

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 145 251

②1 N° d'enregistrement national : 23 00659

⑤1 Int Cl⁸ : H 02 S 40/10 (2023.01), H 02 S 40/30

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 24.01.23.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.07.24 Bulletin 24/30.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : VISION Société par Actions Simplifiée — FR, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public — FR, UNIVERSITE POLYTECHNIQUE HAUTS-DE-FRANCE Etablissement public — FR, UNIVERSITE DE LILLE Etablissement public — FR et CENTRALE LILLE INSTITUT Etablissement public — FR.

⑦② Inventeur(s) : BAUDOIN Michaël, BOU MATAR LACAZE Olivier, CHRISTOPOULOS Nikolaos et AL SAHELRY Roudy.

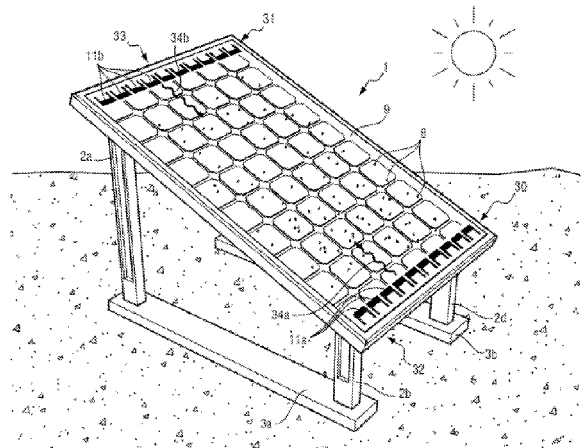
⑦③ Titulaire(s) : VISION Société par Actions Simplifiée, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public, UNIVERSITE POLYTECHNIQUE HAUTS-DE-FRANCE Etablissement public, UNIVERSITE DE LILLE Etablissement public, CENTRALE LILLE INSTITUT Etablissement public.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BOETTCHER.

⑤④ Nettoyage d'un panneau photovoltaïque par émission d'ondes acoustiques.

⑤⑦ Panneau photovoltaïque (1) comportant une plaque de protection (5) comprenant une face externe (9), et un dispositif de nettoyage agencé pour nettoyer une surface de ladite face externe, le dispositif de nettoyage comprenant au moins un transducteur (11) couplé acoustiquement avec la plaque de protection (5), et un système électrique de pilotage agencé pour générer un signal électrique et l'appliquer entre des bornes du transducteur, et produire ainsi une onde acoustique se propageant dans la plaque de protection, l'onde acoustique étant une onde de surface ou une onde de Lamb, et étant telle que, sous l'effet de l'onde acoustique, des éléments à l'état solide (8), tels que des grains de sable ou des particules de poussière, pouvant se trouver sur la surface de la face externe, sont déplacés et évacués de ladite surface.

FIGURE DE L'ABREGE : Fig.1



FR 3 145 251 - A1



Description

Titre de l'invention : Nettoyage d'un panneau photovoltaïque par émission d'ondes acoustiques

- [0001] L'invention concerne le domaine du nettoyage des plaques de protection des panneaux photovoltaïques.
- [0002] ARRIERE PLAN DE L'INVENTION
- [0003] Le rendement d'un panneau photovoltaïque particulier est le paramètre essentiel qui, combiné avec son coût et sa robustesse, détermine la compétitivité dudit panneau sur le marché mondial des panneaux photovoltaïques.
- [0004] Or, il est connu que les panneaux photovoltaïques perdent chaque jour de leur efficacité du fait de l'accumulation d'éléments à l'état solide, qui se collent sur la face externe de la plaque de protection (appelée aussi « vitre de protection », ou simplement « vitre ») des panneaux photovoltaïques et qui obstruent la lumière. Ces éléments à l'état solide sont par exemple des grains de sable, des particules de poussière, de la terre, des insectes, des fientes d'oiseaux, etc.
- [0005] Cet effet, présent sur l'ensemble des panneaux photovoltaïques, est particulièrement critique lorsque ceux-ci sont installés dans des zones chaudes et arides où les quantités de sable et de poussière susceptibles de se déposer sur les panneaux photovoltaïques sont importantes, où la condensation nocturne a pour effet de créer une forte adhérence du sable et de la poussière, et où l'absence de précipitation empêche le nettoyage naturel des panneaux photovoltaïques.
- [0006] Ainsi, les panneaux photovoltaïques installés dans les zones chaudes et arides perdent chaque jour en moyenne 1% de leur efficacité de production énergétique (perte de 2% le 2ème jour, de 3% le 3ème jour, et ainsi de suite) jusqu'au jour du nettoyage.
- [0007] Il existe un risque supplémentaire avec les fientes d'oiseau, qui obstruent totalement la plaque de protection sur une surface très localisée et qui risquent ainsi de provoquer la destruction de la cellule photovoltaïque située dessous.
- [0008] Le nettoyage des panneaux photovoltaïques, aujourd'hui, nécessite de déplacer des opérateurs sur site, qui nettoient manuellement les panneaux. Le déplacement des opérateurs est complexe à organiser lorsque les panneaux photovoltaïques sont positionnés dans des zones isolées. Par ailleurs, dans le cas de fermes photovoltaïques étendues, un nombre élevé d'opérateurs est nécessaire. Ces opérateurs utilisent une quantité d'eau importante pour nettoyer les panneaux.
- [0009] Le nettoyage manuel conduit donc à des dépenses d'exploitation élevées, et pose par ailleurs le problème de la garantie de ces panneaux en cas d'endommagement par les opérateurs en charge du nettoyage.

- [0010] On connaît des solutions de l'art antérieur, automatiques ou semi-automatiques, qui ont été développées pour pallier les difficultés qui viennent d'être évoquées.
- [0011] Parmi ces solutions, on trouve notamment une solution basée sur l'utilisation de robots qui se déplacent sur la face externe de la plaque de protection des panneaux photovoltaïques. Les robots sont munis de brosses et nettoient la face externe en utilisant ces brosses.
- [0012] Cette solution présente un certain nombre d'inconvénients.
- [0013] Tout d'abord, les robots comprennent des batteries et des pièces d'usure qui nécessitent une maintenance régulière ainsi que des pièces complexes qui présentent donc une durée de vie limitée, très inférieure à la durée de garantie du panneau photovoltaïque, qui est de 25 ans typiquement.
- [0014] Ces robots sont de plus relativement coûteux, ce qui est problématique car, comme on l'a vu plus tôt, le coût d'exploitation du panneau est un critère déterminant pour son attractivité.
- [0015] De plus, les brosses peuvent, sur le long terme, endommager les traitements anti-reflet qui ont été appliqués sur la face externe de la plaque de protection du panneau.
- [0016] Par ailleurs, la présence de pièces mécaniques d'usure rend nécessaire la maintenance régulière de ces robots.
- [0017] De plus, les robots ne peuvent pas couvrir simultanément la totalité d'une ferme de panneaux photovoltaïques, de sorte que, malgré leur utilisation, le sable et la poussière réduisent nécessairement la productivité des panneaux.
- [0018] **OBJET DE L'INVENTION**
- [0019] L'invention a pour objet de nettoyer efficacement la face externe de la plaque de protection d'un panneau photovoltaïque, de manière automatique, simple, peu coûteuse, sans nécessiter d'apport artificiel d'eau ni d'opérations de maintenance, et en limitant la détérioration de ladite face externe.

Résumé de l'invention

- [0020] En vue de la réalisation de ce but, on propose un panneau photovoltaïque comportant une plaque de protection comprenant une face externe, et un dispositif de nettoyage agencé pour nettoyer une surface de ladite face externe, le dispositif de nettoyage comprenant au moins un transducteur couplé acoustiquement avec la plaque de protection, et un système électrique de pilotage agencé pour :
- [0021] - générer un signal électrique ;
- [0022] - appliquer le signal électrique entre des bornes du transducteur, et produire ainsi une onde acoustique se propageant dans la plaque de protection, l'onde acoustique étant une onde de surface ou une onde de Lamb, et étant telle que, sous l'effet de l'onde acoustique, des éléments à l'état solide, tels que des grains de sable ou des particules

de poussière, pouvant se trouver sur la surface de la face externe, sont déplacés sur ladite surface pour être évacués de ladite surface.

- [0023] Le dispositif de nettoyage utilise donc des ondes acoustiques de surface ou des ondes de Lamb, pour déplacer et évacuer de la face externe de la plaque de protection des éléments à l'état solide qui polluent ladite face externe.
- [0024] Le dispositif de nettoyage fonctionne de manière automatique. Il ne nécessite pas d'opération manuelle, ni d'apport artificiel d'eau (ce qui est un gros avantage pour nettoyer les panneaux photovoltaïques situés dans des zones arides).
- [0025] Le nettoyage n'utilise pas de brosse, ce qui réduit très nettement la détérioration sur le long terme de la face externe de la plaque de protection. Le dispositif de nettoyage ne nécessite pas d'opération de maintenance. Les composants utilisés pour générer l'onde acoustique (électronique, transducteurs) sont peu coûteux et très simples de sorte que leur utilisation ne réduit pas la durée de vie globale ni la fiabilité du panneau photovoltaïque.
- [0026] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, dans lequel une fréquence de l'onde acoustique est comprise entre 1 MHz et 100 MHz.
- [0027] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, dans lequel les éléments à l'état solide sont déplacés et évacués directement via une force produite par l'onde acoustique et transmise par un contact entre la surface et les éléments à l'état solide.
- [0028] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, dans lequel l'onde acoustique se propage dans la plaque de protection dans une direction de propagation et dans un premier sens, et dans lequel, sous l'effet de l'onde acoustique, les éléments à l'état solide se déplacent sur la surface dans ladite direction de propagation mais dans un deuxième sens opposé au premier sens.
- [0029] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, dans lequel, lorsque des éléments à l'état liquide sont présents sur la surface, l'onde acoustique induit des phénomènes acoustiques non linéaires de *streaming* acoustique et/ou de pression de radiation, sous l'effet desquels les éléments à l'état liquide sont déplacés, les éléments à l'état solide étant alors déplacés et évacués en étant emportés par les éléments à l'état liquide.
- [0030] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le dispositif de nettoyage comprenant au moins un premier transducteur et au moins un deuxième transducteur, le système électrique de pilotage étant agencé pour :
- [0031] - générer un premier signal électrique, appliquer le premier signal électrique entre des bornes du premier transducteur, et produire ainsi une première onde acoustique pour déplacer et évacuer directement les éléments à l'état solide ;
- [0032] - générer un deuxième signal électrique, appliquer le deuxième signal électrique entre

des bornes du deuxième transducteur, et produire ainsi une deuxième onde acoustique pour déplacer les éléments à l'état liquide.

- [0033] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le panneau photovoltaïque étant agencé pour être incliné, la plaque de protection comprenant une première extrémité et une deuxième extrémité, la première extrémité étant plus basse que la deuxième extrémité du fait de l'inclinaison du panneau photovoltaïque et donc de la plaque de protection, le premier transducteur étant positionné d'un premier côté de la plaque de protection comprenant la première extrémité, et le deuxième transducteur étant positionné d'un deuxième côté de la plaque de protection comprenant la deuxième extrémité.
- [0034] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le système électrique de pilotage étant agencé, chaque jour au cours duquel le dispositif de nettoyage est activé, pour :
- [0035] - générer et appliquer le premier signal électrique entre les bornes du premier transducteur au cours d'une première période prédéfinie comprise dans la journée dudit jour ;
- [0036] - générer et appliquer le deuxième signal électrique entre les bornes du deuxième transducteur au cours d'une deuxième période prédéfinie comprise dans la nuit ou le matin dudit jour.
- [0037] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le dispositif de nettoyage comportant au moins une rangée comprenant plusieurs transducteurs couplés acoustiquement avec la plaque de protection, le système électrique de pilotage étant agencé pour appliquer des signaux électriques synchronisés en phase aux bornes desdits transducteurs.
- [0038] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le dispositif de nettoyage comportant plusieurs rangées comprenant chacune au moins un transducteur couplé acoustiquement avec la plaque de protection, le système électrique de pilotage étant agencé pour appliquer, pour chaque rangée successivement et selon une séquence prédéfinie, des signaux électriques aux bornes du ou des transducteurs de ladite rangée.
- [0039] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, les rangées s'étendant successivement selon une longueur ou une largeur de la plaque de protection pour former une série de rangées, la séquence prédéfinie consistant, pour chaque rangée de la série de rangées, à appliquer les signaux électriques entre les bornes du ou des transducteurs de ladite rangée puis, après une certaine durée, à appliquer les signaux électriques entre les bornes du ou des transducteurs d'une rangée suivante de la série de rangées.
- [0040] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, dans

lequel la certaine durée est une durée prédéfinie qui a été déterminée au cours d'une phase de test, la durée prédéfinie étant une durée suffisante pour évacuer une quantité des éléments à l'état solide, supérieure à un premier seuil prédéfini, d'une portion de la surface s'étendant entre ladite rangée et la rangée suivante ou entre ladite rangée et une rangée précédente de la série de rangées.

- [0041] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le dispositif de nettoyage comprenant au moins un troisième transducteur et au moins un quatrième transducteur couplés acoustiquement avec la plaque de protection, le système électrique de pilotage étant agencé pour :
- [0042] - générer un troisième signal électrique ;
- [0043] - appliquer le troisième signal électrique entre des bornes du troisième transducteur ;
- [0044] - produire ainsi une troisième onde acoustique se propageant dans la plaque de protection entre le troisième transducteur et le quatrième transducteur ;
- [0045] - acquérir un quatrième signal électrique produit par le quatrième transducteur lorsque celui-ci reçoit la troisième onde acoustique ;
- [0046] - analyser le quatrième signal électrique pour détecter une présence et/ou pour évaluer une quantité, des éléments à l'état solide et/ou des éléments à l'état liquide, entre le troisième transducteur et le quatrième transducteur.
- [0047] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le système électrique de pilotage étant agencé pour analyser le quatrième signal électrique pour évaluer la quantité des éléments à l'état liquide entre le troisième transducteur et le quatrième transducteur, le système électrique de pilotage étant agencé pour générer et appliquer le deuxième signal électrique seulement si ladite quantité des éléments à l'état liquide est supérieure à un deuxième seuil prédéfini.
- [0048] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le système électrique de pilotage étant agencé pour analyser le quatrième signal électrique pour évaluer la quantité des éléments à l'état solide entre ledit troisième transducteur et ledit quatrième transducteur, la certaine durée étant telle que, à l'issue de cette certaine durée, la quantité des éléments à l'état solide entre ledit troisième transducteur et ledit quatrième transducteur est inférieure à un troisième seuil prédéfini.
- [0049] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le panneau photovoltaïque comprenant une première extrémité et une deuxième extrémité, le panneau photovoltaïque étant agencé pour être incliné et de sorte que, lorsque le panneau photovoltaïque est incliné, la première extrémité est plus basse que la deuxième extrémité, le panneau photovoltaïque comprenant une face supérieure qui est plane et qui ne présente pas de discontinuité, au moins au niveau de la première extrémité du panneau photovoltaïque.

- [0050] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le panneau photovoltaïque comportant plusieurs couches empilées comprenant la plaque de protection, et un cadre formant des parois latérales du panneau photovoltaïque, le cadre comprenant une surface supérieure qui s'étend sur un contour de la plaque de protection, le panneau photovoltaïque étant tel que la surface supérieure du cadre et la face externe de la plaque de protection sont coplanaires, au moins au niveau de la première extrémité du panneau photovoltaïque.
- [0051] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le système électrique de pilotage comportant au moins un ASIC.
- [0052] On propose de plus un panneau photovoltaïque tel que précédemment décrit, le système électrique de pilotage comportant un module électrique élémentaire associé à chaque transducteur, chaque module électrique élémentaire comprenant un ASIC, et un module électrique maître agencé au moins pour alimenter les modules électriques élémentaires à partir d'une énergie électrique produite par le panneau photovoltaïque, et pour piloter les modules électriques élémentaires.
- [0053] L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit de modes de mise en œuvre particuliers non limitatifs de l'invention.

Brève description des dessins

- [0054] Il sera fait référence aux dessins annexés parmi lesquels :
- [0055] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue en perspective d'un panneau photovoltaïque, sur laquelle sont visibles les transducteurs d'un dispositif de nettoyage selon un premier mode de réalisation ;
- [0056] [Fig.2] la [Fig.2] est une figure similaire à la [Fig.1], sur laquelle sont visibles les différentes couches empilées du panneau ;
- [0057] [Fig.3] la [Fig.3] représente le système électrique de pilotage et les transducteurs ;
- [0058] [Fig.4] la [Fig.4] illustre le déplacement des éléments à l'état solide sous l'effet direct de l'onde acoustique ;
- [0059] [Fig.5] la [Fig.5] illustre le déplacement des éléments à l'état solide via le déplacement des éléments à l'état liquide ;
- [0060] [Fig.6] la [Fig.6] illustre le fonctionnement combiné jour/nuit (ou matin) du dispositif de nettoyage ;
- [0061] [Fig.7] la [Fig.7] est une figure similaire à la [Fig.1], avec un dispositif de nettoyage selon un deuxième mode de réalisation ;
- [0062] [Fig.8] la [Fig.8] est une figure similaire à la [Fig.1], avec un dispositif de nettoyage selon un troisième mode de réalisation.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0063] En référence aux figures 1 et 2, un panneau photovoltaïque 1 est porté par deux pieds

2a, 2b qui s'étendent verticalement depuis une première base 3a posée sur le sol, et par deux pieds 2c, 2d qui s'étendent verticalement depuis une deuxième base 3b elle-aussi posée sur le sol.

- [0064] Les deux pieds 2a, 2c ont la même longueur. Les deux pieds 2b, 2d ont la même longueur, qui est plus courte que celle des deux pieds 2a, 2b, de sorte que le panneau photovoltaïque 1 est incliné. Cette inclinaison permet d'optimiser l'orientation du panneau photovoltaïque 1 par rapport à la direction des rayons du soleil, et donc de maximiser le rendement du panneau photovoltaïque 1.
- [0065] Le panneau photovoltaïque 1 comporte plusieurs couches empilées, et un cadre 4 (ou châssis) formant des parois latérales du panneau photovoltaïque 1. Les couches empilées ont été assemblées, par exemple via un processus de laminage. Le cadre 4 permet d'améliorer la rigidité et de renforcer la résistance mécanique du panneau photovoltaïque 1, et d'éviter toute pénétration d'eau entre les couches empilées.
- [0066] Les couches empilées comprennent notamment une plaque de protection 5, une couche 6 comprenant les cellules photovoltaïques, et une couche rigide 7 (ainsi, éventuellement, que des couches intermédiaires qui ne sont pas représentées ici).
- [0067] Le cadre 4 est par exemple fabriqué en aluminium.
- [0068] La plaque de protection 5 est par exemple fabriquée en verre (trempé, feuilleté, etc.), ou en un autre matériau transparent ou translucide.
- [0069] On donne le nom de « plaque de protection » à la plaque 5, mais, comme on l'a vu plus tôt, elle est parfois aussi appelée « vitre de protection », ou « vitre ».
- [0070] De manière générale, la plaque 5 dont il est question ici est la plaque formant la couche supérieure externe du panneau photovoltaïque 1, c'est-à-dire la plaque supérieure qui sépare l'extérieur de l'intérieur du panneau photovoltaïque 1.
- [0071] Des éléments à l'état solide 8 peuvent se trouver sur la face externe 9 de la plaque de protection 5, et par exemple des grains de sable, des particules de poussière, de la terre, des insectes (des moustiques par exemple), des fientes d'oiseau, etc. En particulier, dans les zones arides, le sable et les poussières se déposent de manière importante sur le panneau 1.
- [0072] Le panneau photovoltaïque 1 comporte un dispositif de nettoyage, qui permet de nettoyer la face externe 9 de la plaque de protection 5.
- [0073] En référence à la [Fig.3], le dispositif de nettoyage 10 comprend au moins un transducteur 11, en l'occurrence une pluralité de transducteurs 11, qui sont couplés acoustiquement avec la plaque de protection 5 du panneau photovoltaïque 1, ainsi qu'un système électrique de pilotage 12.
- [0074] Tous les transducteurs 11 sont ici identiques. Les transducteurs 11 sont ici, et de manière non limitative, des transducteurs à peignes interdigités, à couches minces.
- [0075] Chaque transducteur 11 comporte ici une couche mince piézoélectrique, une

première électrode 14a et une deuxième électrode 14b. Les électrodes ont été déposées sur la couche piézoélectrique qui elle-même a été déposée sur la face externe 9 de la plaque de protection 5.

- [0076] La première électrode 14a forme un premier peigne et la deuxième électrode 14b forme un deuxième peigne.
- [0077] Chaque peigne comporte une base et une rangée de doigts s'étendant parallèlement les uns aux autres à partir de la base. Les premier et deuxième peignes sont interdigités. La fréquence de résonance du transducteur 11 dépend de l'espacement entre les doigts.
- [0078] Le système électrique de pilotage 12, quant à lui, comprend un module électrique maître 15 et une pluralité de modules électriques élémentaires 16. Le module électrique maître 15 est connecté à tous les modules électriques élémentaires 16.
- [0079] Le module électrique maître 15 est intégré dans un boîtier 17 qui est ici positionné sous la couche rigide 7 en étant fixée à celle-ci.
- [0080] Un positionnement différent du boîtier 17 est bien sûr envisageable. Les composants du module élémentaire maître 15 peuvent aussi être intégrés à la plaque 5 et, inversement, les modules électriques élémentaires 16 pourraient être positionnés dans des boîtiers. La plaque 5 est donc « instrumentée » pour mettre en œuvre l'invention.
- [0081] Le module électrique maître 15 est agencé au moins pour alimenter les modules électriques élémentaires 16 à partir d'une énergie électrique produite par le panneau photovoltaïque 1, et pour piloter les modules électriques élémentaires 16.
- [0082] Une tension d'entrée V_e (continue), produite par les cellules photovoltaïques de la couche 6, est appliquée en entrée du module électrique maître 15. Le module électrique maître 15 comporte ici un convertisseur DC/DC 18 et produit à partir de la tension d'entrée V_e une tension de sortie V_s adaptée au fonctionnement des modules électriques élémentaires 16. Le module électrique maître 15 comprend un composant de traitement 19 (par exemple un microcontrôleur, un processeur, un FPGA (pour *Field Programmable Gate Arrays*), un ASIC (pour *Application Specific Integrated Circuit*), etc.) qui produit des signaux de commande S_c pour piloter les modules électriques élémentaires 16. Le module électrique maître 15 comprend aussi un composant d'horloge 20. Le module électrique maître 15 transmet ainsi les signaux de commande S_c et un signal d'horloge CLK aux modules électriques élémentaires 16, dont le rôle sera précisé plus bas.
- [0083] Chaque module électrique élémentaire 16 comprend un composant de traitement, en l'occurrence un ASIC 22, et est associé à un transducteur 11.
- [0084] Chaque ASIC 22 comprend ici une unité de conversion de puissance 23, une unité d'adaptation d'impédance 24 et une unité d'amplification 25.
- [0085] L'unité de conversion de puissance 23 est alimentée par la tension de sortie V_s

produite par le module électrique maître 15, et génère un signal électrique S_e (alternatif, et par exemple carré ou sinusoïdal) à la fréquence de résonance du transducteur 11.

- [0086] L'unité d'adaptation d'impédance 24 permet d'optimiser le transfert de puissance entre le module électrique élémentaire 16 et le transducteur 11 en limitant les réflexions de puissance.
- [0087] L'unité d'amplification 25 amplifie le signal électrique S_e avant que celui-ci soit appliqué entre les bornes du transducteur 11. Le signal électrique S_e , après amplification, est tel que le transducteur 11 génère une onde acoustique de surface ou une onde de Lamb ayant une fréquence et une amplitude permettant, comme on va le voir, de déplacer des éléments à l'état solide et des éléments à l'état liquide.
- [0088] Par « bornes d'un transducteur », on entend ici les extrémités des bases des peignes du transducteur. Par « appliquer un signal électrique entre des bornes du transducteur », on entend soit appliquer une tension entre les bornes (le signal considéré étant alors une tension), soit faire circuler un courant entre les bornes (le signal considéré étant alors un courant).
- [0089] Le dispositif de nettoyage 10 consomme en moyenne, sur une journée, moins de 1% de l'énergie électrique totale produite par le panneau 1 (voire même moins de 0,5%).
- [0090] On explique maintenant le fonctionnement du dispositif de nettoyage 10.
- [0091] On s'intéresse tout d'abord à un unique transducteur 11, en référence aux figures 4 et 5.
- [0092] Des éléments à l'état solide 8 (ici des grains de sable) sont présents sur une surface de la face externe 9 de la plaque de protection 5.
- [0093] Le module électrique maître 15 transmet un signal de commande S_c au module électrique élémentaire 16 associé audit transducteur 11, pour l'activer.
- [0094] A la réception du signal de commande S_c , le module électrique élémentaire 16 génère le signal électrique S_e , et applique le signal électrique S_e entre les bornes du transducteur 11.
- [0095] Le transducteur 11 produit ainsi une onde acoustique qui se propage dans la plaque de protection 5. L'onde acoustique est une onde de surface (par exemple une onde de Rayleigh ou une onde de Love), ou bien une onde de Lamb.
- [0096] La fréquence (fondamentale) de l'onde acoustique est comprise ici entre 1 MHz et 100 MHz, avantageusement entre 10 MHz et 40 MHz, et de préférence entre 18 MHz et 22 MHz.
- [0097] Si l'épaisseur de la plaque de protection 5 est supérieure à la longueur d'onde de l'onde acoustique, celle-ci est une onde acoustique de surface. Sinon, c'est une onde de Lamb.
- [0098] L'onde acoustique est telle que, sous l'effet de l'onde acoustique, les éléments à

l'état solide sont déplacés sur la surface de la face externe 9 de la plaque de protection 5 pour être évacués de cette surface.

- [0099] Le déplacement des éléments à l'état solide peut être réalisé de deux manières.
- [0100] Lorsque seuls des éléments à l'état solide 8 sont présents sur la surface, comme c'est le cas sur la [Fig.4], les éléments à l'état solide 8 sont déplacés et évacués directement via une force produite par l'onde acoustique et transmise par un contact entre la surface et les éléments à l'état solide 8.
- [0101] On voit, sur le dessin de gauche de la [Fig.4], le transducteur 11 et les éléments à l'état solide 8, préalablement à la génération du signal électrique Se et à l'application du signal électrique Se entre les bornes du transducteur 11.
- [0102] On voit, sur le dessin central de la [Fig.4], le transducteur 11 et les éléments à l'état solide 8, alors que le signal électrique Se est généré et appliqué entre les bornes du transducteur 11.
- [0103] L'onde acoustique se propage dans la plaque de protection 5 dans une direction de propagation et dans un premier sens S1.
- [0104] Sous l'effet de l'onde acoustique, les éléments à l'état solide 8 se déplacent sur la surface de la face externe 9 de la plaque de protection 5 dans ladite direction de propagation mais dans un deuxième sens S2 opposé au premier sens S1. Ce déplacement des éléments à l'état solide 8, dans un sens opposé au sens de propagation de l'onde acoustique, est un phénomène propre aux interactions entre des ondes acoustique de surface ou de Lamb se propageant dans un corps, et des éléments à l'état solide présents sur une surface dudit corps. Ce phénomène a été observé lors de la totalité des tests réalisés au cours du développement du dispositif de nettoyage décrit ici. Les tests ont notamment été réalisés avec des fréquences de l'onde acoustique égales à 17.6 MHz et 19.6 Mhz, avec des grains de sable (taille des grains comprise typiquement entre 100 μm et 2mm) et des particules de plastique (par exemple polyamide 11 ; diamètre des particules égal à 30 μm typiquement).
- [0105] On voit, sur le dessin de droite de la [Fig.4], que les éléments à l'état solide 8 ont été évacués (en moins de 10 s typiquement) de la surface située « devant » le transducteur (c'est-à-dire de la surface externe au transducteur et située du côté des doigts).
- [0106] Lorsque des éléments à l'état liquide 27, tels que des gouttes d'eau, sont présents sur la face externe 9 de la plaque de protection, l'onde acoustique induit des phénomènes acoustiques non linéaires de *streaming* acoustique et/ou de pression de radiation, sous l'effet desquels les éléments à l'état liquide 27 sont déplacés. Les éléments à l'état solide 8 sont alors déplacés et évacués en étant emportés par les éléments à l'état liquide 27.
- [0107] On voit, sur le dessin de gauche de la [Fig.5], le transducteur 11, les éléments à l'état solide 8 et les éléments à l'état liquide 27, préalablement à la génération du signal

électrique Se et à l'application du signal électrique Se entre les bornes du transducteur 11.

- [0108] On voit, sur le dessin central de la [Fig.5], le transducteur 11, les éléments à l'état solide 8 et les éléments à l'état liquide 27, alors que le signal électrique Se est généré et appliqué entre les bornes du transducteur 11.
- [0109] Cette fois, sous l'effet de l'onde acoustique, les éléments à l'état liquide 27 se déplacent sur la surface de la face externe 9 de la plaque de protection 5 dans la direction de propagation de l'onde acoustique, et dans le même sens S, et entraînent les éléments à l'état solide dans cette direction et dans ce sens S.
- [0110] On voit, sur le dessin de droite de la [Fig.5], que les éléments à l'état solide 8 ont été emportés par les éléments à l'état liquide 27 et évacués de la surface située devant le transducteur.
- [0111] Il est important de noter que cet effet ne peut pas être obtenu dans un régime de glissement des gouttes, mais uniquement dans un régime forcé de déplacement induit par les ondes acoustiques (car sinon les gouttes restent bloquées sur les impuretés).
- [0112] On revient maintenant à la [Fig.1].
- [0113] Les transducteurs du dispositif de nettoyage 10 selon un premier mode de réalisation comprennent au moins un premier transducteur 11a, en l'occurrence plusieurs premiers transducteurs 11a, et au moins un deuxième transducteur 11b, en l'occurrence plusieurs deuxièmes transducteurs 11b.
- [0114] Les premiers transducteurs 11a forment ici une première rangée 30 de premiers transducteurs 11a (on entend donc ici, par « premiers transducteurs 11a », tous les transducteurs de la première rangée 30). Les deuxièmes transducteurs 11b forment ici une deuxième rangée 31 de deuxièmes transducteurs 11b (on entend donc ici, par « deuxièmes transducteurs 11b », tous les transducteurs de la deuxième rangée 31). Les rangées 30, 31 s'étendent parallèlement aux largeurs de la plaque de protection 5 (et donc du panneau photovoltaïque 1).
- [0115] La plaque de protection 5 comprend une première extrémité 32 et une deuxième extrémité 33, la première extrémité 32 étant plus basse que la deuxième extrémité 33 du fait de l'inclinaison du panneau photovoltaïque 1.
- [0116] La première rangée 30 de premiers transducteurs 11a est positionnée d'un premier côté de la plaque de protection 5 comprenant la première extrémité 32, et la deuxième rangée 31 de deuxièmes transducteurs 11b est positionnée d'un deuxième côté de la plaque de protection 5 comprenant la deuxième extrémité 33.
- [0117] Pour chaque premier transducteur 11a de la première rangée 30, le système électrique de pilotage 12 génère un premier signal électrique, applique le premier signal électrique entre les bornes du premier transducteur 11a, et produit ainsi une première onde acoustique 34a pour déplacer et évacuer directement les éléments à l'état solide 8.

- [0118] De même, pour chaque deuxième transducteur 11b de la deuxième rangée 31, le système électrique de pilotage 12 génère un deuxième signal électrique, applique le deuxième signal électrique entre des bornes du deuxième transducteur 11b, et produit ainsi une deuxième onde acoustique 34b pour déplacer les éléments à l'état liquide 27.
- [0119] Les premiers transducteurs 11a sont utilisés avantageusement lorsque seuls des éléments à l'état solide 8 sont a priori susceptibles d'être présents sur la face externe 9 de la plaque de protection 5, c'est-à-dire en journée.
- [0120] Les deuxièmes transducteurs 11b sont utilisés avantageusement lorsque des éléments à l'état liquide 27 sont a priori susceptibles d'être présents sur la face externe 9 de la plaque de protection 5, c'est-à-dire, principalement, la nuit, ou bien le matin. Ces éléments à l'état liquide sont principalement des gouttes d'eau, et plus précisément des gouttes de condensation dues à la rosée ou des gouttes de pluie.
- [0121] Ainsi, chaque jour au cours duquel le dispositif de nettoyage 10 est activé, le système électrique de pilotage 12 met en œuvre le procédé de nettoyage, et génère et applique les premiers signaux électriques entre les bornes des premiers transducteurs 11a au cours d'une première période prédéfinie comprise dans la journée dudit jour (par exemple entre 9 h et 19 h). Le système électrique de pilotage 12 génère et applique les deuxièmes signaux électriques entre les bornes des deuxièmes transducteurs 11b au cours d'une deuxième période prédéfinie comprise dans la nuit ou le matin dudit jour (par exemple entre 5 h et 7 h).
- [0122] Ainsi, en journée, les vibrations induites par les ondes acoustiques décollent et déplacent les éléments à l'état solide 8 vers le bas du panneau 1. La nuit (ou le matin), ces mêmes vibrations déplacent les gouttes de condensation via des effets acoustiques non linéaires qui nettoient la surface du panneau 1. On combine donc un nettoyage à sec en journée, avec un nettoyage via le déplacement des gouttes de condensation la nuit.
- [0123] On note qu'ici, comme le système de pilotage électrique 12 est alimenté par les cellules photovoltaïques du panneau photovoltaïque 1, on privilégiera un fonctionnement de la deuxième rangée 31 le matin. Il serait cependant envisageable d'équiper le module électrique maître 15 d'une batterie qui se recharge le jour, de manière à faire fonctionner le dispositif de nettoyage 10 la nuit.
- [0124] Le mode combiné est extrêmement avantageux.
- [0125] En référence à la [Fig.6], en journée (dessin de gauche), lorsqu'il n'y a pas (a priori) d'éléments à l'état liquide 27 sur la face externe 9 de la plaque de protection 5, les premières ondes acoustiques 34a produite par les premiers transducteurs 11a se propagent vers la partie haute du panneau photovoltaïque 1, ce qui a pour effet de déplacer les éléments à l'état solide 8 vers le bas.
- [0126] Cette force, qui s'ajoute à la gravité, permet de déplacer et d'évacuer efficacement

les éléments à l'état solide de la surface située au-dessus de la première rangée 30 de premiers transducteurs 11a.

- [0127] La nuit ou le matin (dessin de droite), lorsque des éléments à l'état liquide 27 sont présents, les deuxièmes ondes acoustiques 34b produites par les deuxièmes transducteurs 11b se propagent vers la partie basse du panneau photovoltaïque 1, ce qui a pour effet de déplacer les éléments à l'état liquide 27 vers le bas. A nouveau, cette force, qui s'ajoute à la gravité, permet de déplacer efficacement les éléments à l'état liquide 27 vers le bas, et donc d'évacuer efficacement les éléments à l'état solide 8 de la surface de la face externe 9 de la plaque de protection 5.
- [0128] L'utilisation de ces effets combinés est extrêmement astucieuse. En effet, comme on l'a vu plus tôt, le processus de cimentation, résultat de la condensation, pose habituellement problème. On surmonte donc un préjugé fort de l'homme du métier en tirant au contraire profit de la condensation.
- [0129] On note que les éléments à l'état solide 8 ne sont pas forcément évacués entièrement de la totalité de la face externe 9 ; il est possible qu'un nombre réduit d'éléments à l'état solide 8 demeurent sur la plaque de protection 5, notamment sur des surfaces très proches des bords et/ou des transducteurs. Ces éléments résiduels ont un impact minime sur le rendement du panneau 1.
- [0130] Avantagement, le système électrique de pilotage 12 applique des premiers signaux électriques, qui sont synchronisés en phase, aux bornes des premiers transducteurs 11a. Cela permet d'augmenter l'amplitude des premières ondes acoustiques (à amplitude constante des premiers signaux électriques). De même, le système électrique de pilotage 12 applique des deuxièmes signaux électriques, qui sont synchronisés en phase, aux bornes des deuxièmes transducteurs 11b.
- [0131] Pour produire les premiers signaux électriques synchronisés en phase (respectivement, les deuxièmes signaux électriques synchronisés en phase), les modules électriques élémentaires 16 associés aux premiers transducteurs 11a (respectivement, associés aux deuxièmes transducteurs 11b), utilisent le signal d'horloge CLK transmis par le module électrique maître 15, et se synchronisent donc tous sur une même horloge.
- [0132] Ainsi, dans le premier mode de réalisation du dispositif de nettoyage, la rangée de transducteurs du bas (première rangée 30) est utilisée pour déplacer et évacuer les éléments à l'état solide 8, et la rangée de transducteurs du haut (deuxième rangée 31) est utilisée pour déplacer les éléments à l'état liquide 27 et donc, en même temps, les éléments à l'état solide 8.
- [0133] Le panneau photovoltaïque 1 comprend une première extrémité (correspondant à la première extrémité 32 de la plaque 5) et une deuxième extrémité (correspondant à la deuxième extrémité 33 de la plaque 5).

- [0134] Avantageusement, la face supérieure du panneau photovoltaïque 1 est plane et ne présente pas de discontinuité, au moins au niveau de la première extrémité du panneau photovoltaïque 1 (extrémité basse).
- [0135] Le panneau photovoltaïque 1, et en tout cas sa partie basse, est donc conçu notamment pour éviter qu'il y ait un rebord.
- [0136] Ici, le cadre 4 comprend une surface supérieure 36 qui s'étend sur un contour de la plaque de protection 5. La surface supérieure 36 du cadre 4 et la face externe 9 de la plaque de protection 5 sont coplanaires, au moins au niveau de la première extrémité du panneau photovoltaïque 1.
- [0137] Cette surface lisse permet aux éléments à l'état solide 8 (et aussi aux éléments à l'état liquide 27) d'être évacués sans être retenus sur le panneau photovoltaïque 1.
- [0138] On note que d'autres agencements sont possibles pour obtenir une surface parfaitement plane. On pourrait envisager par exemple de ne pas utiliser de cadre 4. On pourrait aussi envisager que la plaque de protection 5 recouvre la surface supérieure 36 du cadre 4 et soit fixée à celle-ci (par collage par exemple). Dans ces deux cas, la face externe 9 de la plaque de protection 5 s'étend alors sur la totalité de la face supérieure du panneau photovoltaïque 1.
- [0139] On décrit maintenant, en référence à la [Fig.7], un deuxième mode de réalisation du dispositif de nettoyage.
- [0140] Le dispositif de nettoyage comporte plusieurs rangées comprenant chacune au moins un transducteur couplé acoustiquement avec la plaque de protection 5.
- [0141] Ici, plus précisément, le dispositif de nettoyage comporte six rangées de transducteurs.
- [0142] Les six rangées comprennent trois premières rangées 30a, 30b, 30c de premiers transducteurs 11a (qui produisent chacune des premières ondes acoustiques se propageant vers le haut), et trois deuxièmes rangées 31a, 31b, 31c de transducteurs (qui produisent chacune des deuxièmes ondes acoustiques se propageant vers le bas).
- [0143] On entend donc ici, par « premiers transducteurs 11a », tous les transducteurs des premières rangées 30a, 30b, 30c, et par « deuxièmes transducteurs 11b », tous les transducteurs des deuxièmes rangées 31a, 31b, 31c.
- [0144] Les premières rangées 30a, 30b, 30c et les deuxièmes rangées 31a, 31b, 31c sont positionnées de manière alternée sur le panneau photovoltaïque (c'est-à-dire que chaque rangée adjacente à une première rangée est une deuxième rangée, et inversement). La rangée la plus haute sur le panneau 1 est la deuxième rangée 31a, qui est suivie, en allant vers le bas, par la première rangée 30a, qui est elle-même suivie par la deuxième rangée 31b, etc.
- [0145] Les premières rangées 30a, 30b, 30c s'étendent successivement selon la longueur de la plaque de protection 5 pour former une première série de rangées 38.

- [0146] Les deuxièmes rangées 31a, 31b, 31c s'étendent successivement selon la longueur de la plaque de protection 5 pour former une deuxième série de rangées 39.
- [0147] On s'intéresse tout d'abord aux premières rangées 30a, 30b, 30c.
- [0148] Le système électrique de pilotage 12 applique, pour chaque première rangée 30a, 30b, 30c successivement et selon une première séquence prédéfinie, des premiers signaux électriques aux bornes des premiers transducteurs 11a de ladite première rangée.
- [0149] Pour chaque première rangée, la première séquence prédéfinie consiste à appliquer les premiers signaux électriques entre les bornes des premiers transducteurs 11a de ladite première rangée puis, après une certaine durée, à appliquer les premiers signaux électriques entre les bornes des premiers transducteurs de la première rangée suivante de la première série de rangées 38.
- [0150] Les premières rangées sont ainsi activées successivement, l'une après l'autre. Les premiers transducteurs 11a interfèrent ainsi de manière constructive.
- [0151] Par exemple, la première rangée 30a, la plus haute sur le panneau photovoltaïque 1, est activée en premier.
- [0152] Puis, après une certaine durée, la première rangée 30b est activée. Puis, après une certaine durée, la première rangée 30c est activée.
- [0153] S'il est nécessaire de faire plusieurs cycles, on peut définir que la rangée suivante de la première rangée 30c est la première rangée 30a.
- [0154] Les certaines durées peuvent être différentes selon les rangées.
- [0155] Chaque certaine durée, qui est donc la durée séparant l'activation d'une première rangée de l'activation de la première rangée suivante, est par exemple une durée prédéfinie qui a été déterminée au cours d'une phase de test. Par « phase de test », on entend ici toute phase réalisée préalablement à la mise en service du panneau photovoltaïque 1 (ou tout au moins du dispositif de nettoyage) : la phase de test peut avoir été réalisée en laboratoire, en usine, voire même sur site. On utilise ainsi des connaissances préalablement acquises sur les dynamiques typiques des éléments à l'état solide 8.
- [0156] La durée prédéfinie est typiquement égale à 3 s ; elle peut varier selon les rangées.
- [0157] Pour chaque première rangée, la durée prédéfinie est une durée suffisante pour évacuer une quantité des éléments à l'état solide 8, supérieure à un premier seuil prédéfini, d'une portion de la surface de la face externe 9 s'étendant entre ladite première rangée et la première rangée précédente.
- [0158] On active donc par exemple la première rangée 30b, et on attend que les éléments à l'état solide 8 soit évacués de la surface séparant la première rangée 30a de la première rangée 30b, avant d'activer la première rangée 30c.
- [0159] Pour définir la durée prédéfinie associée à la première rangée 30a, on considère par

exemple que la position de la première rangée précédente correspond à la deuxième extrémité 33 de la plaque de protection 5.

- [0160] Le premier seuil prédéfini est par exemple égal à 50%. Après la certaine durée, on estime donc que le dispositif de nettoyage, par l'action chaque première rangée, a permis d'évacuer au moins 50% des éléments à l'état solide situés entre ladite première rangée et la première rangée précédente.
- [0161] Comme on l'a vu, les premières rangées 30 sont activées de préférence pendant la journée.
- [0162] La nuit, ou le matin, les deuxièmes rangées 31 sont activées.
- [0163] Le système électrique de pilotage 12 applique de même, pour chaque deuxième rangée 31 successivement et selon une deuxième séquence prédéfinie, des deuxièmes signaux électriques aux bornes des deuxièmes transducteurs 11b de ladite deuxième rangée 31.
- [0164] Pour chaque deuxième rangée 31, la deuxième séquence prédéfinie consiste à appliquer les deuxièmes signaux électriques entre les bornes des deuxièmes transducteurs 11b de ladite deuxième rangée puis, après une certaine durée, à appliquer les deuxièmes signaux électriques entre les bornes des deuxièmes transducteurs 11b de la deuxième rangée suivante de la deuxième série de rangées.
- [0165] Les deuxièmes rangées 31 sont ainsi activées successivement, l'une après l'autre.
- [0166] La deuxième rangée 31a, la plus haute sur le panneau photovoltaïque 1, est activée en premier.
- [0167] Puis, après une certaine durée, la deuxième rangée 31b est activée. Puis, après une certaine durée, la deuxième rangée 31c est activée.
- [0168] S'il est nécessaire de faire plusieurs cycles, on peut définir que la rangée suivante de la deuxième rangée 31c est la deuxième rangée 31a.
- [0169] Les certaines durées peuvent être différentes selon les rangées.
- [0170] Les certaines durées peuvent être différentes de celles définies pour les premières rangées.
- [0171] Pour chaque deuxième rangée, la durée prédéfinie est une durée suffisante pour évacuer une quantité des éléments à l'état solide (via les éléments à l'état liquide), supérieure à un premier seuil prédéfini, d'une portion de la surface externe s'étendant entre ladite deuxième rangée et la deuxième rangée suivante (et non précédente, cette fois).
- [0172] Pour définir la durée prédéfinie associée à la deuxième rangée 31c, on considère que la position de la rangée suivante correspond à la première extrémité 32 de la plaque de protection 5 (extrémité correspondant à la première extrémité 32 du panneau 1).
- [0173] Le premier seuil prédéfini est par exemple à nouveau égal à 50%. Après la certaine durée, on estime donc que le dispositif de nettoyage, par l'action de chaque deuxième

rangée, a permis d'évacuer au moins 50% des éléments à l'état solide situés entre ladite deuxième rangée et la deuxième rangée suivante.

- [0174] Les rangées de transducteurs peuvent bien sûr être disposées de manière différente.
- [0175] Ainsi, dans un troisième mode de réalisation du dispositif de nettoyage 10, visible sur la [Fig.8], on voit que les trois premières rangées 30a, 30b, 30c sont positionnées sur la partie basse du panneau 1, alors que les trois deuxièmes rangées 31a, 31b, 31c sont positionnées sur la partie haute du panneau 1.
- [0176] La première séquence prédéfinie pour la première série de rangées 38, et la deuxième séquence prédéfinie pour la deuxième série de rangées 39, peuvent être les mêmes que celles qui viennent d'être décrites.
- [0177] On a donc vu que les ondes acoustiques générées peuvent être utilisées pour déplacer directement les éléments à l'état solide 8, et aussi les éléments à l'état liquide 27 dans le but d'évacuer les éléments à l'état solide 8.
- [0178] Les ondes acoustiques peuvent aussi être utilisées pour détecter la présence de ces éléments, et éventuellement pour évaluer la quantité de ces éléments présents sur la face externe 9 de la plaque de protection 5. On peut ainsi déterminer, d'une part, l'état de pollution du panneau 1 par les éléments à l'état solide 8, et d'autre part, la quantité de gouttes de condensation présentes sur le panneau 1.
- [0179] On utilise pour cela au moins un transducteur d'émission, et au moins un transducteur de réception.
- [0180] Le transducteur d'émission émet une onde acoustique qui, après avoir parcouru dans la plaque de protection 5 un chemin de longueur prédéfinie, est reçue par le transducteur de réception. L'analyse du signal électrique produit par le transducteur de réception permet de détecter et éventuellement d'évaluer la quantité des éléments.
- [0181] Le dispositif de nettoyage 10 comprend donc au moins un troisième transducteur 11c (d'émission) et au moins un quatrième transducteur 11d (de réception) couplés acoustiquement avec la plaque de protection 5.
- [0182] Le module électrique élémentaire 16 associé au troisième transducteur 11c génère un troisième signal électrique et applique le troisième signal électrique entre les bornes du troisième transducteur 11c. Une troisième onde acoustique (de détection) est ainsi produite et se propage dans la plaque de protection 5 entre le troisième transducteur 11c et le quatrième transducteur 11d.
- [0183] Le module électrique élémentaire 16 associé au quatrième transducteur 11d acquiert un quatrième signal électrique produit par le quatrième transducteur 11d lorsque celui-ci reçoit la troisième onde acoustique. Le module électrique élémentaire 16 associé au quatrième transducteur 11d analyse ainsi le quatrième signal électrique pour détecter une présence et/ou pour évaluer une quantité, des éléments à l'état solide 8 et/ou des éléments à l'état liquide 27, entre le troisième transducteur 11c et le quatrième

transducteur 11d. L'analyse du quatrième signal électrique consiste par exemple à comparer son amplitude avec un ou des seuils prédéfinis, à effectuer une mesure de phase, à détecter un temps de passage par zéro, à analyser des lobes particuliers, etc.

- [0184] Bien sûr, le ou les troisièmes transducteurs 11c peuvent être un ou plusieurs des premiers transducteurs 11a précédemment décrits, ou un ou plusieurs des deuxièmes transducteurs 11b précédemment décrits. De même, le ou les quatrièmes transducteurs 11d peuvent être un ou plusieurs des premiers transducteurs 11a précédemment décrits, ou un ou plusieurs des deuxièmes transducteurs 11b précédemment décrits.
- [0185] Cela n'est pas nécessaire, et on pourrait parfaitement avoir des transducteurs 11c, 11d dédiés à la détection.
- [0186] Les ASICs 22 des modules électriques élémentaires 16 associés aux quatrièmes transducteurs 11d (et, ici, en l'occurrence, les ASICs 22 de tous les modules électriques élémentaires 16) comprennent chacun un module de détection 40 (visible sur la [Fig.3]), qui acquiert le quatrième signal électrique et réalise l'analyse pour détecter la présence et/ou pour évaluer la quantité des éléments à l'état solide et/ou liquide.
- [0187] On revient à la [Fig.6].
- [0188] On voit sur le dessin de droite un premier transducteur qui est aussi un troisième transducteur 11c.
- [0189] On voit un deuxième transducteur qui est aussi un quatrième transducteur 11d.
- [0190] Le troisième transducteur 11c et le quatrième transducteur 11d sont par exemple utilisés de la manière suivante.
- [0191] La nuit (ou le matin), le module électrique maître 15 commande l'émission, par le module électrique élémentaire 16 associé au troisième transducteur 11c, d'une troisième onde acoustique (de détection). Le troisième transducteur 11c génère la troisième onde acoustique, qui est reçue par le quatrième transducteur 11d.
- [0192] Le module électrique élémentaire 16 associé au quatrième transducteur 11d analyse le quatrième signal électrique généré par le quatrième transducteur 11d pour évaluer la quantité des éléments à l'état liquide 27 entre le troisième transducteur 11c et le quatrième transducteur 11d, et transmet un signal de détection Sd (visible sur la [Fig.3]) au module électrique maître 15.
- [0193] Le module électrique maître 15 commande alors les modules électriques élémentaires 16 associés aux deuxièmes transducteurs 11b de la deuxième rangée 31, de sorte que ceux-ci génèrent et appliquent les deuxièmes signaux électriques aux bornes des deuxièmes transducteurs 11b de la deuxième rangée 31 seulement si la quantité des éléments à l'état liquide 27 est supérieure à un deuxième seuil prédéfini.
- [0194] La quantité des éléments à l'état liquide 27 est par exemple un nombre de gouttes sur une surface rectangulaire 41, dont la longueur est la distance entre le troisième

transducteur 11c et le quatrième transducteur 11d, et dont la largeur est la largeur de ces transducteurs. Le deuxième seuil prédéfini est par exemple égal à 100 gouttes.

[0195] On assure ainsi que les deuxièmes transducteurs 11d sont activés uniquement s'il y a suffisamment de gouttes sur la face externe 9 de la plaque de protection 5.

[0196] On repasse maintenant à la [Fig.7].

[0197] On voit un deuxième transducteur de la deuxième rangée 31a qui est aussi un troisième transducteur 11c.

[0198] On voit un premier transducteur de la première rangée 30a qui est un quatrième transducteur 11d.

[0199] On voit aussi un premier transducteur de la première rangée 30b qui est un quatrième transducteur 11d.

[0200] On voit aussi un premier transducteur de la première rangée 30c qui est un quatrième transducteur 11d.

[0201] Comme on l'a vu plus tôt, les premiers signaux électriques sont appliqués aux bornes des premiers transducteurs 11a de chaque première rangée 30, pour chaque première rangée 30 successivement et selon une séquence prédéfinie.

[0202] La séquence prédéfinie consiste, pour chaque première rangée, à appliquer les premiers signaux électriques entre les bornes des premiers transducteurs de ladite première rangée puis, après une certaine durée, à appliquer les premiers signaux électriques entre les bornes des premiers transducteurs de la rangée suivante.

[0203] Pour chaque première rangée 30 (c'est-à-dire 30a, 30b ou 30c), lorsque ladite première rangée est activée, le module électrique maître 15 commande ici régulièrement ou en continu l'émission d'une troisième onde acoustique par le troisième transducteur 11c. Le quatrième transducteur 11d de ladite première rangée 30 reçoit la troisième onde acoustique. Le module électrique élémentaire 16 associé audit quatrième transducteur 11d analyse le quatrième signal électrique pour évaluer la quantité des éléments à l'état solide 8 entre le troisième transducteur 11c et ledit quatrième transducteur 11d.

[0204] La certaine durée est telle que, à l'issue de cette certaine durée, la quantité des éléments à l'état solide 8 entre le troisième transducteur et ledit quatrième transducteur est inférieure à un troisième seuil prédéfini.

[0205] On s'intéresse par exemple à la première rangée 30c. La quantité des éléments à l'état solide 8 est par exemple un nombre de particules sur une surface rectangulaire 42, dont la longueur est la distance entre le troisième transducteur 11c et le quatrième transducteur 11d de ladite première rangée 30c, et dont la largeur est la largeur de ces transducteurs. Le troisième seuil prédéfini est par exemple égal à 1000 particules. On réitère cette opération successivement pour chaque première rangée 30.

[0206] Pour chaque première rangée 30, on assure ainsi, avant de passer à la première

rangée suivante, que, sous l'effet des premières ondes acoustiques émises par ladite première rangée, la surface de la face externe 9 de la plaque de protection 5 située au-dessus de ladite première rangée est suffisamment nettoyée.

- [0207] On pourrait aussi envisager par exemple, dans la configuration de la [Fig.7], d'avoir un troisième transducteur 11c sur la deuxième rangée 31a et un quatrième transducteur 11d sur la première rangée 30a (ou inversement), un troisième transducteur 11c sur la deuxième rangée 31b et un quatrième transducteur 11d sur la première rangée 30b (ou inversement), un troisième transducteur 11c sur la deuxième rangée 31c et un quatrième transducteur 11d sur la première rangée 30c (ou inversement). Cette configuration permet d'avoir, pour chaque couple de rangées 31a, 30a ; 31b, 30b ; 31c, 30c, un troisième transducteur et un quatrième transducteur en regard et très proches l'un de l'autre. Cette configuration permet de détecter très efficacement et très précisément la présence et/ou la quantité d'éléments à l'état solide et/ou d'éléments à l'état liquide entre deux rangées adjacentes.
- [0208] Bien sûr, aussi bien dans le cas de la [Fig.1] que dans celui de la [Fig.7] ou de la [Fig.8], les ondes acoustiques utilisées pour déplacer les éléments à l'état solide 8 ou les éléments à l'état liquide 27 peuvent aussi être utilisées pour réaliser la détection.
- [0209] Dans le cas de la [Fig.1], par exemple, on pourrait utiliser un premier transducteur 11a en émission (il joue donc le rôle d'un troisième transducteur 11c), et un deuxième transducteur 11b en réception (il joue donc le rôle d'un quatrième transducteur 11d).
- [0210] En journée, on émet une première onde acoustique pour évacuer les éléments à l'état solide. Puis, on émet une troisième onde acoustique pour détecter si le nettoyage a été efficace. Si c'est le cas, on arrête de nettoyer. Sinon, on émet à nouveau une première onde acoustique.
- [0211] On peut aussi émettre une troisième onde acoustique à des fins de détection régulièrement, jusqu'à détecter une présence significative des éléments à l'état solide 8. On émet alors une première onde acoustique pour nettoyer.
- [0212] On comprend donc que les premières ondes peuvent être des troisièmes ondes, et inversement. De même, les deuxièmes ondes peuvent être des troisièmes ondes, et inversement.
- [0213] Les premiers et deuxièmes signaux électriques peuvent être, mais pas nécessairement, identiques. Les premiers signaux électriques et/ou les deuxièmes signaux électriques peuvent aussi être identiques aux troisièmes signaux électriques, mais pas nécessairement. Le niveau des troisièmes signaux électriques, lorsqu'ils sont utilisés pour la détection seulement, peut en particulier être moins élevé que le niveau des premiers et deuxièmes signaux électriques, utilisés pour déplacer les éléments solides 8 et liquides 27.
- [0214] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits mais

englobe toute variante entrant dans le champ de l'invention tel que défini par les revendications.

- [0215] Le ou les transducteurs utilisés peuvent être différents de ceux décrits ici. Tout type de transducteur susceptible de produire des ondes acoustiques de surface ou des ondes de Lamb peut être utilisé.
- [0216] Dans le cas du nettoyage d'une surface d'une plaque fabriquée en matériau piézo-électrique, les électrodes des transducteurs pourraient être appliquées directement sur la plaque.
- [0217] Une technologie de transducteur d'angle pourrait être utilisée. On utilise un transducteur et un sabot positionné entre le transducteur et la surface à nettoyer. Le sabot incline l'axe du transducteur de sorte que ledit axe forme un certain angle avec la normale à la surface à nettoyer. Une onde acoustique de volume se propage dans le sabot. Le certain angle est défini (loi de Snell-Descartes) de sorte que l'onde acoustique de volume se transforme en onde de surface au niveau de l'interface entre le sabot et la surface à nettoyer.
- [0218] D'autres systèmes de transformation d'ondes acoustiques de volume en ondes acoustiques de surface pourraient être utilisés.
- [0219] Les transducteurs ne sont pas nécessairement positionnés sur la face externe (à nettoyer) de la plaque de protection. Ils pourraient être positionnés sur la face interne de la plaque de protection (pour nettoyer la face externe).
- [0220] L'architecture du système électrique de pilotage pourrait bien sûr être différente de celle décrite ici.
- [0221] On pourrait par exemple avoir un unique module électrique pour la totalité du panneau. Cet unique module électrique serait connecté à tous les transducteurs et réaliserait la totalité des fonctions décrites ici : génération des signaux électriques, analyse des signaux pour la détection, etc.
- [0222] Cet unique module électrique pourrait par exemple comprendre un ASIC (ou un FPGA) et des amplificateurs de puissance.
- [0223] On pourrait aussi avoir un seul module électrique élémentaire par rangée de transducteurs.
- [0224] Le module maître et/ou les modules élémentaires, ou bien l'unique module électrique, pourraient aussi, au lieu d'un ASIC ou d'un FPGA, inclure un autre type de composant de traitement, et par exemple un processeur « généraliste », un processeur spécialisé dans le traitement du signal (ou DSP, pour *Digital Signal Processor*), un microcontrôleur.
- [0225] Le module maître et/ou les modules élémentaires, ou bien l'unique module électrique, comprennent alors une ou des mémoires (et notamment une ou des mémoires non-volatiles), reliées à ou intégrées dans le composant de traitement. Au

moins l'une de ces mémoires forme un support d'enregistrement lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré au moins un programme d'ordinateur comprenant des instructions qui conduisent le composant de traitement à exécuter au moins certaines des étapes du procédé de nettoyage.

- [0226] On pourrait aussi, dans un système de plusieurs panneaux photovoltaïques, avoir un panneau seulement qui réalise la détection de présence des éléments à l'état liquide ou solide, et qui transmet aux autres panneaux des informations relatives à cette détection. La transmission peut être faite par tout moyen de communication, filaire ou sans fil.
- [0227] La disposition des transducteurs pourrait être différente de celles décrites ici.
- [0228] Le dispositif de nettoyage peut fonctionner avec un seul transducteur. Chaque rangée de transducteur peut ne comprendre qu'un seul transducteur. On peut avoir une seule série de rangées. Dans chaque série de rangées comprenant plusieurs rangées, lesdites rangées pourraient s'étendre successivement selon une largeur et non une longueur de la plaque de protection.
- [0229] Dans une rangée de transducteurs, tous les transducteurs ne sont pas nécessairement orientés de la même manière. On pourrait avoir par ailleurs, dans une rangée de transducteurs, un transducteur dédié à la détection de la présence des éléments à l'état solide ou liquide.
- [0230] Dans une rangée de transducteurs, les transducteurs pourraient être connectés entre eux en parallèle (ou bien certains en série, et d'autres en parallèle).
- [0231] Les transducteurs peuvent être regroupés sans pour autant former des rangées.
- [0232] Les transducteurs réalisant la détection pourraient être positionnés différemment des autres transducteurs. L'onde acoustique pour la détection pourrait ainsi être émise dans la largeur de la plaque de protection.
- [0233] L'utilisation des transducteurs pour réaliser la détection n'est pas obligatoire. L'activation du nettoyage pourrait être réalisée automatiquement, par exemple à intervalles réguliers (par exemple quotidiennement), sans réaliser de détection préalable.

Revendications

- [Revendication 1] Panneau photovoltaïque (1) comportant une plaque de protection (5) comprenant une face externe (9), et un dispositif de nettoyage (10) agencé pour nettoyer une surface de ladite face externe, le dispositif de nettoyage comprenant au moins un transducteur (11) couplé acoustiquement avec la plaque de protection (5), et un système électrique de pilotage (12) agencé pour :
- générer un signal électrique (Se) ;
 - appliquer le signal électrique (Se) entre des bornes du transducteur, et produire ainsi une onde acoustique (34a, 34b) se propageant dans la plaque de protection, l'onde acoustique étant une onde de surface ou une onde de Lamb, et étant telle que, sous l'effet de l'onde acoustique, des éléments à l'état solide (8), tels que des grains de sable ou des particules de poussière, pouvant se trouver sur la surface de la face externe, sont déplacés sur ladite surface pour être évacués de ladite surface.
- [Revendication 2] Panneau photovoltaïque selon la revendication 1, dans lequel une fréquence de l'onde acoustique est comprise entre 1 MHz et 100 MHz.
- [Revendication 3] Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les éléments à l'état solide (8) sont déplacés et évacués directement via une force produite par l'onde acoustique et transmise par un contact entre la surface et les éléments à l'état solide.
- [Revendication 4] Panneau photovoltaïque selon la revendication 3, dans lequel l'onde acoustique se propage dans la plaque de protection (5) dans une direction de propagation et dans un premier sens (S1), et dans lequel, sous l'effet de l'onde acoustique, les éléments à l'état solide se déplacent sur la surface dans ladite direction de propagation mais dans un deuxième sens (S2) opposé au premier sens.
- [Revendication 5] Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, lorsque des éléments à l'état liquide (27) sont présents sur la surface, l'onde acoustique induit des phénomènes acoustiques non linéaires de *streaming* acoustique et/ou de pression de radiation, sous l'effet desquels les éléments à l'état liquide sont déplacés, les éléments à l'état solide étant alors déplacés et évacués en étant emportés par les éléments à l'état liquide.
- [Revendication 6] Panneau photovoltaïque selon les revendications 3 et 5, le dispositif de nettoyage comprenant au moins un premier transducteur (11a) et au moins un deuxième transducteur (11b), le système électrique de pilotage

(12) étant agencé pour :

- générer un premier signal électrique, appliquer le premier signal électrique entre des bornes du premier transducteur, et produire ainsi une première onde acoustique pour déplacer et évacuer directement les éléments à l'état solide (8) ;
- générer un deuxième signal électrique, appliquer le deuxième signal électrique entre des bornes du deuxième transducteur, et produire ainsi une deuxième onde acoustique pour déplacer les éléments à l'état liquide.

[Revendication 7]

Panneau photovoltaïque selon la revendication 6, le panneau photovoltaïque (1) étant agencé pour être incliné, la plaque de protection (5) comprenant une première extrémité (32) et une deuxième extrémité (33), la première extrémité étant plus basse que la deuxième extrémité du fait de l'inclinaison du panneau photovoltaïque et donc de la plaque de protection, le premier transducteur étant positionné d'un premier côté de la plaque de protection comprenant la première extrémité, et le deuxième transducteur étant positionné d'un deuxième côté de la plaque de protection comprenant la deuxième extrémité.

[Revendication 8]

Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications 6 ou 7, le système électrique de pilotage étant agencé, chaque jour au cours duquel le dispositif de nettoyage est activé, pour :

- générer et appliquer le premier signal électrique entre les bornes du premier transducteur (11a) au cours d'une première période prédéfinie comprise dans la journée dudit jour ;
- générer et appliquer le deuxième signal électrique (11b) entre les bornes du deuxième transducteur au cours d'une deuxième période prédéfinie comprise dans la nuit ou le matin dudit jour.

[Revendication 9]

Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, le dispositif de nettoyage comportant au moins une rangée (30, 31) comprenant plusieurs transducteurs couplés acoustiquement avec la plaque de protection, le système électrique de pilotage étant agencé pour appliquer des signaux électriques synchronisés en phase aux bornes desdits transducteurs.

[Revendication 10]

Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, le dispositif de nettoyage comportant plusieurs rangées (30a, 30b, 30c, 31a, 31b, 31c) comprenant chacune au moins un transducteur couplé acoustiquement avec la plaque de protection, le système électrique de pilotage étant agencé pour appliquer, pour chaque rangée succes-

sivement et selon une séquence prédéfinie, des signaux électriques aux bornes du ou des transducteurs de ladite rangée.

[Revendication 11] Panneau photovoltaïque selon la revendication 10, les rangées s'étendant successivement selon une longueur ou une largeur de la plaque de protection pour former une série de rangées (38, 39), la séquence prédéfinie consistant, pour chaque rangée de la série de rangées, à appliquer les signaux électriques entre les bornes du ou des transducteurs de ladite rangée puis, après une certaine durée, à appliquer les signaux électriques entre les bornes du ou des transducteurs d'une rangée suivante de la série de rangées.

[Revendication 12] Panneau photovoltaïque selon la revendication 11, dans lequel la certaine durée est une durée prédéfinie qui a été déterminée au cours d'une phase de test, la durée prédéfinie étant une durée suffisante pour évacuer une quantité des éléments à l'état solide, supérieure à un premier seuil prédéfini, d'une portion de la surface s'étendant entre ladite rangée et la rangée suivante ou entre ladite rangée et une rangée précédente de la série de rangées.

[Revendication 13] Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, le dispositif de nettoyage comprenant au moins un troisième transducteur (11c) et au moins un quatrième transducteur (11d) couplés acoustiquement avec la plaque de protection, le système électrique de pilotage étant agencé pour :

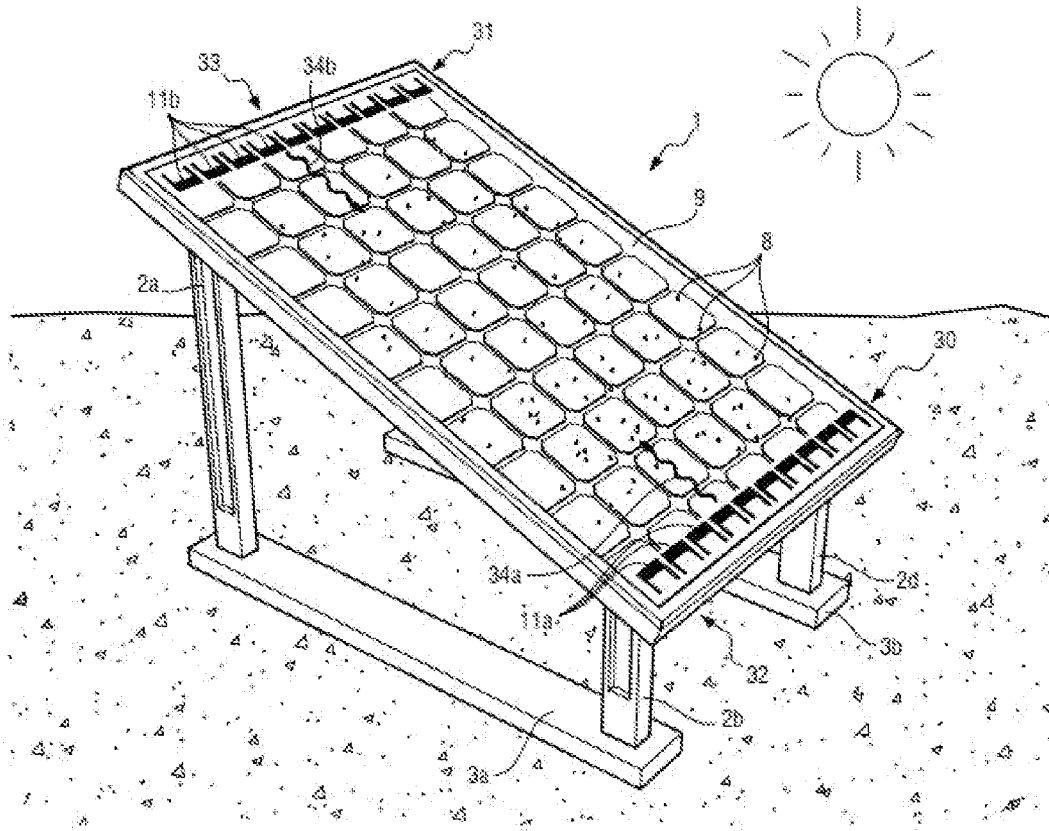
- générer un troisième signal électrique ;
- appliquer le troisième signal électrique entre des bornes du troisième transducteur ;
- produire ainsi une troisième onde acoustique se propageant dans la plaque de protection entre le troisième transducteur et le quatrième transducteur ;
- acquérir un quatrième signal électrique produit par le quatrième transducteur lorsque celui-ci reçoit la troisième onde acoustique ;
- analyser le quatrième signal électrique pour détecter une présence et/ou pour évaluer une quantité, des éléments à l'état solide et/ou des éléments à l'état liquide, entre le troisième transducteur et le quatrième transducteur.

[Revendication 14] Panneau photovoltaïque selon les revendications 6 et 13, le système électrique de pilotage étant agencé pour analyser le quatrième signal électrique pour évaluer la quantité des éléments à l'état liquide entre le troisième transducteur et le quatrième transducteur, le système

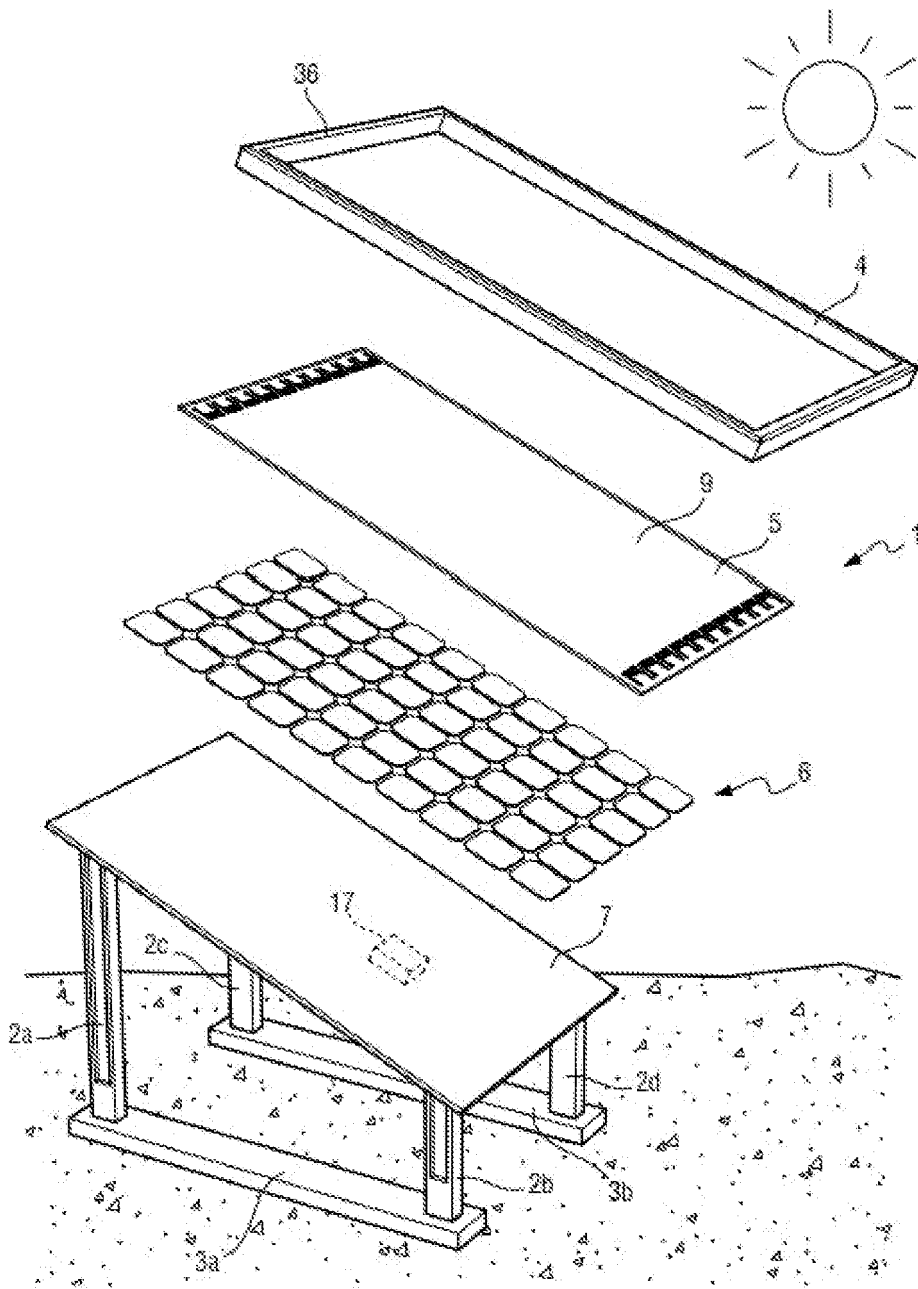
électrique de pilotage étant agencé pour générer et appliquer le deuxième signal électrique seulement si ladite quantité des éléments à l'état liquide est supérieure à un deuxième seuil prédéfini.

- [Revendication 15] Panneau photovoltaïque selon les revendications 11 et 13, le système électrique de pilotage (12) étant agencé pour analyser le quatrième signal électrique pour évaluer la quantité des éléments à l'état solide entre ledit troisième transducteur et ledit quatrième transducteur, la certaine durée étant telle que, à l'issue de cette certaine durée, la quantité des éléments à l'état solide entre ledit troisième transducteur et ledit quatrième transducteur est inférieure à un troisième seuil prédéfini.
- [Revendication 16] Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, le panneau photovoltaïque (1) comprenant une première extrémité et une deuxième extrémité, le panneau photovoltaïque étant agencé pour être incliné et de sorte que, lorsque le panneau photovoltaïque est incliné, la première extrémité est plus basse que la deuxième extrémité, le panneau photovoltaïque comprenant une face supérieure qui est plane et qui ne présente pas de discontinuité, au moins au niveau de la première extrémité du panneau photovoltaïque.
- [Revendication 17] Panneau photovoltaïque selon la revendication 16, le panneau photovoltaïque comportant plusieurs couches empilées (5, 6, 7) comprenant la plaque de protection (5), et un cadre (4) formant des parois latérales du panneau photovoltaïque, le cadre comprenant une surface supérieure (36) qui s'étend sur un contour de la plaque de protection, le panneau photovoltaïque étant tel que la surface supérieure du cadre et la face externe de la plaque de protection sont coplanaires, au moins au niveau de la première extrémité du panneau photovoltaïque.
- [Revendication 18] Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, le système électrique de pilotage (12) comportant au moins un ASIC (22).
- [Revendication 19] Panneau photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, le système électrique de pilotage (12) comportant un module électrique élémentaire (16) associé à chaque transducteur, chaque module électrique élémentaire comprenant un ASIC (22), et un module électrique maître (15) agencé au moins pour alimenter les modules électriques élémentaires à partir d'une énergie électrique produite par le panneau photovoltaïque, et pour piloter les modules électriques élémentaires.

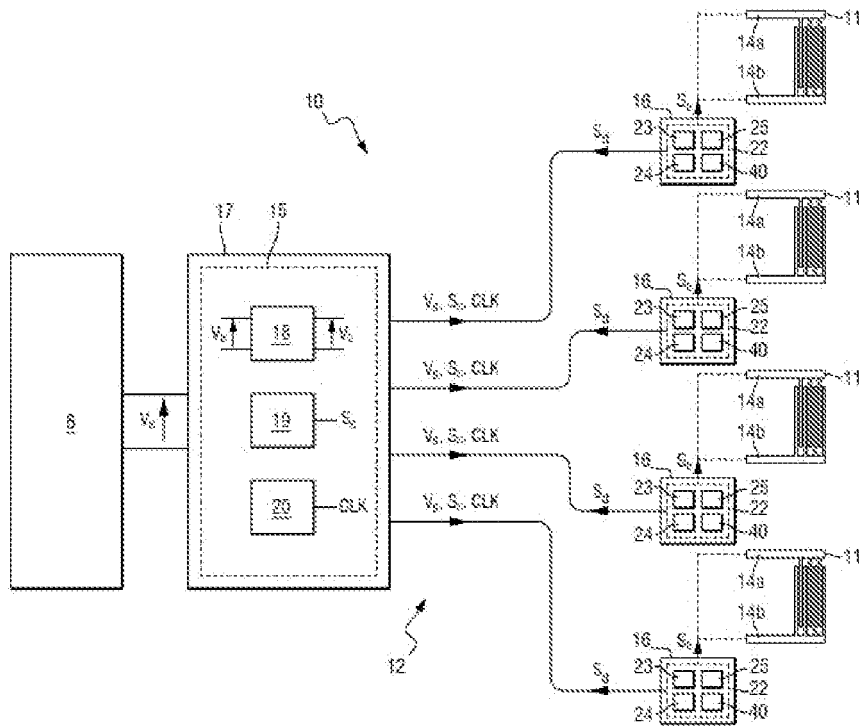
[Fig. 1]



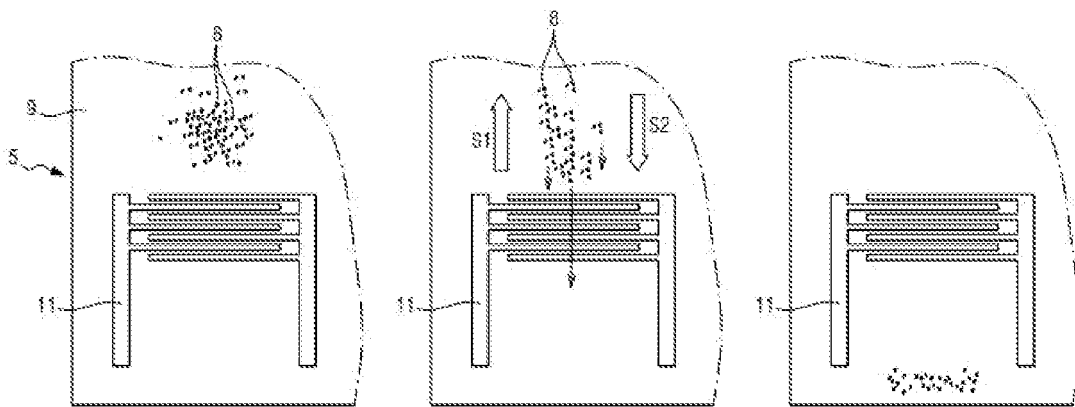
[Fig. 2]



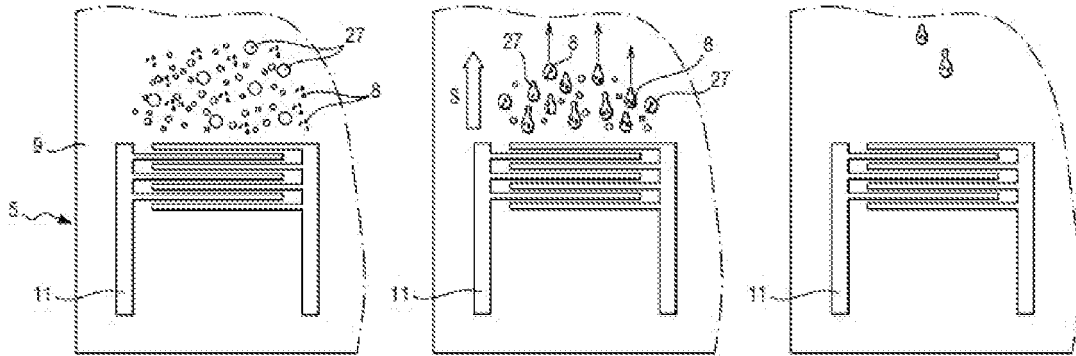
[Fig. 3]



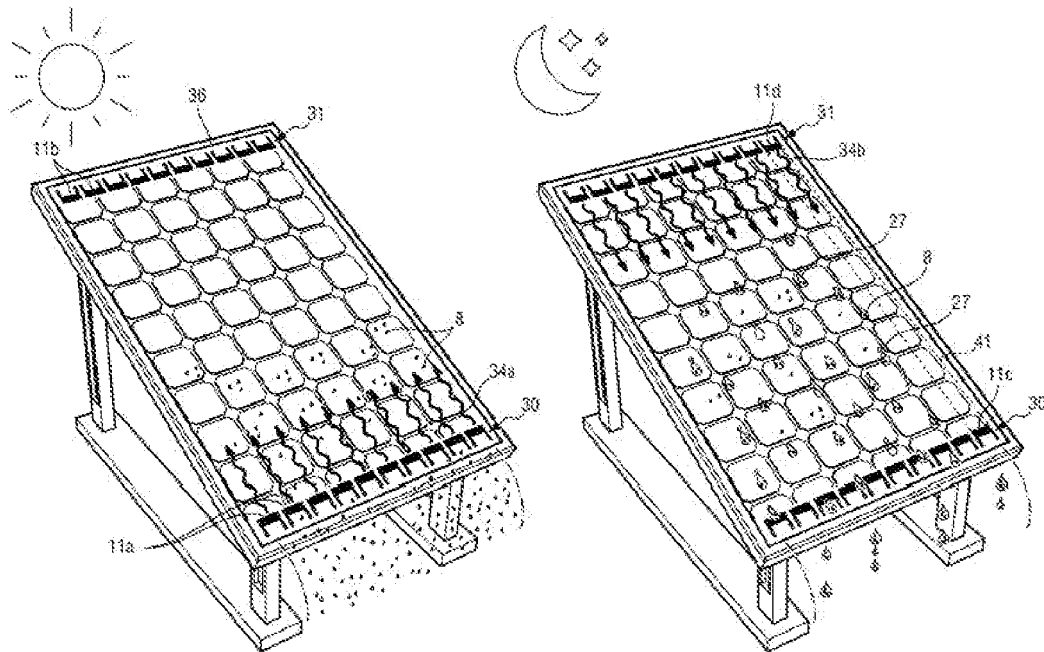
[Fig. 4]



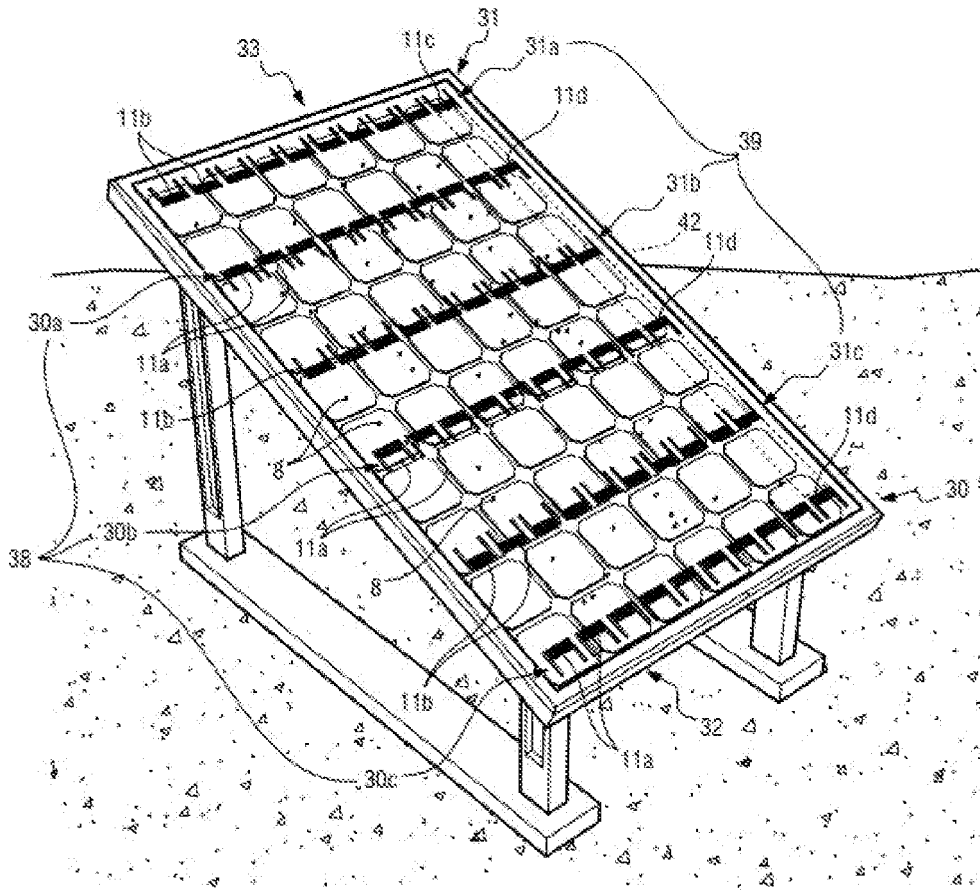
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 918217
FR 2300659

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>ALAGOZ SERKAN ET AL: "Removal of spoiling materials from solar panel surfaces by applying surface acoustic waves", JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 253, 7 janvier 2020 (2020-01-07), XP086055747, ISSN: 0959-6526, DOI: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.119992 [extrait le 2020-01-07] * abrégé; figures 1,2,3,7,8,9,10,11,13 * * page 1, colonne de gauche - page 2, colonne de droite * * page 6, colonne de droite - page 10, colonne de gauche *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-3,9, 13-17	H02S 40/10 H02S 40/30
X	<p>HATFIELD ALEXANDER ET AL: "Finite element modeling for a flexible transparent piezoelectric surface acoustic wave transducer", PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, US, vol. 12047, 1204713, 18 avril 2022 (2022-04-18), pages 1-15, XP060156566, ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.2613275 ISBN: 978-1-5106-5738-0 * abrégé; figures 3,5,8,13,16 * * pages 1,2-4 * * pages 8-10 * * pages 11,13 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-3,6, 13-15	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>H02S F24S B08B</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 décembre 2023		Sagol, Büilent Erol	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 918217
FR 2300659

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>VASILJEV PIOTR ET AL: "Ultrasonic system for solar panel cleaning", SENSORS AND ACTUATORS A: PHYSICAL, vol. 200, 14 janvier 2013 (2013-01-14), pages 74-78, XP093099598, NL ISSN: 0924-4247, DOI: 10.1016/j.sna.2013.01.009 * abrégé; figures 1,2,6,8,14,15 * * page 74 - page 78 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,3,5, 13-15,17	
X	<p>US 2015/047688 A1 (GHARIB MORTEZA [US] ET AL) 19 février 2015 (2015-02-19) * abrégé; figures 1,2,3,4,7A,8 * * alinéas [0002], [0003] - [0006], [0007] - [0008], [0023] - [0027], [0029], [0030], [0032] - [0034], [0037], [0039] - [0040], [0044], [0046] - [0050] *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-19	
X	<p>CN 105 381 993 A (UNIV HOHAI CHANGZHOU) 9 mars 2016 (2016-03-09) * abrégé; figures 1,3,4 * * alinéas [0001], [0002] - [0004], [0005], [0010] - [0016], [0023], [0025] - [0026], [0028] - [0030], [0032] - [0036], [0038] *</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1,3, 13-16, 18,19	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 décembre 2023		Sagol, Bülent Erol	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 918217
FR 2300659

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	ONG HUILING ET AL: "ZnO/glass thin film surface acoustic waves for efficient digital acoustofluidics and active surface cleaning", MATERIALS CHEMISTRY AND PHYSICS, vol. 287, 126290, 24 mai 2022 (2022-05-24) , pages 1-10, XP093100465, Switzerland, Taiwan, Republic of China ISSN: 0254-0584, DOI: 10.1016/j.matchemphys.2022.126290	1-3, 5, 6, 13-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	* le document en entier * -----	4	
X	HYEONSEOK SONG ET AL: "SAW-driven self-cleaning drop free glass for automotive sensors", JOURNAL OF MICROMECHANICS AND MICROENGINEERING, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB, vol. 31, no. 12, 27 octobre 2021 (2021-10-27), page 125007, XP020370950, ISSN: 0960-1317, DOI: 10.1088/1361-6439/AC2FEC [extrait le 2021-10-27]	1-3, 5-7, 13-16	
A	* le document en entier * -----	4	
A	US 2018/250722 A1 (TREVETT DAVID ROBERT MURRAY [GB] ET AL) 6 septembre 2018 (2018-09-06) * le document en entier * -----	1-19	
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 décembre 2023		Sagol, Büilent Erol	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 918217
FR 2300659

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>LI YIFAN ET AL: "Surface Acoustic Wave Mitigation of Precipitate Deposition on a Solid Surface-An Active Self-Cleaning Strategy", APPLIED MATERIALS & INTERFACES, vol. 13, no. 49, 1 décembre 2021 (2021-12-01), pages 59471-59477, XP093100466, US ISSN: 1944-8244, DOI: 10.1021/acsami.1c17778 * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6	
A	<p>PAQUIT MELVIN ET AL: "Displacement of Microparticles on Surface Acoustic Wave Delay Line Using High RF Power", 2018 IEEE INTERNATIONAL ULTRASONICS SYMPOSIUM (IUS), IEEE, 22 octobre 2018 (2018-10-22), pages 1-4, XP033480226, DOI: 10.1109/ULTSYM.2018.8580122 [extrait le 2018-12-17] * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 décembre 2023		Sagol, Bülent Erol	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2300659 FA 918217**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **04-12-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015047688 A1	19-02-2015	US 2015047688 A1	19-02-2015
		WO 2015023995 A1	19-02-2015

CN 105381993 A	09-03-2016	AUCUN	

US 2018250722 A1	06-09-2018	CN 105377455 A	02-03-2016
		CN 105392570 A	09-03-2016
		CN 105408033 A	16-03-2016
		CN 112337901 A	09-02-2021
		EP 3024598 A1	01-06-2016
		EP 3024599 A1	01-06-2016
		EP 3024600 A1	01-06-2016
		ES 2779760 T3	19-08-2020
		ES 2832509 T3	10-06-2021
		GB 2518136 A	18-03-2015
		JP 6410270 B2	24-10-2018
		JP 6476461 B2	06-03-2019
		JP 2016527091 A	08-09-2016
		JP 2016527138 A	08-09-2016
		JP 2016531792 A	13-10-2016
		KR 20160067083 A	13-06-2016
		KR 20160068731 A	15-06-2016
		KR 20160068732 A	15-06-2016
		PL 3024598 T3	04-05-2021
		PL 3024600 T3	10-08-2020
		US 2016137166 A1	19-05-2016
		US 2016137167 A1	19-05-2016
		US 2016151811 A1	02-06-2016
		US 2018250722 A1	06-09-2018
		WO 2015011064 A1	29-01-2015
		WO 2015011123 A1	29-01-2015
		WO 2015011126 A1	29-01-2015
