

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2017/118821 A1

(43) Date de la publication internationale
13 juillet 2017 (13.07.2017)

- (51) Classification internationale des brevets :
H05B 6/70 (2006.01) H05B 6/78 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2017/050031
- (22) Date de dépôt international :
5 janvier 2017 (05.01.2017)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1650084 6 janvier 2016 (06.01.2016) FR
- (71) Déposant : INOVFRUIT [FR/FR]; 15 rue de la Mairie,
24400 Saint-Medard-de-Mussidan (FR).
- (72) Inventeur : JEAN, Guy Hervé; Le Roc de la Croix
Blanche, 24260 Mauzens et Miremont (FR).
- (74) Mandataire : MAUPILIER, Didier; Ipside, 7, 9, allées
Haussmann, 33300 Bordeaux (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, DJ, 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, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, 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))

(54) Title : SINGLE-MODE MICROWAVE APPLICATOR, DEVICE AND METHOD FOR THERMAL TREATMENT OF PRODUCTS

(54) Titre : APPLICATEUR MICRO-ONDES MONOMODE, DISPOSITIF ET PROCÉDE DE TRAITEMENT THERMIQUE DE PRODUITS

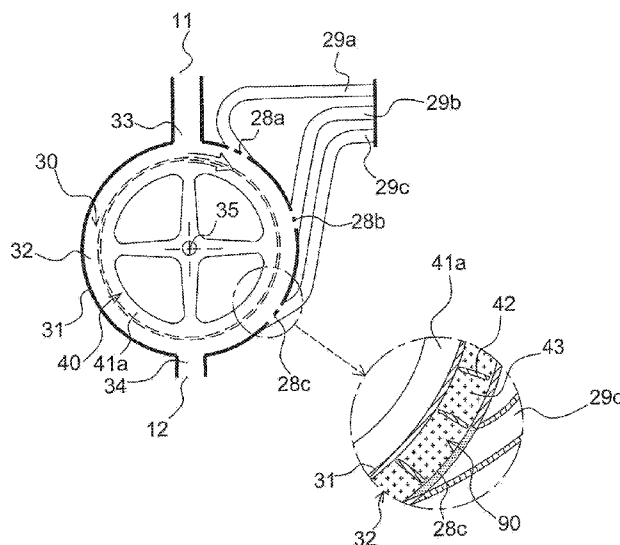


Fig.2

(57) Abstract : The invention relates to an applicator (10) for thermal treatment of a product (90) in which the product is exposed to electromagnetic microwave radiation in an exposure waveguide (30), in which the microwaves are coupled and propagate according to a single-mode propagation mode. The applicator (10) comprises a system (40) for transporting the product (90) in a continuous flow following the longitudinal direction of the cavity (32) of the exposure waveguide between the inlet opening (33) and the outlet opening (34). The exposure waveguide cavity can be toroidal, cylindrical or other shapes. A product treatment device comprises at least one applicator (10) and at least one continuous wave generator CW. The product, heated by continuous microwave radiation CW in the device, is subjected to a thermal treatment method in line with a temperature curve as a function of time, resulting in particular from a speed of movement of the product in the exposure waveguide (30) and from a power of the microwave radiation coupled into the exposure waveguide at each coupling point.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2017/118821 A1



Dans un applicateur (10) de traitement thermique d'un produit (90), le produit est exposé à un rayonnement électromagnétique micro-ondes dans un guide d'ondes d'exposition (30), dans lequel des micro-ondes sont injectées et se propagent suivant un mode de propagation monomode. L'applicateur (10) comporte un système de transport (40) du produit (90) en un flux continu suivant la direction longitudinale de la cavité (32) du guide d'onde d'exposition entre l'ouverture d'entrée (33) et l'ouverture de sortie (34). La cavité du guide d'ondes d'exposition peut être torique, cylindrique ou autre. Un dispositif de traitement de produit comporte au moins un applicateur (10) et au moins un générateur d'ondes continu CW. Le produit, chauffé par le rayonnement micro-ondes continu CW dans le dispositif, est soumis à un procédé de traitement thermique suivant une courbe de température fonction du temps, résultant notamment d'une vitesse de déplacement du produit dans le guide d'ondes d'exposition (30) et d'une puissance de rayonnement micro-ondes introduit dans le guide d'ondes d'exposition à chaque emplacement d'injection.

APPLICATEUR MICRO-ONDES MONOMODE, DISPOSITIF ET PROCEDE DE TRAITEMENT THERMIQUE DE PRODUITS

La présente invention appartient au domaine de la préparation, la transformation et la conservation de tous types de produits devant être soumis à un traitement thermique.

5 Plus particulièrement, l'invention appartient au domaine du traitement thermique, au moyen de micro-ondes radioélectriques, de produits de toutes origines contenant un ou des matériaux diélectriques polarisés, c'est-à-dire des matériaux généralement considérés comme des isolants électriques et dont la molécule comporte une dissymétrie de charges électriques, par exemple comme
10 la molécule d'eau H₂O.

ETAT DE L'ART

Il est connu de mettre en œuvre des micro-ondes de l'ordre du GHz ou
15 de quelques GHz pour la préparation des aliments en particulier pour leurs chauffages ou leurs cuissons avant consommation.

Il est également connu de soumettre des graines à un rayonnement électromagnétique micro-ondes dans le cadre de la préparation industrielle des
20 graines aux fins d'une meilleure utilisation de ces graines dans l'alimentation.

Dans la demande de brevet publiée sous le numéro EP 1955603, il est décrit de retirer la pellicule des graines de fruits à coques, par exemple des cerneaux de noix, en soumettant les graines à un chauffage par infrarouge puis par micro-ondes avant de procéder à une élimination mécanique de la pellicule.

25 Une difficulté du procédé mis en œuvre est de contrôler précisément l'éclairement des graines par les micro-ondes pour obtenir les effets thermiques recherchés, en garantissant un traitement homogène des graines dans un flux industriel, et sans endommager les qualités organoleptiques des graines.

Le brevet publié sous le numéro US 6270773 décrit un procédé amélioré
30 de stabilisation de végétaux par les enzymes contenus dans le végétal en faisant

suivre une étape de réhydratation par une étape de préchauffage par rayonnement puis par une étape de chauffage par micro-ondes à une température suffisante pour dénaturer les enzymes responsables de la dégradation des graines.

5 Il est également connu de la demande de brevet EP 0036362 de chauffer des aliments en poudres ou en grains en les exposant à un rayonnement micro-ondes. Les aliments sont entraînés suivant une direction horizontale par une vis d'Archimède de sorte à être brassés lors de leur passage dans la vis, les micro-ondes étant introduites dans l'espace entre un cylindre tournant comportant une
10 cloison hélicoïdale et une fourreau fixe comportant également une cloison hélicoïdale. Dans un tel dispositif, le remplissage partiel de la cavité par les aliments et la déformation continue de la cavité, lors de la rotation du tambour, dans laquelle sont introduites les micro-ondes ne permet pas d'obtenir un chauffage homogène des aliments et un rendement optimal de chauffage.

15

Ces dispositifs ne permettent pas de chauffer les produits en flux continu, rapidement, en garantissant une homogénéité de la température dans le produit traité et un bon rendement de chauffage, et ne permettent pas de générer une courbe de températures précise ou un cycle thermique auquel il est souhaité
20 soumettre le produit.

EXPOSE DE L'INVENTION

Pour apporter une solution à ces problèmes, la présente invention
25 concerne un applicateur de traitement thermique dans lequel le produit particulière devant être traité est exposé à un rayonnement électromagnétique micro-ondes dans une cavité dans laquelle des ondes électromagnétiques sont injectées.

La cavité est, dans l'applicateur de l'invention, une cavité de guide
30 d'ondes de section adaptée à une propagation monomode, pour une fréquence de micro-ondes mise en œuvre, d'un guide d'ondes d'exposition, dans laquelle cavité les micro-ondes se propagent suivant une direction longitudinale de la cavité.

La cavité comporte une ouverture d'entrée du produit et une ouverture de sortie du produit, distante de l'ouverture d'entrée suivant une direction longitudinale de la cavité, et l'applicateur comporte un système de transport du produit dans le guide d'ondes en un flux continu suivant la direction longitudinale de la cavité du guide d'onde d'exposition entre l'ouverture d'entrée et l'ouverture de sortie.

Le système de transport comporte des cloisons séparatrices, formées dans un matériau transparent aux ondes radioélectriques mises en œuvre dans l'applicateur, qui déterminent des volumes glissants mitoyens se déplaçant dans la cavité du guide d'ondes d'exposition, suivant la direction longitudinale dudit guide d'ondes d'exposition depuis l'ouverture d'entrée vers l'ouverture de sortie, de sorte à maintenir un remplissage complet et homogène du guide d'onde d'exposition par le produit pendant le transport dudit produit.

Il est ainsi réalisé en continu, par le passage d'un flux de produit dans la cavité du guide d'ondes d'exposition, une exposition du produit à un champ électromagnétique qui, du fait de la propagation monomode dans le guide d'ondes d'exposition et d'une garantie d'un remplissage complet et homogène en produit de la cavité du guide d'ondes d'exposition, est traité de manière homogène en évitant dans le produit des zones surexposées au rayonnement micro-ondes et des zones sous-exposées.

Un tel résultat est obtenu par l'homogénéité du flux et du remplissage de produit dans le volume de la cavité du guide d'ondes d'exposition, et par la constance du temps d'exposition aux micro-ondes dans le guide d'ondes d'exposition.

Il est également évité la formation d'accumulation de produit et des colmatages dans la cavité du guide d'ondes d'exposition, en particulier par un comportement non maîtrisé du produit particulière en absence du dispositif de transport mis en œuvre.

Dans une forme de réalisation, au moins un guide d'ondes d'injection, dont une extrémité terminale est connectée au guide d'ondes d'exposition, au niveau d'une fenêtre radioélectrique du guide d'ondes d'exposition, injecte des micro-ondes, se propageant dans ledit au moins un guide d'ondes d'injection, dans la cavité du guide d'ondes d'exposition.

Il est ainsi introduit en un point déterminé du guide d'ondes d'exposition une énergie micro-ondes souhaitée.

Dans une forme de réalisation, l'applicateur comporte une pluralité de guides d'ondes d'injection et chaque guide d'ondes est connecté par une
5 extrémité terminale au guide d'ondes d'exposition au niveau d'une fenêtre radioélectrique du guide d'ondes d'exposition. Des fenêtres radioélectriques affectées à chacun des guides d'ondes d'exposition, sont réparties entre l'ouverture d'entrée et l'ouverture de sortie, décalées entre elles sur le guide
10 d'exposition.

Il est ainsi possible d'injecter une puissance micro-ondes au niveau de chacune des fenêtres radioélectriques et de générer dans le guide d'ondes d'exposition un profil d'énergie radioélectrique donné dont il résulte pour le produit en déplacement dans la cavité du guide d'onde d'exposition un profil
15 d'exposition au rayonnement micro-ondes et à ses effets en fonction du temps.

Ainsi, une puissance du rayonnement micro-ondes injectée sous forme d'un rayonnement micro-ondes dans la cavité du guide d'ondes d'exposition par chacun des guides d'ondes d'injection est définie pour déterminer une courbe de températures en fonction du temps du produit circulant dans le guide d'ondes
20 d'exposition.

Dans une forme de réalisation, le guide d'ondes d'exposition est un guide d'ondes dont la ligne des centres des sections du guide d'ondes est circulaire, formant ainsi une cavité torique, et le système de transport comporte un rotor, par
25 lequel les parois séparatrices sont entraînées, dont une rotation par rapport à une structure fixe du guide d'ondes d'exposition, constituant un stator, assure et ou contrôle le transport du produit dans la cavité.

Une telle forme s'avère avantageuse sur le plan de la simplicité mécanique du système d'entraînement et de sa compacité.

30 Dans une autre forme de réalisation, le guide d'ondes d'exposition est un guide d'ondes ouvert à ses extrémités, par exemple un guide d'ondes linéaire à cavité cylindrique ou sensiblement cylindrique, ou un guide d'ondes à cavité hélicoïdale, et le système de transport entraîne le défilement des volumes

glissants dans la cavité du guide d'ondes d'exposition entre les extrémités ouvertes, depuis une extrémité correspondant à l'ouverture d'entrée jusqu'à l'autre extrémité correspondant à l'ouverture de sortie.

Il est ainsi assuré un transport du produit dans la cavité du guide d'ondes, ouvert à ses extrémités, avec une densité volumique de produit sensiblement constante dans toute la cavité du guide d'ondes d'exposition entre ses extrémités.

D'autres formes de guide d'ondes d'exposition ouverts sont toutefois possibles, par exemple un guide d'ondes décrivant un arc de cercle ou une forme plus complexe.

Le système d'entraînement consiste par exemple en un tapis défilant auquel sont fixées les cloisons séparatrices.

De telles formes bénéficient d'un guide d'onde d'exposition simple à réaliser du fait que le système de transport n'est pas associé à une paroi mobile et pose a priori peu de problème d'étanchéité aux micro-ondes dont il convient de limiter au mieux les fuites.

Pour mettre en œuvre des composants disponibles dans l'industrie, le guide d'ondes d'exposition est un guide d'ondes de section adaptée à une propagation monomode, de dimensions standardisées pour une fréquence de 915 MHz, ou un guide d'ondes monomode de dimensions standardisées pour une fréquence de 2,45 GHz. Par exemple un guide d'ondes de sections perpendiculaires à la direction longitudinale rectangulaire standardisées pour lesquelles des composants industriels (raccords, adaptateurs, sondes ...) sont disponibles.

Dans une forme de réalisation, adaptée à un profil de température pour enchaîner des étapes de montée en température du produit, de cuisson ou vapocraquage puis d'extraction d'eau, l'applicateur comporte au moins deux guides d'ondes d'injection, et une énergie micro-ondes CW totale introduite dans la cavité du guide d'ondes d'exposition est répartie entre les guides d'ondes d'injection.

Par exemple, avec trois guides d'ondes d'injection, depuis l'ouverture d'entrée vers l'ouverture de sortie, l'énergie totale micro-ondes CW est répartie sensiblement pour moitié dans un premier guide d'ondes d'injection,

sensiblement pour un quart dans un deuxième guide d'ondes d'injection et sensiblement pour un quart dans un troisième guide d'ondes d'injection.

Dans une forme de réalisation pour augmenter les capacités de traitement de produit d'un applicateur, l'applicateur comporte une pluralité de guides d'ondes d'exposition de structures similaires agencés pour fonctionner en parallèle.

Il est ainsi obtenu un applicateur compact de capacité de traitement augmenté et partageant des parties accessoires, par exemple moteurs d'entraînement, distributeur et collecteurs de produits.

10

L'invention concerne également un dispositif de traitement thermique d'un produit contenant au moins un matériau diélectrique polarisé dans lequel le produit est exposé à un rayonnement électromagnétique micro-ondes d'un générateur d'ondes dans une cavité dans laquelle des ondes électromagnétiques sont injectées, qui comporte au moins un applicateur conforme à l'applicateur décrit précédemment et comporte au moins un générateur d'ondes continues CW agencé pour produire des micro-ondes avec une énergie déterminée en fonction du produit et de températures auxquelles le produit doit être porté et à une fréquence correspondant à une propagation monomode des micro-ondes dans des guides d'ondes d'injection et dans le ou les guides d'ondes d'exposition.

15

Il est ainsi obtenu une installation de traitement par chauffage de produits sensibles aux micro-ondes avec les bénéfices de l'applicateur de l'invention.

Dans une forme de réalisation du dispositif, le générateur d'ondes comporte au moins une tête haute fréquence dont une énergie micro-ondes produite est divisée, par au moins un diviseur, pour être acheminée par au moins deux guides d'ondes d'injection vers un guide d'onde d'exposition.

20

Dans une forme de réalisation, chaque guide d'ondes d'injection comporte un adaptateur d'impédance pour modifier l'impédance du guide d'ondes d'injection considéré, l'ensemble des guides d'ondes d'injection, des adaptateurs d'impédance et des diviseurs formant un distributeur d'ondes dans lequel une répartition de la puissance micro-ondes dans chacun des guides d'ondes d'injection est gérée en réseau par ajustement des adaptateurs d'impédance. Il est ainsi possible de modifier la répartition de puissance entre les

25

30

guides d'ondes d'injection sans être limité aux possibilités propres des diviseurs.

Par exemple, l'énergie micro-ondes produite par une tête haute fréquence est divisée deux fois pour être acheminée par trois guides d'ondes d'injection vers le guide d'onde d'exposition. Avantageusement chaque diviseur est réglable de sorte à ajuster la répartition de puissance dans chacune des sorties du diviseur.

Il est ainsi limité le nombre de sources produisant les micro-ondes utilisées par le dispositif.

Pour réaliser une installation industrielle, avantageusement un générateur d'ondes associé à un guide d'ondes d'exposition délivre en fonctionnement une puissance totale maximale, sous forme de micro-ondes centrées sur une fréquence de 915 MHz, de sensiblement 75 kW, puissance compatible avec les puissance maximales atteintes actuellement par les générateurs de micro-ondes dans cette gamme de fréquences.

Pour une utilisation optimale de l'énergie micro-ondes produite et pour éviter une réflexion des ondes vers la source, au moins un et de préférence chaque guide d'ondes d'injection comporte un adaptateur d'impédance pour adapter son impédance de sortie à l'impédance de sa charge dans le guide d'ondes d'exposition.

20

Le dispositif permet la mise en œuvre d'un procédé de traitement d'un produit végétal par exposition à un rayonnement micro-ondes dans un applicateur conforme au applicateur de l'invention, procédé dans lequel le produit est transporté en continu dans une cavité du guide d'ondes d'exposition, suivant une longueur de ladite cavité depuis l'ouverture d'entrée de la cavité jusqu'à l'ouverture de sortie de la cavité, dans lequel guide d'ondes d'exposition le rayonnement micro-ondes se propage suivant des conditions de propagation monomode. Le procédé permet ainsi de traiter en flux continu le produit qui est soumis à des niveaux micro-ondes très homogènes qui conduisent à un traitement complet du produit qui est transporté dans le guide d'onde d'exposition.

Le rayonnement micro-ondes est par exemple introduit dans le guide d'ondes d'exposition en au moins deux emplacements d'injection différents

suivant la longueur de la cavité. Il est ainsi obtenu des conditions pouvant évoluer lors du transport du produit dans le guide d'ondes d'exposition de sorte à soumettre le produit successivement aux conditions thermiques résultant de l'exposition aux champs électromagnétiques déterminés pour le produit considéré et le traitement recherché.

Dans une méthode de mise en œuvre, une répartition dans chacun des guides d'ondes d'injection de la puissance micro-ondes, produite par une tête haute fréquence et divisée pour alimenter les guides d'ondes d'injection, est gérée en réseau par ajustement d'adaptateurs d'impédance des guides d'ondes d'injection.

Dans une forme de mise en œuvre, la vitesse de transport du produit dans le guide d'ondes d'exposition et une puissance de rayonnement micro-ondes continu CW introduit dans le guide d'ondes d'exposition à chaque emplacement d'injection sont déterminés pour chauffer le produit suivant une courbe recherchée de température en fonction du temps.

Le procédé est mis en œuvre suivant les cas :

- pour des produits principalement d'origine végétale ;
- pour des produits principalement d'origine animale ;
- pour des produits principalement d'origine minérale.

Dans un mode de mise en œuvre, le produit est un mélange de produits de deux ou trois des sources végétales, animales et minérales.

Le traitement par le procédé comporte suivant les cas, au moins :

- une étape de chauffage ; et ou
- une étape de vapocraquage de chaînes moléculaires du produit ; et ou
- une étape de cuisson ; et ou
- une étape de déshydratation ; et ou
- une étape de grillage ; et ou
- une étape de torréfaction.

BREVE PRESENTATION DES DESSINS

La description détaillée d'exemples de réalisation de l'invention est faite

en référence aux figures qui représentent schématiquement de manière non limitative :

5 Figure 1 : un dispositif suivant l'invention pour le traitement thermique de produits alimentaires avec les principaux sous-ensembles du dispositif ;

Figure 2 : une première forme de réalisation d'un applicateur à guide d'onde d'exposition monomode à cavité torique ;

10 Figure 3 : un exemple de générateur d'ondes CW mettant en œuvre une tête haute fréquence unique dont la puissance émise est répartie sur trois guide d'ondes d'injection ;

figure 4 : un dispositif suivant l'invention mettant en œuvre une deuxième forme de réalisation d'applicateur à guide d'ondes linéaire ;

15 figure 5 : un exemple de dispositif comportant un applicateur dans lequel plusieurs guides d'ondes d'exposition à cavité torique sont associés.

DESCRIPTIONS DETAILLEES DE MODES DE REALISATION L'INVENTION

20 Sur les figures des éléments similaires sont identifiés par des repères identiques.

Sur les différentes vues il a été privilégié le côté illustratif d'un dispositif et d'un applicateur mis en œuvre par le dispositif et les échelles entre les différents éléments représentés ne sont pas nécessairement respectées.

25 Toutefois la figure 5 représente, à titre d'exemple de réalisation, un dessin d'un dispositif suivant l'invention dans une forme et dans des proportions proches d'un dispositif réalisé avec des composants de technologies disponibles aujourd'hui et adapté à une mise en œuvre industrielle.

30 La figure 1 représente schématiquement un dispositif suivant l'invention destiné à un traitement de produits par la température.

Les produits peuvent être d'origines végétales ou d'origines animales ou d'origines minérales, pour autant qu'ils renferment un ou des matériaux diélectriques polarisés absorbant les ondes radioélectriques, en particulier les

ondes radioélectriques du domaine des micro-ondes, c'est-à-dire dont les fréquences sont comprises entre 800 MHz et 3 GHz suivant les conventions actuelles.

De manière générique il sera utilisé, dans la description de l'invention, le
5 terme « produit » 90 pour désigner les produits devant être traités par une exposition au rayonnement micro-ondes au moyen du dispositif. Le même terme et son repère seront utilisés pour désigner le produit dans ses différentes étapes du traitement auquel il est soumis lors de son passage dans le dispositif 100, indépendamment des transformations physico-chimiques qu'il peut y subir.

10

GENERATEUR MICRO-ONDES

Le dispositif 100 comporte un générateur d'ondes 20 électromagnétiques produisant des ondes continues, dite CW (Continuous Waves), du domaine des micro-ondes, c'est-à-dire des ondes ayant des fréquences comprises entre
15 800MHz et 3GHz.

Les valeurs de fréquences mises en œuvre ne sont pas imposées et peuvent être choisies en fonctions de contraintes techniques dans chaque cas d'espèce.

Avantageusement, le générateur est adapté pour produire des micro-
20 ondes centrées sur une fréquence déterminée dont le choix est en relation directe avec celui des dimensions transversales des guides d'ondes adaptés à la propagation des dites ondes, guides d'ondes qui dans le dispositif de l'invention sont mis en œuvre également pour le transport de produits 90 devant être traitées.

25 Le générateur d'ondes 20 électromagnétiques du dispositif produit des ondes centrées sur une fréquence déterminée, par exemple la fréquence de 915 MHz qui correspond à une fréquence attribuée, administrativement, aux applications publiques. L'expression « la fréquence des micro-ondes » doit être comprise dans le contexte de l'invention comme étant la fréquence sur laquelle
30 est centré un spectre d'émission du générateur d'ondes.

Le générateur est un générateur d'ondes continu capable de délivrer en continu, au moins sur une période de temps adaptée à l'échelle de temps de sa mise en œuvre dans le dispositif, une puissance nominale dudit générateur

d'ondes. Dans le contexte de l'invention et de la mise en œuvre du générateur d'ondes, il n'est pas exclu que le générateur utilise une modulation de la durée d'émission des ondes pour ajuster une puissance moyenne dans un cycle de fonctionnement du générateur. Un tel mode modulé de la durée d'émission des micro-ondes est, réalisé avec une période petite en regard d'une vitesse de transport des produits exposés aux micro-ondes dans le contexte de l'invention, considéré comme un fonctionnement du générateur en mode continu CW afin d'obtenir une puissance moyenne continue inférieure à la puissance maximale en continu.

10

APPLICATEUR

Le dispositif 100 comporte au moins un applicateur 10 à chauffage continu dans lequel les produits sont transportés entre une entrée 11 de l'applicateur et une sortie 12 de l'applicateur.

15

Suivant une caractéristique de l'applicateur 10, les produits sont transportés dans un guide d'ondes d'exposition 30 de l'applicateur, en suivant une direction longitudinale d'une cavité 32 dudit guide d'ondes d'exposition.

La direction longitudinale correspond à une direction de propagation des ondes dans le guide d'ondes.

20

Lors de leur transport dans le guide d'ondes d'exposition 30, les produits sont exposés aux micro-ondes produites par le générateur d'ondes 20 se propageant longitudinalement dans ledit guide d'ondes d'exposition suivant un mode de propagation monomode.

25

La propagation monomode d'ondes radioélectriques dans un guide d'ondes est connue, et largement mise en œuvre dans les applications nécessitant le transfert d'une puissance radioélectrique avec le minimum de perte, par exemple dans les dispositifs radar pour la transmission de l'énergie entre un générateur et une antenne. La propagation monomode est obtenue par une section, perpendiculaire à la direction longitudinale, de la cavité du guide d'ondes dans laquelle se propage l'onde radioélectrique adaptée à la fréquence de ladite onde radioélectrique.

30

La figure 2 illustre un exemple d'un foyer 15 de l'applicateur 10 et

comportant un guide d'ondes d'exposition 30.

Dans la forme de réalisation, illustrée sur la figure 2, le guide d'ondes d'exposition 30 détermine une cavité torique, de section choisie pour assurer la propagation monomode des ondes mises en œuvre.

5 La forme torique de la cavité n'est pas limité au seul cas d'une section circulaire du guide d'ondes dans un plan axial du tore, section circulaire généralement considérée dans une définition purement mathématique du tore. Comme il sera vu dans la suite de la description et dans les dessins, le tore détermine une cavité tubulaire de section sensiblement constante, rectangulaire
10 dans les exemples illustrés, et dont une ligne des centres des sections, décrit un cercle.

Le guide d'ondes d'exposition 30 est également agencé pour permettre un transport dans la cavité dudit guide d'ondes d'exposition, à une vitesse
15 contrôlée, des produits devant être exposés aux micro-ondes.

Dans l'exemple de la fréquence retenue de 915 MHz, le guide d'ondes d'exposition présente une cavité de section rectangulaire sensiblement de 248 mm de largeur et de 124 mm de hauteur, dimensions qui assurent une propagation monomode des micro-ondes centrées sur ladite fréquence.

20 De manière connue le guide d'ondes d'exposition 30 présente la forme principale d'un tube 31 dont des parois sont électriquement conductrices, par exemple réalisées dans un matériau bon conducteur électrique tel que le cuivre, l'aluminium, l'argent... ou pour le moins comportant une couche d'un matériau conducteur électrique déposée sur des parois intérieures dudit tube, et dont une
25 partie centrale détermine un volume transparent aux ondes radioélectriques. En pratique dans le cas de l'invention, la partie centrale du tube guide d'ondes est une cavité 32 contenant, hors le produit qui doit être exposé aux micro-ondes, de l'air qui s'avère adapté à la plupart des cas d'exposition considérés.

Le schéma de la figure 2 correspond à un guide d'ondes d'exposition 30
30 de forme torique avec une cavité 32 de section rectangulaire dans un plan axial du tore.

Le guide d'ondes d'exposition 30 présente, dans une paroi dudit guide d'ondes d'exposition, une ouverture d'entrée 33, par laquelle des produits 90 à

exposer aux rayonnements micro-ondes sont introduits dans la cavité 32 dudit guide d'ondes, et une ouverture de sortie 34, par laquelle les produits 90 ayant été exposés aux rayonnements micro-ondes ressortent dudit guide d'ondes. Une longueur **L_{go}** du guide d'ondes d'exposition 30 entre les ouvertures d'entrée 33 et de sortie 34 dans lequel les produits sont transportés détermine une distance sur laquelle lesdits produits peuvent être exposés aux micro-ondes.

Le guide d'ondes d'exposition 30, dans l'exemple de la figure 2, est fixe, au moins en partie, placé avec un axe de révolution 35 du tore horizontal, avec l'ouverture d'entrée 33 située en un point haut du tore et l'ouverture de sortie 34 située en un point bas du tore, dans l'exemple illustré sensiblement en un point diamétralement opposé à l'ouverture d'entrée.

Le guide d'ondes d'exposition 30, au moins une paroi fixe du tube 31 dudit guide d'ondes, constitue, sur le plan mécanique, un stator d'un système de transport 40 des produits 90.

En outre, un rotor 41a comportant un ensemble de cloisons séparatrices 42, agencées sensiblement dans des plans radiaux et espacées angulairement pour être de préférence sensiblement équidistantes, détermine, dans la cavité 32 torique, des volumes glissants 43 mitoyens entraînés avec une vitesse correspondant à une vitesse de rotation du rotor 41a. Ainsi deux volumes glissants immédiatement voisins ne sont séparés que par une cloison séparatrice dans le guide d'ondes de sorte que lorsque les volumes glissants sont pleins de produit, le guide d'ondes d'exposition est également plein dudit produit, à l'épaisseur près des cloisons séparatrices.

Les volumes glissants assurent un transport continu des produits 90 soumis au rayonnement micro-ondes dans la cavité 32 torique avec une vitesse de progression contrôlée desdits produits qui se trouvent confinés dans un volume glissant par les parois du tube 31 et les deux cloisons séparatrices déterminant ledit volume glissant. Les cloisons séparatrices 42 permettent également d'assurer un remplissage homogène en produit du guide d'ondes d'exposition. En effet, d'une part le produit est maintenu dans le volume glissant où il a été placé, sans pouvoir se déplacer aléatoirement dans la cavité du guide d'ondes jusqu'à sa sortie par l'ouverture de sortie 34, et d'autre part un remplissage complet du volume glissant avec le produit évite la formation d'une

hétérogénéité au sein dudit volume glissant, comme se serait le cas en cas d'un remplissage partiel, lorsque le produit est transporté.

Les cloisons séparatrices 42 sont séparées d'une distance de séparation entre des cloisons voisines, suivant le périmètre de ladite cavité torique, pour
5 déterminer une capacité de chargement en produit d'un volume glissant 43.

Le choix d'une distance de séparation entre les cloisons séparatrices 42, qui peut dépendre dans des cas particuliers du produit 90 et d'un dispositif de chargement des volumes glissants en produit, est déterminé pour qu'un volume compris entre deux cloisons voisines soit toujours plein du produit 90 lorsque ledit
10 volume se trouve dans une partie du guide d'ondes d'exposition 30 dans laquelle les micro-ondes sont injectées. Il est entendu que le volume est considéré plein du produit lorsque le dispositif de chargement mis en œuvre ne permet plus d'introduire plus de produit dans le volume en question, même en présence de vides interstitiels entre les grains du matériau. Cette condition de remplissage, en
15 pratique aussi homogène que possible, des volumes glissants 43 dans la cavité du guide d'ondes d'exposition où les produits sont exposés aux micro-ondes, est importante pour obtenir une densité volumique homogène du produit dans le guide d'ondes d'exposition, de laquelle résulte un champ électromagnétique également homogène au sein des produits traités.

20 A défaut d'un remplissage suffisamment homogène de la cavité du guide d'ondes d'exposition, la répartition de l'énergie des micro-ondes dans le guide d'ondes d'exposition ne serait pas homogène et il se formerait dans le produit des variations excessives des températures atteintes en fonction de leur emplacement dans ladite cavité, ce qui doit être évité.

25 Dans un exemple de réalisation, les cloisons sont séparées angulairement de 30° de sorte à former six volumes glissants successifs tournant dans la cavité du guide d'ondes d'exposition, dans le cas illustré où l'exposition aux micro-ondes est réalisée sur un secteur angulaire de 180° . Cependant, cette valeur de 30° n'est pas limitative et sera autant que de besoin adaptée, en valeur
30 supérieure ou en valeur inférieure, au produit traité et à ses caractéristiques comportementales de sorte à assurer un remplissage complet des volumes et l'écoulement nécessaire du produit pour assurer le remplissage et le vidage des volumes.

Les cloisons séparatrices 42 sont réalisées dans un matériau transparent aux ondes électromagnétiques des fréquences considérées, pour le moins un matériau à faible atténuation, de sorte que les micro-ondes se propagent dans la cavité 32 du guide d'ondes d'exposition avec un minimum d'atténuation liée au cloisonnement des volumes glissants 43.

A contrario, des parties du rotor, en particulier des parois du guide d'ondes servant directement ou indirectement de support aux cloisons, sont formées dans des matériaux conducteurs et agencées, par rapport aux autres parties du guide d'ondes, pour éviter les fuites de micro-ondes et les pertes d'énergie par rayonnement.

Dans le contexte d'une réalisation industrielle du dispositif, afin de prendre en compte les règlements et de bénéficier de la technologie et des composants techniques existants, il sera préféré mettre en œuvre des fréquences standardisées pour le type d'application considérée.

Ainsi, une fréquence micro-ondes de 915 MHz correspond à un guide d'onde standardisé avec une section de cavité 247,65 mm x 123,82 mm.

Dans un tel guide d'ondes de dimensions standardisées (standard EIA WR975 ou standard IEC R9) dans le domaine radioélectrique, le rayonnement micro-ondes est en propagation monomode.

Il est également possible de mettre en œuvre d'autres fréquences micro-ondes sous réserve d'utiliser des guides d'ondes dont les dimensions sont adaptées pour assurer un mode de propagation monomode. Par exemple pour une fréquence de 2450 MHz, un guide d'onde standardisé (WR340 ou R26) adapté présente une section de cavité de 86,36 mm x 43,18 mm.

Suivant un principe physique général, plus la fréquence utilisée est élevée, plus la section du guide d'ondes est petite, et cette contrainte sur la section pour avoir un guide d'ondes monomode sera prise en compte.

Un dispositif de l'invention destiné à une utilisation industrielle de traitement de produit à grand débit volumique aura avantage à mettre en œuvre, des fréquences micro-ondes les plus faibles possibles compatibles avec les effets thermiques recherchés pour bénéficier des guides d'ondes de plus grandes sections possibles.

DISTRIBUTEUR MICRO-ONDES

Le dispositif 100 comporte également un distributeur micro-ondes pour apporter l'énergie à l'applicateur 10. La figure 2 montre trois guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c qui acheminent les micro-ondes depuis le générateur d'ondes 20 jusqu'au guide d'ondes d'exposition 30. Chacun des guides d'ondes d'injection est couplé de manière sensiblement tangentielle au guide d'ondes d'exposition 30 par une fenêtre radioélectrique, respectivement 28a, 28b, 28c, de sorte à assurer, dans l'exemple illustré, une propagation des micro-ondes dans la cavité 32 torique suivant une direction du transport des produits 90 dans ladite cavité torique du guide d'ondes d'exposition, c'est à dire dans le sens de rotation du rotor 41a.

En outre les guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c sont couplés au guide d'ondes d'exposition 30 chacun en des emplacements différents entre l'ouverture d'entrée 33 et l'ouverture de sortie 34 de sorte à déterminer dans la cavité 32 dudit guide d'ondes d'exposition des zones d'exposition successives sur la longueur **L_{go}**, chaque zone d'exposition correspondant à un volume du guide d'ondes d'exposition 30 soumis principalement à l'énergie des ondes injectée par un des guides d'ondes d'injection et absorbée par le produit.

De par l'injection tangentielle des ondes dans le guide d'ondes au niveau de chaque fenêtre, il est également évité des réflexions susceptible de réinjecter de l'énergie vers le générateur d'ondes 20.

Dans le guide d'ondes à cavité torique correspondant au mode de réalisation illustré sur la figure 2, chacune des zones d'exposition correspond à un secteur angulaire d'une partie de la cavité 32 torique dans laquelle sont transportés les produits 90 entre le point haut et le point bas dudit guide d'ondes d'exposition.

Lorsque le dispositif est en fonctionnement, le générateur d'ondes électromagnétiques 20 produit des micro-ondes dans chacun des guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c avec une puissance voulue devant être injectée dans la zone d'exposition correspondant au guide d'ondes d'injection considéré.

Le générateur d'ondes électromagnétiques 20 peut comporter plusieurs têtes hautes fréquences produisant des micro-ondes, une tête étant affectée à un

seul guide d'ondes d'injection ou à un nombre limité de guides d'ondes d'injection.

Avantageusement dans ce mode de réalisation, chaque tête hautes fréquences est agencée pour permettre de régler la puissance envoyées dans le
5 guide d'ondes d'injection correspondant.

Dans une forme de réalisation de générateur d'ondes 20, dont un exemple est illustré sur la figure 3, les ondes électromagnétiques étant de mêmes fréquences pour l'ensemble des guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c, ledit générateur d'ondes électromagnétiques comporte une seule tête haute
10 fréquence 21 dont l'énergie est divisée et ajustée en fonction des puissances devant être apportées dans chaque guide d'ondes d'injection.

Par exemple un premier diviseur 23a répartit la puissance totale de la tête haute fréquences 21 par moitié sur chacune de deux sorties dudit premier
15 diviseur. Une première sortie du premier diviseur 23a est raccordée à un premier guide d'ondes d'injection 29a devant disposer de 50 % de l'énergie micro-ondes produite par la tête haute fréquences 21. La puissance restante sur une seconde sortie du premier diviseur 23a est à nouveau divisée par moitié entre deux sorties d'un second diviseur 23b qui sont chacunes raccordées à un deuxième et
20 troisième guide d'ondes d'injection, 23a, 23b, devant disposer chacun de 25 % de l'énergie micro-ondes produite par la tête hautes fréquences 21.

Conformément aux règles de l'art dans le domaine des transferts de puissance, il sera réalisé, pour chacun des guides d'ondes d'injection, les adaptations d'impédance nécessaires pour assurer un transfert optimum de la
25 puissance et éviter la réinjection de puissance vers une source 22 de la tête haute fréquences.

Avantageusement, chaque guide d'ondes 23a, 23b, 23c comporte un adaptateur d'impédance, 24a, 24b, 24c respectivement, pour ajuster les impédances de sortie aux impédances de charge correspondant au produit
30 exposé dans le guide d'ondes d'exposition, l'adaptation étant réalisée en fonction d'informations transmises par des sondes 25 de mesure de l'énergie émise et de l'énergie réfléchiée dans chaque guide d'ondes. Avantageusement, pour assurer une protection de la source 22, un recirculateur 26 est agencé à la sortie de la

tête hautes fréquences 21 pour piéger des ondes qui seraient sinon réinjectées dans le générateur.

Dans une forme de réalisation, chaque adaptateur d'impédance 24a, 24b, 24c d'un guide d'ondes d'injection est mis en œuvre pour contrôler la
5 puissance délivrée dans ledit guide d'ondes d'injection de sorte que le distributeur d'ondes résultant forme un système de gestion en réseau de l'énergie, qui permet de régler la répartition de la puissance, fournie par la tête hautes fréquences 21, entre les différents guides d'ondes d'injection.

Dans ce mode de mise en œuvre, un adaptateur d'impédance 24a, 24b,
10 24c, en fonction de son ajustement, restitue sur le réseau la puissance qui lui est initialement distribuée par les diviseurs 23a, 23b mais qui n'est pas utilisée, c'est-à-dire qui n'a pas été absorbée par le produit. Cette puissance restituée est alors utilisable par les autres guides d'ondes d'injection.

Dans ce mode, l'énergie peut être répartie de manière précise pour
15 adapter le profil thermique dans le guide d'ondes d'exposition, sans être dépendant des seuls facteurs de division propres des diviseurs 23a, 23b.

En pratique, la répartition de la puissance entre les différents guides d'ondes d'injection, tout comme la puissance effective du rayonnement
20 électromagnétique dans chaque guide d'onde d'injection, sera adaptée par l'homme du métier en fonction du type des produits traités par le dispositif, dont les capacités d'absorption et le comportement thermique sont différents d'un produit à un autre, du flux des produits traités dans le guide d'ondes d'exposition, par exemple un flux massique en g/s, et également des températures auxquelles
25 les produits doivent être portés dans chacune des zones d'exposition en fonction des effets recherchés sur les produits.

Dans une forme de réalisation, les puissances dans chaque guide d'ondes d'injection sont ajustées pendant la mise en œuvre de l'applicateur en fonction de paramètres mesurés tels que la température du produit en différents
30 emplacement du guide d'ondes d'exposition.

L'homme du métier est ainsi en mesure de créer dans le produit, lors de son transport dans le guide d'ondes d'exposition, un profil de température en fonction du temps.

MISE EN OEUVRE DU DISPOSITIF

Des avantages et intérêts du dispositif décrit ci-dessus ressortiront particulièrement de la description d'un exemple de mise en œuvre du dispositif.

5 Dans le dispositif, le produit est supposé sous une forme fractionnée qui donne au produit des capacités d'écoulement naturel. Des exemples de produits fractionnés sont donnés ultérieurement dans la description et de manière générique le produit sera considéré comme un produit granulaire.

10 Dans le dispositif, un produit 90 granulaire, naturellement ou à la suite d'une préparation, devant être traité par chauffage est dans une première étape placé dans un distributeur 50 d'approvisionnement, par exemple un réservoir comportant une trémie pour entraîner le produit dans un conduit sensiblement à la section du guide d'ondes d'exposition vers une entrée 11 de l'applicateur 10.

15 Le produit est entraîné par exemple par gravité, par une trémie, par vis sans fin ou par tout autre système connu adapté au transport du produit considéré, en particulier sa granulométrie, sa fluidité et sa texture, notamment pour éviter un bourrage ou un colmatage dans le transport depuis le réservoir vers le guide d'ondes d'exposition 30.

20 Le conduit est avantageusement sensiblement de la section du guide d'ondes d'exposition mis en œuvre dans le dispositif pour assurer une progression stable du produit vers l'ouverture d'entrée 33 du guide d'onde d'exposition.

25 Le produit, une fois introduit dans le guide d'ondes d'exposition 30 par l'ouverture d'entrée 33, est transporté de manière continue et à vitesse contrôlée dans ledit guide d'ondes d'exposition par le rotor 41a jusqu'à l'ouverture de sortie 34.

30 Le cas échéant, le produit 90 est soumis, avant d'être introduit dans la cavité du guide d'ondes d'exposition, à un préchauffage. Un préchauffage, par exemple à une valeur choisie comprise entre 30°C et 55°C et n'ayant pas d'effet sensible sur les produits à traiter, permet de diminuer la puissance micro-ondes nécessaire pour élever la température du produit dans le guide d'onde

d'exposition et permet d'introduire le produit dans le guide d'ondes d'exposition avec une température et donc des conditions initiales dans le guide d'ondes sensiblement constantes.

5 Dans la cavité 31 du guide d'ondes d'exposition, la vitesse de transport du produit 90 est imposée par la vitesse de rotation du rotor 41a de laquelle il résulte une durée d'exposition déterminée du produit aux conditions de rayonnement micro-ondes dans chacune des zones du guide d'ondes d'exposition recevant de l'énergie micro-ondes par les guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c.

10 Vu par le produit, cette durée d'exposition est particulièrement stable et reproductible du fait que le produit est sensiblement immobile à l'intérieur des volumes glissants 43.

Le rotor 41a est avantageusement entraîné en rotation à vitesse constante par un moteur, par exemple un moteur électrique ou hydraulique.

15 D'autre moyens d'entraînement en rotation sont cependant possible. Par exemple le rotor peut être libre en rotation et être entraîné en rotation par la gravité sous l'effet du poids du produit, sous réserve d'une trajectoire suivie par le produit descendante dans le guide d'ondes, la vitesse du rotor étant dans ce cas avantageusement régulée par un frein.

20 Dans le rotor 41a, le produit 90 transporté est contenu dans les volumes glissants 43, entre les cloisons séparatrices 42, configuration dont il résulte un flux continu et un parfait contrôle des temps de passage dans le guide d'ondes d'exposition, et dans chacune des zones du guide d'ondes d'exposition correspondant aux différents apport en énergie micro-ondes de chacun des guides d'ondes d'injection, de tous les volumes de produit transportés entre les
25 cloisons séparatrices 42.

En outre, le transport du produit par le rotor 41a limite le risque d'un colmatage du guide d'onde d'exposition par rapport à un écoulement non forcé du produit, par exemple un écoulement par gravité, lorsque le produit ne présente
30 pas un comportement suffisamment fluide pour un écoulement gravitaire dans le guide d'ondes d'exposition.

Il évite également les différences de températures pouvant résulter d'un déplacement dans lequel le produit est brassé plus ou moins aléatoirement, par

exemple dans un milieu partiellement chargé en produit.

Au cours du transport du produit 90 dans le guide d'ondes d'exposition 30, le générateur d'ondes 20 est maintenu en fonctionnement pour générer les micro-ondes continues (CW) qui sont injectées dans la cavité 32
5 dudit guide d'ondes d'exposition par les guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c.

Le cas échéant, les impédances sont adaptées pour chaque guide d'ondes de sorte à compenser les variations de caractéristiques diélectriques du produit traité.

En pratique, lorsque le produit 90 arrive au niveau de l'ouverture de
10 sortie 34, l'énergie micro-ondes injectée dans le guide d'ondes d'exposition 30 a été absorbée par le produit, les niveaux d'énergie injectée étant ajustés autant que de besoin en fonction du produit traité et des paramètres de mise en œuvre pour obtenir ce résultat, une énergie résiduelle étant le cas échéant retenue par un piège à micro-ondes conventionnel.

15 Dans ce fonctionnement, il doit également être noté que l'injection tangentielle, ou au moins oblique, des micro-ondes par les guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c dans le guide d'ondes d'exposition 30 limite les risques de réflexions qui auraient pour conséquence négative de réinjecter une partie des ondes vers la ou les sources sources 22 du générateur micro-ondes 20.

20

Dans un exemple non limitatif de dispositif industriel, l'énergie micro-ondes maximale produite en continu, à la fréquence utilisée de 915 MHz, par le générateur est de 75 kW.

25 Cette puissance est au besoin ajustable à des valeurs inférieures pour répondre à des conditions spécifiques et aux capacités d'absorption des micro-ondes par le produit à chauffer.

Dans une forme de réalisation des capteurs du niveau d'énergie du rayonnement micro-ondes dans la cavité 32 du guide d'ondes d'exposition transmettent des mesures de niveaux d'énergie, mesures utilisées pour
30 déterminer à tout moment les capacités d'absorption du produit et par un système de régulation d'ajuster en temps réel les puissances micro-ondes injectées par les différents guides d'ondes d'injection 29a, 29b, 29c.

Dans un exemple de mise en œuvre, le premier guide d'ondes d'injection 29a, premier en suivant le parcours du produit dans le guide d'ondes d'exposition 30, reçoit environ 50 % de l'énergie produite par le générateur d'ondes 20, soit au maximum en continu, dans l'exemple considéré, une
5 puissance de 37,5 kW qui est injectée dans une première zone d'exposition.

Dans cette première zone d'exposition, il est dans ces conditions effectué une montée en température du produit sans extraction d'eau.

Dans l'exemple de graines végétales traitées, par exemple pour des graines oléagineuses devant être soumises à un profil de température particulier,
10 la température des graines est amenée à 85°C lors de cette première exposition, température homogène dans le produit considéré avec des écarts maximaux obtenus par le procédé inférieurs à cinq degrés centigrades.

Le deuxième guide d'ondes d'injection 29b, deuxième en suivant le parcours du produit dans le guide d'ondes d'exposition, reçoit environ 25 % de
15 l'énergie produite par le générateur, soit dans l'exemple au maximum en continu une puissance de 18,75 kW qui est injectée dans une deuxième zone d'exposition et qui porte la température du produit à 115°C.

Dans cette deuxième zone, il est réalisé, dans le cas de l'exemple de graines oléagineuses traitées, une cuisson et un vapocraquage de chaînes
20 moléculaires longues contenues dans le produit traité pour une meilleure valorisation ultérieures des composants du produit, par exemple les huiles, par exemple les protéines.

L'exposition à ces températures permet également de dénaturer les lipases contenues dans les graines et qui sont responsables de la dégradation
25 des graines et de leurs sous-produits, comme par exemple les huiles qui seront extraites des graines dans une étape ultérieure d'utilisation du produit traité par le procédé.

Un bénéfice du contrôle de la température et de son homogénéité dans le produit au cours de cette phase permet d'obtenir le résultat recherché dans
30 tout le volume du produit traité en préservant la structure des composants alimentaires et sans modifier les qualités organoleptique du produit.

Le troisième guide d'ondes d'injection 29c, troisième en suivant le parcours du produit dans le guide d'ondes d'exposition, reçoit environ 25 % de

l'énergie produite par le générateur, soit dans l'exemple au maximum en continu une puissance de 18,75 kW qui est injectée dans une troisième zone d'exposition dans laquelle la température atteinte dans la deuxième zone est maintenue.

Dans cette troisième zone, il est réalisé dans l'exemple des graines oléagineuses, une extraction d'eau qui est ajustée pour maintenir une quantité
5 d'eau résiduelle voulue, par exemple de l'ordre de 4 %, de sorte à préserver les aptitudes au pressage du produit et à obtenir ultérieurement au traitement de meilleures conditions de pressage et une extraction plus complète d'huile contenue dans le produit.

10 Comme précisé précédemment, la puissance effectivement transférée au produit par chaque guide d'ondes d'injection peut être contrôlée par le moyen des adaptateurs d'impédance.

De manière générale, il résulte de cette distribution de l'énergie dans la cavité 32 du guide d'onde d'exposition 30 un chauffage homogène du produit et
15 une courbe de températures en fonction du temps à laquelle est soumis le produit lors de son transport dans ledit guide d'ondes d'exposition.

Cette courbe de températures peut être ajustée en modifiant les paramètres tels que les puissances injectées dans le guide d'ondes d'exposition par chaque guide d'ondes d'injection, voire en mettant en œuvre un nombre de
20 guides d'ondes d'injection différent de trois comme dans l'exemple décrit, par exemple un, deux ou quatre guides d'ondes d'injection, voire plus, ou telle que la vitesse de défilement de la matière dans le guide d'ondes d'exposition.

Par une élévation de température modérée dans le premier secteur, il peut être ainsi maintenue l'eau contenue dans la matière qui est en mesure par
25 exemple de jouer un rôle d'accélérateur de l'activité enzymatique pour la suite du traitement du produit.

La température obtenue, résultant des interactions des micro-ondes avec la matière du produit, est dans le dispositif particulièrement homogène.

Il en résulte dans le dispositif 100 que les écarts de températures au sein
30 de la matière, en différents points d'une même section transversale du guide d'ondes, sont limités. Expérimentalement il est constaté avec le dispositif des écarts inférieurs à 5°C.

Lorsque le produit 90 granulaire arrive en vis-à-vis de l'ouverture de

sortie 34, il est évacué de l'applicateur vers une sortie 12 pour des étapes ultérieures de traitement, de conditionnement, de stockage ou d'utilisation du produit traité.

5 Dans un mode de mise en œuvre, le produit traité est évacué du guide d'ondes d'exposition 30 par gravité.

D'autres modes d'évacuations peuvent cependant être mis en œuvre, seuls ou en combinaisons, par exemple un soufflage du produit, par exemple un forçage mécanique.

10 L'exemple de réalisation illustré et décrit de manière détaillé d'un dispositif suivant l'invention est susceptible de variantes sans se démarquer de l'invention.

Comme déjà signalé, le nombre de guides d'ondes d'injection peut être différent de trois, ainsi que la puissance dans chacun des guides d'ondes d'injection différente de l'exemple de réalisation décrit.

15 En pratique, le nombre de guides d'ondes d'injection et la puissance apportée par chacun desdits guides d'ondes d'injection sont adaptés pour répartir des flux d'énergie injectés dans le guide d'ondes d'exposition, flux d'énergie desquels il résulte, pour un produit, un profil de températures en fonction de la position dans le guide d'ondes d'exposition, c'est-à-dire en fonction du temps, auquel il est souhaité soumettre le produit lors de sa circulation dans le guide d'onde d'exposition.

20 Il doit être compris ici que la température à laquelle est porté le produit résulte de l'absorption directe de l'énergie micro-ondes par ledit produit et que ladite température est une fonction non seulement de la puissance micro-ondes introduite dans le guide d'onde d'exposition, mais également de la capacité du produit à absorber ladite énergie micro-ondes.

25 Dans le cas d'un guide d'ondes d'exposition à cavité torique, le secteur angulaire traversé par le produit n'est pas nécessairement limité comme dans l'exemple illustré à un angle de 180°. En pratique, le produit étant entraîné par le rotor 41a, cet angle peut être inférieur ou supérieur à 180°, sans être limité par des contraintes de gravité.

De même l'axe du guide d'ondes d'exposition à cavité torique, ou l'axe de

rotation du rotor, n'est pas nécessairement horizontal et peut avoir une orientation quelconque dans l'espace, par exemple vertical.

Le guide d'ondes d'exposition, à cavité torique et à section rectangulaire
5 dans le premier mode de réalisation décrit, peut présenter d'autres formes.

Par exemple la figure 4 illustre un dispositif suivant les principes de l'invention dans lequel le guide d'ondes d'exposition est linéaire. Sur la figure 4 une paroi latérale du guide d'ondes d'exposition n'est pas représenté pour visualiser le produit dans ledit guide d'ondes.

10 Dans cette forme de réalisation, la cavité du guide d'ondes, comme illustré sur le détail « section AA » de la figure 4, est également de section rectangulaire et de dimensions adaptées à la propagation des micro-ondes en mode monomode.

Le produit 90 parcourt la cavité 32 du guide d'ondes d'exposition depuis
15 une ouverture d'entrée 33 par laquelle ledit produit est introduit, jusqu'à une ouverture de sortie 34 par laquelle ressort le produit traité.

Dans cette forme de réalisation, le système d'entraînement 40 consiste
avantageusement en un tapis 41b continu formant une boucle fonctionnellement identique au rotor 41a qui est adaptée au transport du produit, déposés sur ledit
20 tapis, suivant un axe du guide d'ondes d'exposition.

Dans l'exemple illustré sur la figure 4, le guide d'ondes d'exposition 30 est orienté avec un axe longitudinal dudit guide d'onde d'exposition horizontal, et dans ce cas le produit peut être déposé de sorte à remplir des volumes glissants 43 déterminés par des cloisons séparatrices 42, verticales dans
25 l'exemple illustré, pour assurer un remplissage desdits volumes glissants et une densité volumique du produit dans le guide d'onde d'exposition sensiblement constante.

Les cloisons séparatrices garantissent d'une part que le guide d'onde est
maintenu rempli de manière homogène et d'autre part la progression du produit
30 sans risque d'un glissement du produit par rapport au tapis. Un glissement non contrôlé du produit sur le tapis, ou un brassage du produit, modifierait le temps d'exposition du produit aux micro-ondes ou rendrait aléatoire le temps d'exposition d'un élément de produit, modifierait la densité de produit dans le

guide d'ondes d'exposition de manière imprévisible, perturbant la propagation des micro-ondes, et risquerait de conduire à des colmatages du guide d'ondes, phénomènes qui doivent être évités pour respecter les profils de températures du produit dans le guide d'ondes d'exposition.

5

En outre la mise en œuvre de cloisons séparatrices permet de placer l'axe longitudinal du guide d'ondes d'exposition dans une position quelconque, par exemple incliné, voire vertical, sans qu'il ne se produise un écoulement de produit suivant la direction longitudinale dudit guide d'onde qui ne permettrait pas
10 de conserver une densité volumique constante dans le guide d'onde d'exposition.

D'une manière générale, une ligne des centres des sections du guide d'ondes d'exposition peut présenter une trajectoire quelconque, par exemple une spirale, par exemple avec une partie courbe et une partie rectiligne, permettant le cas échéant d'augmenter le nombre de fenêtres radioélectriques par lesquelles
15 les micro-ondes sont injectées dans le guide d'ondes d'exposition sans nécessairement augmenter le diamètre d'un guide d'ondes d'exposition torique ou sans nécessairement réduire une distance entre deux fenêtres radioélectriques, pour autant qu'un système de transport puissent être mis en œuvre pour assurer le transport à vitesse contrôlée du produit sur la longueur
20 d'exposition dudit guide d'ondes d'exposition en maintenant le remplissage du guide d'ondes.

Avantageusement, les micro-ondes sont introduites dans le guide d'ondes d'exposition par des fenêtres radioélectriques 28a, 28b, 28c avec un
25 angle d'incidence des guides d'ondes d'injections 29a, 29b, 29c de préférence inférieur à 30° pour assurer une propagation des ondes dans le guide d'ondes d'exposition avec un minimum de risque de réflexion vers la source des micro-ondes injectées.

Avantageusement, quelque soit la forme du guide d'ondes d'exposition,
30 les fenêtres radioélectriques sont fermées par des plaques d'un matériau diélectrique transparent aux micro-ondes qui évitent que le produit ou des poussières ne s'engagent dans un des guides d'ondes d'injection.

Il doit être noté que, si la section rectangulaire considérée du guide

d'ondes d'exposition dans les exemples de réalisation décrits est adaptée au moyens mis en œuvre pour réaliser le transport contrôlé du produit dans la cavité dudit guide d'ondes d'exposition, cette forme de la section n'est pas imposée et que des formes de sections différentes, par exemple circulaires, ovales ou
5 polygonales, peuvent être utilisées pour autant que la section choisie conduise à une propagation monomode des ondes dans la cavité du guide d'ondes d'exposition et soit adaptées au remplissage complet des volumes glissants 43.

Dans des formes de réalisation améliorées pour augmenter des
10 capacités de traitement de produit, un dispositif comporte une pluralité de guides d'ondes d'exposition agencés en parallèle.

La figure 5 illustre un exemple de dispositif comportant trois guides d'ondes d'exposition, conformes au premier exemple de réalisation décrit, à cavités toriques et réalisant le transport du produit au moyen de rotors.

15 Dans cet exemple, les guides d'ondes d'exposition partagent par exemple un entraînement en rotation des rotors, assemblées sur un même axe de rotation, par un moteur commun, par exemple un distributeur de produit, par exemple un collecteur de produit traité, ou encore un générateur d'ondes.

L'agencement de plusieurs guides d'ondes d'exposition en
20 fonctionnement parallèle permet en pratique d'augmenter un débit de produit traité du fait que pour chaque guide d'ondes d'exposition le débit est contraint par la section de la cavité dudit guide d'onde d'exposition, imposée par la propagation monomode des ondes, et par les temps d'exposition du produit traité qui limite la vitesse de déplacement dudit produit dans le guide d'ondes
25 d'exposition.

L'invention permet ainsi de traiter en continu de grande quantité de produit dans une installation industrielle.

APPLICATIONS

30 Un traitement peut consister en un simple chauffage pour porter un produit à une température donnée, par exemple en vue d'une opération ultérieure de transformation, chauffage qui sera avec l'invention obtenu rapidement avec une température homogène dans le produit.

Un traitement peut consister en une déshydratation, plus ou moins poussée, d'un produit contenant de l'eau, la possibilité de suivre un profil précis des variations de la température permettant de maîtriser le niveau de déshydratation ainsi que des effets secondaires recherchés ou qu'il est souhaité
5 éviter.

Un traitement peut consister en une cuisson d'un produit, à l'étouffée ou non. Dans le cas d'une cuisson à l'étouffée, le guide d'ondes d'exposition, au moins dans la partie dans laquelle cette cuisson à l'étouffée est réalisée, est réalisé avec une étanchéité suffisante pour maintenir un niveau de vapeur
10 chauffée ou surchauffée pour réaliser la cuisson.

Un traitement peut consister en une torréfaction.

Un traitement peut consister en une stérilisation thermique.

Un traitement peut consister en un vapocraquage, c'est-à-dire la coupure de molécules longues contenues dans le produit en présence de vapeur d'eau.

15 Un traitement peut consister en un dépelliculage, c'est-à-dire la séparation d'une enveloppe ou d'une pellicule d'un grain, ici réalisée par une vaporisation d'eau contenue dans le produit, la vapeur provoquant une séparation mécanique de l'enveloppe ou de la pellicule.

Un traitement peut consister en une déshydratation poussée de minéraux
20 par évaporation de l'eau liée retenue dans le matériau sec.

D'une manière générale, le dispositif et le procédé de l'invention s'adressent à tout traitement d'un produit, contenant au moins un matériau diélectrique polarisé pouvant être chauffé par une exposition à des micro-ondes
25 radio-électriques, nécessitant de placer le produit dans des conditions de températures précises en suivant un cycle thermique.

En particulier il doit être noté que certains produits qui pourraient apparaître ne pas répondre à l'exigence de chauffage par micro-ondes peuvent être traités par une préparation préalable, par exemple une hydratation, l'eau
30 étant une molécule diélectrique polarisée bien adaptée au chauffage par micro-ondes.

Sous réserve de présenter les qualités rappelées ci-dessus, les

traitements peuvent s'appliquer à des produits d'origines végétales, des produits d'origines animales ou des produits d'origines minérales, qui peuvent être des produits bruts, des produits transformés ou encore des produits élaborés.

5 Une exigence pour la mise en œuvre du dispositif est que le produit doit présenter une forme granulaire, c'est-à-dire être suffisamment fractionné et avoir une structure physique pour assurer le remplissage, complet et homogène, et le vidage des volumes glissants qui transportent le produit dans le guide d'ondes d'exposition.

10 Vis-à-vis de leurs formes, les grains seront de préférence de formes arrondies ou avec des arrêtes douces pour faciliter l'écoulement du produit et limiter les risques de blocages que produiraient des grains présentant des arêtes vives.

15 Outre les exigences de dimensions et de formes qui se déduisent de ces contraintes mécaniques, les grains ou éléments unitaires du produit ont également des dimensions et formes qui assurent un remplissage relativement complet et homogène du guide d'ondes d'exposition par le produit en regard des interactions entre la matière et les micro-ondes utilisées, et malgré les inévitables vides entre les grains. Pour le respect de cette condition, l'homme du métier veillera à ce que le remplissage des volumes glissant et du guide d'ondes,
20 résultant des caractéristiques des grains, conduise à un milieu sensiblement isotrope, dans tous le guide d'ondes d'exposition, vis à vis des ondes électromagnétiques mises en œuvre.

25 Un avantage de l'invention dans les traitements des produits tient à la rapidité du chauffage du produit et à l'homogénéité des températures obtenues dans le volume du produit, le chauffage demandant sensiblement moins d'énergie que des chauffages par des méthodes conventionnelles mettant en œuvre la conduction thermique du produit lorsqu'il est exposé à une source de chaleur.

30 Un autre avantage tient à la possibilité de créer, par une adaptation de l'applicateur, du nombre de guide d'ondes d'injection et des emplacements sur le guide d'ondes d'exposition et des puissances micro-ondes injectées dans le guide d'ondes d'exposition par chacun des guide d'ondes d'injection, un profil de

températures en fonction du temps auquel est soumis le produit.

Un autre avantage tient au fonctionnement continu de l'applicateur qui est traversé par un flux du produit ce qui permet de traiter de grandes quantités de produit dans un temps réduit par rapport aux solutions conventionnelles.

5

Les grains macroscopiques du produit granulaire devant être traité dans le dispositif correspondent par exemple à des produits se présentant naturellement sous une forme granulaire telles que des graines végétales brutes, par exemple des grains de blé, des noisettes ou des cerneaux de noix, des poids...

10

De tels grains macroscopiques sont par exemple des produits transformés tels que des matériaux fractionnés ou broyés et calibrés, et qui répondent aux contraintes de dimensions et de formes exposées supra. De tels produits fractionnés peuvent par exemple résulter du découpage de feuilles végétales, de fruits, de légumes, de tubercules ou de tout autre produit fractionnable.

15

De tels grains macroscopiques sont par exemple des produits élaborés tels que par exemple des croquettes alimentaires à destination de l'alimentation humaine ou de l'alimentation animale, ou des pellets de bois destinés à la combustion.

20

Le produit peut également se présenter sous la forme d'une poudre par exemple une farine d'origine végétale ou animale, par exemple une poudre minérale.

25

Le produit peut également se présenter sous la forme d'un liquide, plus ou moins visqueux, par exemple une huile, par exemple une solution aqueuse ou non aqueuse, par exemple un liquide polyphasique émulsionné. Dans ces cas, il sera naturellement pris la précaution de mettre en œuvre un guide d'ondes d'exposition présentant une étanchéité suffisante au liquide, au moins dans la partie dudit guide d'ondes d'exposition traversée par le produit.

30

Ainsi le dispositif peut être mis en œuvre pour le traitement thermique de

produits végétaux tels que des graines, des fruits, des tubercules, des feuilles ou toute autre partie de plantes.

Il est ainsi possible de traiter des graines de fruits à coques telles que : noix, noisettes, amandes, cabosses ...

5 Il est ainsi possible de traiter des graines céréalières telles que : maïs, blé, orge, seigle, avoine, riz, sorgho et de manière générale les graines de graminées ...

Il est ainsi possible de traiter les graines de fabacées telles que : fèves, pois, lentilles, haricots, soja, arachides ...

10 Il est ainsi possible de traiter des tubercules ou des racines.

Il est ainsi possible de traiter des fruits consommés comme légumes tels que : fruits de cucurbitacées, fruits de solanacées ...ou consommés comme fruits charnus tels que : baies, drupes, pommes... ou autres fruits tels que : agrumes, ananas ...

15 Il est ainsi possible de traiter des graines consommables d'autres catégories telles que : marrons, châtaignes, graines de caféier, fèves de cacao ...

Il est ainsi possible de traiter toute partie d'une plante telle que : feuilles, branches, écorces, racine.

20 Les graines traitées sont par exemple des graines dite oléagineuses, ou des graines dites protéagineuses, ou des graines dites oléoprotéagineuses.

25 Le traitement des produits végétaux est par exemple destiné à modifier la teneur en eau du produit, soit pour amener cette teneur à une valeur recherchée pour des raisons de conservation soit pour amener cette teneur en eau à une valeur adaptée à une transformation ultérieure du produit.

Le traitement des produits végétaux est par exemple destiné à une transformation physico-chimique comme par exemple la dénaturation d'enzymes responsables de la dégradation du produit lors de sa conservation.

30 Par exemple, le produit est soumis à un rayonnement micro-ondes continu CW pendant une durée de l'ordre de 180 secondes dans lequel un profil de température en fonction du temps est choisi pour dénaturer les enzymes phospholypase dégradant les qualités organoleptiques de produits traités.

Le traitement des produits peut être une cuisson, cuisson à l'étouffée ou

non, un grillage, une torréfaction.

La cuisson à l'étouffée est réalisée dans le guide d'ondes d'exposition
avantageusement par la réutilisation de la vapeur surchauffée produite lors du
chauffage, et le séchage est réalisé avantageusement par évaporation de l'eau
5 avec une aspiration de la vapeur au travers d'une paroi poreuse du stator.

Le traitement des produits peut être réalisé sur les produits par exemple
à des fins d'alimentation humaine ou animale, à des fins cosmétiques, à des fins
médicinales ou à des fins purement physico-chimiques, par exemple pour la
préparation de colorants.

10

Les produits peuvent également être des produits façonnés, tels que les
produits d'origine végétale cités précédemment, ayant subi des transformations
pour se présenter par exemple sous la forme de flocons, de morceaux de
dimensions réduites, de poudres ...

15

Les produits peuvent également être des produits élaborés tels que des
granulés manufacturés à des fins alimentaires humaines ou animales, des pellets
de bois destinés à une combustion...

Les produits peuvent également être d'origine animale, par exemple des
farines.

20

Les produits peuvent également être d'origine minérale, par exemple des
minerais ou des poudres.

Le dispositif, l'applicateur et le procédé de l'invention permettent de porter
la température des produits à une valeur recherchée, la température étant
obtenue rapidement avec un coût énergétique réduit, et la température précise
25 étant obtenue de manière homogène dans tout le volume du produit.

Des essais au stade prototype ont permis de mesurer des précisions et
des écarts de températures entre les différents emplacements dans le volume de
la matière chauffée inférieurs à cinq degrés centigrades permettant d'obtenir
dans la plupart des cas un traitement homogène des produits.

Revendications

- 1 – Applicateur (10) de traitement thermique d'un produit (90) particulière
contenant au moins un matériau diélectrique polarisé dans lequel ledit produit
est exposé à un rayonnement électromagnétique micro-ondes dans une
cavité dans laquelle des ondes électromagnétiques sont injectées,
5 caractérisé en ce que :
- la cavité est une cavité (32) de guide d'ondes de section adaptée à une
propagation monomode, pour une fréquence de micro-ondes mise en œuvre,
d'un guide d'ondes d'exposition (30), dans laquelle cavité (32) les micro-
ondes se propagent suivant une direction longitudinale de ladite cavité, ladite
10 cavité comportant une ouverture d'entrée (33) du produit (90) et une
ouverture de sortie (34) dudit produit, distante de l'ouverture d'entrée suivant
la direction longitudinale de la cavité, et
 - l'applicateur (10) comporte un système de transport (40) du produit (90)
dans le guide d'ondes en un flux continu, suivant la direction longitudinale de
15 la cavité (32) du guide d'onde d'exposition, entre l'ouverture d'entrée (33) et
l'ouverture de sortie (34), ledit système de transport comportant des cloisons
séparatrices (42), formées dans un matériau transparent aux ondes
radioélectriques mises en œuvre dans ledit applicateur, déterminant des
volumes glissants (43) mitoyens se déplaçant dans la cavité (31) du guide
20 d'ondes d'exposition (30), suivant la direction longitudinale dudit guide
d'ondes d'exposition depuis l'ouverture d'entrée (33) vers l'ouverture de
sortie (34), de sorte à maintenir un remplissage complet et homogène du
guide d'onde d'exposition par le produit (90) pendant le transport dudit
produit.
- 25
- 2 – Applicateur suivant la revendication 1 comportant au moins un guide d'ondes
d'injection (29a, 29b, 29c) dont une extrémité terminale est connectée au
guide d'ondes d'exposition (30), au niveau d'une fenêtre radioélectrique (28a,
28b, 28c) du guide d'ondes d'exposition, pour injecter des micro-ondes, se
30 propageant dans ledit au moins un guide d'ondes d'injection, dans la cavité
du guide d'onde d'exposition.

- 3 – Applicateur suivant la revendication 2 comportant une pluralité de guides d'ondes d'injection (29a, 29b, 29c), comportant chacun une extrémité terminale connectée au guide d'ondes d'exposition (30) au niveau d'une
- 5 fenêtré radioélectrique (28a, 28b, 28c) du guide d'ondes d'exposition, et dans lequel des fenêtrés radioélectriques sont réparties entre l'ouverture d'entrée (33) et l'ouverture de sortie (34), décalées entre elles sur le guide d'ondes d'exposition (30) suivant la direction longitudinale dudit guide d'ondes d'exposition.
- 10
- 4 – Applicateur suivant la revendication 3 dans lequel une puissance du rayonnement micro-ondes injectée dans la cavité (31) du guide d'ondes d'exposition (30) par chacun des guide d'ondes d'injection (29a, 29b, 29c) est définie pour déterminer une courbe de températures en fonction du temps du
- 15 produit (90) circulant dans ledit guide d'ondes d'exposition.
- 5 – Applicateur suivant l'une des revendications précédentes dans lequel le guide d'ondes d'exposition (30) est un guide d'ondes de forme torique dont une ligne des centres de sections dudit guide d'ondes est circulaire et dans lequel
- 20 le système de transport (40) comporte un rotor (41a), par lequel les cloisons séparatrices (42) sont entraînées, dont une rotation par rapport à une structure fixe du guide d'ondes d'exposition (30), constituant un stator, assure et ou contrôle le transport du produit (90) dans la cavité (32).
- 25 6 – Applicateur suivant l'une des revendications 1 à 4 dans lequel le guide d'ondes d'exposition (30) est un guide d'ondes ouvert à des extrémités, par exemple un guide d'ondes linéaire à cavité (31) cylindrique ou sensiblement cylindrique, ou un guide d'ondes à cavité hélicoïdale, et dans lequel le système de transport (40) entraîne le défilement des volumes glissants (43)
- 30 dans ladite cavité du guide d'ondes d'exposition (30) entre les extrémités ouvertes, depuis une extrémité correspondant à l'ouverture d'entrée (33) jusqu'à l'autre extrémité correspondant à l'ouverture de sortie (34).

- 7 – Applicateur suivant l'une des revendications précédentes dans lequel le guide d'ondes d'exposition (30) est un guide d'ondes de section adaptée à une propagation monomode, de section perpendiculaire à la direction longitudinale rectangulaire et de dimensions standardisées pour une fréquence de 915 MHz, ou de dimensions standardisées pour une fréquence de 2,45 GHz.
- 8 – Applicateur suivant l'une des revendications précédentes prise en combinaison avec la revendication 3 comportant au moins deux guides d'ondes d'injection, et dans lequel une énergie micro-ondes continue CW totale introduite dans la cavité (31) du guide d'ondes d'exposition (30) est répartie entre les guides d'ondes d'injection.
- 9 – Applicateur suivant l'une des revendications précédentes comportant une pluralité de guides d'ondes d'exposition (30) de structures similaires agencés pour fonctionner en parallèle.
- 10 – Dispositif (100) de traitement thermique d'un produit (90) contenant au moins un matériau diélectrique polarisé, dans lequel le produit est exposé à un rayonnement électromagnétique micro-ondes d'un générateur d'ondes (20) dans une cavité dans laquelle des ondes électromagnétiques sont injectées, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un applicateur (10) conforme à l'une des revendications précédentes et comporte au moins un générateur d'ondes (20) continues CW agencé pour produire des micro-ondes avec une énergie déterminée en fonction du produit (90) et de températures auxquelles ledit produit doit être porté et à une fréquence correspondant à une propagation monomode desdites micro-ondes dans des guides d'ondes d'injection (29a, 29b, 29c) et dans le ou les guides d'ondes d'exposition (30).
- 11 – Dispositif suivant la revendication 10 dans lequel le générateur d'ondes (20) comporte au moins une tête haute fréquence (21) dont une énergie micro-ondes produite est divisée par au moins un diviseur (23a, 23b) pour être

acheminée par au moins deux guides d'ondes d'injection (29a, 29b, 29c) vers un guide d'onde d'exposition (30).

- 5 12 – Dispositif suivant la revendication 11 dans lequel chaque guide d'ondes d'injection (29a, 29b, 29c) comporte un adaptateur d'impédance (24a, 24b, 24c) pour modifier l'impédance dudit guide d'ondes d'injection, l'ensemble des guides d'ondes d'injection, des adaptateurs d'impédance et des diviseurs formant un distributeur d'ondes dans lequel une répartition de la puissance micro-ondes dans chacun des guides d'ondes d'injection est gérée en réseau
- 10 par ajustement des adaptateurs d'impédance.
- 13 – Dispositif suivant la revendication 11 ou la revendication 12 dans lequel l'énergie micro-ondes produite par une tête haute fréquence (21) est divisée
- 15 deux fois pour être acheminée par trois guides d'ondes d'injection (29a, 29b, 29c) vers le guide d'onde d'exposition (30).
- 14 - Dispositif suivant l'une des revendications 10 à 13 dans lequel un générateur d'ondes (20) associé à un guide d'ondes d'exposition (30) délivre en fonctionnement une puissance totale maximale, sous forme de micro-ondes
- 20 centrées sur une fréquence de 915 MHz, de sensiblement 75 kW.
- 15 - Procédé de traitement d'un produit (90) par exposition à un rayonnement micro-ondes dans un applicateur conforme à l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le produit est transporté en continu dans la cavité (32) du guide
- 25 d'ondes d'exposition (30), suivant une longueur de ladite cavité depuis l'ouverture d'entrée (33) jusqu'à l'ouverture de sortie (34), dans lequel guide d'ondes d'exposition le rayonnement micro-ondes se propage suivant des conditions de propagation monomode.
- 30 16 – Procédé de traitement suivant la revendication 15 dans lequel le rayonnement micro-ondes est introduit dans le guide d'ondes d'exposition (30) en au moins deux emplacements d'injection différents suivant la longueur de la cavité (32).

- 17 – Procédé de traitement suivant la revendication 16 dans lequel une répartition dans chacun des guides d'ondes d'injection (29a, 29b, 29c) de la puissance micro-ondes, produite par une tête haute fréquence (21) et divisée pour alimenter lesdits guides d'ondes d'injection, est gérée en réseau par ajustement d'adaptateurs d'impédance (24a, 24b, 24c) desdits guides d'ondes d'injection.
- 18 – Procédé de traitement suivant l'une des revendications 15 à 17 dans lequel une vitesse de transport du produit dans le guide d'ondes d'exposition (30) et une puissance de rayonnement micro-ondes introduit dans le guide d'ondes d'exposition à chaque emplacement d'injection sont déterminés pour chauffer le produit suivant une courbe recherchée de température en fonction du temps.
- 19 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 18 dans lequel le produit (90) est principalement d'origine végétale.
- 20 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 18 dans lequel le produit (90) est principalement d'origine animale.
- 21 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 18 dans lequel le produit (90) est principalement d'origine minérale.
- 22 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 21 dans lequel le traitement comporte au moins une étape de chauffage.
- 23 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 22 dans lequel le traitement comporte au moins une étape de vapocraquage de chaînes moléculaires du produit.
- 24 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 23 dans lequel le traitement comporte au moins une étape de cuisson.

25 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 24 dans lequel le traitement comporte au moins une étape de déshydratation.

5 26 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 25 dans lequel le traitement comporte au moins une étape de grillage.

27 – Procédé suivant l'une des revendications 15 à 26 dans lequel le traitement comporte une étape de torréfaction.

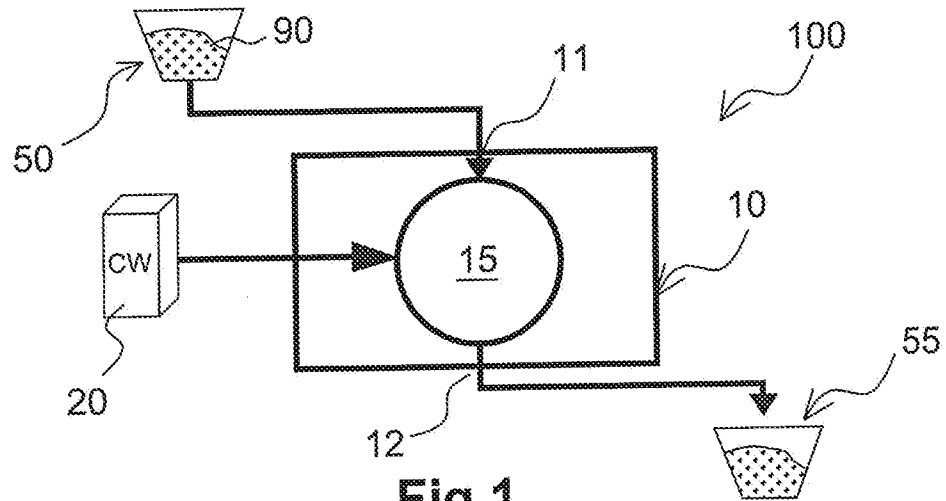


Fig.1

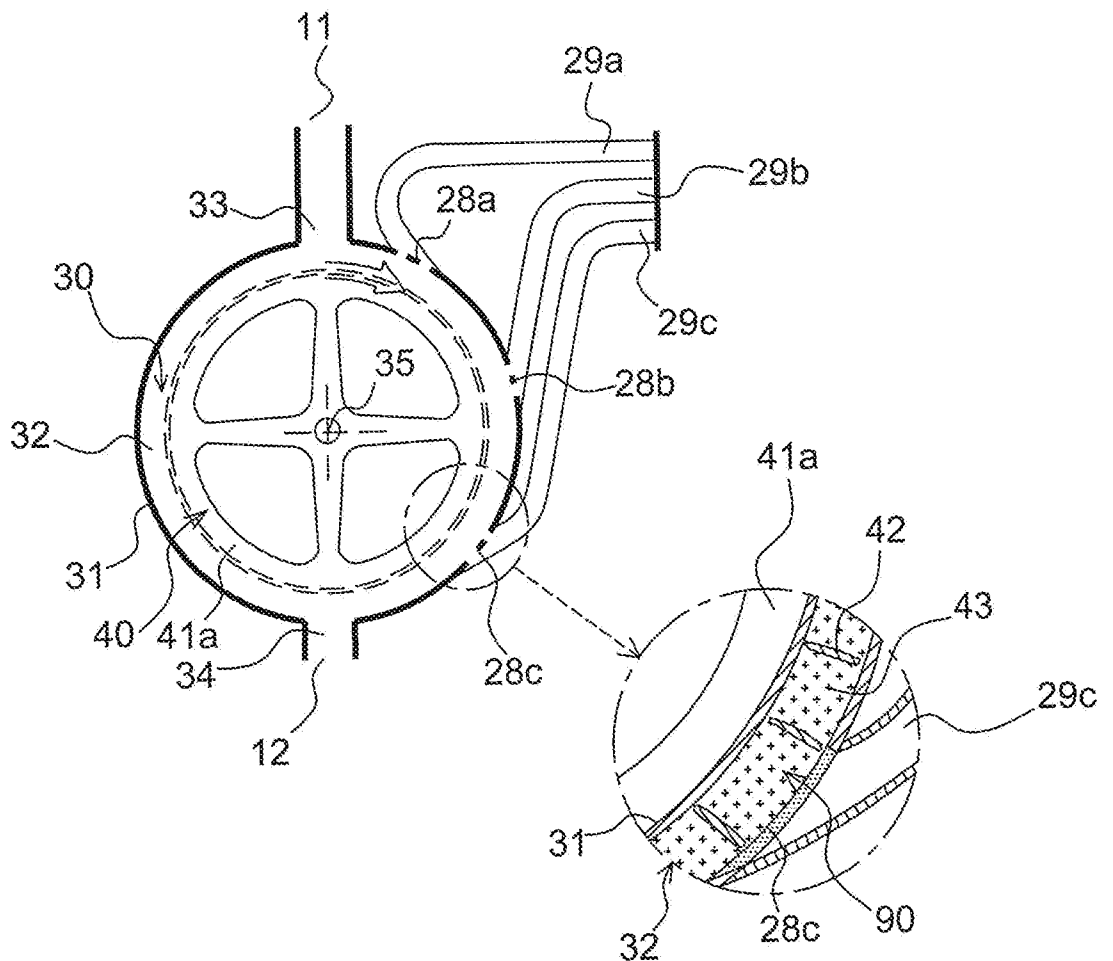


Fig.2

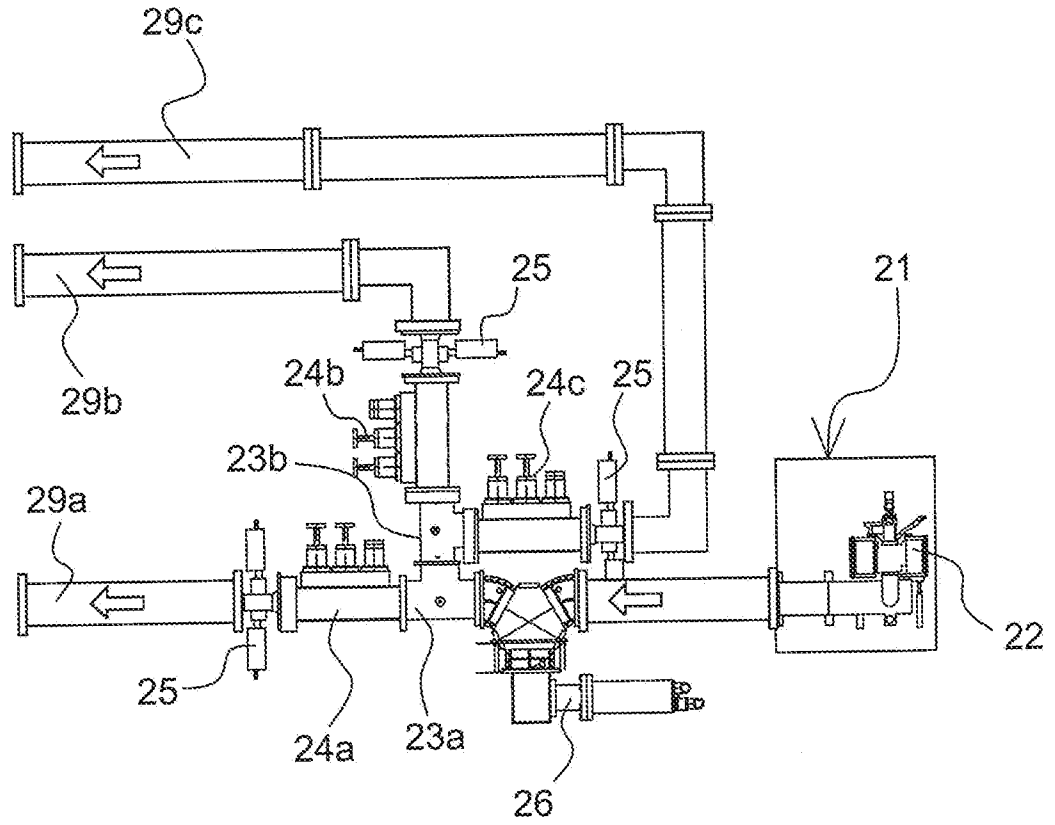


Fig. 3

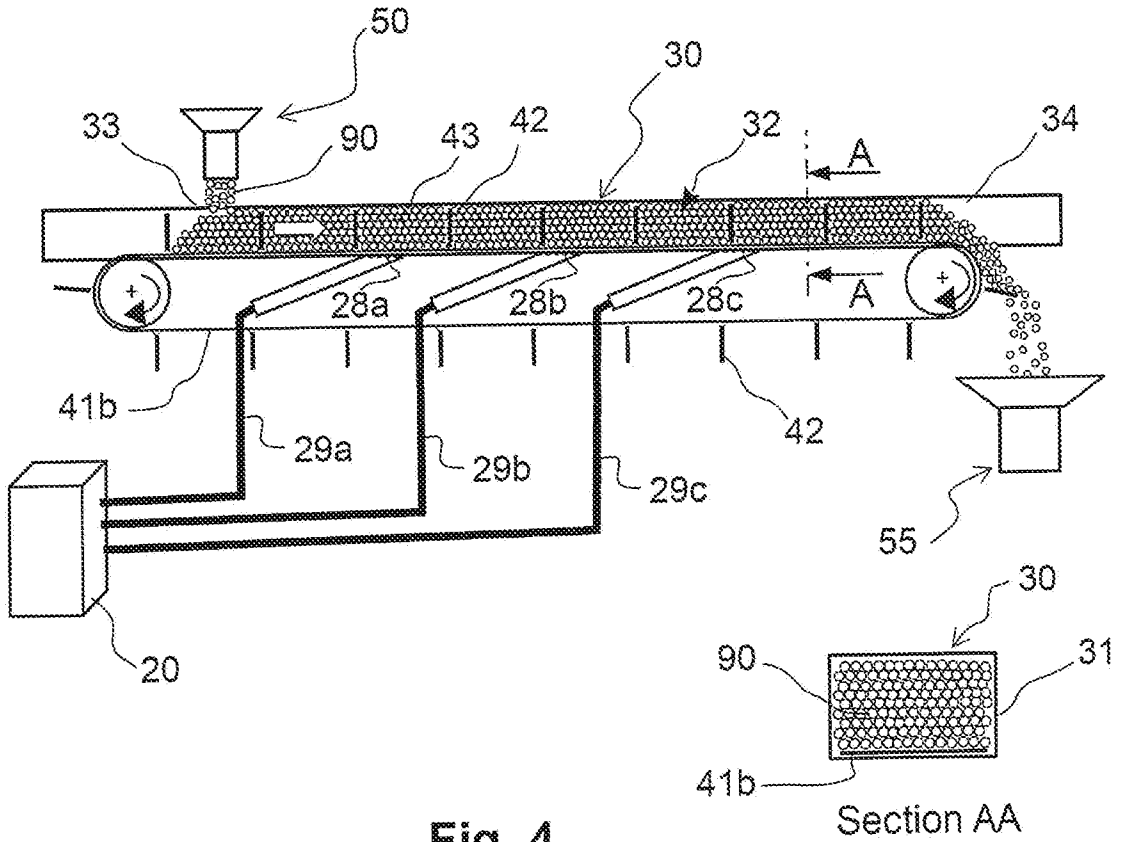


Fig. 4

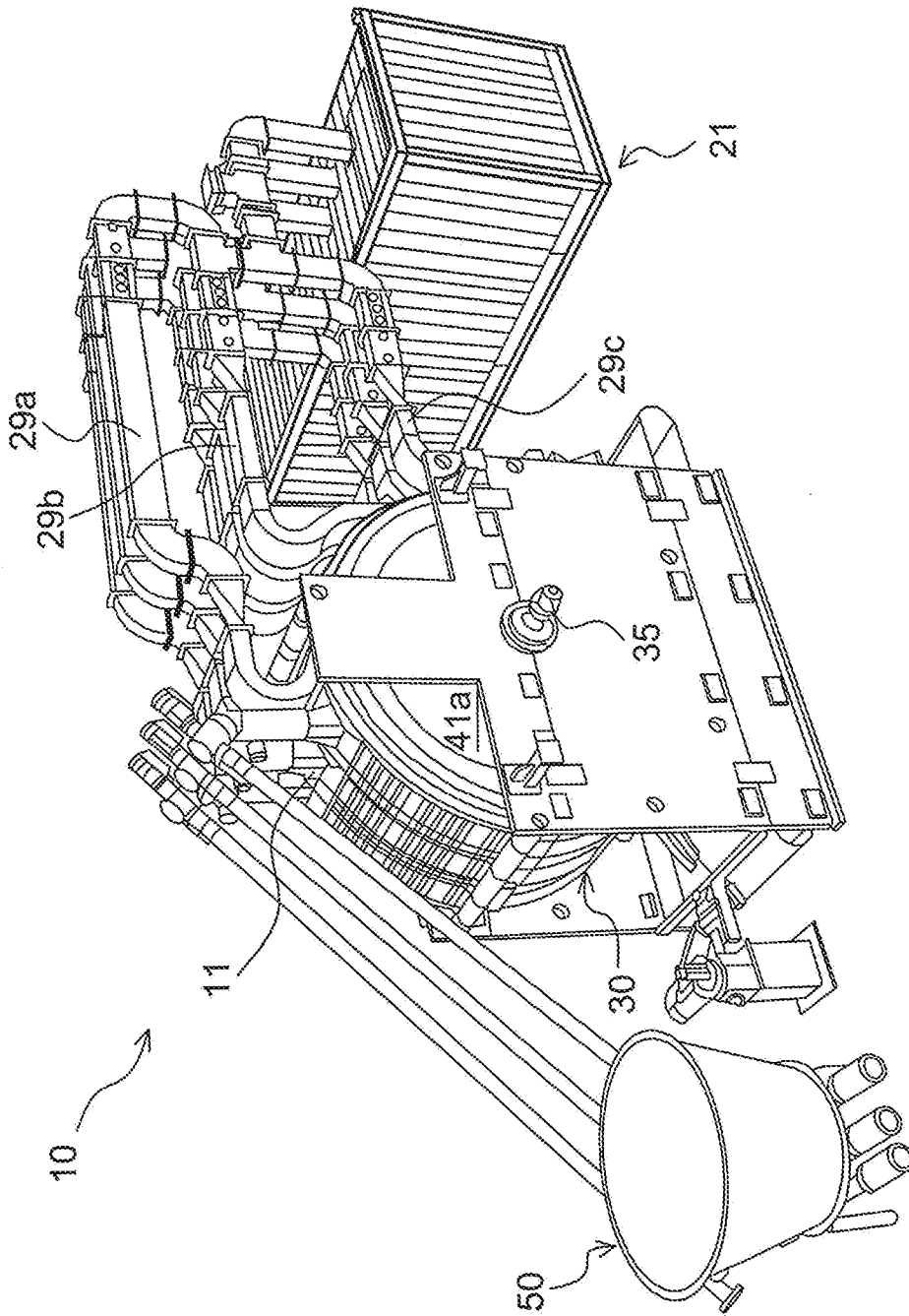


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/050031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H05B6/70 H05B6/78
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)
H05B
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 036 362 A1 (SOULIER JOEL) 23 September 1981 (1981-09-23) page 1, line 39 - page 2, line 6; figures 1-4 page 2, line 22 - page 3, line 13 page 5, line 31 - page 6, line 1 page 6, line 38 - page 7, line 5 -----	1-27
A	DE 10 2005 049533 B3 (PUESCHNER GMBH & CO KG [DE]) 25 January 2007 (2007-01-25) paragraphs [0034], [0035], [0039], [0040]; figures 1-4 ----- -/--	1-27

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 31 March 2017	Date of mailing of the international search report 07/04/2017
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 Aubry, Sandrine

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/050031

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2007/007068 A1 (RE18 LTD [GB]; ERSKINE WILLIAM ROBERTSON CUNN [GB]; REVELL ANTHONY [GB] 18 January 2007 (2007-01-18) page 1, line 24 - page 2, line 17 page 8, lines 21-25 page 9, lines 17-31 page 14, line 10 - page 15, line 22 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/050031

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0036362	A1	23-09-1981	
		AR 225948 A1	14-05-1982
		BR 8101462 A	15-09-1981
		CA 1161907 A	07-02-1984
		DE 3164268 D1	26-07-1984
		EP 0036362 A1	23-09-1981
		FR 2478418 A1	18-09-1981
		JP S6271898 U	08-05-1987
		JP S56149796 A	19-11-1981
		US 4406937 A	27-09-1983

DE 102005049533	B3	25-01-2007	
		AT 441310 T	15-09-2009
		DE 102005049533 B3	25-01-2007
		EP 1775998 A1	18-04-2007

WO 2007007068	A1	18-01-2007	
		EP 1908335 A1	09-04-2008
		GB 2429143 A	14-02-2007
		US 2008302787 A1	11-12-2008
		WO 2007007068 A1	18-01-2007

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050031

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H05B6/70 H05B6/78 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) H05B				
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				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
X	EP 0 036 362 A1 (SOULIER JOEL) 23 septembre 1981 (1981-09-23) page 1, ligne 39 - page 2, ligne 6; figures 1-4 page 2, ligne 22 - page 3, ligne 13 page 5, ligne 31 - page 6, ligne 1 page 6, ligne 38 - page 7, ligne 5 -----	1-27		
A	DE 10 2005 049533 B3 (PUESCHNER GMBH & CO KG [DE]) 25 janvier 2007 (2007-01-25) alinéas [0034], [0035], [0039], [0040]; figures 1-4 ----- -/--	1-27		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> 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 31 mars 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 07/04/2017		
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 Aubry, Sandrine		

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>WO 2007/007068 A1 (RE18 LTD [GB]; ERSKINE WILLIAM ROBERTSON CUNN [GB]; REVELL ANTHONY [GB] 18 janvier 2007 (2007-01-18) page 1, ligne 24 - page 2, ligne 17 page 8, lignes 21-25 page 9, lignes 17-31 page 14, ligne 10 - page 15, ligne 22 -----</p>	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050031

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0036362	A1	23-09-1981	AR 225948 A1	14-05-1982
			BR 8101462 A	15-09-1981
			CA 1161907 A	07-02-1984
			DE 3164268 D1	26-07-1984
			EP 0036362 A1	23-09-1981
			FR 2478418 A1	18-09-1981
			JP S6271898 U	08-05-1987
			JP S56149796 A	19-11-1981
			US 4406937 A	27-09-1983

DE 102005049533	B3	25-01-2007	AT 441310 T	15-09-2009
			DE 102005049533 B3	25-01-2007
			EP 1775998 A1	18-04-2007

WO 2007007068	A1	18-01-2007	EP 1908335 A1	09-04-2008
			GB 2429143 A	14-02-2007
			US 2008302787 A1	11-12-2008
			WO 2007007068 A1	18-01-2007
