Par ailleurs, pour d'autres combustibles nucléaires que celui à l' UO_2 , notamment pour les combustibles mixtes de type MOX, fabriqués à partir d'un mélange de poudres d' UO_2 et de PuO_2 , le procédé décrit brièvement ci-dessus comporte en complément une étape de mélange des poudres d' UO_2 et de PuO_2 , ou d'homogénéisation de poudres $(\text{U}, \text{Pu})\text{O}_2$ et d' UO_2 .

10 Une des étapes délicates de ce procédé de fabrication est celle du transport de la poudre entre les différents équipements et du remplissage ou de la vidange de ces derniers. En effet, le transport et le remplissage des équipements dépendent des propriétés d'écoulement des poudres et doivent être maîtrisés pour éviter une ségrégation ou la formation de défauts d'empilement qui affectent, *in fine*, les
15 caractéristiques des pastilles frittées.

 Or, suite à l'étape de préparation de la poudre, celle-ci présente l'homogénéité désirée. La manière avec laquelle cette poudre est transportée jusqu'à la matrice de presse est, par conséquent, déterminante dans la fabrication des pastilles de combustible nucléaire.

20 On connaît des dispositifs de transport de poudre comportant notamment un plan incliné au moyen duquel on transporte un lit de poudre entre un réservoir et une matrice selon la direction de plus grande pente.

 Alors que la gravité favorise l'écoulement du lit de poudre sur le plan incliné, ces dispositifs comportent en outre des moyens pour soumettre le plan incliné à
25 une vibration dans la direction de sa plus grande pente.

 Toutefois, on observe avec ces dispositifs de transport de poudre de l'état de l'art, des mécanismes de ségrégation sous vibration des particules constituant la poudre.

 Cette ségrégation résulte notamment du frottement entre les particules
30 du lit de poudre et la paroi du plan incliné. Les particules de plus faibles dimensions

s'infiltrent en effet plus facilement dans les interstices entre les particules de plus grosses tailles, qui ont tendance, quant à elles, à se déplacer vers la surface du lit de poudre.

Des phénomènes de rétention d'une partie du lit de poudre sur le plan incliné sont également observés. Cette rétention amplifie la rugosité apparente du plan incliné et conduit à la fragmentation du lit de poudre qui s'accompagne de ségrégation. D'ailleurs, ce phénomène préjudiciable pour le transport est exploité par des dispositifs visant le tri de particules induisant le fractionnement du lit plutôt que la préservation de la cohérence du lit.

Or, il est nécessaire, pour maîtriser parfaitement le transport de poudre et la fabrication de pastilles, d'éviter la fragmentation du lit de poudre ainsi que l'apparition de phénomènes de ségrégation.

La présente invention vise à pallier ces divers inconvénients en proposant un procédé et un dispositif pour le transport de poudre constituée de particules facettées, simples dans leur conception et dans leur mode opératoire, garantissant la maîtrise de l'écoulement du lit de poudre, l'absence de rétention et de fragmentation de ce lit de poudre.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

A cet effet, l'invention concerne un dispositif de transport de poudre constituée de particules facettées, ledit dispositif comportant une surface de transport inclinée et au moins un générateur de vibrations continues relié à ladite surface de transport pour mettre en vibration ladite surface et assurer ainsi l'écoulement de ladite poudre le long de ladite surface de transport inclinée.

Selon l'invention,

- la surface de transport présente un état de surface dont l'écart moyen arithmétique R_a est inférieur ou égal à $0,2 \mu\text{m}$, et préférentiellement inférieur à $0,05 \mu\text{m}$,

- l'angle d'inclinaison θ formé par ladite surface de transport par rapport à un plan horizontal est inférieur ou égal à $2/3 \alpha$ où α est l'angle de frottement de la poudre à ladite surface de transport, et

- le générateur de vibrations est relié à la surface de transport de sorte que lesdites vibrations sont générées dans le plan de la surface de transport et dans une direction perpendiculaire ou sensiblement perpendiculaire à la direction de plus grande pente de cette surface de transport, et ont une fréquence comprise entre 5 Hz et 2kHz et une accélération supérieure à 1g.

De préférence, cette surface de transport est non poreuse.

On entend ici par "poudre", un ensemble de particules facettées de dimensions diverses, incluant celles généralement désignées comme grains. De préférence, les dimensions des particules sont comprises entre 1 et 2000 μm .

On entend ici par "vibrations générées dans une direction horizontale", que ces vibrations sont générées dans une direction qui est parallèle au plan horizontal avec lequel la surface de transport forme un angle d'inclinaison.

La présente invention permet avantageusement de maîtriser l'écoulement d'un lit de poudre constituée de particules facettées à la surface d'un plan incliné sans rétention ou fragmentation de celui-ci.

Dans différents modes de réalisation particuliers de ce dispositif de transport de poudre, chacun ayant ses avantages particuliers et susceptibles de nombreuses combinaisons techniques possibles:

- ce générateur de vibrations génère des vibrations à une fréquence comprise entre 20 Hz et 300 Hz pour des accélérations relatives comprises entre 2 g et 10g.

Les vibrations peuvent avoir une forme choisie dans le groupe comprenant une forme sinusoïdale, une forme carrée, une forme en dents de scie, une forme triangulaire et des combinaisons de celles-ci.

Les vibrations seront avantageusement sinusoïdales.

L'amplitude des vibrations est comprise entre 10 μm et 2000 μm , et encore mieux, entre 30 μm et 300 μm .

- La surface de transport peut avantageusement être formée par un plateau dépourvu de rebords.

Le transport de poudre constituée de particules facettées peut donc être réalisé dans un environnement non confiné sur une surface libre, contrairement au transport dans un tube. L'accessibilité est ainsi largement facilitée pour réaliser par exemple le nettoyage de la surface de transport lors d'un changement de poudre à transporter.

- le dispositif de transport comporte un distributeur de poudre placé au dessus et dans la partie haute de ladite surface de transport.

De préférence, ce distributeur de poudre comportant au moins un orifice d'alimentation en poudre, la distance séparant la surface de transport de la partie inférieure de cet orifice d'alimentation est ajustable. Cet ajustement peut, par exemple, être réalisé par le déplacement du distributeur de poudre le long d'un axe vertical grâce à un moteur pas à pas.

De manière avantageuse, ce distributeur de poudre comprend :

- un réservoir de poudre relié à au moins un orifice d'alimentation en poudre, l'ouverture dudit au moins un orifice étant réglable et en communication directe avec ledit réservoir, et
- des moyens de réglage de l'ouverture dudit au moins un orifice.

Le dispositif de transport peut encore comporter un moyen de contrôle optique tel qu'une caméra ou encore une balance pour contrôler le réglage souhaité de l'ouverture en vue par exemple du dépôt d'une couche mince de poudre à la surface de la surface de transport.

- Ladite surface de transport est réalisée dans un matériau de dureté élevée pour limiter son usure et la formation de rayure, choisi dans un groupe comprenant les aciers durs, des matériaux en carbure et notamment en carbure de tungstène, et des combinaisons de ces éléments. Dans un exemple avantageux, la surface de transport peut subir un traitement anti-rayure,

- le dispositif de transport comporte un ou plusieurs éléments de liaison électrique reliés d'une part à ladite surface de transport et d'autre part à un circuit de mise à la terre pour assurer l'évacuation des charges électrostatiques.

On s'assure ainsi d'une liaison équipotentielle de la surface de transport.

- La surface de transport est équipée d'un moyen permettant de faire varier son inclinaison.

- Le dispositif de transport comprend au moins un moyen de transport de ladite poudre recevant ladite poudre en sortie de ladite surface de transport.

5 A titre purement illustratif, ce moyen de transport est une bande transporteuse. Avantagusement, une extrémité de ce moyen de transport de ladite poudre est placée en dessous de la sortie de ladite surface de transport.

10 La présente invention concerne encore un procédé pour promouvoir l'écoulement d'une poudre constituée de particules facettées le long d'une surface de transport inclinée.

Selon l'invention, ladite surface de transport ayant un état de surface dont l'écart moyen arithmétique R_a est inférieur ou égal à $0,2 \mu\text{m}$, et encore mieux inférieur ou égal à $0,05 \mu\text{m}$,

15 - on applique des vibrations continues à ladite surface de transport dans le plan de la surface de transport et dans une direction perpendiculaire, ou sensiblement perpendiculaire, à la direction de plus grande pente de cette surface de transport, et

- on incline ladite surface de transport d'un angle d'inclinaison θ par rapport à un plan horizontal tel que :

$$\theta \leq 2/3 \alpha$$

20 où α est l'angle de frottement des particules facettées à ladite surface de transport.

Dans différents modes de réalisation particuliers de ce procédé de transport de poudre, chacun ayant ses avantages particuliers et susceptibles de nombreuses combinaisons techniques possibles :

25 - la fréquence de vibration étant fixée et l'accélération relative étant supérieure à 2 g, on varie uniquement l'angle d'inclinaison θ formé par ladite surface de transport par rapport à un plan horizontal, pour ajuster la vitesse d'écoulement de ladite poudre à la surface de ladite surface de transport,

30 - la fréquence et l'accélération relative des vibrations appliquées à ladite surface de transport sont comprises respectivement entre 20 Hz et 300 Hz et 2g et 10 g,

- préalablement, on détermine l'angle de frottement α entre ladite poudre et la surface de transport.

Cet angle de frottement correspond à l'angle à partir duquel la poudre s'écoule naturellement sur un plan incliné fixe. La tangente de cet angle est le coefficient de frottement. L'angle peut donc également être calculé à partir de la mesure du coefficient de frottement réalisée à l'aide d'une cellule de cisaillement. Dans ce cas, l'angle de frottement est obtenu en calculant l'Arc tangente du coefficient de frottement.

Dans le cas d'un mélange de poudres dont les particules ont des comportements différents, l'angle de frottement peut être déterminé en inclinant un plan recouvert du mélange jusqu'à ce que les particules commencent à bouger. Alternativement on peut utiliser une cellule de cisaillement. Pour cela, le mélange est disposé dans un réceptacle avec une partie fixe du tas de poudre et une partie qui est mobile par rapport à la partie fixe et la force appliquée à la partie qui est mobile est mesurée. On en déduit le coefficient de frottement paroi/particule et donc l'angle de frottement. Ceci est particulièrement intéressant dans le cas des mélanges de poudre qui peuvent ne pas être homogènes.

La présente invention concerne encore l'utilisation du dispositif de transport d'une poudre tel que décrit précédemment pour le transport d'une poudre d'oxyde d'uranium, de poudre d'oxyde mixte Pu-U ou d'un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium.

Le mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium Pu-U est à titre purement illustratif, préparée de manière conventionnelle par broyage mécanique de matériaux PuO_2 and UO_2 .

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de la présente invention ressortiront de la description qui va suivre faite, dans un but explicatif et nullement limitatif, en regard des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un dispositif de transport de poudre cohésive selon un mode de réalisation particulier de la présente invention,

- la figure 2 montre, dans un mode de mise en œuvre particulier de la présente invention, la vitesse d'écoulement du lit de poudre (axe des ordonnées, en mm/s) en fonction de l'accélération relative de ce lit de poudre (axe des abscisses, en g) et pour différents angles d'inclinaison de la surface de transport dans le cas de granulés mécaniques fabriqués à partir de poudre d'alumine,

- la figure 3 représente schématiquement R la mesure de la surface projetée sur le plan inclinée du lit de poudre rapportée à sa surface initiale (axe des ordonnées) de la Figure 3 en fonction du temps t (axe des abscisses 9, en s),

- la figure 4 est une vue en perspective d'un exemple de réalisation pratique du dispositif de transport selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

Tout d'abord, on note que les figures ne sont pas à l'échelle.

La description qui suit décrit l'invention mise en œuvre pour le transport de poudre constituée de particules facettées dans une installation pour la fabrication de pastilles de combustible nucléaire ; cependant, l'invention s'applique au transport de toute poudre et à la fabrication de pastilles de tout type.

Elle n'est ainsi pas limitée au seul domaine de l'industrie nucléaire mais concerne également le transport de produits médicamenteux en poudre et la fabrication de pastilles à partir de ces produits.

Dans la suite de la description, il sera fait mention du transport d'une poudre à des fins de simplicité mais il sera compris que l'invention s'applique également aux mélanges de poudre.

La figure 1 montre un dispositif de transport de poudre de dioxyde d'uranium UO_2 selon un mode de réalisation préféré de la présente invention.

Ce dispositif de transport comporte un plan incliné 1, la surface externe de ce plan incliné définissant une surface libre de transport de poudre présentant un état de surface dont l'écart moyen arithmétique R_a est inférieur ou égale à $0,2 \mu\text{m}$.

Par exemple le plan incliné 1 est réalisé dans une feuille en acier inoxydable dont la surface libre présente un état de surface dont l'écart moyen arithmétique Ra est égal à 0,03 μm .

Ce plan incliné 1 est solidaire d'un plateau 2 horizontal en formant un angle d'inclinaison θ variable avec celui-ci. Pour cela, le dispositif de transport comporte un moyen (non représenté) pour faire varier l'angle d'inclinaison formé par la surface de transport avec le plateau horizontal 2.

Ce plan incliné 1 est relié avantageusement par une tresse métallique souple (non représentée) à un circuit de mise à la terre afin de s'assurer de l'évacuation de charges électrostatiques éventuelles.

Le plateau 2 horizontal est lié mécaniquement à un générateur 3 de vibrations continues, lequel génère des vibrations 4 dans le plan incliné et perpendiculaires ou sensiblement perpendiculaire à la direction de plus grande pente de la surface de transport qui correspond à la direction d'écoulement du lit de poudre le long de la surface de transport 1. Cette direction est symbolisée par l'axe X sur les figures 1 et 4.

On entend par "des vibrations sensiblement perpendiculaires à la direction de plus grande pente", des vibrations dont la direction est inclinée au plus de 10° par rapport à la direction de plus grande pente. L'angle β est alors :

$$-10^\circ \leq \beta \leq 10^\circ \text{ en considérant le sens trigonométrique.}$$

A titre illustratif uniquement, les vibrations générées ont ici une fréquence comprise entre 20 Hz et 300 Hz et une forme sinusoïdale. L'accélération relative de ces vibrations est comprise entre 1g et 10g. Plus particulièrement, les vibrations générées peuvent avoir une fréquence comprise entre 30 Hz et 150 Hz et une accélération relative inférieure à 4g.

Le dispositif comporte également un dispositif d'alimentation 5 de poudre en vrac, lequel est placé dans la partie haute du plan incliné 1. Ce dispositif d'alimentation 5 permet de déposer de manière continue ou discontinue une quantité de poudre sur la surface de transport 1. L'orifice d'alimentation (non représenté) de ce dispositif 5 permet de déposer la poudre sur la surface de transport 1 au droit de cet

orifice d'alimentation sous forme d'un tas d'une hauteur de l'ordre de 3 à 10 mm. Sous l'effet des vibrations, le lit de poudre s'étale à la surface du plan incliné 1 pour atteindre typiquement une largeur de l'ordre de plusieurs dizaines de mm.

La valeur maximale de l'angle d'inclinaison θ de la surface de transport est déterminée par la formule suivante :

$$\theta = 2/3 \alpha$$

où α est l'angle de frottement de la poudre à la surface de transport.

L'inclinaison de la surface de transport déterminant la force prédominante dans le bilan des forces s'appliquant sur une poudre, cette valeur maximale de l'angle d'inclinaison θ de la surface de transport assure la prédominance de la force de vibration dans le bilan des forces.

L'angle d'inclinaison θ est alors :

$$0 \leq \theta \leq 2/3 \alpha$$

Sur la figure 4, on peut voir un exemple de réalisation pratique du dispositif de transport de poudre selon l'invention. Le dispositif comporte un châssis 10 sur lequel est monté de manière mobile le plan incliné 1.

Comme cela est représenté et de manière avantageuse, le plan incliné 1 est un plateau sans rebord offrant une grande accessibilité. Ceci est rendu possible par les moyens mis en œuvre par l'invention.

Le châssis comporte deux glissières 11 parallèles horizontales et deux glissières parallèles verticales 12. Le plan incliné 1 comporte deux galets 13 coulissant chacun dans une glissière horizontale 11 et deux galets (non visibles) coulissant chacun dans une glissière verticale 12.

Des moyens (non représentés) permettent de modifier ou de régler l'angle d'inclinaison θ de la surface de transport par rapport à la direction horizontale, par exemple il s'agit de moyens de blocage des galets dans les glissières. Sinon lorsque les galets sont libres de coulisser dans les glissières le réglage de l'angle d'inclinaison θ se fait simplement en faisant coulisser les galets dans les rails.

Le générateur de vibration 3 est formé dans l'exemple de réalisation par un pot vibrant disposé sur le côté du châssis 10 et relié mécaniquement à celui-ci ou

directement au plan incliné, par exemple par une tige mobile, pour appliquer des vibrations à la surface de transport perpendiculairement ou sensiblement perpendiculairement à la direction X. La direction des vibrations est symbolisée par les flèches 14.

5 A titre purement illustratif, la poudre mise en œuvre dans ce mode de réalisation est composée de granulés d'alumine ayant une granulométrie comprise entre 0 et 500 μm et dont l'angle de frottement est égal à 47° . Cet angle correspond à l'angle d'inclinaison du plan à partir duquel la poudre s'écoule naturellement. La Figure 2 montre, dans un mode de mise en œuvre particulier de la présente invention, la vitesse
10 d'écoulement du front arrière de lit de poudre d'alumine (axe des ordonnées 6, en mm/s) en fonction de l'accélération relative de ce lit de poudre (axe des abscisses 7, en g) et pour différents angles d'inclinaison de la surface de transport 1, les vibrations ayant une fréquence de 30 Hz

 On voit qu'à partir d'une accélération relative de 2,8 g dans les
15 conditions de réalisation de cet essai, la vitesse de déplacement du lit de poudre est constante. Le réglage de la vitesse de déplacement du lit de poudre est uniquement obtenu par l'inclinaison donnée à la surface de transport.

 Ainsi, dans l'exemple représenté pour une fréquence de vibration donnée et une accélération relative supérieure à 2 g, le réglage de la vitesse
20 d'écoulement du lit de poudre peut s'effectuer en modifiant uniquement la valeur de l'angle d'inclinaison θ de la surface de transport, cette valeur de l'angle d'inclinaison θ étant choisie inférieure ou égale à $2/3 \alpha$.

 Cet effet est inattendu et va à l'encontre des préjugés techniques de l'homme du métier qui se serait attendu à ce que l'application en continu de vibrations
25 étale et fragmente le lit de poudre constituée de particules facettées allant jusqu'à la ségrégation en taille et/ou en forme des particules ainsi que le provoquent, par exemple, les tables vibrantes dans le but d'effectuer un tri des particules.

 Or, au contraire, on observe un régime de glissement continu et régulier du lit de poudre.

Il sera compris que la valeur de l'accélération relative n'est pas limitative et dépend des propriétés de la poudre et/ou de l'état de surface du plan incliné.

La Figure 2 montre ainsi la maîtrise obtenue dans la vitesse d'écoulement du lit de poudre suivant la direction d'écoulement (l'axe x) du lit de poudre le long de la surface de transport 1.

La Figure 3 représente schématiquement le rapport R de la mesure de la surface projetée sur le plan inclinée du lit de poudre sur sa surface initiale (axe des ordonnées 8) de la Figure 3 en fonction du temps t (axe des abscisses 9, en s).

Il ressort des différentes courbes mesurées que la surface projetée en vue de dessus du lit de poudre se conserve et atteint un palier après quelques instants, typiquement de l'ordre de 7 s pour une accélération relative de 2,8 g dans les conditions de réalisation de cet essai.

Le lit de poudre atteint un régime stationnaire où ses dimensions tridimensionnelles se conservent dans le temps.

Il n'y a pas de ségrégation des particules, ni fragmentation du lit de poudre mais formation d'une monocouche dont l'épaisseur maximale est donnée par les dimensions des particules les plus grosses.

Les dimensions du lit de poudre n'évoluant plus après avoir atteint le régime stationnaire, il est alors possible de déterminer le débit de poudre en sortie du dispositif de transport de poudre.

Le débit est fonction des conditions de vibration et du débit d'alimentation de la surface de transport lorsque l'apport en poudre est continu.

En outre, cette absence très avantageuse de fragmentation du lit de poudre permet d'avoir un plan incliné formé d'un plateau sans rebord, présentant une grande accessibilité, notamment pour la maintenance et le nettoyage.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour promouvoir l'écoulement d'une poudre constituée de particules facettées le long d'une surface de transport (1) plane inclinée, ladite surface de transport (1) ayant un état de surface dont l'écart moyen arithmétique Ra est inférieur ou égal à 0,2 µm,

dans lequel :

- on applique des vibrations continues à ladite surface de transport (1) dans le plan de ladite surface de transport et dans une direction perpendiculaire ou sensiblement perpendiculaire à la direction de plus grande pente de ladite surface de transport (1), et selon une fréquence comprise entre 5 Hz et 2kHz et une accélération supérieure à 1g, et,

- on incline ladite surface de transport (1) d'un angle d'inclinaison θ par rapport à un plan horizontal tel que :

$$\theta \leq 2/3 \alpha$$

où α est l'angle de frottement de ladite poudre à ladite surface de transport (1).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la fréquence de vibration est comprise entre 20 Hz et 300 Hz pour une accélération relative comprise entre 2g et 10g.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la fréquence de vibration étant fixée et l'accélération relative supérieure à 2g, le réglage de la vitesse d'écoulement de ladite poudre à la surface de ladite surface de transport (1) est uniquement effectué par modification de l'angle d'inclinaison θ formé par ladite surface de transport (1) par rapport à un plan horizontal.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on détermine préalablement l'angle de frottement α de ladite poudre à ladite surface de transport (1).

5 5. Dispositif de transport d'une poudre constituée de particules facettées pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 4, ledit dispositif comportant une surface de transport (1) plane inclinée, au moins un générateur (3) de vibrations continues relié à ladite surface de transport (1) pour mettre en vibration ladite surface et assurer ainsi l'écoulement de ladite poudre, le long de ladite surface de transport (1) inclinée, et des moyens de réglage de l'angle d'inclinaison θ formé par ladite surface de transport (1) par rapport à un plan horizontal, dans lequel :

- la surface de transport (1) présente un état de surface dont l'écart moyen arithmétique R_a est inférieur ou égal à $0,2 \mu\text{m}$, et
- l'angle d'inclinaison θ est réglé par les moyens de réglage de sorte
15 que l'angle d'inclinaison θ est inférieur ou égal à $2/3\alpha$ où α est l'angle de frottement de ladite poudre à ladite surface de transport (1),
- ledit générateur (3) est relié à ladite surface de transport (1) de sorte que lesdites vibrations sont générées dans le plan de la surface de transport et dans une direction perpendiculaire ou sensiblement perpendiculaire à la direction de plus grande
20 pente de la surface de transport (1) et ont une fréquence comprise entre 5 Hz et 2kHz et une accélération supérieure à 1g.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit générateur (3) de vibrations génère des vibrations à une fréquence comprise entre 20 Hz
25 et 300 Hz pour une accélération relative comprise entre 2g et 10g.

7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, dans lequel ladite surface de transport (1) est un plateau dépourvu de rebords.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, comportant un distributeur (5) de poudre placé au dessus et dans la partie haute de ladite surface de transport (1).

5 9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel ledit distributeur (5) comprend :

- un réservoir de poudre relié à au moins un orifice d'alimentation en poudre, l'ouverture dudit au moins un orifice étant réglable et en communication directe avec ledit réservoir, et

10 - des moyens de réglage de l'ouverture dudit au moins un orifice.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel ladite surface de transport (1) est réalisée dans au moins un matériau de dureté élevée, choisi dans le groupe comprenant acier dur, carbure de tungstène ou des combinaisons de ces éléments.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 10, dans lequel a surface de transport a subi un traitement de surface anti-rayure.

20 12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 11, comportant un ou plusieurs éléments de liaison électrique reliés d'une part à ladite surface de transport (1) et d'autre part à un circuit de mise à la terre pour assurer l'évacuation des charges électrostatiques.

25 13. Utilisation du dispositif de transport d'une poudre selon l'une quelconque des revendications 5 à 12 pour le transport d'une poudre d'oxyde d'uranium ou d'un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium pour la fabrication de combustible nucléaire.

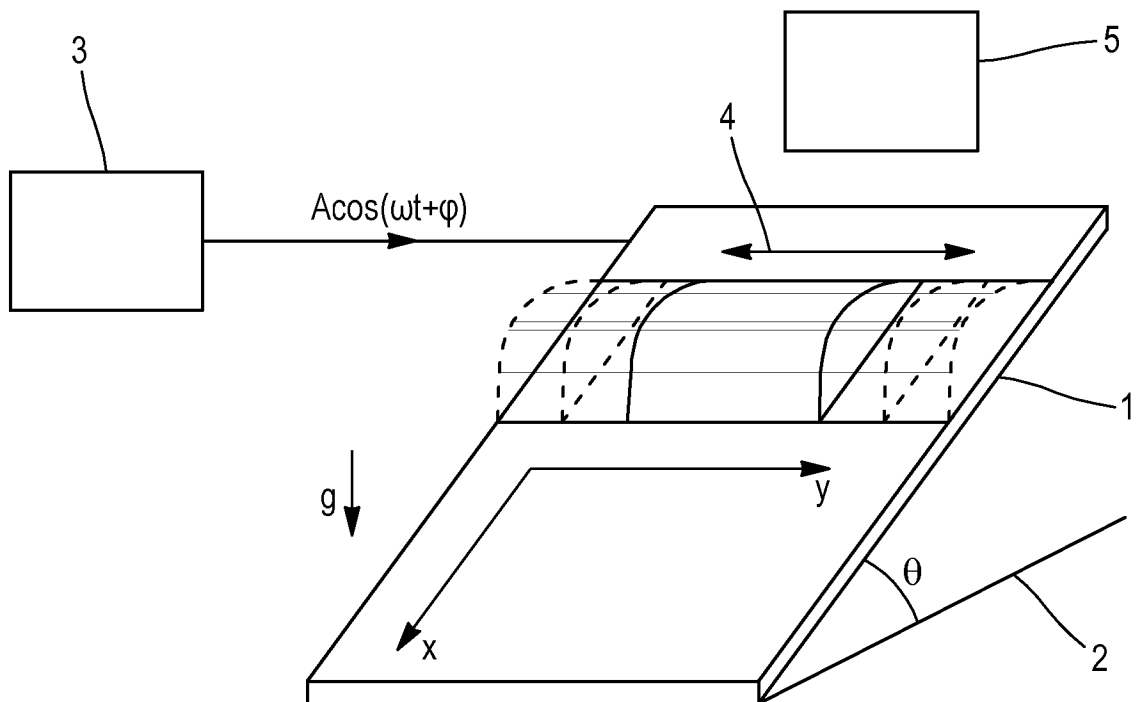


FIG. 1

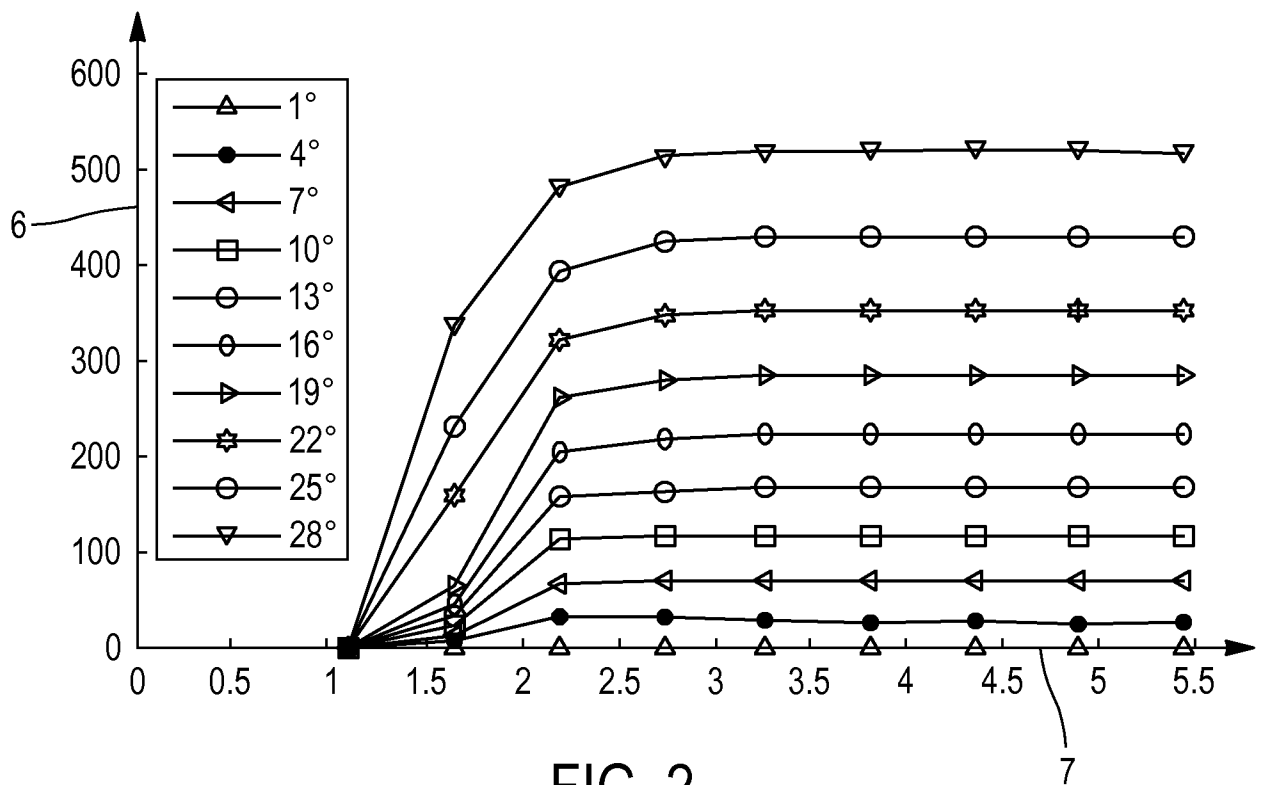


FIG. 2

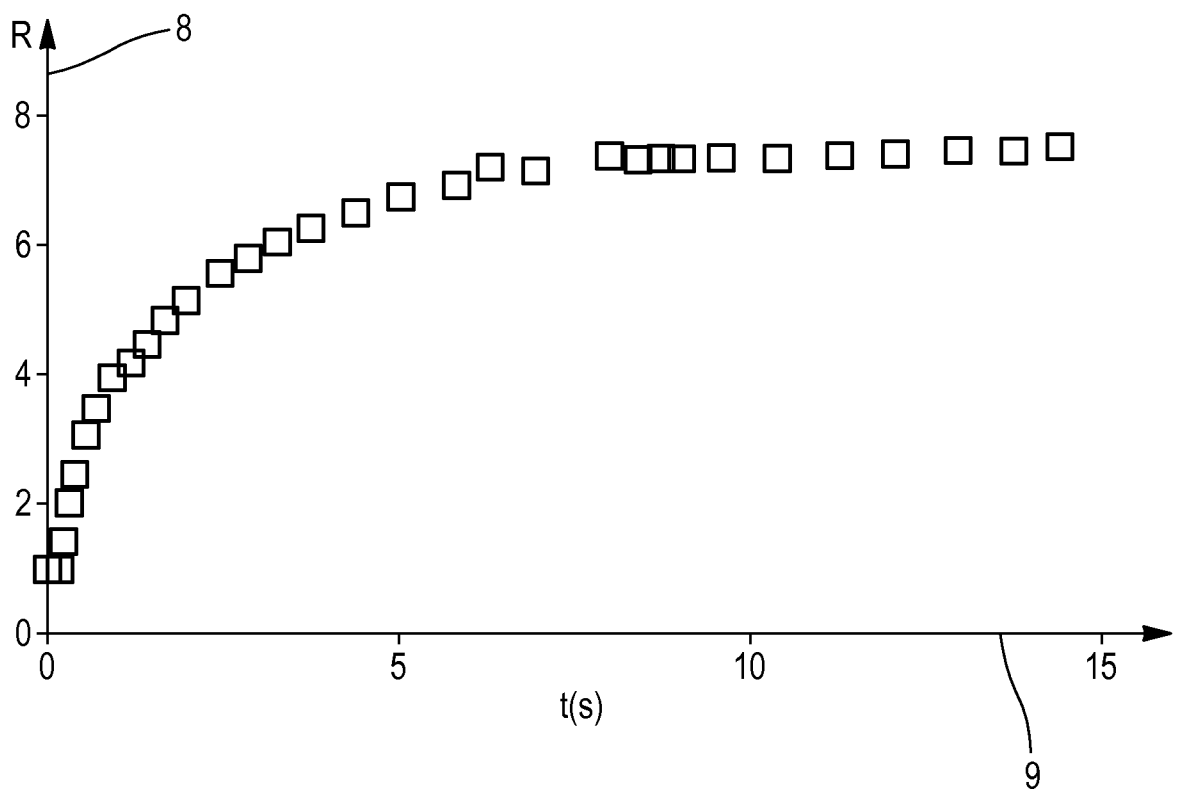


FIG. 3

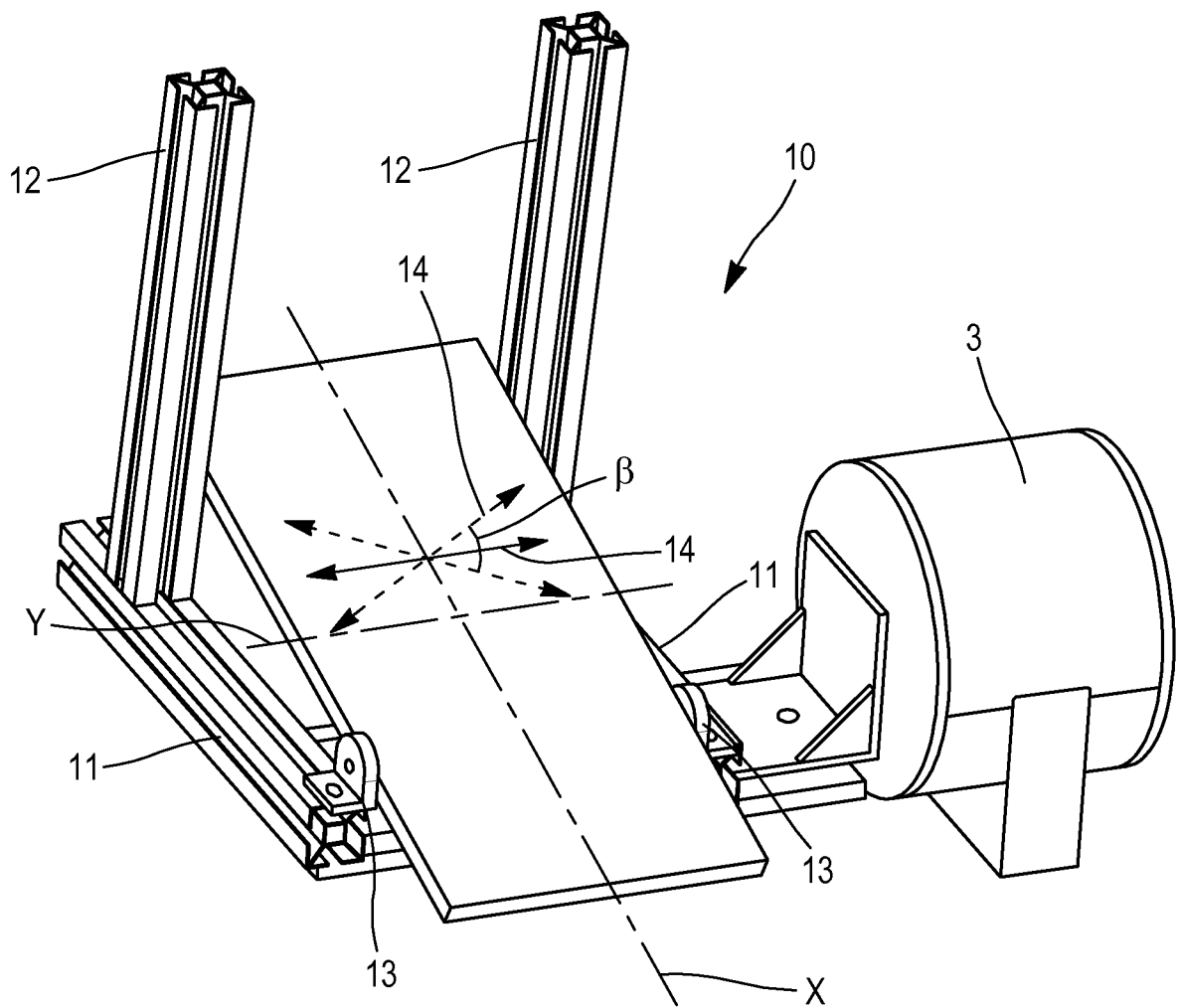


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/076412

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B30B15/30
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B30B B65G A21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 892 051 A1 (COGEMA [FR]) 20 April 2007 (2007-04-20) the whole document	1,13
A	----- US 2007/221480 A1 (LYNCH KEVIN [US] ET AL) 27 September 2007 (2007-09-27) paragraph [0051]; figure 6g -----	5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 March 2014

Date of mailing of the international search report

21/03/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schneider, Marc

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/076412

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2892051	A1	20-04-2007	CN 101291802 A 22-10-2008
			EP 1937462 A2 02-07-2008
			FR 2892051 A1 20-04-2007
			JP 5336190 B2 06-11-2013
			JP 2009512843 A 26-03-2009
			US 2009256271 A1 15-10-2009
			WO 2007045651 A2 26-04-2007

US 2007221480	A1	27-09-2007	US 2007221480 A1 27-09-2007
			US 2012288356 A1 15-11-2012
			WO 2007109109 A2 27-09-2007

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/076412

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B30B15/30
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)
B30B B65G A21C

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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 892 051 A1 (COGEMA [FR]) 20 avril 2007 (2007-04-20) le document en entier	1, 13
A	----- US 2007/221480 A1 (LYNCH KEVIN [US] ET AL) 27 septembre 2007 (2007-09-27) alinéa [0051]; figure 6g -----	5



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 international 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 international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international 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 internationale a été effectivement achevée

10 mars 2014

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/03/2014

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Schneider, Marc

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/076412

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2892051	A1	20-04-2007	CN 101291802 A	22-10-2008
			EP 1937462 A2	02-07-2008
			FR 2892051 A1	20-04-2007
			JP 5336190 B2	06-11-2013
			JP 2009512843 A	26-03-2009
			US 2009256271 A1	15-10-2009
			WO 2007045651 A2	26-04-2007

US 2007221480	A1	27-09-2007	US 2007221480 A1	27-09-2007
			US 2012288356 A1	15-11-2012
			WO 2007109109 A2	27-09-2007
