

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 111 560

②1 N° d'enregistrement national : **21 06376**

⑤1 Int Cl⁸ : **A 61 L 2/10 (2020.12)**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé de détermination d'un champ d'irradiance ultraviolette et d'une durée optimale d'irradiation ultraviolette en vue de la désinfection d'une surface ou d'un objet.

②2 Date de dépôt : 16.06.21.

③0 Priorité : 17.06.20 IB PCT/2020/000186.

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 24.12.21 Bulletin 21/51.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 22.03.24 Bulletin 24/12.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension : Polynésie-Fr

⑦1 Demandeur(s) : THOMAS ZUNINO INNOVATION
CONSEIL SAS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Zunino Thomas, Gouret Jules et Himdi
Nawel.

⑦3 Titulaire(s) : THOMAS ZUNINO INNOVATION
CONSEIL SAS.

⑦4 Mandataire(s) : ETNA.

FR 3 111 560 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé de détermination d'un champ d'irradiance ultraviolette et d'une durée optimale d'irradiation ultraviolette en vue de la désinfection d'une surface ou d'un objet

[0001] L'invention s'inscrit dans le domaine de la désinfection de surface et plus généralement dans le domaine de la désinfection d'objets.

[0002] L'invention porte plus particulièrement sur un procédé de désinfection par irradiation ultraviolette d'au moins un objet.

[0003] Les systèmes et procédés offrant des solutions de désinfection par irradiation ultraviolette, et en particulier par irradiation ultraviolette UVC (c'est-à-dire dans une gamme de longueurs d'ondes comprise entre 100 et 280 nanomètres), se multiplient d'une part pour leur praticité car elles ne nécessitent pas l'utilisation de produits chimiques incompatibles avec des objets fragiles, et d'autre part pour leur bonne activité germicide et désinfectante. Il est notamment documenté qu'une irradiation contrôlée de rayonnement UVC permet la destruction de la plupart des agents pathogènes connus.

[0004] Il est notamment connu des boîtiers de désinfection comprenant une enceinte obturable de placement de l'objet à désinfecter, et au moins une source de lumière UVC destinée à irradier l'intérieur de l'enceinte et son contenu. Néanmoins, ce type de boîtier de désinfection présente des inconvénients car il ne permet pas de corrélérer l'efficacité germicide du rayonnement UVC sur l'objet à désinfecter avec les propriétés optiques et géométriques de l'objet, ainsi qu'avec les propriétés inhérentes aux matériaux constituant l'objet à désinfecter.

[0005] Pour pallier les différents inconvénients évoqués plus haut, l'invention a pour objet d'adapter un traitement désinfectant par irradiation ultraviolette en fonction des propriétés de la surface ou de l'objet à désinfecter.

[0006] L'invention a également pour objet de proposer un procédé de détermination d'un temps optimal de traitement par irradiation ultraviolette.

[0007] À cet effet, l'invention vise un procédé de détermination d'un champ d'irradiance dans une zone de désinfection d'un système de désinfection par irradiation ultraviolette, lequel système comprend au moins des moyens d'irradiation ultraviolette, des parois délimitant la zone de désinfection et des moyens de commande et de traitement, lequel procédé comprend les étapes successives de :

- i. Génération d'un maillage par discrétisation de l'espace compris dans la zone de désinfection, lequel espace comprend au moins un objet à désinfecter ;
- ii. Attribution à chaque maille du maillage de paramètres optiques propres,

- chaque maille représentant une unité volumique ou surfacique de la zone de désinfection ;
- iii. Initialisation d'un champ d'irradiance par attribution à chaque maille d'une valeur d'irradiance initiale ;
 - iv. Modélisation de l'émission d'au moins un rayon lumineux de puissance et d'orientation déterminées ;
 - v. Suivi du rayon émis modélisé et, pour chaque maille ayant rencontré le rayon, détermination d'une nouvelle valeur d'irradiance pour ladite maille en fonction de ses paramètres géométriques et optiques, et détermination de nouvelles valeurs de puissance et d'orientation d'au moins un nouveau rayon ;
 - vi. Répétition de l'étape précédente tant qu'au moins un rayon modélisé suivi se propage dans l'espace compris dans la zone de désinfection, et
 - vii. Détermination d'une valeur d'irradiance finale de chaque maille et détermination du champ d'irradiance final du maillage.

[0008] Le procédé peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- Les moyens de commande et de traitement déterminent les paramètres optiques des parois délimitant la zone de désinfection.
- Le procédé comprend une étape préalable de détermination de la position et du spectre d'émission de la source ultraviolette.
- Le procédé comprend, préalablement à l'étape de génération du maillage de l'espace compris dans ladite zone de désinfection, une étape de détermination de la géométrie de l'objet à désinfecter présent dans la zone de désinfection, et d'attribution à chaque maille représentative d'une unité surfacique ou volumique de l'objet de paramètres optiques propres à l'objet.
- Les paramètres optiques de chaque maille ou des parois comprennent des données de réflexion, de transmission, d'absorption et d'émission de l'unité de surface représentative de la maille.
- les étapes v et vi de suivi de rayon comprend les sous étapes de :
 - Atteinte de la maille considérée par le rayon ;
 - Analyse des paramètres optiques de la maille atteinte ;
 - Si la puissance du rayon ayant atteint la maille est inférieure à un seuil déterminé, fin du suivi dudit rayon et détermination de la nouvelle valeur d'irradiance de la maille ;
 - Si la puissance du rayon ayant atteint la maille est supérieure au seuil déterminé et si les paramètres optiques de la maille indiquent une unité de surface opaque, détermination de la nouvelle valeur d'irradiance de la maille et détermination des nouvelles puissance et orientation du rayon ;

- Si la puissance du rayon ayant atteint la maille est supérieure au seuil déterminé et si les paramètres optiques de la maille indiquent une unité de surface formant interface, la maille surfacique étant adjacente d'une autre maille formant une unité volumique, détermination de la nouvelle valeur d'irradiance des mailles considérées, modélisation de l'émission d'un rayon lumineux réfléchi sur la maille surfacique et d'un rayon lumineux transmis dans la maille volumique et détermination concomitante des puissances et orientations de chaque rayon ;
- Répétition des étapes précédentes pour tous les rayons émis modélisés tant que la puissance du rayon considéré est supérieure à la valeur seuil.

[0009] L'invention vise également un procédé de détermination d'une durée optimale d'irradiation pour un système de désinfection par irradiation ultraviolette comprenant au moins des moyens d'irradiation ultraviolette, des parois délimitant une zone de désinfection et des moyens de commande et de traitement aptes à mettre en œuvre l'irradiation ultraviolette pendant la durée optimale déterminée, lequel procédé comprend les étapes successives de :

- Identification de la géométrie et des propriétés optiques d'au moins un objet à désinfecter ;
- Détermination d'une dose d'irradiation minimale à appliquer pour assurer la désinfection de l'objet ;
- Détermination d'un champ d'irradiance final reçu par l'objet dépendant du spectre d'émission et de la durée d'émission des moyens d'irradiation ;
- Détermination du temps d'irradiance minimal de désinfection en fonction de la dose d'irradiation et du champ d'irradiance final.

[0010] Le procédé peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- L'étape de détermination du champ d'irradiance comprend les sous étapes successives de :
 - Génération d'un maillage par discrétisation de l'espace compris dans la zone de désinfection, lequel espace comprend au moins un objet à désinfecter ;
 - Attribution à chaque maille du maillage de paramètres optiques propres, chaque maille représentant une unité volumique ou surfacique de la zone de désinfection ;
 - Initialisation d'un champ d'irradiance par attribution à chaque maille d'une valeur d'irradiance initiale ;
 - Modélisation de l'émission d'au moins un rayon lumineux de puissance et d'orientation déterminées à partir du spectre d'émission

de la source d'irradiation ;

- Suivi du rayon émis modélisé et, pour chaque maille ayant rencontré le rayon, détermination d'une nouvelle valeur d'irradiance pour ladite maille en fonction de ses paramètres géométriques et optiques, et détermination de nouvelles valeurs de puissance et d'orientation d'au moins un nouveau rayon ;
- Répétition de l'étape précédente tant qu'au moins un rayon modélisé suivi se propage dans l'espace compris dans la zone de désinfection, et
- Détermination d'une valeur d'irradiance finale de chaque maille et détermination du champ d'irradiance final du maillage.

[0011] L'invention vise enfin un système de désinfection par irradiation ultraviolette comportant au moins des moyens d'irradiation ultraviolette, des parois délimitant une zone de désinfection et des moyens de traitement et de commande aptes à mettre en œuvre au moins une routine de désinfection de durée déterminée dépendant des paramètres géométriques et optiques d'au moins un objet à désinfecter et du spectre d'émission des moyens d'irradiation ultraviolette, lesquels moyens de traitement et de commande sont configurés pour :

- Identifier la géométrie et les propriétés optiques d'au moins un objet à désinfecter ;
- Déterminer une dose d'irradiation minimale à appliquer pour assurer la désinfection de l'objet ;
- Déterminer un champ d'irradiance final reçu par l'objet dépendant du spectre d'émission et de la durée d'émission des moyens d'irradiation ;
- Déterminer la durée d'irradiance minimale de désinfection en fonction de la dose d'irradiation et du champ d'irradiance final.

[0012] Le système peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- Les moyens de traitement et de commande sont configurés pour :
 - Générer un maillage par discrétisation de l'espace compris dans la zone de désinfection, lequel espace comprend au moins un objet à désinfecter ;
 - Attribuer à chaque maille du maillage des paramètres optiques propres, chaque maille représentant une unité volumique ou surfacique de la zone de désinfection ;
 - Initialiser un champ d'irradiance par attribution à chaque maille d'une valeur d'irradiance initiale ;
 - Modéliser l'émission d'au moins un rayon lumineux de puissance et

d'orientation déterminées à partir du spectre d'émission de la source d'irradiation ;

- Suivre le rayon émis modélisé et, pour chaque maille ayant rencontré le rayon, détermination d'une nouvelle valeur d'irradiance pour ladite maille en fonction de ses paramètres géométriques et optiques, et détermination de nouvelles valeurs de puissance et d'orientation d'au moins un nouveau rayon ;
 - Répéter l'étape précédente tant qu'au moins un rayon modélisé suivi se propage dans l'espace compris dans la zone de désinfection, et
 - Déterminer une valeur d'irradiance finale de chaque maille et déterminer le champ d'irradiance final du maillage.
- La zone de désinfection comprend une enceinte adaptée pour recevoir l'objet à désinfecter, lequel système comprend un couvercle amovible entre une position d'accès à l'enceinte et une position de condamnation de l'enceinte.
 - Le système comprend au moins un réflecteur solidaire de la face interne du couvercle.
 - Le système comprend un support de l'objet à désinfecter amovible entre une position d'insertion ou de récupération de l'objet dans laquelle le support est hors de l'enceinte et une position de désinfection dans laquelle le support est logé dans l'enceinte.
 - La zone de désinfection comprend une ouverture adaptée pour venir en regard d'une surface à désinfecter.
 - Les parois de la zone de désinfection sont recouvertes d'un matériau réfléchissant.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées :

[0014] [Fig.1] La [Fig.1] représente le spectre d'émission d'une diode électroluminescente ultraviolette ;

[0015] [Fig.2] La [Fig.2] représente un schéma illustrant les différents paramètres optiques pris en compte pour la mise en œuvre du procédé de l'invention ;

[0016] [Fig.3] La [Fig.3] représente un schéma tridimensionnel illustrant une partie d'un maillage d'un objet à désinfecter présent dans la zone de désinfection ;

[0017] [Fig.4] La [Fig.4] représente une vue en perspective d'un système de désinfection selon un mode de réalisation de l'invention.

[0018] Il est tout d'abord précisé que sur les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments quelle que soit la figure sur laquelle elles apparaissent et quelle que soit la forme de représentation de ces éléments. De même, si des éléments ne sont pas

spécifiquement référencés sur l'une des figures, leurs références peuvent être aisément retrouvées en se reportant à une autre figure.

- [0019] Il est également précisé que les figures représentent essentiellement deux modes de réalisation de l'objet de l'invention mais qu'il peut exister d'autres modes de réalisation qui répondent à la définition de l'invention.
- [0020] L'invention concerne la désinfection par irradiation ultraviolette d'une surface ou d'au moins un objet. L'invention concerne plus particulièrement l'adaptation d'un temps de traitement par irradiation ultraviolette en fonction de la géométrie et des propriétés optiques de la surface ou de l'objet, pour permettre un traitement surfacique et/ou volumique optimal des objets irradiés.
- [0021] Dans la suite de la description, on parlera d'objet à désinfecter, étant entendu que l'invention est également adaptée à la désinfection de surface planes du type plans de travail.
- [0022] Le procédé de l'invention a pour but premier de déterminer un champ d'irradiance d'un système de désinfection 2 par irradiation ultraviolette, lequel système 2 comprend classiquement une source d'irradiation ultraviolette, préférentiellement une ou plusieurs diodes électroluminescentes ultraviolette (LED UV) émettant un rayonnement du type UVC, c'est-à-dire dans une gamme de longueur d'ondes comprises entre 100 et 280 nanomètres connues pour posséder des propriétés germicides. Le système de désinfection 2 comprend également une zone spatiale de désinfection 1 délimitées par des parois 3 du système 2, et des moyens de commande et de traitement. Le système de désinfection 2 sera décrit plus précisément ci-après.
- [0023] L'irradiance quantifie la puissance d'un rayonnement électromagnétique frappant par unité de surface perpendiculaire à la direction dudit rayonnement. En d'autres termes, l'irradiance est la densité surfacique du flux énergétique arrivant au point considéré de la surface. L'irradiance s'exprime en Watts par m².
- [0024] Le champ d'irradiance dépend des propriétés de l'objet à désinfecter 12 et des propriétés de la source d'irradiation du système de désinfection. Le procédé de détermination du champ d'irradiance est mis en œuvre par des moyens informatiques, par exemple un ordinateur comprenant une unité de traitement des données et des moyens de stockage des données.
- [0025] Par propriétés de la source d'irradiation, on entend d'une part sa puissance d'émission, et d'autre part son spectre d'émission 7. Le spectre d'émission 7 d'une source lumineuse détermine le pourcentage d'intensité de l'émission lumineuse par rapport à une intensité de référence en fonction de l'angle d'émission de la source lumineuse. A titre d'exemple et en référence à la [Fig.1], pour une diode électroluminescente ultraviolette (LED UV), un rayon émis selon un angle nul par rapport à une direction normale à la LED UV aura une intensité égale à 100% de l'intensité de

référence, tandis qu'un rayon émis selon un angle de 60 degrés par rapport à la direction normale à la LED UV aura une intensité égale à 50% de l'intensité de référence.

- [0026] Par propriétés de l'objet, on entend ses propriétés géométriques d'une part, et ses propriétés optiques d'autre part. Les propriétés optiques sont déduites des paramètres optiques liés à la surface ou au volume de l'objet, et sont classifiés de la façon suivante en référence à la [Fig.2].
- [0027] Si l'objet est opaque, c'est-à-dire qu'il ne permet pas la propagation du rayon 6 dans son volume interne mais seulement son absorption 10, alors une partie du rayon 8, 9 heurtant la surface de l'objet 12 est réfléchi tandis qu'une seconde partie du rayon 10 est absorbée dans le volume interne du matériau constituant l'objet 12. En outre, une première portion 8 du rayon réfléchi l'est de manière spéculaire, tandis qu'une seconde portion 9 du rayon réfléchi l'est de manière diffuse.
- [0028] La quantité réfléchi 8, 9 par rapport à la quantité absorbée 10, de même que la quantité réfléchi de manière spéculaire 8 par rapport à la quantité réfléchi de manière diffuse 9 dépend du matériau dont est fait l'objet 12, et les moyens informatiques comprennent des tables associant les caractéristiques des matériaux dits opaques avec leurs paramètres optiques propres.
- [0029] Si l'objet 12 possède une certaine transparence, d'autres paramètres optiques entrent en jeu. En effet dans ce cas, une partie du rayon lumineux ultraviolet heurtant la surface de l'objet 12 se propagera dans le volume interne de l'objet. Dans ce cas, en plus d'être réfléchi en partie, une portion 11 du rayon va être transmise dans le volume interne de l'objet 12, et l'orientation du rayon transmis 11 dépend directement du ou des indices de réfraction de l'objet 12. La quantité de lumière réfléchi 8, 9 par rapport à la quantité de lumière transmise 11 dépend encore une fois des propriétés optiques du matériau dont est fait l'objet 12, et les moyens informatiques comprennent des tables associant les caractéristiques des matériaux dits transparents avec leurs paramètres optiques propres.
- [0030] Au cours de la première étape du procédé de détermination d'un champ d'irradiance, des informations relatives à la source d'irradiation sont prises en compte par les moyens informatiques. Ces informations sont le type et le nombre de source, ainsi que leur position, leur puissance et leur spectre d'émission
- [0031] Au cours de la deuxième étape du procédé, les moyens informatiques discrétisent l'espace compris dans la zone de désinfection 1 en générant un maillage 4. Bien entendu, si la zone de désinfection 1 comprend un objet à désinfecter 12, le maillage généré 4 tiendra compte de cet objet 12 qui fait partie intégrante de l'espace compris dans la zone de désinfection 1. En particulier, les moyens informatiques tiennent compte de la géométrie de l'objet 12 présent dans la zone de désinfection 1. Cette

géométrie peut être préalablement déterminée à l'aide d'un dispositif du type scanner tridimensionnel, et le fichier numérique créé représentatif de cette géométrie enregistré dans les moyens de stockage des moyens informatiques. Un tel exemple de maillage 4 réalisé sur un objet 12 à désinfecter est représenté en [Fig.3]. Seules quelques mailles 5 sont représentées sur la [Fig.3], mais il est entendu que les moyens informatiques génèrent un maillage 4 dans tout l'espace et sur l'ensemble de l'objet 12 compris dans la zone de désinfection 1.

- [0032] Le maillage 4 comprend donc une pluralité de mailles 5, chacune représentant soit une unité de surface soit une unité de volume. Dans la suite de la description, une unité de surface sera nommée maille surfacique tandis qu'une unité volumique sera nommée maille volumique. A titre d'exemple, les mailles surfaciques représentent une unité de surface d'un objet 12 si ce dernier est opaque, ou une unité d'interface entre deux milieux pouvant avoir des indices de réfraction différents si l'objet est en partie transparent, et les mailles volumiques représentent le volume interne de l'objet et le milieu environnant contenu dans la zone de désinfection 1. Le milieu environnant est par exemple un gaz ou un liquide. En particulier, une maille volumique est adjacente d'une ou plusieurs mailles surfaciques.
- [0033] Au cours de la troisième étape du procédé, chaque maille 5 du maillage 4 se voit attribuer des paramètres optiques propres, qui dépendent du matériau formant l'objet à désinfecter 12 et du milieu formant le reste de l'espace de la zone de désinfection 1. En outre, les moyens informatiques attribuent également des paramètres optiques aux parois 3 du système de désinfection 2 délimitant la zone de désinfection 1, lesquelles parois font également partie de l'espace contenu dans la zone de désinfection 1. En d'autres termes, le maillage généré 4 prend également en compte les parois 3 délimitant la zone de désinfection 1. Enfin, les moyens informatiques attribuent à chaque maille 5 une irradiance initiale, préférentiellement zéro Watts par m².
- [0034] Au cours de la quatrième étape, les moyens informatiques modélisent l'émission d'une pluralité de rayons lumineux 6, chaque rayon émis modélisé 6 ayant des caractéristiques de puissance et d'orientation déterminées au moment de son émission, lesquelles caractéristiques sont déterminées par les moyens informatiques à partir de la puissance et du spectre d'émission 7 de la source d'irradiation considérée.
- [0035] La modélisation de rayons est mise en œuvre par exemple à l'aide d'algorithmes stochastiques et probabiliste, notamment des algorithmes randomisés du type Monte-Carlo. Ce type d'algorithmes permettent la génération d'un grand nombre de rayons, augmentant la précision de la détermination du champ d'irradiance.
- [0036] Au cours de la cinquième étape, chaque rayon modélisé 6 ; 8 – 11 fait l'objet d'un suivi par les moyens informatiques, et ses caractéristiques de puissance et d'orientation sont recalculés par lesdits moyens informatiques dès que l'un des rayons modélisés 6 ;

8 – 11 rencontre une maille 5, en fonction des paramètres géométriques et optiques de la maille considérée 5. Plus précisément, cette cinquième étape comprend les sous-étapes successives suivantes.

- [0037] Au cours d'une première sous-étape, les moyens informatiques détectent qu'un rayon modélisé 6 ; 8 – 11 de puissance et d'orientation déterminées atteint une maille considérée 5.
- [0038] Au cours d'une deuxième sous-étape, les moyens informatiques analysent les paramètres optiques de la maille considérée 5 et l'orientation du rayon 6 ; 8 – 11 par rapport à la surface représentative de la maille 5.
- [0039] Au cours d'une troisième sous-étape, plusieurs situations peuvent être analysées par les moyens informatiques.
- [0040] Dans une première situation, les moyens informatiques déterminent que la puissance du rayon 6 ; 8 – 11 atteignant une maille considérée 5 est inférieure à une valeur seuil enregistrée dans les moyens de stockage, alors les moyens informatiques arrêtent le suivi du rayon considéré qui est considéré totalement absorbé 10 par l'objet 12 au niveau de la maille considérée 5. Les moyens informatiques attribuent alors une nouvelle valeur d'irradiance à la maille considérée 5.
- [0041] Pour les deuxième et troisième situations, les moyens informatiques déterminent que la puissance du rayon 6, 8, 9, 11 atteignant une maille considérée 5 est supérieure à la valeur seuil.
- [0042] Dans la deuxième situation, les moyens informatiques déterminent que la maille analysée 5 est du type opaque, alors ils attribuent une nouvelle valeur d'irradiance à la maille 5 en fonction de la quantité absorbée 10 par l'objet 12 et déterminent les nouvelles puissance et orientation du rayon réfléchi 8, 9.
- [0043] Dans une deuxième situation, les moyens informatiques déterminent que la maille analysée 5 est du type interface entre deux milieux dont les indices de réfraction peuvent être différents, la maille 5 formant de fait une unité surfacique directement adjacente d'une maille volumique 5, alors lesdits moyens informatiques modélisent deux nouveaux rayons – respectivement un rayon réfléchi 8 et un rayon transmis 11 – dont le point d'émission commun correspond au point de rencontre entre le rayon initial 6 et la surface de la maille considérée 5. Concomitamment, les moyens informatiques attribuent une nouvelle valeur d'irradiance à la maille 5 et déterminent les puissances et orientations du rayon réfléchi 8 et du rayon transmis 11. Les trois sous-étapes sont répétées pour ces rayons réfléchis 8 et transmis 11 nouvellement modélisés.
- [0044] Toutes ces sous-étapes sont répétées tant qu'il subsiste un rayon émis modélisé 6 ; 8 – 11 dont la puissance est supérieure à la valeur seuil.
- [0045] Enfin, dès que tous les rayons modélisés 6 ; 8 – 11 ont été absorbés par le milieu et l'objet 12 compris dans la zone de désinfection 1, les moyens informatiques dé-

terminent une valeur d'irradiance finale pour chaque maille 5 du maillage 4 et déterminent un champ d'irradiance final de la zone de désinfection 1. Les moyens informatiques sont alors à même de représenter une carte du champ d'irradiance finale.

[0046] Ainsi, connaissant le champ d'irradiance finale prenant en compte les caractéristiques techniques du système de désinfection 2 et les caractéristiques géométriques et optiques de l'objet à désinfecter 12, l'invention propose un procédé de détermination d'une durée optimale d'irradiation d'un objet déterminé 12 par un système de désinfection déterminé 2. Ce procédé, mis en œuvre par les moyens informatiques, comprend les étapes suivantes.

[0047] La première étape consiste en la détermination de la dose d'irradiation ultraviolette nécessaire à la bonne désinfection de l'objet considéré 12. Cette dose d'irradiation UV dépend d'une part de l'effet germicide recherché (c'est-à-dire quel type de pathogène doit être éliminé), et d'autre part de l'objet à désinfecter 12 et de ses propriétés géométriques et optiques. De manière avantageuse, les moyens de stockage des moyens informatiques comprennent des bases de données permettant d'associer une dose d'irradiation UV nécessaire à un objet 12 aux formes géométriques et aux propriétés optiques connus et à un pathogène particulier.

[0048] La deuxième étape consiste à déterminer le champ d'irradiance lié aux caractéristiques techniques du système de désinfection 2 et aux caractéristiques de l'objet à désinfecter 12. Ce champ d'irradiance est déterminé selon le procédé de détermination d'un champ d'irradiance décrit ci-dessus.

[0049] La troisième étape consiste en la détermination d'une durée d'irradiation optimale pour obtenir un effet germicide sur un ou plusieurs pathogènes donnés, en fonction du champ d'irradiance et de la dose d'irradiation nécessaires déterminées, laquelle durée est enregistrée dans les moyens de stockage des moyens informatiques et associée aux propriétés géométriques et optiques de l'objet considéré 12.

[0050] Enfin, et de manière avantageuse, les moyens de stockage des moyens informatiques comprennent une base de données des durées optimales de désinfection pour un ou plusieurs pathogènes donnés, lesquelles durées sont associées aux propriétés géométriques et optiques d'objets à désinfecter 12.

[0051] L'invention propose enfin un système de désinfection 2 par irradiation ultraviolette, comprenant des moyens d'irradiation, notamment des LEDS UV émettant un rayonnement du type UVC, des parois 3 délimitant une zone de désinfection 1 et pouvant être recouvertes d'un matériau réfléchissant pour améliorer la désinfection, ainsi que des moyens de traitement et de commande apte à mettre en œuvre au moins une routine de désinfection de durée déterminée.

[0052] Selon l'invention, le système de désinfection 2 comprend plusieurs routines de désinfection qui sont enregistrées dans des moyens de stockage des moyens de traitement

et de commande et dont les durées respectives sont adaptées au type d'objet 12 devant être désinfecté. A titre d'exemple, le système de désinfection 2 pourra comprendre une routine pour désinfecter un téléphone portable, une autre routine pour désinfecter des masques chirurgicaux en matériau textile et une autre routine pour désinfecter un plan de travail ou une paillasse de laboratoire. Ces exemples sont bien entendu non limitatifs.

- [0053] Les durées de ces routines sont obtenus par la mise en œuvre du procédé de détermination d'une durée optimale d'irradiation d'un objet déterminé 12 par un système de désinfection déterminé 2, lequel procédé est décrit ci-dessus.
- [0054] En outre, le système de désinfection 2 comprend une interface utilisateur lui permettant de sélectionner la routine considérée, et le cas échéant de sélectionner la puissance et le spectre d'émission des moyens d'irradiation.
- [0055] Selon une première variante de réalisation non représentée, la zone de désinfection 1 du système comprend une ouverture adaptée pour venir en regard d'une surface du type plan de travail à désinfecter.
- [0056] Selon une autre variante de réalisation représentée en [Fig.4], le système de désinfection 2 comprend une enceinte 13 adaptée pour recevoir au moins un objet à désinfecter 12 et dont les parois 3 délimitent la zone de désinfection 1. De manière avantageuse, le système de désinfection 2 comprend un support 16 destiné à maintenir l'objet 12 dans l'enceinte 13 à distance des parois de ladite enceinte 13, lequel support 16 est amovible entre une position hors enceinte pour permettre l'insertion ou la récupération de l'objet 12, et une position de désinfection dans laquelle le support 16 est logé dans l'enceinte 13.
- [0057] Ce support comprend une base 17, préférentiellement réalisée en matériau réfléchissant pour augmenter l'efficacité de la désinfection, et des éléments de maintien 18 de l'objet chacun formé d'une tige en U réalisée dans le même matériau que la base 17 et dont les extrémités sont solidaires de ladite base 17. Ces éléments de maintien 18 permettent de maintenir l'objet 12 afin que ce dernier présente la plus grande surface possible dans l'enceinte 13 pour optimiser sa désinfection.
- [0058] Enfin, le système de désinfection 2 comprend un couvercle amovible 14 entre une position d'ouverture permettant l'accès à l'enceinte 13 et une position de verrouillage condamnant l'accès à l'enceinte 13. Le système de désinfection 2 peut également comprendre un contacteur de sécurité qui empêche l'alimentation de la source d'irradiation si l'enceinte 13 n'est pas condamnée, c'est-à-dire si le couvercle 14 n'est pas en position verrouillée. La surface interne du couvercle 14 peut être recouverte d'un matériau réfléchissant 15 pour encore améliorer la réflexion des rayons UV et ainsi améliorer la désinfection de l'objet 12.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de détermination d'un champ d'irradiance dans une zone de désinfection (1) d'un système de désinfection (2) par irradiation ultraviolette, lequel système comprend au moins des moyens d'irradiation ultraviolette, des parois (3) délimitant la zone de désinfection (1) et des moyens de commande et de traitement, lequel procédé comprend les étapes successives de :
- i. Génération d'un maillage (4) par discrétisation de l'espace compris dans la zone de désinfection (1), lequel espace comprend au moins un objet à désinfecter (12) ;
 - ii. Attribution à chaque maille (5) du maillage (4) de paramètres optiques propres, chaque maille (4) représentant une unité volumique ou surfacique de la zone de désinfection (1) ;
 - iii. Initialisation d'un champ d'irradiance par attribution à chaque maille (5) d'une valeur d'irradiance initiale ;
 - iv. Modélisation de l'émission d'au moins un rayon lumineux (6) de puissance et d'orientation déterminées ;
 - v. Suivi du rayon émis modélisé (6) et, pour chaque maille (5) ayant rencontré le rayon (6), détermination d'une nouvelle valeur d'irradiance pour ladite maille (5) en fonction de ses paramètres géométriques et optiques, et détermination de nouvelles valeurs de puissance et d'orientation d'au moins un nouveau rayon (8 – 11) ;
 - vi. Répétition de l'étape précédente tant qu'au moins un rayon modélisé suivi (6 ; 8 – 11) se propage dans l'espace compris dans la zone de désinfection (2), et
 - vii. Détermination d'une valeur d'irradiance finale de chaque maille (5) et détermination du champ d'irradiance final du maillage (4).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les moyens de commande et de traitement déterminent les paramètres optiques des parois (3) délimitant la zone de désinfection (1).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable de détermination de la position et du spectre d'émission (7) de la source ultraviolette.

- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend, préalablement à l'étape de génération du maillage (4) de l'espace compris dans ladite zone de désinfection (1), une étape de détermination de la géométrie de l'objet (12) à désinfecter présent dans la zone de désinfection (1), et d'attribution à chaque maille (5) représentative d'une unité surfacique ou volumique de l'objet (12) de paramètres optiques propres à l'objet (12).
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les paramètres optiques de chaque maille (5) ou des parois (3) comprennent des données de réflexion, de transmission, d'absorption et d'émission de l'unité de surface représentative de la maille (5).
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les étapes v et vi de suivi de rayon (6 ; 8 – 11) comprend les sous étapes de :
- Atteinte de la maille (5) considérée par le rayon (6 ; 8 – 11) ;
 - Analyse des paramètres optiques de la maille atteinte (5) ;
 - Si la puissance du rayon (6 ; 8 – 11) ayant atteint la maille (5) est inférieure à un seuil déterminé, fin du suivi dudit rayon (6 ; 8 – 11) et détermination de la nouvelle valeur d'irradiance de la maille (5) ;
 - Si la puissance du rayon ayant atteint la maille (5) est supérieure au seuil déterminé et si les paramètres optiques de la maille (5) indiquent une unité de surface opaque, détermination de la nouvelle valeur d'irradiance de la maille (5) et détermination des nouvelles puissance et orientation du rayon (8 – 10) ;
 - Si la puissance du rayon ayant atteint la maille (5) est supérieure au seuil déterminé et si les paramètres optiques de la maille (5) indiquent une unité de surface formant interface, la maille (5) surfacique étant adjacente d'une autre maille (5) formant une unité volumique, détermination de la nouvelle valeur d'irradiance des mailles considérées (5), modélisation de l'émission d'un rayon lumineux réfléchi (8) sur la maille (5) surfacique et d'un rayon lumineux transmis (11) dans la maille (5) volumique et détermination concomitante des puissances et orientations de chaque rayon (8, 11) ;

- Répétition des étapes précédentes pour tous les rayons émis modélisés (6 ; 8 – 11) tant que la puissance du rayon considéré est supérieure à la valeur seuil.

[Revendication 7] Procédé de détermination d'une durée optimale d'irradiation pour un système de désinfection (2) par irradiation ultraviolette comprenant au moins des moyens d'irradiation ultraviolette, des parois (3) délimitant une zone de désinfection (1) et des moyens de commande et de traitement aptes à mettre en œuvre l'irradiation ultraviolette pendant la durée optimale déterminée, lequel procédé comprend les étapes successives de :

- Identification de la géométrie et des propriétés optiques d'au moins un objet à désinfecter (12) ;
- Détermination d'une dose d'irradiation minimale à appliquer pour assurer la désinfection de l'objet (12) ;
- Détermination d'un champ d'irradiance final reçu par l'objet (12) dépendant du spectre d'émission (7) et de la durée d'émission des moyens d'irradiation ;
- Détermination du temps d'irradiance minimal de désinfection en fonction de la dose d'irradiation et du champ d'irradiance final ;

[Revendication 8] Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de détermination du champ d'irradiance comprend les sous étapes successives de :

- Génération d'un maillage (4) par discrétisation de l'espace compris dans la zone de désinfection (1), lequel espace comprend au moins un objet à désinfecter (12) ;
- Attribution à chaque maille (5) du maillage (4) de paramètres optiques propres, chaque maille (4) représentant une unité volumique ou surfacique de la zone de désinfection (1) ;
- Initialisation d'un champ d'irradiance par attribution à chaque maille (5) d'une valeur d'irradiance initiale ;
- Modélisation de l'émission d'au moins un rayon lumineux (6) de puissance et d'orientation déterminées à partir du spectre d'émission (7) de la source d'irradiation ;

- Suivi du rayon émis modélisé (6) et, pour chaque maille (5) ayant rencontré le rayon (6), détermination d'une nouvelle valeur d'irradiance pour ladite maille (5) en fonction de ses paramètres géométriques et optiques, et détermination de nouvelles valeurs de puissance et d'orientation d'au moins un nouveau rayon (8 – 11) ;
- Répétition de l'étape précédente tant qu'au moins un rayon modélisé suivi (6 ; 8 – 11) se propage dans l'espace compris dans la zone de désinfection (2), et
- Détermination d'une valeur d'irradiance finale de chaque maille (5) et détermination du champ d'irradiance final du maillage (4).

[Revendication 9]

Système de désinfection (2) par irradiation ultraviolette comportant au moins des moyens d'irradiation ultraviolette, des parois (3) délimitant une zone de désinfection (1) et des moyens de traitement et de commande aptes à mettre en œuvre au moins une routine de désinfection de durée déterminée dépendant des paramètres géométriques et optiques d'au moins un objet (12) à désinfecter et du spectre d'émission (7) des moyens d'irradiation ultraviolette, lesquels moyens de traitement et de commande sont configurés pour :

- Identifier la géométrie et les propriétés optiques d'au moins un objet à désinfecter (12) ;
- Déterminer une dose d'irradiation minimale à appliquer pour assurer la désinfection de l'objet (12) ;
- Déterminer un champ d'irradiance final reçu par l'objet (12) dépendant du spectre d'émission (7) et de la durée d'émission des moyens d'irradiation ;
- Déterminer la durée d'irradiance minimale de désinfection en fonction de la dose d'irradiation et du champ d'irradiance final.

[Revendication 10]

Système selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les moyens de traitement et de commande sont configurés pour :

- Générer un maillage (4) par discrétisation de l'espace compris dans la zone de désinfection (1), lequel espace comprend au

moins un objet à désinfecter (12) ;

- Attribuer à chaque maille (5) du maillage (4) des paramètres optiques propres, chaque maille (4) représentant une unité volumique ou surfacique de la zone de désinfection (1) ;
- Initialiser un champ d'irradiance par attribution à chaque maille (5) d'une valeur d'irradiance initiale ;
- Modéliser l'émission d'au moins un rayon lumineux (6) de puissance et d'orientation déterminées à partir du spectre d'émission (7) de la source d'irradiation ;
- Suivre le rayon émis modélisé (6) et, pour chaque maille (5) ayant rencontré le rayon (6), détermination d'une nouvelle valeur d'irradiance pour ladite maille (5) en fonction de ses paramètres géométriques et optiques, et détermination de nouvelles valeurs de puissance et d'orientation d'au moins un nouveau rayon (8 – 11) ;
- Répéter l'étape précédente tant qu'au moins un rayon modélisé suivi (6 ; 8 – 11) se propage dans l'espace compris dans la zone de désinfection (2), et
- Déterminer une valeur d'irradiance finale de chaque maille (5) et déterminer le champ d'irradiance final du maillage (4).

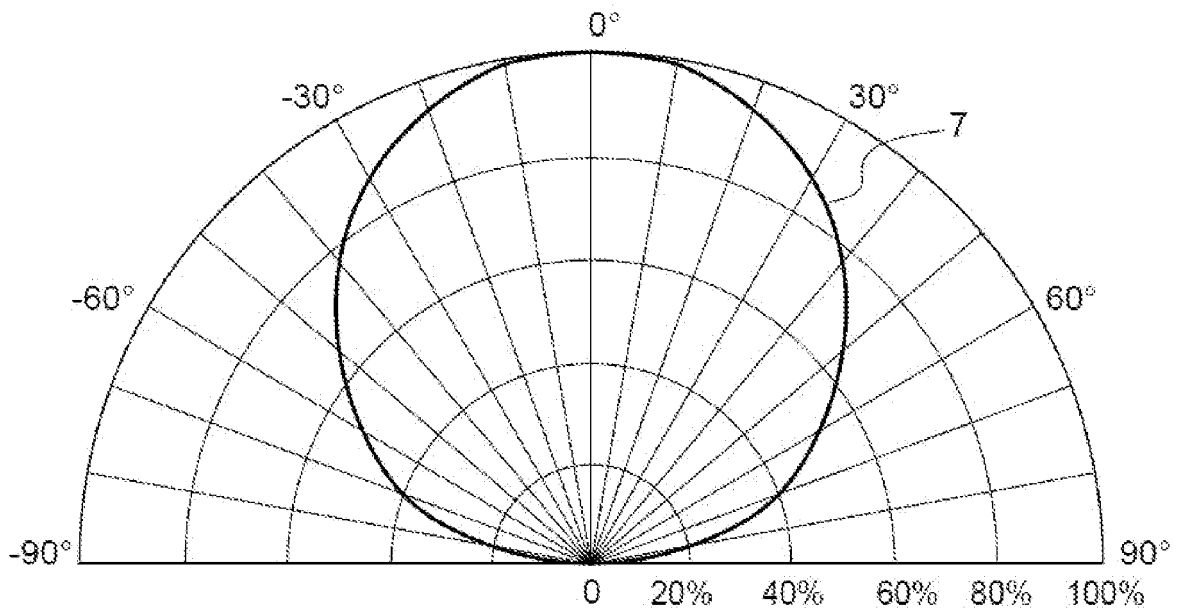
- [Revendication 11] Système (2) selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que la zone de désinfection (1) comprend une enceinte (13) adaptée pour recevoir l'objet à désinfecter (12), lequel système (2) comprend un couvercle amovible (14) entre une position d'accès à l'enceinte (13) et une position de condamnation de l'enceinte (13).
- [Revendication 12] Système (2) selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un réflecteur (15) solidaire de la face interne du couvercle (14).
- [Revendication 13] Système (2) selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend un support (16) de l'objet à désinfecter (12) amovible entre une position d'insertion ou de récupération de l'objet (12) dans laquelle le support (16) est hors de l'enceinte (13) et une position de désinfection dans laquelle le support (16) est logé dans l'enceinte (13).
- [Revendication 14] Système (2) selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que la zone de désinfection (1) comprend une ouverture adaptée pour venir en

regard d'une surface à désinfecter.

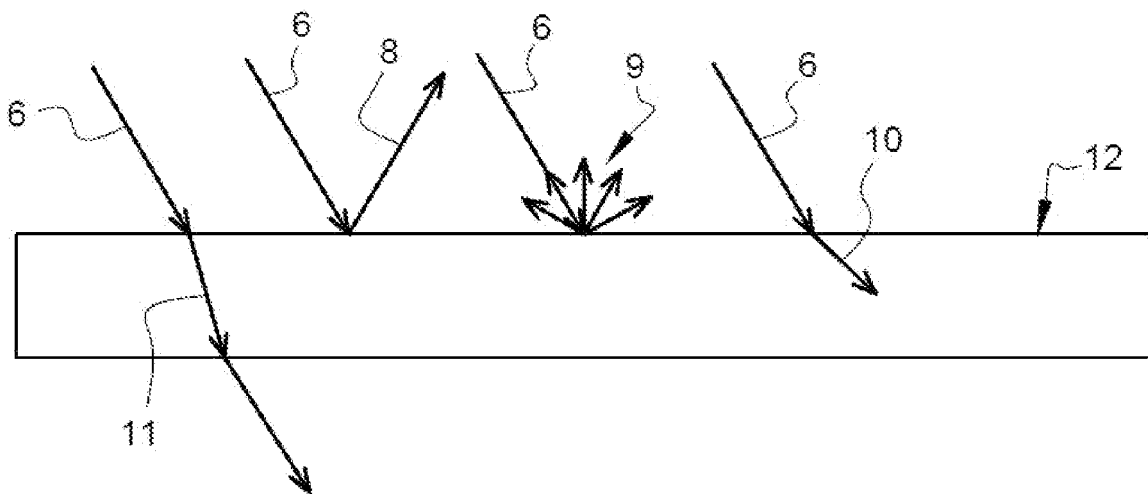
[Revendication 15]

Système (2) selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que les parois de la zone de désinfection (1) sont recouvertes d'un matériau réfléchissant.

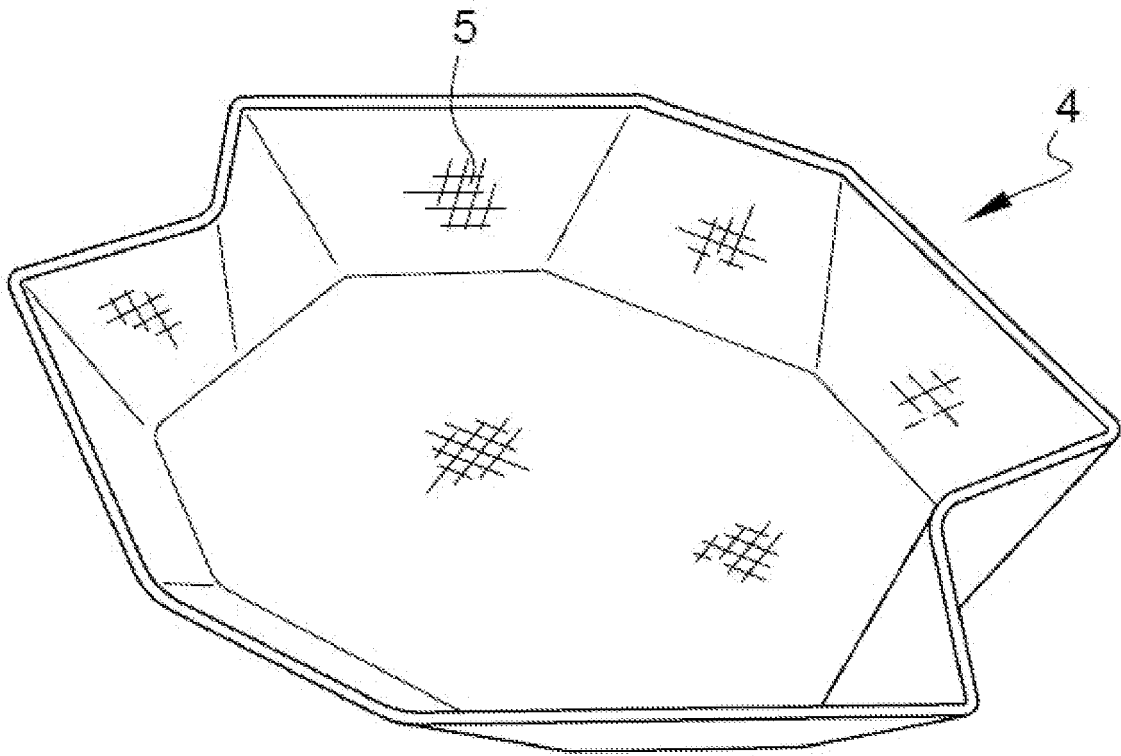
[Fig. 1]



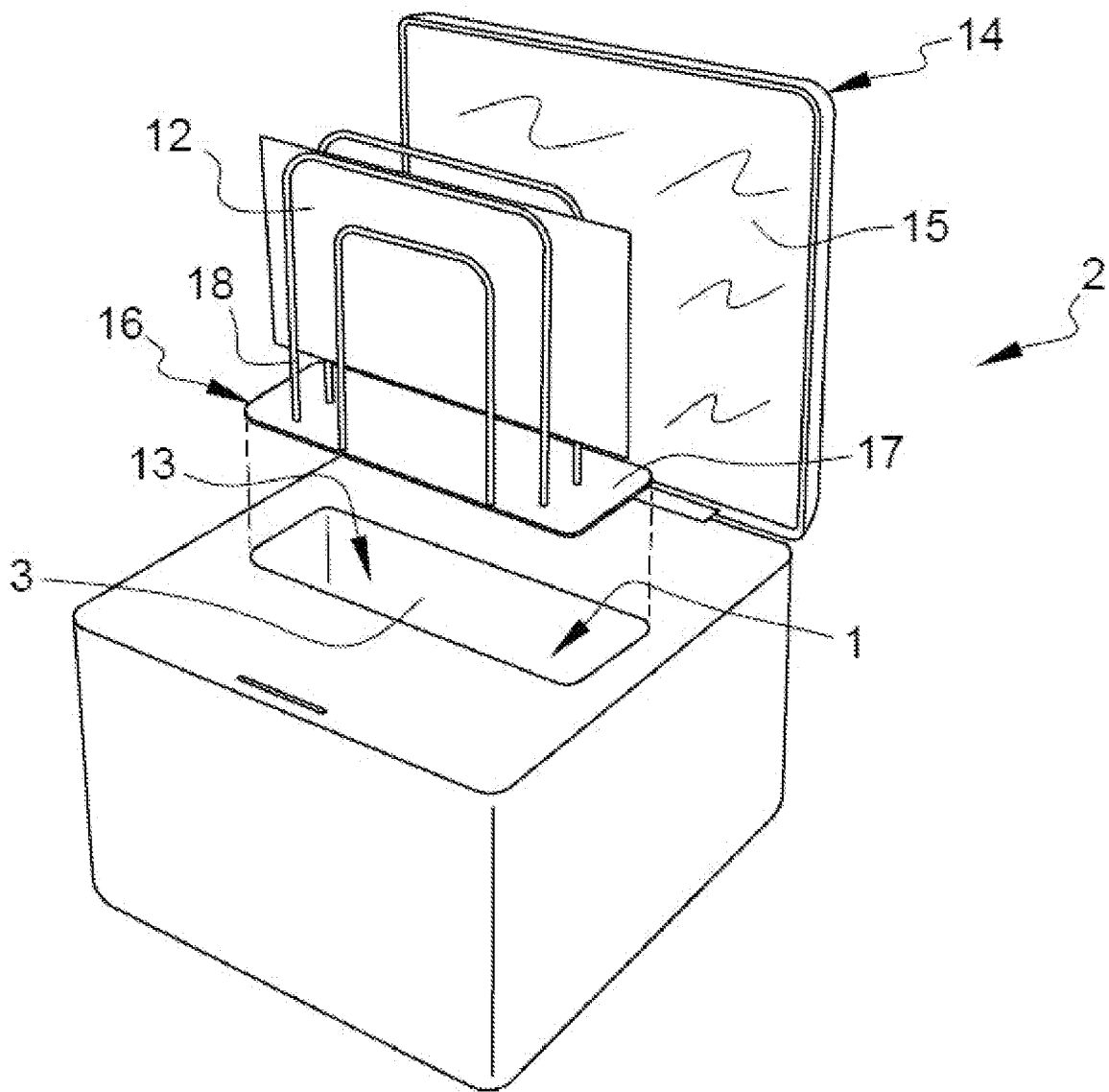
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US2014202962 A1 (BILENKO YURI [US] ET AL) 24 juillet 2014 (2014-07-24)

FR3009406 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 6 février 2015 (2015-02-06)

WO02082027 A2 (UNIV TOULOUSE [FR]; GASTELLU-ETCHEGORRY PHILIPPE [FR]) 17 octobre 2002 (2002-10-17)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT