

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale

WO 2017/006067 A1

(43) Date de la publication internationale
12 janvier 2017 (12.01.2017)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
C12M 1/107 (2006.01) C05F 17/02 (2006.01)
C12M 1/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/051744
- (22) Date de dépôt international :
8 juillet 2016 (08.07.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
15 56455 8 juillet 2015 (08.07.2015) FR
- (72) Inventeur; et
(71) Déposant : PASTRE, Frédéric [FR/FR]; 145 rue Sully,
69006 Lyon (FR).
- (72) Inventeur : PASTRE, Gabriel; 60 rue Pierre Brunier,
69600 Caluire (FR).
- (74) Mandataire : SCHMIDT, Martin; Ixas Conseil, 15 rue
Emile Zola, 69002 Lyon (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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), eurasien (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 :

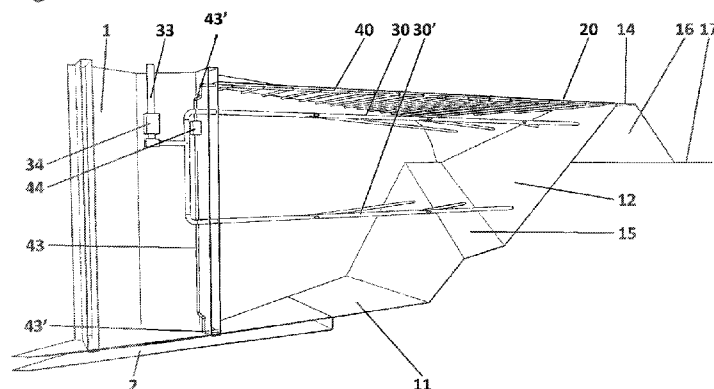
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : FACILITY AND METHOD FOR SEQUENTIALLY TREATING WASTE, CONTAINING ORGANIC MATTER, WITH A VIEW TO RECOVERING ENERGY FROM SAID WASTE

(54) Titre : INSTALLATION ET PROCÉDÉ DE TRAITEMENT SÉQUENTIEL DE DÉCHETS CONTENANT DES MATIÈRES ORGANIQUES, EN VUE DE LEUR VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

Fig. 6



(57) Abstract : The invention relates to a facility that includes a plurality of compartments, the volume of which is greater than 1000 cubic meters, and sealed separation means that are located between said compartments and can be covered by a sealed cover. Each compartment includes means for capturing the gas fraction resulting from the decomposition of the waste, and means for circulating the liquid fraction present from an accumulation zone to the top of the treated waste mass. The waste treatment method associated with the facility includes, for each compartment: an individual cycle starting with the filling phase, followed by the anaerobic digestion phase (together with capturing biogas materials for recovery), then ending with the phase for removing the remainder of the waste, thus making a new treatment cycle possible in the compartment in question. The entire unit is controlled in accordance with a sequence made up of the cycles from the various compartments, starting consecutively with a lag therebetween that is calculated according to various key parameters. The facility combines all the conditions favorable for methanogenesis

[Suite sur la page suivante]

WO 2017/006067 A1



-
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)*

and complete biogas capture and aims for digestion of 90% of the fermentable fraction of the waste. The facility is a compromise between the landfill capacity and the anaerobic digestion efficiency of the methanizers. The facility has the advantage of producing a waste remainder at the end of treatment that is easily removable from the compartments and has the required characteristics (targete particle size and dryness, high calorific value) for efficient, profitable heat recovery.

(57) Abrégé : L'installation comprend plusieurs compartiments dont le volume est supérieur à 1.000 mètres cube, des moyens de séparation étanche entre ces compartiments, lesquels peuvent être recouverts par une couverture étanche. Chaque compartiment inclut des moyens de captage de la fraction gazeuse, provenant de la décomposition des déchets, ainsi que des moyens de circulation de la fraction liquide présente depuis une zone d'accumulation vers le haut du massif de déchets traité. Le procédé de traitement des déchets associé à l'installation comprend, pour chaque compartiment, un cycle individuel commençant par la phase de remplissage, suivie de la phase de digestion anaérobie (avec captage des biogaz produits pour valorisation) puis s'achevant par la phase d'évacuation du reliquat de déchets, permettant un nouveau cycle de traitement dans le compartiment concerné. L'ensemble est piloté selon une séquence constituée des cycles des différents compartiments, démarrant successivement avec un décalage entre eux, calculé selon différents paramètres clés. L'installation combine l'ensemble des conditions favorables à la méthanogénèse et au captage intégral des biogaz, et vise une digestion de 90% de la fraction fermentescible des déchets. L'installation constitue un compromis entre la capacité des décharges et l'efficacité de la digestion anaérobie des méthaniseurs. Elle présente l'avantage de produire en fin de traitement un reliquat aisément évacuable des compartiments, lequel présente les caractéristiques requises (granulométrie et siccité ciblées, pouvoir calorifique élevé) pour une valorisation thermique efficiente et rentable.

**INSTALLATION ET PROCEDE DE TRAITEMENT SEQUENTIEL DE DECHETS
CONTENANT DES MATIERES ORGANIQUES, EN VUE DE LEUR VALORISATION
ENERGETIQUE**

5 **Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne une installation de traitement de déchets, ainsi qu'un procédé de mise en œuvre de cette installation.

L'invention vise le traitement et la valorisation énergétique de tout déchet solide, non toxique et contenant des matières organiques. La principale source de tels déchets est la
10 collecte des ordures ménagères et des déchets dits végétaux ou verts, générés par l'agriculture ou l'entretien des parcs et jardins.

Etat de la technique

Pour réduire le volume des déchets dits ultimes, à savoir ceux autorisés à partir en
15 décharge, la réglementation européenne et, par extension, les lois nationales des pays membres de l'Union Européenne, stipulent que la fraction organique de ces déchets solides doit, préalablement à tout enfouissement, être traitée et réduite :

- soit par digestion bactérienne aérobie, dans le cadre d'une filière de compostage ;
- soit par digestion bactérienne anaérobie, dans le cadre d'une filière de
20 méthanisation ;
- ou par une combinaison de ces deux modes de traitement.

Ces deux types de traitement génèrent des sous-produits valorisables, qui sont respectivement du compost (filière de compostage) et du biogaz riche en méthane (filière de méthanisation).

25 Toutefois, ces deux sous-produits valorisables ne sont pas d'intérêt équivalent. En effet, le compostage présente une valeur ajoutée très faible, car le compost n'a pratiquement aucune valeur marchande, sauf dans les pays ne disposant pas de terres agricoles de qualité.

La méthanisation permet en revanche une valorisation significative des déchets
30 organiques, car elle permet de produire du biogaz. Ce dernier constitue une énergie renouvelable, dont le potentiel énergétique est élevé puisqu'il contient une fraction substantielle de méthane, et dont le bilan carbone est très favorable.

En résumé, dans le cadre des réglementations en vigueur en Europe, le traitement de la fraction organique des déchets, appelée fraction fermentescible, s'oriente principalement
35 vers la valorisation énergétique. En effet, cette dernière présente un bilan beaucoup plus

attractif sur le plan économique, tout en étant équivalent sur le plan environnemental, par comparaison avec la filière de compostage.

Il existe actuellement deux principales filières de valorisation énergétique des déchets, d'une part de méthanogénèse et d'autre part d'incinération, dont chacune présente des bilans contrastés.

D'une part, la filière de méthanogénèse utilise le biogaz ainsi produit comme carburant dans des génératrices électriques fonctionnant au gaz, ou bien injecte ce biogaz dans des réseaux existants de distribution de gaz de ville. Ce type de valorisation ne peut toutefois traiter que la partie fermentescible des déchets à valoriser. Les autres fractions, qui ne peuvent être méthanisées, dans le méthaniseur ou la décharge où s'effectue un captage de biogaz, restent non traitées. Aussi, dans le cadre des techniques employées actuellement, la valorisation thermique de ces déchets ultimes n'est pas réalisable, car elle est complexe techniquement et donc trop coûteuse pour être économiquement viable. La méthanogénèse se produit naturellement dans les décharges d'ordures ménagères, mais sur des durées très longues (jusqu'à 20 ans). De plus, cette solution implique un investissement considérable pour capter le biogaz ainsi produit, et entraîne des contraintes opérationnelles importantes, ce qui la rend économiquement viable uniquement pour les très gros volumes de déchets traités (plus d'un million de tonnes de déchets stockés). La méthanogénèse est mieux mise en œuvre dans un méthaniseur, qui est un réacteur de taille restreinte équipé de moyens de brassage des déchets. Le temps de traitement est relativement faible, mais le méthaniseur nécessite, pour être efficace, une séparation préalable de la fraction organique, qui est très complexe et coûteuse, ce qui porte le prix de revient de la méthanisation des déchets solides à des niveaux économiquement prohibitifs.

D'autre part, la filière d'incinération utilise la chaleur produite dans des dispositifs divers, tels notamment des turbines à vapeur ou des réseaux de chaleur. Cette valorisation est cependant efficace uniquement sur la partie sèche des déchets à valoriser, telle que les matières fibreuses ou plastiques. On ne valorise en revanche pas le potentiel méthanogène de la fraction fermentescible humide, laquelle dégrade fortement le rendement de la valorisation thermique de la fraction sèche et rend l'exploitation des incinérateurs très complexe.

Cette dichotomie des traitements, entre la fraction fermentescible humide et la fraction sèche à fort pouvoir calorifique, engendre une inefficacité globale de la valorisation énergétique des déchets telle qu'elle est pratiquée actuellement.

Afin d'illustrer les limites de l'art antérieur, on peut tout d'abord citer EP 1 767 500 qui a pour objet une installation de fermentation sèche Cette dernière comprend plusieurs

compartiments de réception des déchets à traiter, lesquels peuvent être recouverts sélectivement au moyen d'une membrane étanche. La solution technique décrite dans ce document n'assure cependant pas un traitement optimal de tous les types de déchets, en particulier de la fraction fermentescible humide de ces derniers.

5

Par ailleurs on connaît, de FR 2 543 159, un digesteur pour la production de biométhane à partir de substances organiques. Ce digesteur comprend une embase fixe et une cuve supérieure, laquelle délimite plusieurs compartiments et peut être entraînée en rotation autour de son moyeu central. On retrouve en outre un poste d'introduction des déchets à traiter au travers d'une ouverture de la cuve, ainsi qu'un poste de vidage des déchets une fois traités.

10

Ce document n'est pas un point de départ prometteur, pour résoudre les problèmes techniques visés par la présente invention. En effet, même s'il ne mentionne pas explicitement le volume des compartiments, il est clair pour l'homme du métier que ces derniers présentent une taille bien inférieure à 1000 mètres cube. FR 2 543 159 enseigne d'immerger entièrement le volume de chaque compartiment. Par conséquent, si ce dernier devait dépasser 1000 mètres cube, sa masse s'élèverait nécessairement à plusieurs centaines de tonnes. Cette possibilité est donc techniquement irréaliste pour l'homme du métier, puisque ces compartiments sont entraînés en rotation.

15

On notera en outre que ce document indique que la vidange du plateau de chargement peut être réalisée directement dans une remorque ou un épandeur à fumier. Dans le même esprit, il est également fait mention d'un chariot de manutention. L'utilisation de ces engins, adaptés uniquement à des volumes d'au plus quelques dizaines de mètres cube, est totalement incompatible avec des compartiments dépassant chacun 1000 mètres cube, comme dans la présente invention.

20

25

FR 2 543 159 enseigne en outre à l'homme du métier d'immerger entièrement chaque compartiment, en indiquant un niveau minimum 31. Cet enseignement détourne l'homme du métier de faire appel à une quelconque recirculation de liquide, comme dans la présente invention. En effet, une telle recirculation est totalement incompatible avec l'immersion complète des compartiments prévue dans FR 2 543 159. De plus, ce document n'apporte aucun enseignement technique clair à l'homme du métier, en ce qui concerne le vidage de chaque compartiment. A cet égard, on rappellera qu'un des objectifs de la présente invention est précisément d'apporter une solution satisfaisante au problème technique du vidage de compartiments de grande taille. Enfin, le moyeu central de FR 2 543 159 est lui aussi immergé, tout en étant mobile en rotation. Ces

30

35

caractéristiques sont totalement incompatibles avec le fait de ménager un espace fonctionnel commun, selon une caractéristique avantageuse de la présente invention.

Enfin US 5,269,634 et US 2010/159571 décrivent des installations de bio-digestion, 5
présentant des structures similaires. On retrouve une pluralité de digesteurs, mis en communication par des conduites permettant de transférer tout ou partie des lixiviats entre les différents digesteurs. Ces deux derniers documents n'apportent aucun élément technique supplémentaire, vis-à-vis de l'enseignement de EP 1 767 500, auquel il est fait 10
référence ci-dessus. En effet ils décrivent manifestement des enceintes individuelles de taille réduite, bien inférieure à la valeur de 1000 mètres cube, objet de la présente invention. Par ailleurs, aucun de ces deux documents n'apporte une solution industriellement viable, en ce qui concerne le vidage de ces enceintes.

Compte tenu de ce qui précède, un objectif de la présente invention est de remédier, au 15
moins partiellement, aux inconvénients de l'art antérieur évoqués ci-dessus.

Un autre objectif de l'invention est de proposer une installation et un procédé qui permet un traitement efficace à la fois de la fraction fermentescible humide et de la fraction non fermentescible sèche des déchets.

Un autre objectif de l'invention est de proposer un tel procédé, qui est relativement simple 20
à piloter et qui autorise un temps de traitement raisonnable.

Un autre objectif de l'invention est de proposer une telle installation, qui présente une structure relativement simple et implique des frais de fonctionnement relativement peu élevés.

Un autre objectif de l'invention est de proposer une telle installation, qui autorise un 25
remplissage par gravité et un vidage commode des déchets en vue de leur valorisation ultime.

Objets de l'invention

Selon l'invention, les objectifs ci-dessus sont atteints au moyen d'une installation de 30
traitement de déchets solides contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour produire du biogaz et récupérer le biogaz produit, cette installation comprenant au moins deux compartiments, le volume de chaque compartiment étant supérieur à 1000 (mille) mètres cube, ainsi que des moyens de séparation entre ces compartiments, étanches à la fois aux gaz et aux liquides, chaque 35
compartiment comportant :

- un volume intérieur de réception des déchets à traiter, présentant une ouverture d'admission des déchets ;
- des parois périphériques bordant ce volume intérieur ;

l'installation comprenant en outre au moins une couverture étanche à la fois aux gaz et
5 aux liquides, propre à recouvrir au moins un compartiment ;

caractérisée en ce que cette installation comprend des moyens de captage d'une fraction gazeuse, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, en ce que chaque compartiment définit une zone d'accumulation d'une fraction liquide, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, et en ce que l'installation comprend des
10 moyens de circulation propres à faire circuler cette fraction liquide depuis la zone d'accumulation vers le volume intérieur de réception.

Selon d'autres caractéristiques de l'installation de l'invention, prises isolément ou selon toute combinaison mutuelle, techniquement compatible :

- 15 - le volume de chaque compartiment est supérieur à 2000 (deux mille) mètres cube, en particulier supérieur à 8000 (huit mille) mètres cube, de manière préférée supérieur à 12000 (douze mille) mètres cube.
- le volume de chaque compartiment est inférieur à 50000 (cinquante mille) mètres cube, en particulier inférieur à 40000 (quarante mille) mètres cube, de manière
20 préférée inférieur à 25000 (vingt-cinq mille) mètres cube.
- l'installation comprend au minimum trois (3) compartiments, en particulier au minimum quatre (4) compartiments.
- l'installation comprend au maximum seize (16) compartiments, en particulier au maximum douze (12) compartiments, de manière préférée au maximum huit (8)
25 compartiments
- la zone d'accumulation de la fraction liquide est une zone d'accumulation par gravité.
- la zone d'accumulation par gravité est délimitée par un fond de l'installation, incliné par rapport à l'horizontale.
- 30 - les moyens de circulation sont propres à faire circuler cette fraction liquide depuis la zone d'accumulation vers la partie supérieure du volume intérieur de réception.
- les moyens de circulation comprennent, pour chaque compartiment, des moyens de pompage, situés au voisinage de la zone d'accumulation, des moyens de transfert ainsi que des moyens de distribution dans le volume intérieur de
35 réception.
- les moyens de captage comprennent, pour chaque compartiment, au moins un ensemble tubulaire de captage, lequel est placé dans le volume intérieur de

réception, ainsi qu'un collecteur mis en communication avec chaque ensemble tubulaire de captage.

- l'installation comprend un espace fonctionnel commun, prévu au voisinage de l'ensemble des compartiments.
- 5 - l'espace fonctionnel commun est central et les compartiments s'étendent à la périphérie de cet espace fonctionnel, lequel définit une partie des parois périphériques d'au moins une partie des compartiments.
- les moyens de séparation comprennent des parois de séparation s'étendant radialement à partir de l'espace fonctionnel commun central.
- 10 - au moins un compartiment est un compartiment dit de service, qui débouche directement dans l'espace fonctionnel commun.
- les moyens de transfert de la fraction liquide comprennent des moyens de contrôle d'au moins un paramètre de la fraction liquide présente dans chaque compartiment.
- 15 - les moyens de transfert de la fraction liquide s'étendent pour partie à l'extérieur du compartiment, en particulier dans l'espace fonctionnel commun.
- il est prévu un collecteur de la fraction gazeuse qui est commun à plusieurs compartiments et qui s'étend pour partie à l'extérieur du compartiment, en particulier dans l'espace fonctionnel commun.
- 20 - le nombre minimal (N) de compartiments de l'installation est déterminé par la formule suivante :

$$N = T * X / (V * d_{\text{entrant}}), \text{ où}$$

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage (exprimé en nombre de périodes de
25 référence) ;

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen des compartiments de l'installation ;

d_{entrant} est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation.

30 L'invention a également pour objet un procédé de mise en œuvre d'une installation de traitement de déchets contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour produire du biogaz et récupérer le biogaz produit, telle que ci-dessus, ce procédé comprenant, pour chaque compartiment, les étapes suivantes :

- 35 - on remplit le volume intérieur du compartiment avec les déchets à traiter, de façon à former un massif de déchets ;

- on dispose la couverture, étanche à la fois aux gaz et aux liquides, au-dessus du massif de déchets, de manière à rendre sensiblement étanche le volume intérieur ;
 - on réalise une digestion anaérobie au moins partielle de la part fermentescible des déchets de manière à produire une fraction gazeuse ainsi qu'une fraction liquide ;
 - 5 - pendant au moins une partie de l'étape de digestion anaérobie, on extrait au moins une partie de la fraction liquide hors de la zone d'accumulation et on introduit au moins une partie de la fraction liquide ainsi extraite dans le massif de déchets ;
 - au terme de l'étape de digestion, on évacue le résidu du massif de déchets hors du volume intérieur.
- 10 Selon d'autres caractéristiques du procédé de l'invention, prises isolément ou selon toute combinaison mutuelle, techniquement compatible :
- avant d'admettre les déchets à traiter dans le volume intérieur du compartiment, on réalise un mouillage préalable des déchets afin de porter leur fraction fermentescible à son état de saturation en humidité.
 - 15 - avant de réaliser ce mouillage préalable, on lacère les déchets à traiter de façon à transformer une majeure partie de ces déchets en lanières, dont la plus grande dimension est avantageusement supérieure à 5 centimètres, notamment à 10 centimètres, et dont la plus petite dimension est avantageusement comprise entre 2 et 5 centimètres.
 - 20 - on élimine une fraction d'eau excédentaire des déchets préalablement mouillés, avant d'admettre ces déchets dans le volume intérieur du compartiment. Les étapes avantageuses de lacération, mouillage et élimination d'eau excédentaire sont réalisées par tout moyen approprié. Elles sont typiquement mises en œuvre dans une zone de réception de ces déchets, adjacente à l'installation, à partir de
 - 25 laquelle ces déchets sont convoyés vers le volume intérieur de chaque compartiment.
 - les débuts de chaque étape de digestion anaérobie, dans les différents compartiments, sont décalés les uns par rapport aux autres selon un temps de décalage (Δt), de manière à répartir dans le temps la production de biogaz.
 - 30 - le temps de décalage (Δt) est calculé selon la formule suivante : $\Delta t = \inf((V \cdot d_{\text{entrant}})/X; T/N)$, où
- X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;
- V est le volume moyen du volume intérieur de réception des déchets des compartiments
- 35 de l'installation ;
- d_{entrant} est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation ;

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage (exprimé en nombre de périodes de référence) ;

N est le nombre de compartiments constituant l'installation.

- 5 - on élimine au moins une partie de cette fraction extraite.
- on analyse la fraction liquide extraite, de manière à accéder à au moins un paramètre de cette fraction liquide, et on élimine au moins une partie de cette fraction extraite dans le cas où elle présente au moins un paramètre dont la valeur analysée est en dehors d'une plage de consigne.
- 10 - on pilote l'étape de digestion anaérobie, de manière à atteindre un taux prédéterminé de digestion de la fraction organique dégradabile, initialement présente dans le massif de déchets, ce taux étant compris entre 50 et 95%, de préférence entre 70 et 90%.
- en vue de piloter l'étape de digestion anaérobie, on extrait la fraction gazeuse produite dans chaque compartiment et on mesure en temps réel le taux de méthane contenu dans cette fraction gazeuse.
- 15 - la courbe tracée par les relevés (en m³/h de méthane capté) permet de piloter l'installation, par comparaison avec la courbe théorique de méthanogénèse, établie sur la base du volume et de la composition des déchets entrés dans le compartiment :
- 20
 - la juxtaposition des courbes indique comment les conditions de digestion anaérobie dans le compartiment se situent par rapport à l'optimum théorique et de procéder aux actions correctives si nécessaire ;
 - le rapport des surfaces entre l'aire de la courbe tracée par les relevés et celle de la courbe théorique indique le taux de digestion anaérobie réalisé. Lorsque l'objectif fixé est atteint, on peut interrompre la recirculation de la fraction liquide et commencer la phase de séchage du reliquat de déchets.
- 25 - la durée de l'étape de digestion anaérobie est comprise entre 12 et 72 mois, notamment entre 30 et 60 mois.
- 30 - on réalise l'étape de digestion anaérobie, de manière à décomposer au moins 70%, de préférence au moins 90%, de la fraction organique dégradabile du massif de déchets.
- on introduit au moins une partie de la fraction liquide extraite dans le massif de déchets, de manière à maintenir l'humidité relative de ce massif de déchets à une
- 35 valeur comprise entre 20% et 70%, de préférence entre 40% et 60%.

- on envoie au moins une partie du biogaz généré vers un dispositif de production d'énergie, notamment d'énergie mécanique, tel un moteur ou une turbine.
- avant de vider le résidu, on réalise une étape de séchage du massif des déchets, de manière à abaisser l'humidité relative de ce massif de déchets au-dessous de 20%, de préférence au-dessous de 10%.
- on obtient un résidu sec au terme de l'étape de séchage et on valorise thermiquement au moins une partie de ce résidu, notamment dans une chaudière à combustible solide ou autre dispositif de combustion. Par résidu sec on entend un massif de déchets dont la masse en liquide est inférieure à 20% de la masse de la matière sèche.

L'invention a enfin pour objet un procédé de dimensionnement d'une installation de traitement de déchets telle que ci-dessus, dans lequel on détermine le nombre minimal (N) de compartiments de l'installation par la formule suivante :

$$N = T * X / (V * d_{\text{entrant}}), \text{ où}$$

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage (exprimé en nombre de périodes de référence) ;

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen des compartiments de l'installation ;

d_{entrant} est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation.

L'installation de traitement des déchets, conforme à l'invention, permet la valorisation énergétique séparée des fractions fermentescible et non-fermentescible des déchets solides. On notera en outre que cette installation est propre à opérer efficacement, sans besoin d'une séparation physique préalable des deux fractions précitées.

Les déchets sont tout d'abord traités au moyen d'une digestion anaérobie de leur fraction organique fermentescible, conduisant notamment à la production de biogaz. Cette fraction fermentescible disparaît donc du volume intérieur du compartiment de traitement, en laissant un reliquat à fort pouvoir calorifique, valorisable thermiquement au terme du procédé global de traitement. Ce reliquat présente les caractéristiques d'un combustible solide de récupération, ou CSR, ce qui permet sa valorisation thermique par tout système de combustion et récupération de la chaleur ainsi produite.

Hormis les phases de remplissage, compactage et vidage des compartiments, les déchets restent sensiblement statiques dans l'installation. Cela est avantageux, en particulier car le compartiment n'a pas à être équipé de moyens de brassage, qui sont d'un coût élevé et entraînent des frais de fonctionnement conséquents. Les déchets font

l'objet d'un traitement exclusivement biochimique, d'une durée déterminée précisément en fonction de la vitesse de digestion anaérobie des composés organiques présents dans le massif de déchets.

5 L'installation conforme à l'invention permet d'atteindre des conditions d'efficacité optimales, en vue d'une valorisation satisfaisante des déchets par méthanogénèse.

L'invention assure tout d'abord des conditions d'optimisation de la génération de méthane. A cet égard la recirculation des lixiviats, à savoir de la fraction liquide, permet le maintien d'un taux d'humidité optimal. De plus, le broyage des déchets, préalable à leur entrée dans le compartiment, permet d'obtenir une granulométrie ciblée, qui améliore le
10 rendement de la méthanogénèse.

L'invention assure en outre des conditions d'optimisation du taux de captage des biogaz générés. A cet égard, la présence de réseaux de captage dans chaque compartiment est particulièrement avantageuse. De plus, la couverture assure la mise en étanchéité de chaque compartiment lors de la phase de digestion anaérobie.

15 L'installation permet de combiner l'ensemble des conditions favorables à la méthanogénèse et au captage des biogaz générés. Dans ces conditions, on peut réalistement viser une digestion de plus de 80% de la fraction organique biodégradable au cours des cinq années suivant la mise en condition anaérobie des déchets traités par cette installation.

20 L'invention constitue un compromis judicieux entre les solutions respectives, proposées par les méthaniseurs et les décharges.

En effet, elle présente tout d'abord des avantages par rapport aux méthaniseurs. Ainsi, l'installation conforme à l'invention est dépourvue notamment de moyens de brassage des déchets, de sorte que sa structure est moins coûteuse que celle des méthaniseurs.

25 Cette installation présente également un volume de traitement des déchets qui est très supérieur à celui des méthaniseurs.

Par ailleurs, l'invention présente des avantages spécifiques, par rapport aux décharges. En particulier, les déchets peuvent être chargés puis vidés de façon plus commode que dans le cadre d'une mise en décharge. En outre, l'invention permet une durée totale du
30 traitement très réduite par rapport au cycle complet de vie d'une décharge, lequel est de 40 à 50 ans. La qualité du traitement est également améliorée de manière sensible en terme de rendement de la méthanogénèse et de taux de du captage du biogaz produit. Enfin, la capacité de suivre, en temps réel, dans chaque compartiment, l'évolution de la fraction liquide et de la fraction gazeuse des déchets, permet un pilotage très précis de
35 cette dernière et d'atteindre précisément les objectifs fixés en matière de taux de

digestion anaérobie des déchets organiques fermentescibles, ce qui est impossible à réaliser en décharge dans des conditions économiquement viables.

On notera en outre que l'invention permet de remédier aux inconvénients, liés à l'enseignement de EP 1 767 500. En effet, la circulation de la fraction liquide dans le massif de déchets permet de maintenir ces derniers à un taux d'humidité optimal. Dans ces conditions, le potentiel méthanogène de la fraction fermentescible humide peut être valorisé de manière satisfaisante.

Description des figures

L'invention va être décrite ci-après, en référence aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquels :

La figure 1 est une vue en perspective illustrant une installation de traitement de déchets conforme à l'invention.

La figure 2 est une vue de dessus illustrant l'installation de la figure 1.

Les figures 3 et 4 sont des vues en perspective d'un compartiment appartenant à l'installation des figures 1 et 2, illustrant respectivement les moyens de captage de gaz, ainsi que les moyens de circulation de liquide, équipant ce compartiment.

La figure 5 est une vue en coupe du compartiment des figures 3 et 4, selon la ligne V-V à la figure 2.

La figure 6 est une vue en perspective du compartiment de la figure 5, selon un angle différent des figures 3 et 4, avec arrachements selon la ligne V-V.

Les références numériques suivantes sont utilisées dans la présente description :

1 Espace fonctionnel	2 Embase
1A-1F Parois de 1	3A-3F Parois radiales
4A-4F Compartiments	10 Fond du compartiment
11 Partie extérieure du fond	Z Zone accumulation
12 Paroi d'enceinte	14 Piste périphérique
14' Piste périphérique	15 Rampe oblique
16 Remblai	17 Sol
20 Couverture	30,30' Ensembles tubulaires de captage
31 Tube principal	32 Tubes secondaires
33 Collecteur	34 Pompe
40,40' Ensembles de distribution	41 Tube principal
42 Tubes secondaires	43 Organe de pompage
43',43'' Extrémités de 43	44 Pompe

Description détaillée

L'installation conforme à l'invention, décrite sur les figures, comprend essentiellement un espace fonctionnel commun, placé de façon centrale, plusieurs compartiments s'étendant radialement à partir de cet espace fonctionnel commun, ainsi que des moyens de captage de gaz et des moyens de circulation de liquide.

5 De façon plus précise, l'espace fonctionnel commun 1 est creux et présente une forme polygonale, vue de dessus. Il repose sur une embase 2, également polygonale qui présente des dimensions radiales plus importantes que celles de cet espace. Le nombre de côtés de l'espace fonctionnel correspond au nombre de compartiments, dont est pourvue l'installation. Chaque paroi périphérique 1A à 1F de l'espace fonctionnel,
10 correspondant à un côté de ce dernier, forme une première paroi latérale d'un compartiment respectif. A partir de chaque angle de l'espace fonctionnel, à savoir chaque intersection entre deux côtés consécutifs, une paroi radiale respective 3A à 3F s'étend vers l'extérieur. Deux parois radiales consécutives 3A et 3B, 3B et 3C, ..., 3F et 3A, forment deux autres parois latérales d'un compartiment respectif.

15 Le matériau constitutif des parois 1A à 1F, de l'embase 2, ainsi que des parois 3A à 3F, présente avantageusement les caractéristiques suivantes :

- imperméabilité aux gaz, notamment air et biogaz, ainsi qu'aux liquides, notamment lixiviats et eau de pluie ;
- résistance à la corrosion provoquée par l'oxydation des différents matériaux ;
- 20 - résistance mécanique élevée, en particulier résistance aux chocs engendrés par les engins manipulant les déchets lors des différentes phases de mise en œuvre.

Dans ces conditions, un matériau préféré est par exemple le béton. A titre de variante, on peut aussi utiliser des parois métalliques ou des talus en terre recouverts de géo-membranes étanches.

25 Dans l'exemple illustré, l'installation conforme à l'invention comprend six compartiments de réception et de traitement des déchets, qui sont affectés des références 4A à 4F. Cependant, en variante, on peut prévoir un nombre différent de tels compartiments, notamment compris entre 4 et 6. Dans ce qui suit, on va présenter plus en détail la structure du compartiment 4A, étant entendu que les autres compartiments présentent
30 une structure similaire.

Outre les parois latérales décrites ci-dessus, le compartiment 4A possède un fond 10, lequel est formé en partie par l'embase 2. Comme on l'a vu ci-dessus, cette embase est avantageusement bétonnée. Par ailleurs la partie extérieure 11 du fond, périphérique à cette embase, est avantageusement imperméabilisée par tout revêtement approprié,
35 notamment grâce à une géo-membrane. A titre de variante, on peut aussi utiliser d'autres matériaux imperméables telles que l'argile voire le béton, en épaisseur suffisante.

En coupe longitudinale, comme illustré en figure 5, la surface du fond est légèrement inclinée, à savoir que son altitude augmente à partir de la jonction avec l'espace fonctionnel 1. Ceci permet au liquide de s'accumuler, par gravité, dans une zone Z délimitée par cette surface. Le taux de pente entre cette surface et l'horizontale, noté α sur la figure 5, est avantageusement compris entre 1 et 2° (degrés).

Le fond 10 est prolongé, radialement vers l'extérieur, par une paroi d'enceinte 12 qui relie les extrémités libres des deux parois latérales 3A et 3B, et qui définit une rampe inclinée. Si on note β l'angle formé par la surface de cette paroi 12 et l'horizontale, cet angle est avantageusement compris entre 30° et 60° (degrés). Cette surface est avantageusement imperméabilisée par tout revêtement approprié, notamment grâce à une membrane géotextile.

Afin que des engins de chantier puissent accéder aisément au fond du compartiment, la paroi d'enceinte inclinée 12 est dotée, pour chaque compartiment, d'une rampe 15 s'étendant de manière oblique par rapport à la ligne de plus grande pente. De façon avantageuse, la pente de cette rampe d'accès au fond du compartiment est inférieure à 33 % (pour cents)

De façon plus précise, on retrouve une piste périphérique 14, formant un pourtour du compartiment, laquelle descend en pente douce depuis l'extrémité libre d'une première paroi latérale 3A en direction de l'autre paroi latérale 3B. Cette piste 14 est prolongée, à son extrémité inférieure voisine de cette paroi 3B, par une rampe radialement intérieure 15 qui débouche sur le fond 10. On notera que les pistes périphériques 14 et 14' de deux compartiments adjacents (par exemple A et F sur la figure 2) communiquent l'une avec l'autre.

La paroi d'enceinte 12 est en outre bordée par un remblai 16, lequel est en surélévation de plusieurs mètres par rapport au niveau du sol 17. On va maintenant donner, à titre purement indicatif, différentes valeurs dimensionnelles relatives à chaque compartiment :

- Volume intérieur V du compartiment, qui correspond au volume utile en pratique, susceptible d'être occupé par les déchets : entre 2000 m³ et 50 000 m³, typiquement entre 10 000 m³ et 25 000 m³. Ce volume V est délimité par le fond, les parois radiales, la paroi d'enceinte, et le plan horizontal passant par le haut de la piste périphérique 14.
- Hauteur H1 de l'espace 1 : entre 4 m et 20 m, typiquement entre 8 m et 15 m.
- Rayon R, à savoir plus grande distance entre l'axe vertical de l'espace 1 et la piste 14 formant pourtour, entre 15 m et 100 m.
- Largeur L, à savoir distance entre les extrémités libres des parois latérales, entre 15 m et 150 m.

L'installation de traitement de déchets conforme à l'invention comprend en outre une couverture 20, propre à recouvrir sélectivement le volume intérieur de l'un ou l'autre des compartiments ci-dessus, en fonction de l'état d'avancement du procédé de traitement des déchets. Le matériau constitutif de cette couverture, laquelle est représentée sur le compartiment 4E (plein et couvert) des figures 1 et 2, présente avantageusement les caractéristiques suivantes :

- imperméabilité aux gaz, notamment air et biogaz, ainsi qu'aux liquides, notamment aux eaux de pluie ;
- résistance à la corrosion liée aux contacts prolongés que cette couverture est susceptible d'avoir avec les matériaux chimiquement actifs présents dans le compartiment ;
- résistance mécanique, en particulier résistance à l'accumulation de d'eau de pluie et/ou de neige, ainsi que résistance à la perforation induite par d'éventuels éléments entrant au contact de la surface intérieure et/ou extérieure de cette couverture.

Dans ces conditions, un matériau préféré est par exemple un géotextile, la couverture étant alors de type géo-membrane. La couverture peut être posée directement sur le massif de déchets, sans fixation complémentaire, notamment sur les parois latérales. A titre de variante, on peut prévoir des moyens de fixation, avantageusement de fixation amovible, permettant de solidariser cette couverture, notamment sur les parois latérales précitées.

Les moyens de captage, équipant l'installation conforme à l'invention, permettent d'extraire, hors de chaque compartiment, les gaz libérés par les déchets durant leur traitement. Ces moyens de captage sont plus particulièrement visibles sur les figures 5 et 6, ainsi que sur la figure 3 où les moyens de circulation de la fraction liquide ne sont en revanche pas représentés, dans un but de clarté. Ils comprennent, dans chaque compartiment, au moins un ensemble tubulaire 30, dont chacun est formé par un tube principal 31, s'étendant radialement, ainsi que par des tubes secondaires 32. Ces derniers s'étendent dans le plan horizontal de façon oblique, de part et d'autre du tube principal précité.

De façon avantageuse, on retrouve au moins deux ensembles tubulaires analogues, disposés l'un au-dessus de l'autre à l'intérieur du compartiment. La figure 5 illustre deux ensembles tubulaires 30 et 30', répartis régulièrement sur la hauteur de l'espace central 1. Les tubes 31 et 32 sont avantageusement réalisés en un matériau résistant, en service, à la pression statique du massif de déchets. A titre indicatif, un tel matériau est par exemple le polyéthylène. Chaque tube, dont la section transversale est d'un diamètre compris

entre 5 et 15 cm, est percé d'ouvertures de captage. Ces ouvertures, ménagées à intervalles réguliers, présentent typiquement une section comprise entre 1 et 3 cm².

Les différents ensembles tubulaires, mis en place dans les compartiments de l'installation, débouchent radialement vers l'intérieur dans un collecteur commun 33, prévu dans l'espace commun central (voir notamment figures 5 et 6). De façon préférée, la liaison entre chaque tube 31 et ce collecteur est de type amovible, par exemple grâce à un manchon mobile. Ce collecteur 33, qui permet de centraliser les flux de gaz, est associé à une pompe 34, par exemple de type centrifuge. Cette dernière présente avantageusement une puissance réglable, afin de conférer un caractère modulable à la mise en dépression du réseau tubulaire de captage. De façon avantageuse, le collecteur 33 s'étend hors de l'espace commun central 1 et débouche dans un dispositif de production d'énergie non représenté, par exemple du type moteur (ou turbine) fonctionnant au biogaz, entraînant une génératrice électrique et fonctionnant avantageusement en cycle combiné.

Les moyens de circulation, équipant l'installation conforme à l'invention, permettent de recycler la fraction liquide, depuis le fond du compartiment où cette fraction s'accumule par gravité, vers le sommet de ce compartiment. Ces moyens de circulation sont plus particulièrement visibles sur les figures 5 et 6, ainsi que sur la figure 4 où les moyens de captage de la fraction gazeuse ne sont en revanche pas représentés, dans un but de clarté. Ils comprennent, dans chaque compartiment, un organe tubulaire de pompage 43, s'étendant sur sensiblement toute la hauteur de l'espace 1, lequel est associé à une pompe 44 de mise en circulation.

Une première extrémité 43' de l'organe de pompage débouche au voisinage du fond du compartiment, en traversant le bas de la paroi de séparation 1A, alors que son autre extrémité 43'' communique avec un ensemble tubulaire de distribution 40. Ce dernier est formé par un tube principal 41, s'étendant radialement, ainsi que par des tubes secondaires 42 s'étendant transversalement, de part et d'autre de ce tube principal. De façon avantageuse, on retrouve un unique ensemble tubulaire 40 de distribution, placé au-dessus des ensembles tubulaires 30 de captage. L'organe de pompage 43 est avantageusement équipé de moyens non représentés, permettant le contrôle d'au moins un paramètre de la fraction liquide présente dans chaque compartiment.

Les tubes 41 et 42 sont avantageusement réalisés en un matériau plastique. A titre indicatif, un tel matériau est par exemple le polyéthylène. Chaque tube 41 ou 42, dont la section transversale est par exemple comprise entre 6 et 20 cm², est équipé d'injecteurs, de type connu en soi, permettant de distribuer la fraction liquide au-dessus du massif de déchets. Ces injecteurs sont prévus à intervalles réguliers, typiquement entre 1 et 3 m.

Selon une caractéristique avantageuse, on peut prévoir d'ajouter une ou plusieurs vanne(s), en particulier de type deux voies ou analogue, sur le circuit de recirculation des liquides, en particulier de piquer cette vanne ou ces vannes sur l'un des tubes 42. Une telle vanne ou une pluralité de telles vannes, non représentée(s) sur les figures, permet(tent) de vider ce circuit et/ou de le remplir avec des liquides provenant de l'extérieur du compartiment, notamment en vue de réguler et/ou modifier l'ensemencement bactérien des liquides recirculés dans ce compartiment. Une telle vanne ou une pluralité de telles vannes peu(ven)t aussi permettre une mise en communication des liquides, entre les différents compartiments. On peut prévoir qu'une première vanne assure la fonction de vidage, alors qu'une autre vanne assure la fonction de remplissage. A titre de variante, on peut prévoir qu'une unique vanne assure à la fois ces fonctions de vidage et de remplissage.

Dans l'exemple décrit ci-dessus et représenté sur les figures annexées, l'espace fonctionnel commun est placé de façon centrale, alors que les compartiments de traitement sont placés de façon radiale, à la périphérie de cet espace central. A titre de variante non représentée, on peut prévoir que les compartiments sont disposés côte à côte, par exemple sur deux lignes parallèles. L'espace commun, équipé des éléments fonctionnels communs à ces compartiments, est alors prévu de façon médiane, entre les deux lignes précitées.

Dans l'exemple décrit ci-dessus et représenté sur les figures annexées, tous les compartiments sont des compartiments dits de traitement, à savoir qu'ils sont séparés de l'espace fonctionnel commun 1 par l'une des parois périphériques 1A à 1F. A titre de variante non représentée, on peut prévoir qu'au moins un compartiment est un compartiment dit de service, à savoir qu'il débouche directement dans l'espace fonctionnel commun 1, sans être séparé de ce dernier par une paroi, telle que celles 1A à 1F. Un tel mode de réalisation est avantageux, car il autorise un accès particulièrement simple à l'espace fonctionnel commun. Dans un exemple de réalisation typique, on retrouve six compartiments de traitement, ainsi qu'un unique compartiment de service. De façon préférée, le ou chaque compartiment de service s'étend selon un secteur angulaire, qui est inférieur à celui des compartiments de traitement.

La mise en œuvre de l'installation de traitement de déchets, décrite ci-dessus, va maintenant être explicitée dans ce qui suit.

Le processus de traitement opéré dans l'installation comprend au moins les trois étapes suivantes, à savoir le remplissage de chaque compartiment, la digestion anaérobie de la fraction fermentescible, ainsi que le vidage de chaque compartiment.

En vue du remplissage précité on vide tout d'abord, dans une trémie, les bennes à ordures dans lesquelles sont recueillis les déchets à traiter. Les sacs contenant les déchets sont éventrés, puis on procède à un tamisage de ces déchets. De façon
5 avantageuse, avant le remplissage proprement dit, on broie ces déchets afin d'obtenir une granulométrie prédéfinie, typiquement de valeur médiane comprise entre 20 mm et 80 mm, ce qui permet d'améliorer le rendement de la phase de digestion anaérobie du traitement. Les déchets ainsi broyés sont ensuite convoyés au droit de chaque compartiment, notamment par des tapis roulants non représentés, puis sont admis par gravité dans le volume intérieur de chacun de ces compartiments. Cette étape de
10 remplissage présente une durée typiquement comprise entre 1 et 15 mois, notamment entre 6 et 12 mois.

Entre les étapes respectives de remplissage et de digestion anaérobie, on réalise avantageusement un compactage du massif de déchets déposé dans chaque compartiment. Cette opération est mise en œuvre par tout moyen approprié, notamment
15 grâce à des engins de chantier. A cet égard, les rampes d'accès décrites ci-dessus (affectées des références 15 sur les figures 1, 2 et 5) sont avantageuses, car elles autorisent un accès aisé à ces engins. Le réseau 30, 30' de captage des gaz est ensuite mis en place. Cette étape de compactage présente une durée typiquement comprise entre 1 et 5 jours.

20 Immédiatement avant de procéder à la digestion anaérobie, on ferme le compartiment. A cet effet, on installe le réseau 40 de surface de circulation de la fraction liquide, puis on met en place la couverture 20 au-dessus du compartiment. Cette étape de fermeture présente une durée typiquement comprise entre 10 et 30 jours.

L'étape de digestion anaérobie, ou méthanogénèse, permet de façon connue en soi de
25 dégrader les matériaux organiques présents dans les déchets, en l'absence d'oxygène. Cette dégradation est assurée par des bactéries qui digèrent la paroi cellulosique de ces matériaux organiques. Ces bactéries sont présentes dans la matière organique proprement dite et, le cas échéant, peuvent être complétées par d'éventuelles bactéries supplémentaires qui sontensemencées dans le massif de déchets. La dégradation
30 précitée conduit essentiellement à la formation d'une fraction liquide, comprenant majoritairement de l'eau, et d'une fraction gazeuse, ou biogaz, comprenant une part substantielle de méthane.

Durant cette digestion, le biogaz ainsi produit est tout d'abord aspiré par les tubes de captage 31 et 32. Le flux de biogaz est ensuite regroupé dans le collecteur principal, puis
35 est analysé en temps réel afin d'en mesurer notamment les paramètres de température, débit (en m³ par seconde), taux de méthane et taux d'oxygène, et à intervalle régulier

pour déterminer la présence (ou non) de composés chimiques corrosifs. Le biogaz est ensuite refroidi et séché, puis filtré afin d'éliminer notamment les composés chimiques indésirables, tels que les composés chlorés, soufrés, et les siloxanes. Le biogaz ainsi filtré est enfin injecté dans un dispositif de production d'énergie, tel un moteur (ou une turbine) couplé à une génératrice électrique, fonctionnant avantageusement en cycle combiné.

La fraction liquide produite durant la digestion anaérobie, est extraite hors de la zone d'accumulation, située au fond du compartiment, au voisinage de la paroi bordant l'espace 1. Cette extraction est réalisée par tout moyen approprié, notamment par une pompe aspirante. Le débit de la pompe est mesuré en continu et la fraction liquide en circulation est également analysée à intervalles réguliers afin d'en mesurer notamment certains des paramètres suivants : bactéries présentes, pH, teneur en ammonium et sels divers. Dans le cas où au moins un paramètre n'est pas conforme, à savoir qu'il se situe en dehors d'une plage cible prédéterminée, on corrige le cas échéant la valeur de ce ou de ces paramètres. A titre d'exemple, les actions correctives peuvent être un réensemencement bactérien, une neutralisation, une dilution ou une réduction de la fraction liquide circulant dans chaque compartiment.

La fraction liquide extraite est alors recyclée ou re-circulée, à savoir qu'elle est introduite dans le massif de déchets. Cette opération est réalisée via les tubes 41 et 42, qui permettent une admission de liquide au-dessus du massif de déchets. Ceci permet notamment de maintenir ces déchets dans des conditions appropriées de taux d'humidité et de température.

On contrôle par ailleurs, en continu, le volume de cette fraction liquide mis en circulation. A cet égard, on note que la zone d'accumulation présente une géométrie parfaitement définie. Il est donc aisé de déterminer le volume de liquide accumulé contre le fond 10, en connaissant l'altitude de la surface supérieure de ce liquide. On peut prévoir de placer par exemple un capteur haut et un capteur bas, au niveau du fond de chaque compartiment. Cela permet de maintenir constamment le volume liquide accumulé dans une plage donnée, correspondant au taux d'humidité visé dans le compartiment.

Le circuit de circulation est en outre associé à une purge, qui permet d'éliminer une partie de cette fraction liquide. En particulier, on peut purger du liquide si globalement le massif de déchets est trop humide. On peut également purger une partie du liquide si les paramètres de ce dernier ne peuvent pas facilement être corrigés. Dans ce dernier cas on rajoute, à la fraction liquide recyclée, du liquide d'appoint au niveau des tubes 41 et 42.

Les conditions opératoires au sein du compartiment, durant cette phase de digestion anaérobie, sont avantageusement les suivantes :

- température comprise entre 30°C et 65°C, en particulier entre 45°C et 55°C

- taux d'humidité compris entre 20% et 80%, en particulier entre 40% et 60%.
- pH compris entre 5 et 9, en particulier entre 6,5 et 7,5.

De façon avantageuse, on met en œuvre cette étape de digestion anaérobie, de façon à valoriser au moins 70%, de préférence au moins 90%, de la fraction organique dégradable des déchets. Cette étape de digestion anaérobie présente une durée typiquement comprise entre 12 et 72 mois, notamment entre 30 et 60 mois.

Immédiatement après avoir terminé la digestion anaérobie, on prépare le vidage du compartiment. A cet effet, on arrête tout d'abord la mise en circulation de la fraction liquide, ce qui conduit à l'assèchement du massif de déchets et à la fin définitive de la méthanogenèse. Ensuite, on retire la couverture supérieure et on démonte le réseau de circulation de la fraction liquide. Cette étape de séchage et d'ouverture présente une durée typiquement comprise entre 3 et 12 mois, notamment entre 6 et 9 mois.

Enfin on réalise le vidage du compartiment, notamment grâce aux engins de chantier utilisés pour l'opération de remplissage. Les différents éléments du réseau de captage des biogaz sont par ailleurs démontés. Les résidus évacués, issus de la digestion anaérobie, peuvent ensuite faire l'objet d'une valorisation thermique, compte tenu de leur taux de siccité et potentiel calorifique élevés. Compte tenu du démontage des moyens de captage présents dans le compartiment (qui sont ainsi réutilisables pour le cycle de traitement suivant), cette étape de vidage présente une durée typiquement comprise entre 1 et 12 mois, notamment entre 3 et 9 mois.

Le nombre de compartiments de l'installation est déterminé en fonction du flux de déchets à traiter et de la durée de traitement visée. Le nombre minimal de compartiments de l'installation peut être calculé par la formule suivante :

$$N = T * X / (V * d_{\text{entrant}}), \text{ où}$$

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen des compartiments de l'installation ;

d_{entrant} est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation ;

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage, et incluant notamment la durée nécessaire pour aboutir au taux de digestion anaérobie visé par le traitement des déchets (exprimé en nombre de périodes de référence).

En cas de résultat non entier, le nombre N est arrondi à l'entier le plus proche, ou toute autre méthode d'arrondi pertinente en fonction des données prises en compte.

De manière avantageuse, on ajuste le volume des compartiments de sorte que le calcul de N aboutisse à une valeur la plus proche possible d'un chiffre entier. En effet, les

arrondis de calcul de l'entier N traduisent une sous-optimisation de l'utilisation de l'installation :

En cas d'arrondi à la valeur supérieure, l'installation présente une capacité totale de traitement supérieur au flux de déchets à traiter, donc :

- 5
- soit le volume des compartiments n'est pas entièrement utilisé ;
 - soit la durée du cycle de traitement effectué est allongée par rapport à la durée théorique correspondant à l'objectif fixé.

En cas d'arrondi à la valeur inférieure, les compartiments doivent être vidés plus vite pour faire de la place aux déchets entrants en excès par rapport au volume total disponible dans l'installation. La durée du cycle de traitement s'en trouve réduite et donc le taux de digestion anaérobie atteint à l'issue du traitement est inférieur à l'objectif théorique fixé.

10

Le traitement des déchets se fait dans un compartiment après l'autre, en respectant une durée de cycle (du remplissage au vidage) équivalente pour chacun, avec un décalage dans le temps Δt (exprimé en nombre de périodes de référence) entre chaque compartiment, déterminé par la formule :

15

$$\Delta t = \inf((V \cdot d_{\text{entrant}}) / X; T / N), \text{ où}$$

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen du volume de réception des déchets des compartiments de l'installation ;

20

d_{entrant} est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation ;

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage, et incluant notamment la durée nécessaire pour aboutir au taux de digestion anaérobie visé par le traitement des déchets (exprimé en nombre de périodes de référence) ;

25

N est le nombre de compartiments constituant l'installation.

Comme cela ressort de ce qui précède, le traitement des déchets dans l'installation conforme à l'invention comprend, pour chaque compartiment, un cycle individuel commençant par la phase de remplissage, suivie de la phase de digestion anaérobie puis s'achevant par la phase de vidage. De manière plus globale, l'installation conforme à l'invention est pilotée selon une séquence composée par l'ensemble des cycles de traitement individuels, mis en oeuvre dans les différents compartiments, lesquels démarrent successivement avec le décalage de temps Δt explicité ci-dessus.

30

Exemple 1 :

Pour le traitement de déchets organiques dont la vitesse de décomposition est élevée (ex : viande, poisson, graisses animales, etc.) la digestion anaérobie peut s'effectuer en 5 mois. Dans ce cas, une installation recevant 400 tonnes par mois de ces déchets (de densité 1,25) dans des compartiments offrant un volume de réception de déchets de

5 1000 m³ pouvant être vidés en 1 mois, pourrait être configurée en 2 compartiments.

L'installation structurée en 2 compartiments aurait une séquence optimum de traitement des déchets, basée sur décalage $\Delta t = 3$ mois entre les cycles de chaque compartiment.

To : début du remplissage du compartiment 1

To + 3 mois : début du remplissage du compartiment 2

10 To + 5 mois : le vidage du compartiment 1 commence

To + 6 mois : début du remplissage du compartiment 1 (nouveau cycle)

On notera que l'installation structurée en 3 compartiments (arrondi supérieur du calcul de N) aurait un $\Delta t = 2$ mois

15 Exemple 2 :

Pour le traitement d'ordures ménagères contenant un mélange de déchets de nourriture, papiers, cartons, plastiques et textiles, dont la décomposition s'effectue à des vitesses très diverses, la digestion anaérobie quasi-complète de la fraction fermentescible peut prendre environ 4 ans.

20 Dans ce cas, une installation recevant 10 200 tonnes par an de ces déchets (de densité 0,8) dans des compartiments d'une taille moyenne de 11 500 m³, vidables en 3 mois, pourrait être configurée en 6 compartiments (ou 5 si l'arrondi inférieur est pratiqué).

L'installation structurée en 6 compartiments aurait une séquence optimum de traitement des déchets, basée sur décalage $\Delta t = 10$ mois entre les cycles de chaque compartiment.

25 To : début du remplissage du compartiment 1

To + 10 mois : début du remplissage du compartiment 2

To + 20 mois : début du remplissage du compartiment 3

To + 30 mois : début du remplissage du compartiment 4

To + 40 mois : début du remplissage du compartiment 5

30 To + 50 mois : début du remplissage du compartiment 6

To + 57 mois : le vidage du compartiment 1 commence

To + 60 mois : début du remplissage du compartiment 1 (nouveau cycle)

To + 67 mois : le vidage du compartiment 2 commence

To + 70 mois : début du remplissage du compartiment 2 (nouveau cycle)

35 To + 77 mois : le vidage du compartiment 3 commence

To + 80 mois : début du remplissage du compartiment 3 (nouveau cycle)

On notera que l'installation structurée en 5 compartiments (arrondi inférieur du calcul de N) aurait un $\Delta t = 12$ mois.

REVENDICATIONS

1. Installation de traitement de déchets solides contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour produire du biogaz et
5 récupérer le biogaz produit, cette installation comprenant au moins deux compartiments (4A-4F), le volume de chaque compartiment étant supérieur à 1000 (mille) mètres cube, ainsi que des moyens (3A-3F) de séparation entre ces compartiments, ces moyens (3A-3F) de séparation étant étanches à la fois aux gaz et aux liquides, chaque compartiment comportant :
- 10 - un volume intérieur (V) de réception des déchets à traiter, présentant une ouverture d'admission des déchets ;
- des parois périphériques (1A-1F, 3A-3F, 12) bordant ce volume intérieur ;
l'installation comprenant en outre au moins une couverture (20) étanche à la fois aux gaz et aux liquides, propre à recouvrir au moins un compartiment ;
15 caractérisée en ce que cette installation comprend des moyens de captage (30, 30') d'une fraction gazeuse, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, en ce que chaque compartiment définit une zone (Z) d'accumulation d'une fraction liquide, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, et en ce que l'installation comprend des moyens de circulation (40), propres à faire circuler cette fraction liquide
20 depuis la zone d'accumulation vers le volume intérieur de réception.
2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le volume de chaque compartiment est supérieur à 2000 (deux mille) mètres cube, en particulier supérieur à 8000 (huit mille) mètres cube, de manière préférée supérieur à 12000 (douze mille)
25 mètres cube.
3. Installation selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que le volume de chaque compartiment est inférieur à 50000 (cinquante mille) mètres cube, en particulier inférieur à 40000 (quarante mille) mètres cube, de manière préférée inférieur à 25000 (vingt-cinq
30 mille) mètres cube.
4. Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend au minimum trois (3) compartiments, en particulier au minimum quatre (4)
35 compartiments.
5. Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend au maximum seize (16) compartiments, en particulier au maximum douze (12) compartiments, de manière préférée au maximum huit (8) compartiments.

6. Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la zone d'accumulation de la fraction liquide est une zone d'accumulation par gravité.
- 5 7. Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les moyens de circulation sont propres à faire circuler cette fraction liquide depuis la zone d'accumulation vers la partie supérieure du volume intérieur de réception.
- 10 8. Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'installation comprend un espace fonctionnel commun (1), prévu au voisinage de l'ensemble des compartiments.
- 15 9. Installation selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'espace fonctionnel commun (1) est central et les compartiments s'étendent à la périphérie de cet espace fonctionnel, lequel définit une partie (1A-1F) des parois périphériques (1A-1F, 3A-3F, 12) d'au moins une partie des compartiments.
- 20 10. Installation selon la revendication précédente, caractérisée en ce que les moyens de séparation comprennent des parois de séparation (3A-3F) s'étendant radialement à partir de l'espace fonctionnel commun central (1).
- 25 11. Installation selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisée en ce qu'au moins un compartiment est un compartiment dit de service, qui débouche directement dans l'espace fonctionnel commun.
- 30 12. Procédé de mise en œuvre d'une installation de traitement de déchets contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour produire du biogaz et récupérer le biogaz produit, selon l'une des revendications précédentes, ce procédé comprenant, pour chaque compartiment, les étapes suivantes :
- 35 - on remplit le volume intérieur du compartiment avec les déchets à traiter, de façon à former un massif de déchets ;
 - on dispose la couverture (20), étanche à la fois aux gaz et aux liquides, au-dessus du massif de déchets, de manière à rendre sensiblement étanche le volume intérieur ;
 - on réalise une digestion anaérobie au moins partielle de la part fermentescible des déchets de manière à produire une fraction gazeuse ainsi qu'une fraction liquide ;

- pendant au moins une partie de l'étape de digestion anaérobie, on extrait au moins une partie de la fraction liquide hors de la zone d'accumulation et on introduit au moins une partie de la fraction liquide ainsi extraite dans le massif de déchets ;
- 5 - au terme de l'étape de digestion, on évacue le résidu du massif de déchets hors du volume intérieur.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel les débuts de chaque étape de digestion anaérobie, dans les différents compartiments, sont décalés les uns par rapport
10 aux autres selon un temps de décalage (Δt), de manière à répartir dans le temps la production de biogaz.

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, dans lequel le temps de décalage (Δt) est calculé selon la formule suivante : $\Delta t = \inf((V \cdot d_{\text{entrant}}) / X; T/N)$, où
15 X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;
V est le volume moyen du volume intérieur de réception des déchets des compartiments de l'installation ;
 d_{entrant} est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation ;
20 T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage (exprimé en nombre de périodes de référence) ;
N est le nombre de compartiments constituant l'installation.

25 15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel on pilote l'étape de digestion anaérobie, de manière à atteindre un taux prédéterminé de digestion de la fraction organique dégradable, initialement présente dans le massif de déchets, ce taux étant compris entre 50 et 95%, de préférence entre 70 et 90%.

30 16. Procédé selon la revendication précédente dans lequel, en vue de piloter l'étape de digestion anaérobie, on extrait la fraction gazeuse produite dans chaque compartiment et on mesure en temps réel le taux de méthane contenu dans cette fraction gazeuse.

35 17. Procédé selon l'une des revendications 12 à 16, dans lequel la durée de l'étape de digestion anaérobie est comprise entre 12 et 72 mois, notamment entre 30 et 60 mois.

18. Procédé selon l'une des revendications 12 à 17, dans lequel on réalise l'étape de digestion anaérobie, de manière à décomposer au moins 70%, de préférence au moins 90%, de la fraction organique dégradable du massif de déchets.
- 5 19. Procédé selon l'une des revendications 12 à 18, dans lequel on introduit au moins une partie de la fraction liquide extraite dans le massif de déchets, de manière à maintenir l'humidité relative de ce massif de déchets à une valeur comprise entre 20% et 70%, de préférence entre 40% et 60%.
- 10 20. Procédé selon l'une des revendications 12 à 19, dans lequel on envoie au moins une partie du biogaz généré vers un dispositif de production d'énergie, notamment d'énergie mécanique, tel un moteur ou une turbine.
21. Procédé selon l'une des revendications 12 à 20, dans lequel, avant de vider le résidu,
15 on réalise une étape de séchage du massif des déchets, de manière à abaisser l'humidité relative de ce massif de déchets au-dessous de 20%, de préférence au-dessous de 10%.
22. Procédé selon l'une des revendications 12 à 21, dans lequel on obtient un résidu sec au terme de l'étape de séchage et on valorise thermiquement au moins une partie de ce
20 résidu, notamment dans une chaudière à combustible solide ou autre dispositif de combustion.
23. Procédé selon l'une des revendications 12 à 22, dans lequel, avant d'admettre les déchets à traiter dans le volume intérieur du compartiment, on réalise un mouillage
25 préalable des déchets afin de porter leur fraction fermentescible à son état de saturation en humidité.
24. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel, avant de réaliser ce mouillage préalable, on lacère les déchets à traiter de façon à transformer une majeure
30 partie de ces déchets en lanières, dont la plus grande dimension est avantageusement supérieure à 5 centimètres, notamment à 10 centimètres, et dont la plus petite dimension est avantageusement comprise entre 2 et 5 centimètres.
25. Procédé selon la revendication 23 ou 24, dans lequel on élimine une fraction d'eau
35 excédentaire des déchets préalablement mouillés, avant d'admettre ces déchets dans le volume intérieur du compartiment.

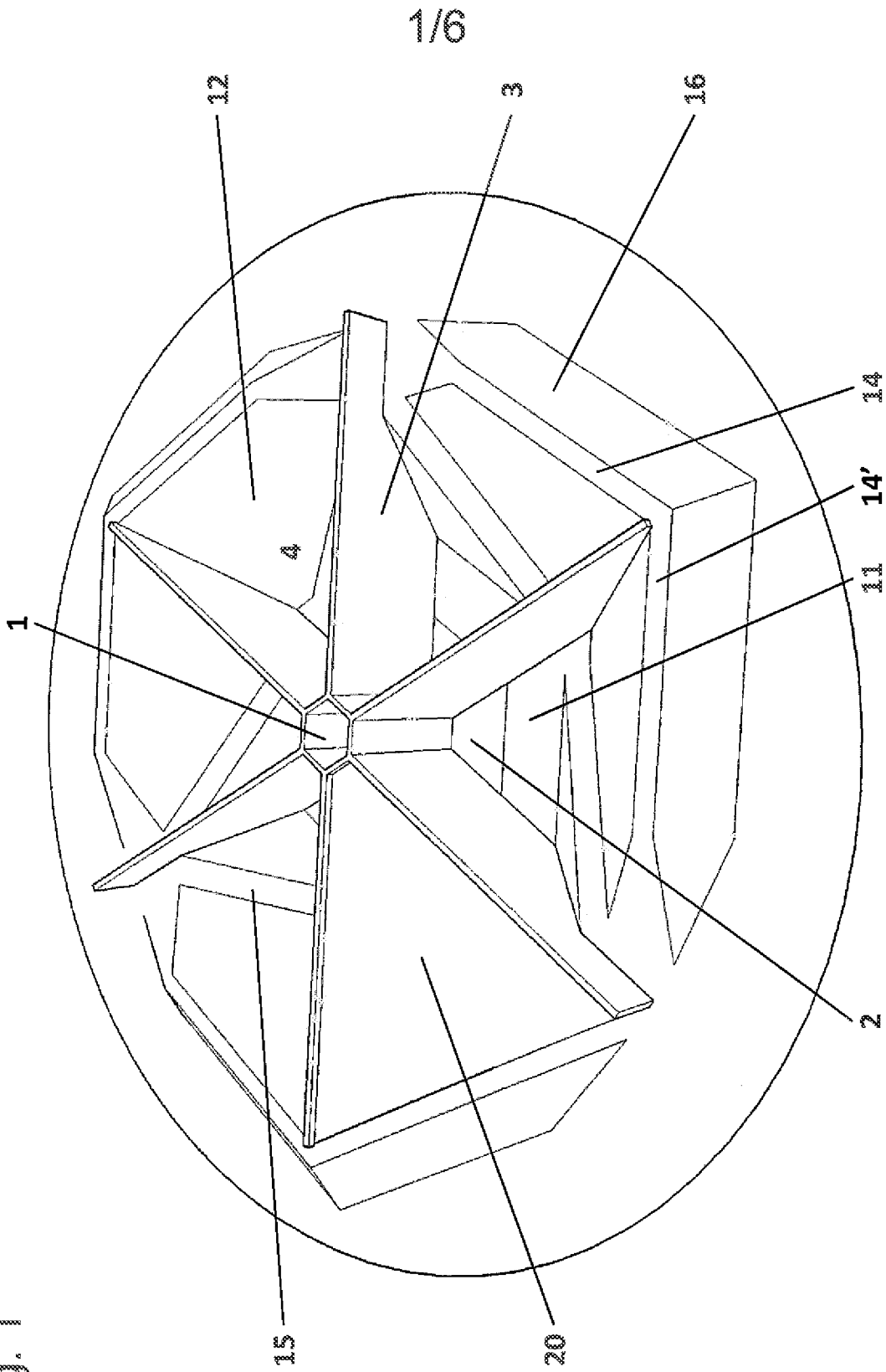


Fig. 1

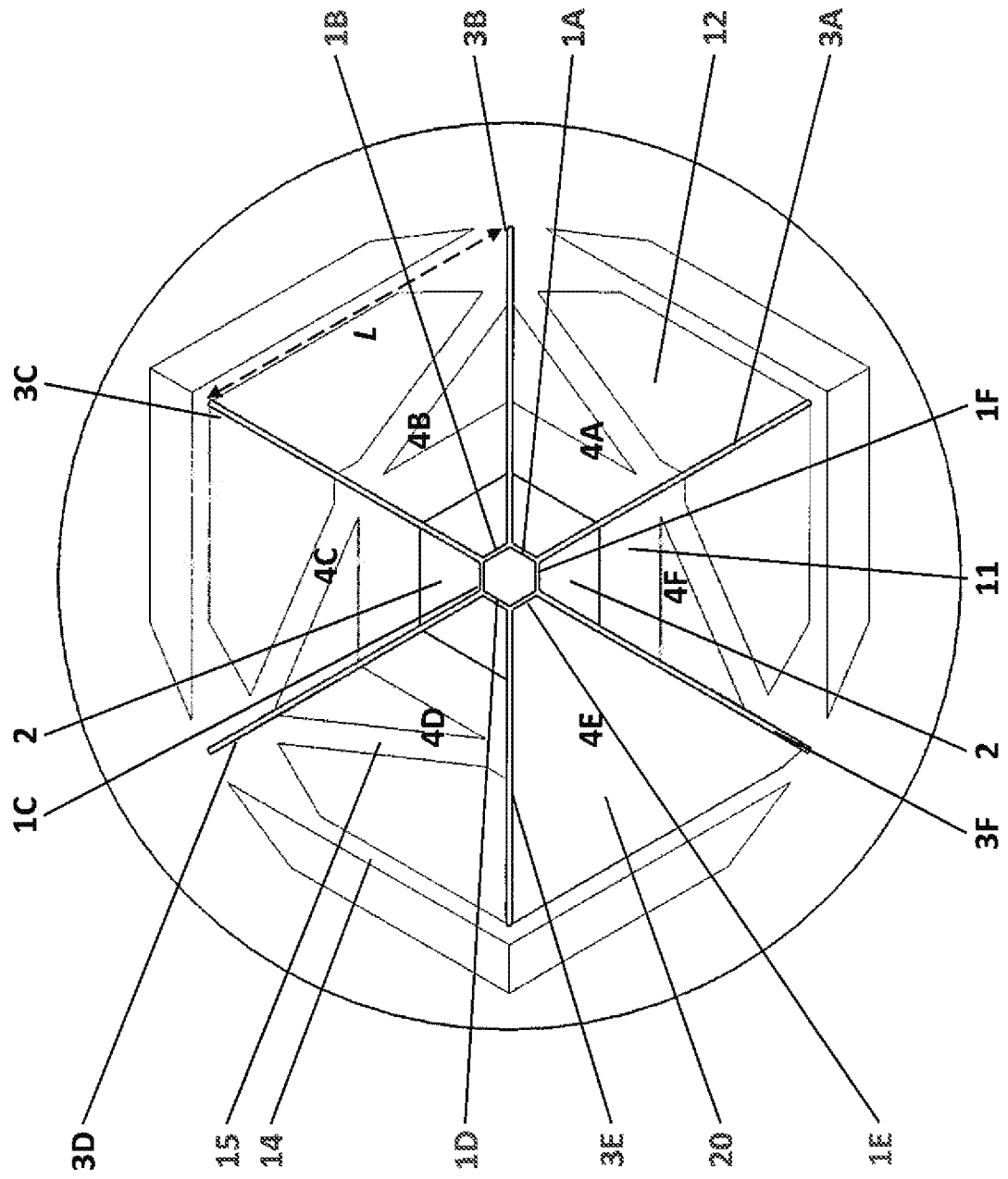


Fig. 2

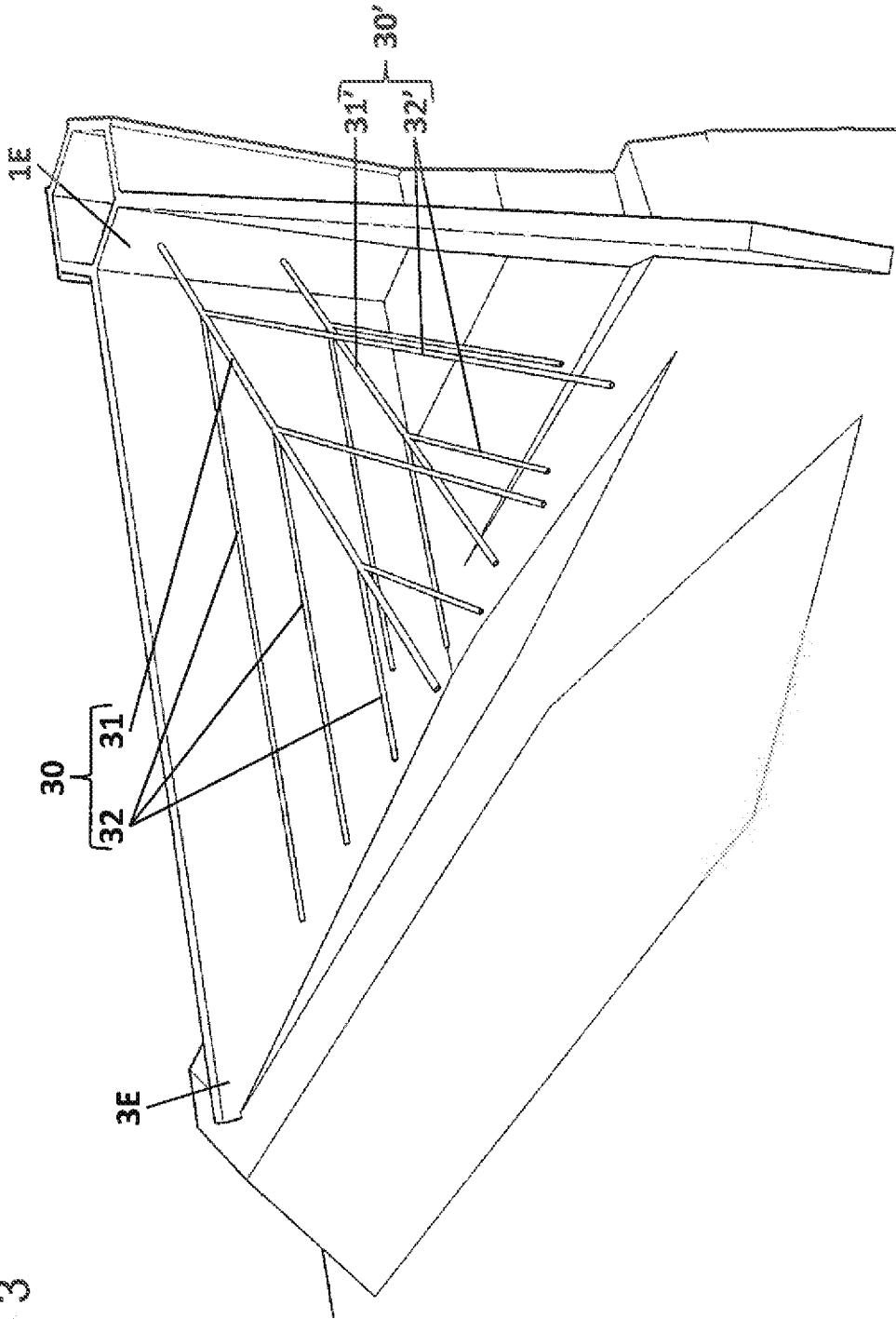


Fig. 3

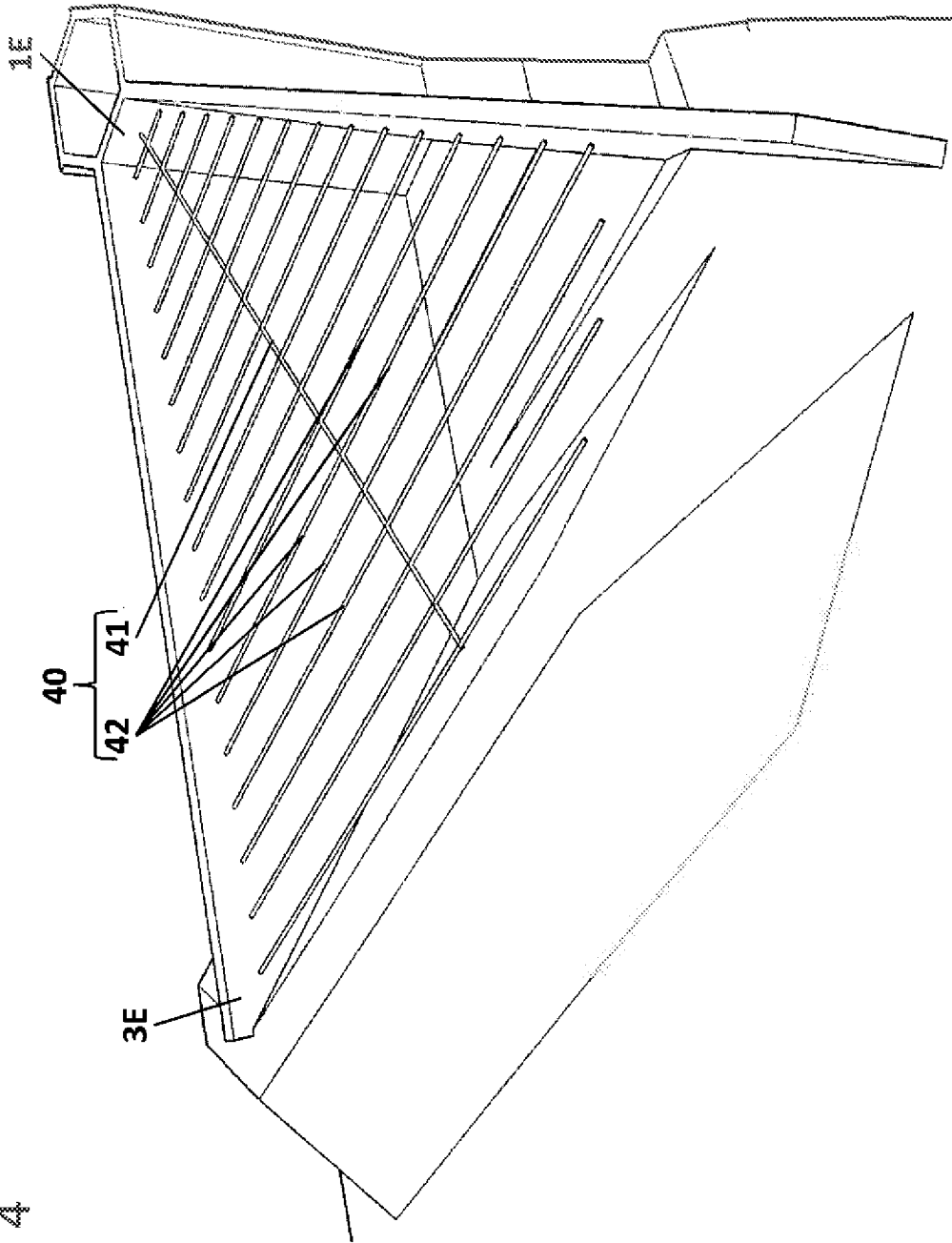


Fig. 4

5/6

Fig. 5

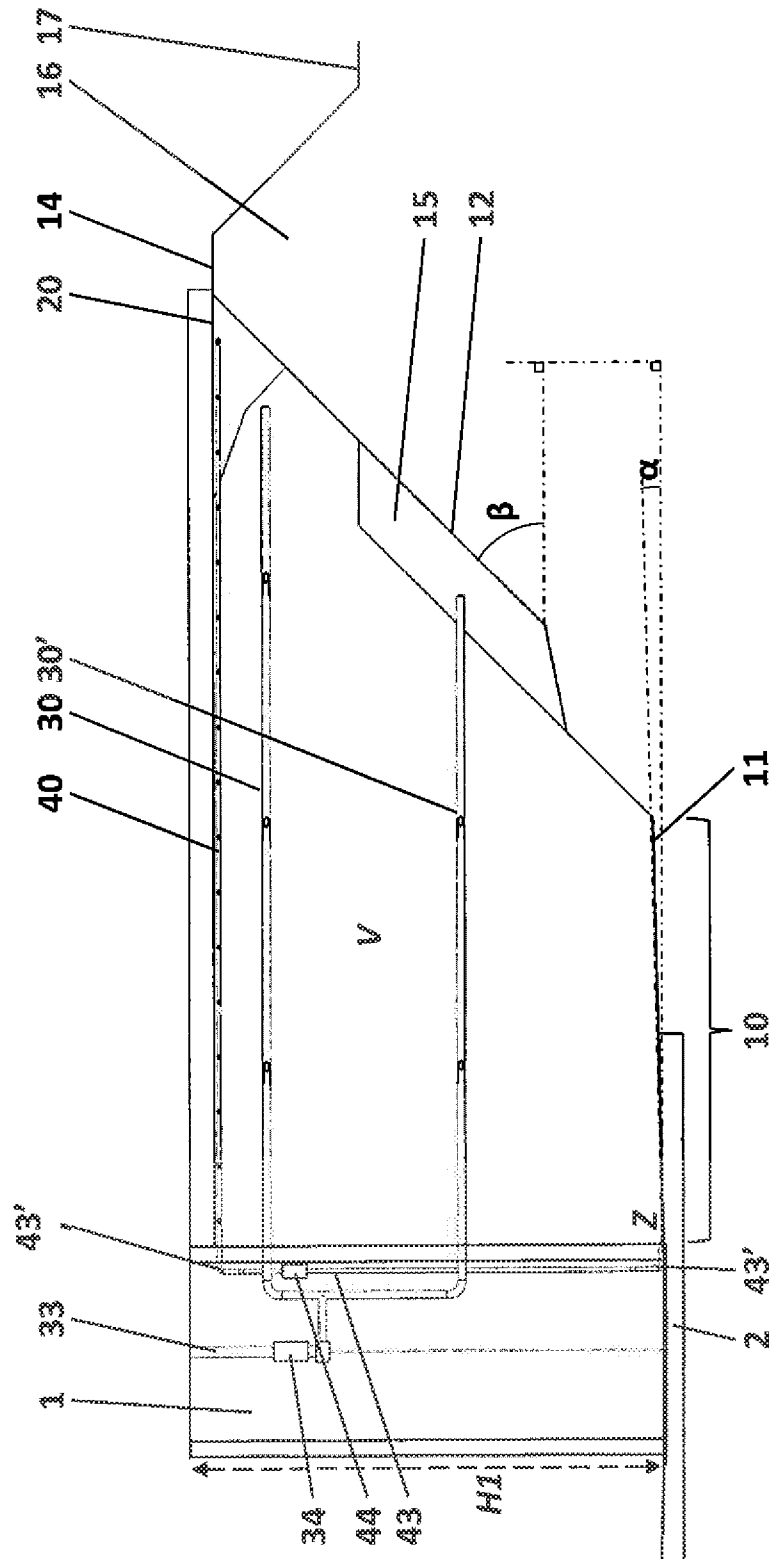
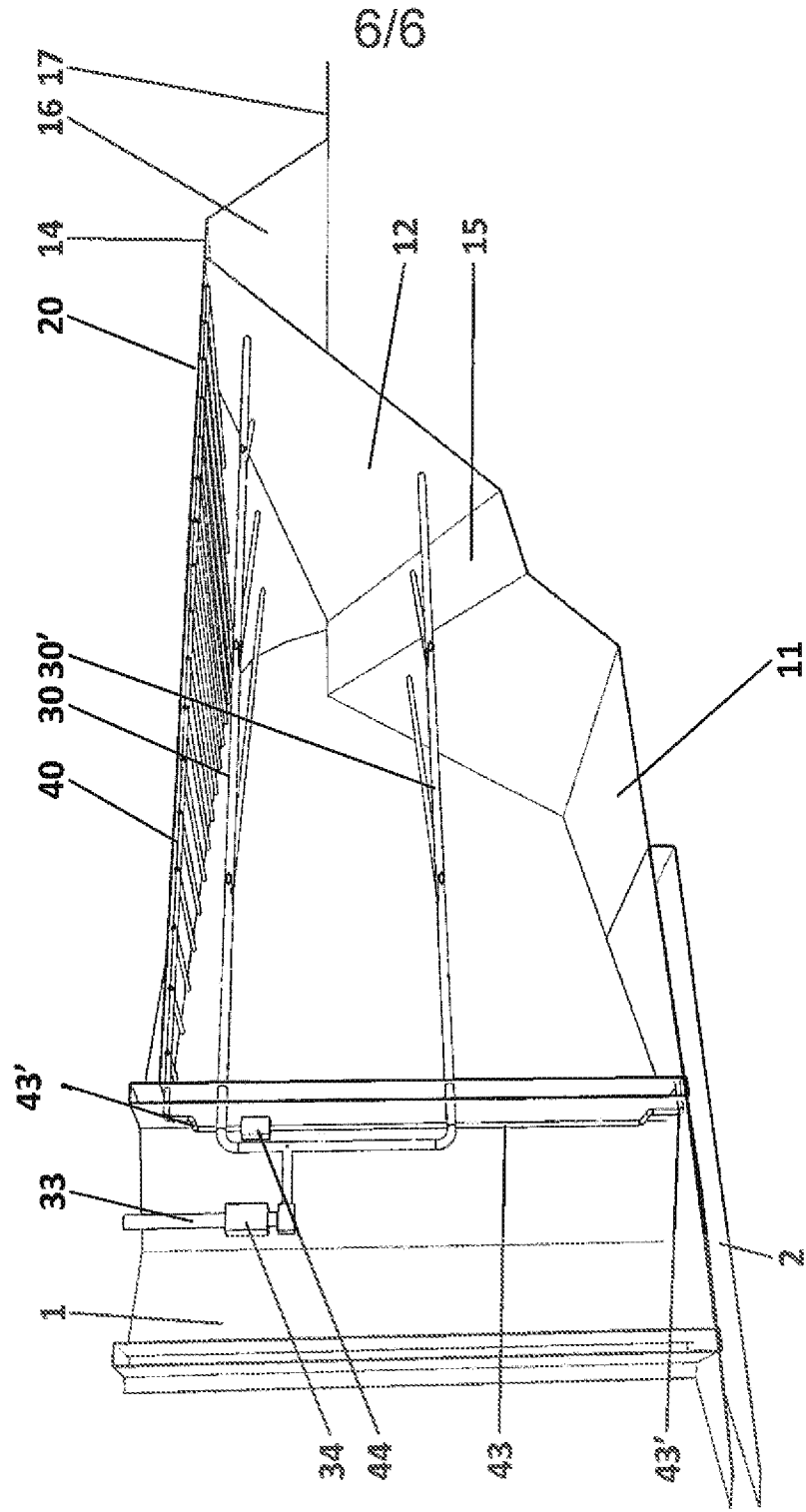


Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051744

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. C12M1/107 C12M1/00 C05F17/02
 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)
 C12M C05F

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 543 159 A1 (GUERIN MAURICE [FR]) 28 September 1984 (1984-09-28) claim 1; figure 3 page 2, lines 24-25,33-35 page 8, lines 23-26 -----	1-25
Y	US 5 269 634 A (CHYNOWETH DAVID P [US] ET AL) 14 December 1993 (1993-12-14) claim 1; figure 1 -----	1-25
Y	US 2010/159571 A1 (LUTZ PETER [DE]) 24 June 2010 (2010-06-24) claim 1; figure 1 -----	1-25
A	FR 2 469 863 A1 (DEHAYE JEAN [FR]) 29 May 1981 (1981-05-29) figure 1 -----	1-25

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	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 October 2016	Date of mailing of the international search report 04/11/2016
--	--

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 Jones, Laura
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051744

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2543159	A1	28-09-1984	NONE

US 5269634	A	14-12-1993	NONE

US 2010159571	A1	24-06-2010	BR PI0905156 A2 03-11-2010
		CN 101760424 A	30-06-2010
		DE 102009011868 A1	01-07-2010
		EA 200901570 A1	30-08-2010
		EP 2202292 A1	30-06-2010
		JP 2010162018 A	29-07-2010
		US 2010159571 A1	24-06-2010

FR 2469863	A1	29-05-1981	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051744

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C12M1/107 C12M1/00 C05F17/02 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) C12M C05F		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 543 159 A1 (GUERIN MAURICE [FR]) 28 septembre 1984 (1984-09-28) revendication 1; figure 3 page 2, lignes 24-25,33-35 page 8, lignes 23-26 -----	1-25
Y	US 5 269 634 A (CHYNOWETH DAVID P [US] ET AL) 14 décembre 1993 (1993-12-14) revendication 1; figure 1 -----	1-25
Y	US 2010/159571 A1 (LUTZ PETER [DE]) 24 juin 2010 (2010-06-24) revendication 1; figure 1 -----	1-25
A	FR 2 469 863 A1 (DEHAYE JEAN [FR]) 29 mai 1981 (1981-05-29) figure 1 -----	1-25
<input 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 27 octobre 2016	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/11/2016	
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 Jones, Laura	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051744

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2543159	A1	28-09-1984	AUCUN	

US 5269634	A	14-12-1993	AUCUN	

US 2010159571	A1	24-06-2010	BR PI0905156 A2	03-11-2010
			CN 101760424 A	30-06-2010
			DE 102009011868 A1	01-07-2010
			EA 200901570 A1	30-08-2010
			EP 2202292 A1	30-06-2010
			JP 2010162018 A	29-07-2010
			US 2010159571 A1	24-06-2010

FR 2469863	A1	29-05-1981	AUCUN	
