

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

①1 N° de publication :

3 100 998

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

19 10589

⑤1 Int Cl⁸ : **B 08 B 7/02** (2022.01), B 08 B 17/02, B 60 S 1/02,
B 06 B 1/06

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Dispositif pour nettoyer un support recouvert d'un liquide.

②2 Date de dépôt : 25.09.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 26.03.21 Bulletin 21/12.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 03.06.22 Bulletin 22/22.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : *École Centrale de Lille Etablissement public national scientifique, culturel et professionnel —FR, Université Polytechnique Hauts-de-France Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel FR, Centre National de la Recherche Scientifique Etablissement public national à caractère administratif FR, Université de Lille Etablissement public national scientifique, culturel et professionnel FR, YNCREA Hauts de France Association déclarée FR et VALEO SYSTEMES D'ESSUYAGE Société par actions simplifiée à associé unique — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : Baudoin Michaël, Peret Adrien,
Bretagnol Frederic et Bou Matar - Lacaze Olivier.

⑦3 Titulaire(s) : Université de Lille (EPSCP), École Centrale de Lille (EPSCP), Université Polytechnique Hauts-de-France (EPSCP), Centre National de la Recherche Scientifique (EPA), YNCREA Hauts de France Association déclarée, VALEO SYSTEMES D'ESSUYAGE (SASU).

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet NONY.

FR 3 100 998 - B1



Description

Titre de l'invention : Dispositif pour nettoyer un support recouvert d'un liquide

- [0001] La présente invention concerne un procédé pour déplacer un liquide, notamment une goutte, une flaque ou un film liquide, sur un support, notamment en mouvement, au moyen d'une onde de surface ultrasonore.
- [0002] Dans des domaines variés, il est nécessaire de s'affranchir des effets liés à l'accumulation d'un liquide sur une surface.
- [0003] Il est connu de mettre en rotation les gouttes d'un liquide pour les évacuer d'une surface. Cependant, une telle technique n'est pas adaptée à des surfaces dont l'aire est supérieure à quelques centimètres carrés.
- [0004] La mise en œuvre d'un champ électrique pour contrôler l'hydrophobicité d'une surface est aussi connue, par exemple de KR 2018 0086173 A1. Cette technique, connue sous l'acronyme EWOD (pour « Electro Wetting On Devices » en anglais) consiste à appliquer une différence de potentiel entre deux électrodes, de sorte à polariser électriquement la surface pour la rendre hydrophile, déliant ainsi la goutte de la surface. En contrôlant la localisation de la polarisation, la goutte peut alors être déplacée. Cependant, cette technique ne peut être mise en œuvre qu'avec des matériaux particuliers et nécessite un positionnement particulièrement précis des électrodes sur toute la surface où l'on veut contrôler les propriétés de mouillage.
- [0005] Il est aussi bien connu d'appliquer un effort mécanique sur le liquide, par exemple au moyen d'un essuie-glace sur un pare-brise d'un véhicule automobile. Toutefois, un essuie-glace limite le champ de vision accessible au conducteur. Il étale en outre les particules grasses déposées en surface du pare-brise. De plus, il est nécessaire de renouveler les garnitures de l'essuie-glace régulièrement.
- [0006] Par ailleurs, les véhicules automobiles autonomes comportent un nombre élevé de capteurs afin de déterminer les distances et vitesses des autres véhicules présents sur la route. De tels capteurs, par exemple des lidars, sont eux aussi soumis aux intempéries et aux projections de boue et requièrent d'être nettoyés fréquemment. Cependant, un essuie-glace est inadapté au nettoyage d'une surface faiblement étendue d'un tel capteur.
- [0007] Des procédés pour évacuer un liquide s'accumulant sur un support sont connus, qui mettent en œuvre la génération et la propagation d'ondes de surface ultrasonores dans le support. En particulier, WO 2012/095643 A1 décrit un procédé pour évacuer les gouttes de pluie d'un pare-brise par vaporisation ultrasonique. Les amplitude et fréquence de vibration sont choisies de sorte que les gouttes de pluie tombant sur le

pare-brise soient vaporisées dès qu'elles entrent dans la zone de mouvement vibratoire de la surface du pare-brise. Toutefois, afin d'obtenir une vaporisation d'une goutte de liquide, d'une flaque ou d'un film, les puissances nécessaires à la mise en vibration d'un support sont élevées, ce qui limite leur mise en œuvre pratique, notamment pour le développement de dispositifs autonomes. Il est d'ailleurs bien connu que la vaporisation nécessite des énergies supérieures à celles nécessaires pour déplacer des gouttes sur un support.

[0008] Il existe toujours un besoin pour améliorer l'évacuation d'un liquide hors d'un support revêtu par le liquide.

[0009] L'invention vise à satisfaire ce besoin, et elle y parvient en proposant un dispositif électroacoustique comportant :

- un support,
- au moins deux transducteurs d'onde couplés acoustiquement avec le support et étant configurés chacun pour générer une onde de surface ultrasonore se propageant dans le support, les directions de propagation des ondes de surface ultrasonores générées par les transducteurs étant différentes,

- une unité de contrôle,

le dispositif comportant une unité d'analyse configurée pour estimer l'orientation de la force externe s'appliquant sur un liquide, lorsque le liquide est au contact du support et/ou le dispositif étant configuré pour recevoir l'estimation de l'orientation de la force externe,

l'unité de contrôle étant configurée pour commander au moins l'un des transducteurs, à partir de l'estimation de l'orientation de la force externe, de manière que la force acoustique s'appliquant sur le liquide, produite par l'interaction entre la ou les ondes de surface ultrasonores et le liquide, soit orientée dans un sens prédéterminé.

[0010] L'invention facilite le déplacement du liquide sur le support, en combinant l'effet de la force externe et l'effet de la force acoustique.

[0011] Par « force externe », on entend toute force différente de la force acoustique. Le poids du liquide ou une force aérodynamique induite par l'écoulement d'un fluide sur le liquide sont des exemples de force externe.

[0012] L'homme du métier sait aisément déterminer l'orientation de la force acoustique s'appliquant sur un liquide disposé sur un support, et qui est induite par une onde de surface générée par un transducteur. Dans le cas d'une onde de surface plane, la force acoustique est orientée suivant le vecteur d'onde associée à l'onde plane. Dans le cas d'une onde de surface focalisée, le liquide est déplacé vers le point focal du transducteur. Les phénomènes à l'origine du déplacement du liquide peuvent être non linéaires. La force acoustique peut donc être sensiblement proportionnelle à l'intensité de l'onde acoustique rayonnée et à l'intensité électrique alimentant le transducteur.

- [0013] L'unité de contrôle peut notamment comprendre :
- [0014] - un module de stockage, par exemple une mémoire flash dans laquelle sont enregistrées, par exemple sous la forme d'une table, ledit ensemble des orientations des forces acoustiques et les caractéristiques associées des courants électriques de commande des transducteurs, et
- un module de synthèse configuré pour comparer l'orientation estimée de la force externe avec l'ensemble des orientations des forces acoustiques enregistrées dans le module et pour alimenter les transducteurs avec les courants électriques de commande associés.
- [0015] De préférence, l'unité de contrôle est configurée pour commander le ou les transducteurs de manière à minimiser l'angle entre l'orientation de la force acoustique projetée sur le support et l'orientation estimée de la force externe projetée sur le support, afin de faciliter le déplacement du liquide sur le support. L'évacuation du liquide de la face du support est ainsi accélérée.
- [0016] L'unité de contrôle peut être configurée pour choisir les transducteurs générant une onde de surface ultrasonore orientée dans un sens proche de la force externe projetée sur le support. Par « sens proche », on entend que l'angle entre la direction de la force externe et le sens de propagation de l'onde est inférieure à 90° , voire inférieure à 45° . L'unité de contrôle peut être configurée pour commander chacun des transducteurs ainsi choisis, de telle sorte que l'énergie acoustique de l'onde générée par le transducteur correspondant soit proportionnelle à l'angle entre la force externe projetée sur le support et le sens de propagation de l'onde.
- [0017] De préférence, l'unité de contrôle est configurée pour commander le ou les transducteurs de manière que l'orientation de la force acoustique projetée sur le support soit sensiblement parallèle à l'orientation de la force externe projetée sur le support.
- [0018] L'unité de contrôle peut comporter une pluralité de commutateurs configurés chacun pour ouvrir ou fermer électriquement un circuit électrique d'alimentation d'un transducteur correspondant.
- [0019] L'unité de contrôle peut comporter un organe d'amplification électrique configuré pour amplifier un courant électrique alimentant l'un des transducteurs. En particulier, l'unité de contrôle peut être configurée pour qu'au moins deux des transducteurs génèrent des ondes ultrasonores de surface d'amplitudes différentes.
- [0020] Afin d'assurer un déplacement optimal du liquide sur la surface du support, la fréquence fondamentale de l'onde de surface ultrasonore générée par au moins l'un des transducteurs, voire par chacun des transducteurs, est de préférence comprise entre 0,1 MHz et 1000 MHz, de préférence comprise entre 10 MHz et 100 MHz, par exemple égale à 40 MHz.
- [0021] L'amplitude de l'onde ultrasonore de surface générée par au moins l'un des trans-

ducteurs, voire par chacun des transducteurs, peut être comprise entre 1 picomètre et 500 nanomètres. Elle peut notamment dépendre de la fréquence fondamentale de l'onde. Elle correspond au déplacement normal de la face du support sur laquelle se propage l'onde de surface ultrasonore et peut être mesurée par interférométrie laser.

- [0022] L'onde de surface ultrasonore peut être une onde de Rayleigh ou une onde de Lamb. En particulier, elle peut être une onde de Rayleigh lorsque le support présente une épaisseur supérieure à la longueur d'onde de l'onde de surface ultrasonore. Une onde de Rayleigh est privilégiée car l'énergie de l'onde est concentrée sur la face du support sur laquelle elle se propage, et peut ainsi être transmise efficacement au liquide.
- [0023] L'unité d'analyse est configurée pour estimer, lorsqu'un liquide est disposé sur le support, l'orientation de la force externe s'appliquant sur le liquide.
- [0024] De préférence, le dispositif comporte une unité de mesure connectée à l'unité d'analyse et configurée pour mesurer au moins une grandeur physique. Elle est configurée pour recevoir la grandeur physique, en particulier avec une fréquence supérieure à 1 Hz, voire supérieure à 10 Hz, par exemple égale à 50Hz.
- [0025] La grandeur physique peut caractériser le support. Par exemple, la grandeur physique peut être choisie parmi la vitesse du support par rapport à un référentiel et la position et/ou l'orientation du support dans un référentiel. Par exemple, la grandeur physique est la vitesse d'un véhicule automobile comportant le dispositif électroacoustique.
- [0026] Le référentiel peut être un référentiel absolu. Un « référentiel absolu » désigne un référentiel géodésique dans lequel on peut définir la localisation d'un objet sur terre de manière univoque. Le référentiel absolu peut être choisi parmi les suivants : Réseau Géodésique Français 1993 (RGF93), World Geodetic System (WGS84), International Terrestrial Rotational Service (ITRS) ou European Terrestrial Reference System (ETRS).
- [0027] L'unité de mesure peut être reliée à l'unité d'analyse au moyen d'un câble électrique. En variante, la connexion entre l'unité de mesure et l'unité d'analyse peut être opérée par une liaison par ondes électromagnétiques.
- [0028] Le dispositif électroacoustique peut comporter l'unité de mesure. Selon une autre variante, l'unité de mesure peut être distante du dispositif.
- [0029] Par exemple, le support est une surface d'un véhicule automobile et l'unité de mesure est disposée dans la boîte de vitesses et est configurée pour convertir la vitesse de l'arbre du moteur en la vitesse du véhicule, ou est disposée dans une roue du véhicule et est configurée pour mesurer la vitesse de rotation de la roue et la convertir en la vitesse du véhicule.
- [0030] L'unité de mesure peut être un émetteur/récepteur GPS configuré pour mesurer la position et/ou l'orientation du support.
- [0031] La grandeur physique peut caractériser le liquide. Par exemple, elle peut être l'aire du

liquide recouvrant le support ou l'épaisseur du liquide.

- [0032] Elle peut encore caractériser l'environnement du support. Par exemple, lorsque le support est mobile dans un référentiel, la grandeur physique peut être la vitesse d'un fluide, par exemple de l'air, en écoulement autour du support. Une unité de mesure apte à mesurer la vitesse du fluide est par exemple une sonde de Pito ou un capteur MEMs qui peut être montée sur le support.
- [0033] De préférence, le dispositif comporte une pluralité d'unités de mesure telles que décrites précédemment.
- [0034] Par ailleurs, afin d'améliorer l'estimation de l'orientation de la force externe, le dispositif peut comporter un module de communication configuré pour communiquer avec un serveur de données à distance et pour recevoir du serveur de données une information météorologique, par exemple la vitesse moyenne et/ou l'orientation moyenne du vent, relativement à la position et/ou à l'orientation du support. Le module de communication peut notamment comporter un moyen de télécommunication, notamment cellulaire, pour communiquer avec le serveur de données.
- [0035] De préférence, l'unité d'analyse est configurée pour estimer l'orientation de la force externe au moyen d'un modèle numérique d'estimation prenant en données d'entrée la grandeur physique, l'orientation du support par rapport à l'horizontale et optionnellement l'information météorologique fournie par le module de communication.
- [0036] En variante ou de manière additionnelle, le module de communication peut être configuré pour communiquer avec au moins un autre dispositif distant qui est muni d'une unité d'analyse configurée pour estimer l'orientation de la force externe s'appliquant sur le liquide, le module de communication étant en outre configuré pour recevoir l'estimation de l'orientation de la force externe en provenance de l'unité d'analyse de l'autre dispositif.
- [0037] Le dispositif et l'autre dispositif peuvent être distants de plus de 1 m, voire de plus de 5 m et/ou de moins de 1 km, voire de moins de 100 m.
- [0038] Par exemple, le dispositif est monté sur un véhicule automobile et l'autre dispositif est monté sur un autre véhicule automobile. Les véhicules peuvent suivre un même trajet et le dispositif monté sur le véhicule en amont sur le trajet peut transmettre l'estimation de la force externe au dispositif monté sur le véhicule en aval.
- [0039] De manière routinière, l'homme du métier sait mettre au point un tel modèle d'estimation. Par exemple, dans une variante où le support est porté par un véhicule ou est une surface d'un véhicule, l'homme du métier peut déterminer les trajectoires d'écoulement de l'air en différentes zones de l'enveloppe d'un véhicule se déplaçant à une vitesse déterminée, à partir d'un essai aérodynamique en soufflerie. Il peut en outre déterminer la vitesse locale de l'écoulement d'air en chacune desdites zones, et calculer ainsi une estimation de l'effort s'appliquant sur le liquide dans chacune des

zones.

- [0040] Par exemple, l'unité d'analyse peut estimer l'orientation de la force externe s'appliquant sur un liquide, par exemple des gouttes de pluie, sur la face externe d'un support tel un pare-brise ou un organe de protection d'un capteur d'un véhicule, à partir de la mesure de la vitesse du véhicule, de l'orientation du véhicule transmise par un émetteur/récepteur GPS, et de la vitesse moyenne et de l'orientation moyenne du vent obtenues du serveur de données.
- [0041] Le déplacement du liquide induit par l'onde de surface ultrasonore peut notamment résulter d'un effet de streaming acoustique et/ou d'un effet de pression de radiation induits par la ou les ondes de surface ultrasonore.
- [0042] Le liquide peut se présenter sous la forme d'au moins une goutte, ou sous la forme d'une pluralité de gouttes pouvant présenter des tailles différentes. Le liquide peut se présenter sous la forme d'au moins un film, continu ou discontinu. Par « film », on entend une pellicule mince formée sur le support. Le liquide peut se présenter sous la forme d'une flaque.
- [0043] Le liquide peut être aqueux. En particulier, il peut être de l'eau de pluie ou de l'eau de rosée. L'eau de pluie et/ou l'eau de rosée peut notamment contenir des particules grasses. Une eau de rosée forme une buée en surface d'un support. Elle résulte de la condensation sur le support, dans des conditions *ad hoc* de pression et de température, de l'eau sous forme vapeur contenue dans l'air.
- [0044] Le dispositif peut comporter une unité de détection configurée pour détecter la présence du liquide sur le support. Par exemple, l'unité de détection peut être configurée pour traiter un flux d'images acquises par une caméra et pour déceler lorsque la caméra est aveuglée par le liquide. L'unité de détection peut être configurée pour traiter un flux d'informations d'un LiDAR afin de détecter la réduction du portée du LiDAR induite par le liquide.
- [0045] Par ailleurs, l'unité de détection peut être configurée pour mesurer et analyser une onde de surface émise par au moins l'un des transducteurs, afin de détecter la présence du liquide au contact du support. Par exemple, l'unité de détection peut être configurée pour mesurer l'onde transmise entre deux des transducteurs disposés en face l'un de l'autre sur le support. Selon un autre exemple, le dispositif peut être configuré pour que l'un des transducteurs génère une onde ultrasonore sous la forme d'une impulsion, par exemple un créneau ou un Dirac, et pour mesurer si une onde de réponse est produite par interaction entre le liquide et l'impulsion, si le liquide est en contact du support.
- [0046] Enfin les transducteurs à ondes de surface peuvent eux même être utilisés pour détecter la présence du liquide sur le support, soit en mesurant la transmission du signal entre deux transducteurs situés l'un en face de l'autre, soit en envoyant des pulses et en mesurant l'écho généré par la réflexion de l'onde par le liquide.

- [0047] Le support peut être en tout matériau apte à propager une onde de surface ultrasonore. De préférence, il est en un matériau pour lequel la longueur d'absorption de l'onde de surface ultrasonore dans le matériau est au moins plus de 10 fois, voire au moins plus de 100 fois supérieure à la surface du support
- [0048] La face du support sur laquelle l'onde de surface longitudinale se propage peut être plane. Elle peut aussi être courbe, sous réserve que le rayon de courbure de la face soit supérieur à la longueur d'onde de l'onde de surface ultrasonore.
- [0049] La face peut être rugueuse. Elle peut présenter une rugosité Ra inférieure à la longueur d'onde.
- [0050] Le support peut notamment se présenter sous la forme d'une plaque plane, ou présentant au moins une courbure selon une direction. L'épaisseur de la plaque peut être inférieure à 10 cm, voire inférieure à 1 cm, voir même inférieure à 1 mm. La longueur de la plaque peut être supérieure à 1 cm, voire supérieure à 10 m, voire même supérieure à 1 m.
- [0051] Par « épaisseur du support », on considère la plus petite dimension du support mesurée selon une direction perpendiculaire à la surface sur laquelle se propage l'onde ultrasonore.
- [0052] Le support peut être disposé à plat par rapport à l'horizontale. En variante, il peut être incliné par rapport à l'horizontale d'un angle α supérieur à 10° , voire supérieur à 20° , voire supérieur à 45° , voire supérieure à 70° . Il peut être disposé verticalement.
- [0053] Le support peut être optiquement transparent, notamment à la lumière dans le visible. Le procédé est ainsi alors particulièrement adapté aux applications dans lesquelles l'amélioration du confort visuel d'un utilisateur observant son environnement à travers le support est recherchée.
- [0054] Le support peut être en un matériau choisi parmi les matériaux piézoélectriques, les polymères, en particulier les thermoplastiques, notamment le polycarbonate, les verres, les métaux et les céramiques.
- [0055] De préférence, le support est en matériau différent d'un matériau piézoélectrique.
- [0056] De préférence, le support est choisi dans le groupe formé par :
- une surface automobile, par exemple choisie parmi un pare-brise d'un véhicule, un vitrage d'un rétroviseur, ou
 - une visière d'un casque,
 - une vitre d'un bâtiment,
 - une surface d'un dispositif optique, par exemple choisie parmi un objectif d'une caméra, un verre d'une lunette de vue, et un capteur, notamment une sonde, par exemple une sonde de Pitot, ou un lidar, et
 - un élément de protection d'un tel capteur.
- [0057] Le support peut être un élément de la structure d'un aéronef, par exemple une aile, un

fuselage ou un empennage.

- [0058] Le dispositif comporte au moins deux transducteurs. Afin de définir encore plus précisément l'orientation de la force acoustique, le dispositif comporte de préférence au moins trois, voire au moins quatre, mieux au moins huit transducteurs d'onde, de préférence répartis régulièrement autour d'un axe normal à une face du support.
- [0059] De préférence, le dispositif comporte au moins deux, voire au moins trois, mieux au moins quatre paires de transducteurs, les transducteurs d'une même paire étant disposés de façon à générer des ondes de surface ultrasonores se propageant dans une même direction mais selon des sens différents. De préférence, les transducteurs d'une même paire sont disposés en regard l'un de l'autre selon la direction de propagation des ondes qu'ils peuvent générer.
- [0060] Le dispositif peut comporter un nombre pair de transducteurs.
- [0061] Les transducteurs peuvent être fixés, et de préférence collés, sur le support. En particulier, ils peuvent être disposés sur un bord du support.
- [0062] Les transducteurs peuvent recouvrir au moins partiellement le support, en particulier la face du support sur laquelle repose le liquide.
- [0063] Au moins l'un des transducteurs, voire chacun des transducteurs, peut générer directement l'onde de surface ultrasonore. En variante, au moins l'un des transducteurs, voire chacun des transducteurs, peut générer une onde guidée ultrasonore, qui se propage à l'interface entre le support et le transducteur, puis se transforme en l'onde de surface ultrasonore le long d'une portion du support disposée à distance dudit transducteur.
- [0064] Au moins l'un des transducteurs, voire chaque transducteur, peut être en contact direct avec le support ou avec une couche intermédiaire, par exemple formée d'adhésif, disposée sur le support.
- [0065] De préférence, au moins l'un des transducteurs, de préférence chaque transducteur comporte des première et deuxième électrodes formant respectivement des premier et deuxième peignes, les premier et deuxième peignes étant interdigités et étant disposés sur le support et/ou disposés au contact direct du support et/ou au contact d'un substrat intermédiaire en contact avec, notamment disposé sur, le support, le substrat étant en un matériau piézoélectrique.
- [0066] Le matériau piézoélectrique peut être choisi dans le groupe formé par le niobate de lithium, le nitrure d'aluminium, le titano-zirconate de plomb, l'oxyde de zinc, et leurs mélanges. Le matériau piézoélectrique peut être opaque à la lumière dans le visible.
- [0067] Dans une variante, le support est formé du matériau piézoélectrique et au moins l'un des transducteurs comporte le support. Les premier et deuxième peignes sont alors de préférence disposés au contact du support.
- [0068] Dans une autre variante, le support est en un matériau différent d'un matériau piézo-

électrique et les électrodes sont disposées sur le substrat intermédiaire.

- [0069] Les première et deuxième électrodes peuvent être déposées par photolithographie sur le support et/ou sur le substrat.
- [0070] Les première et deuxième électrodes peuvent être prises en sandwich entre le support et le substrat, qui de préférence présente une épaisseur au moins une fois, voire au moins deux fois supérieure à la longueur d'onde fondamentale de l'onde guidée ultrasonore. En variante, le substrat peut être pris en sandwich entre le support et les première et deuxième électrodes, et présente de préférence une épaisseur inférieure à la longueur d'onde fondamentale de l'onde guidée ultrasonore.
- [0071] Les premier et deuxième peignes peuvent comporter de préférence une base à partir de laquelle s'étend une rangée de doigts, les doigts étant de préférence parallèles les uns aux autres. Les doigts peuvent présenter une largeur comprise entre un huitième de la longueur d'onde de l'onde de surface ultrasonore et la moitié de ladite longueur d'onde, de préférence égale à un quart de ladite longueur d'onde. La largeur des doigts détermine en partie la fréquence fondamentale de l'onde de surface ultrasonore.
- [0072] Par ailleurs, l'espacement entre deux doigts consécutivement adjacents d'une rangée du premier peigne, respectivement du deuxième peigne, peut être comprise entre un huitième de la longueur d'onde de l'onde de surface ultrasonore et la moitié de ladite longueur d'onde, de préférence égale à un quart de ladite longueur d'onde.
- [0073] La rangée de doigts du premier peigne et/ou la rangée de doigts du deuxième peigne peuvent comporter chacun plus de 2 doigts, voire plus de 10 doigts, voire même plus de 40 doigts. L'augmentation du nombre de doigts augmente le facteur de qualité du transducteur.
- [0074] Le substrat peut être une couche mince déposée, par exemple par dépôt chimique en phase vapeur ou par pulvérisation sur le support. En variante, le substrat peut être autoporteur, c'est-à-dire suffisamment rigide pour ne pas fléchir sous l'effet de son propre poids. Le substrat autoporteur peut être fixé, par exemple collé, sur le support.
- [0075] La portion du liquide la plus éloignée du transducteur peut être disposée à une distance correspondant à plusieurs fois la longueur d'atténuation de l'onde de surface dans le support.
- [0076] Par ailleurs, le dispositif peut comporter un générateur électrique, par exemple une batterie, pour alimenter électriquement chaque transducteur. Le générateur peut être relié à l'unité de contrôle. Il peut alimenter l'unité d'analyse.
- [0077] Le générateur électrique peut délivrer à au moins l'un des transducteurs, voire à chacun des transducteurs, une puissance comprise entre 10 milliwatts et 50 watts.
- [0078] Enfin, l'invention concerne encore un véhicule automobile choisi parmi une voiture, un bus, une motocyclette et un camion, le véhicule comportant un dispositif selon l'invention.

- [0079] De préférence, le véhicule comporte un châssis et le dispositif est fixe par rapport au châssis.
- [0080] L'invention concerne aussi un procédé comportant la fourniture d'un dispositif, notamment tel que selon l'invention, comportant un support recouvert d'un liquide et au moins deux transducteurs d'onde couplés acoustiquement avec le support et étant configurés chacun pour générer une onde de surface ultrasonore se propageant dans le support, les directions de propagation des ondes de surface ultrasonores générées par les transducteurs étant différentes,
- le procédé comportant l'estimation de l'orientation de la force externe s'appliquant sur le liquide, et en fonction de ladite estimation, l'alimentation électrique d'au moins un des transducteurs pour propager une ou des ondes de surface ultrasonores dans le support de manière que la force acoustique s'appliquant sur le liquide, produite par l'interaction entre la ou les ondes de surface ultrasonores et le liquide, soit orientée dans un sens prédéterminé.
- [0081] De préférence, le dispositif est monté sur un véhicule automobile et l'estimation de la force externe comporte la mesure de la vitesse du véhicule.
- [0082] L'invention concerne enfin un véhicule automobile comportant un capteur de vitesse du véhicule et un dispositif électroacoustique, notamment selon l'invention, comportant :
- un support,
 - au moins deux transducteurs d'onde couplés acoustiquement avec le support et étant configurés chacun pour générer une onde de surface ultrasonore se propageant dans le support, les directions de propagation des ondes de surface ultrasonores générées par les transducteurs étant différentes, et
 - une unité de contrôle configurée pour commander, au moyen de la vitesse du véhicule, au moins l'un des transducteurs de manière que, lorsqu'un liquide est disposé sur le support, la force acoustique s'appliquant sur le liquide, produite par l'interaction entre la ou les ondes de surface ultrasonores et le liquide soit orientée dans un sens prédéterminé.
- [0083] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :
- [0084] [fig.1] la figure 1 représente, selon une vue en perspective, un véhicule automobile comportant un exemple de dispositif selon l'invention,
- [0085] [fig.2] la figure 2 est un agrandissement de la figure 1 représentant une portion du dispositif selon l'invention,
- [0086] [fig.3] la figure 3 est une représentation schématique du dispositif de l'exemple 1,
- [0087] [fig.4] la figure 4 illustre un exemple de méthode pour choisir les transducteurs à

activer,

- [0088] [fig.5] la figure 5 représente un mode de réalisation d'un transducteur d'un exemple de dispositif, et
- [0089] [fig.6] la figure 6 représente un autre mode de réalisation d'un transducteur d'un exemple de dispositif.
- [0090] Les éléments constitutifs du dessin n'ont pas été représentés à l'échelle par souci de clarté.
- [0091] La figure 1 représente un véhicule automobile 5 qui contient un exemple de dispositif 10 selon l'invention.
- [0092] Le dispositif comporte une pluralité de transducteurs d'onde de surface ultrasonore 15a-h et un support 20, défini par un hublot monté dans une fenêtre 25 ménagée dans un boîtier de protection 30 d'un lidar, sur lequel sont disposés les transducteurs. Le dispositif comporte en outre une unité d'analyse 35 et une unité de contrôle 40 des transducteurs, toutes deux logées dans le véhicule.
- [0093] Le hublot est transparent à la lumière visible et est par exemple en verre ou en polycarbonate.
- [0094] Un lidar est logé dans le boîtier de protection et émet un faisceau laser L à travers le hublot, afin de détecter les obstacles 45, les piétons et les autres véhicules situés dans l'environnement du véhicule. Dans l'exemple illustré, le hublot est plan, mais dans une variante, il peut être courbe.
- [0095] Les transducteurs sont disposés sur le contour de la face externe 50 du hublot, exposée au vent et à la pluie. Ils sont par ailleurs disposés de manière régulière autour de l'axe X passant par le centre C du hublot et qui est perpendiculaire à la face. Ainsi, les transducteurs, par exemple référencés 15_a et 15_e, disposés symétriquement par rapport au centre forment des paires, chaque transducteur d'une paire émettant une onde de surface ultrasonore, par exemple W_a, dans un sens opposée au sens de l'onde, par exemple W_e, émise par le transducteur de l'autre paire.
- [0096] Dans l'exemple illustré sur la figure 1, chaque transducteur est configuré pour propager une onde de surface ultrasonore W_{a-e} orientée sensiblement vers le centre C. Ainsi, quelque soit l'orientation estimée de la force externe projetée sur le support, au moins un des transducteurs du dispositif peut être commandé pour générer une onde de surface apte à induire une force acoustique dont la composante projetée sur le support est orientée sensiblement parallèlement à la force externe projetée.
- [0097] Bien évidemment, d'autres agencements des transducteurs peuvent être envisagés. De même, le nombre de transducteurs n'est pas limitatif, et peut être réduit ou augmenté.
- [0098] L'unité d'analyse est logée dans véhicule, par exemple sous le capot avant ou dans l'habitacle. Elle est connectée au moyen de câbles électriques 53 à une unité de mesure

de la vitesse du véhicule 55 disposée dans une roue 60 du véhicule et est configurée pour mesurer la vitesse de rotation de la roue et la convertir en la vitesse du véhicule. L'unité d'analyse est en outre reliée et à un émetteur/récepteur GPS 65 qui mesure la position et l'orientation du véhicule, et qui peut en outre estimer la vitesse du véhicule.

- [0099] Ainsi, selon une fréquence d'acquisition prédéterminée, par exemple supérieure à 1 Hz, voire supérieure à 10 Hz, par exemple égale à 50 Hz, l'unité d'analyse peut recevoir la vitesse, l'orientation et la position du véhicule.
- [0100] Par ailleurs, l'unité d'analyse est reliée à un module de communication cellulaire 70 pour interroger un serveur de données météorologiques distant et recevoir du serveur l'orientation et la vitesse du vent, dans la position du véhicule.
- [0101] L'unité d'analyse estime l'orientation de la force externe au moyen d'un modèle numérique d'estimation prenant en données d'entrée la vitesse, la position et l'orientation du véhicule et l'information météorologique. Le modèle d'estimation tient aussi compte de la position du hublot par rapport à l'horizontale pour estimer la composante liée au poids du liquide.
- [0102] Ainsi, lorsqu'un liquide 88 est détecté sur la face du hublot, par exemple par temps de pluie, l'unité d'analyse peut estimer l'orientation OF_e de la force externe et la transmettre à l'unité de contrôle 40.
- [0103] L'unité de contrôle est reliée électriquement à l'unité d'analyse et à un générateur de courant 75 multivoie. Chaque voie 80a-h du générateur de courant est reliée électriquement à un transducteur 15a-h correspondant pour assurer l'alimentation électrique du transducteur. L'unité de contrôle comporte en outre une pluralité de commutateurs 85a-h, chacun disposé électriquement entre le générateur de courant et le transducteur.
- [0104] L'unité de contrôle comporte en outre un module de synthèse 90. Le module de synthèse choisit, parmi l'ensemble des transducteurs du dispositif, les transducteurs générant une onde de surface ultrasonore présentant un angle α inférieur à 90° avec l'orientation de la force externe projetée OF_{ep} sur le support. Par exemple, sur la figure 3, les transducteurs 15d, 15e et 15f sont choisis car ils présentent des angles $\alpha_{d,f}$ inférieurs à 90° . L'unité de contrôle dispose ensuite les commutateurs des circuits électriques d'alimentation des transducteurs choisis en position ouverte et les autres commutateurs en position fermée. Il commande ensuite le générateur de courant pour que l'intensité du courant transmis à chacun des transducteurs choisis soit proportionnelle à l'angle α . Ainsi, la force acoustique générée par l'interaction entre les ondes acoustiques des transducteurs choisis et le liquide, projetée sur le support OF_{ap} , est sensiblement parallèle et orientée dans le même sens que la force externe projetée sur le support. Le liquide est alors soumis à une force d'intensité plus élevée que la seule force externe, ce qui facilite son décollement et son déplacement sur le support.

- [0105] La figure 5 illustre un exemple d'arrangement d'un des transducteurs sur le support de l'exemple illustré sur la figure 1.
- [0106] Le transducteur comporte un substrat 100 sur lequel sont disposées des première 105 et deuxième 110 électrodes. Le substrat est par exemple en niobate de lithium coupe à 128° .
- [0107] Les électrodes sont déposées par photolithographie. Elles sont constituées d'une couche d'accroche au substrat intermédiaire formée de titane et d'épaisseur égale à 20 nm et d'une couche conductrice d'or d'une épaisseur de 100 nm.
- [0108] Les première et deuxième électrode forment des premier 115 et deuxième 120 peignes. Chaque peigne comporte une base 125,130 et une rangée de doigts 135,140 s'étendant parallèlement les uns aux autres à partir de la base. Les premier et deuxième peignes sont interdigités.
- [0109] L'espacement entre les doigts détermine la fréquence de résonance du transducteur que l'homme du métier sait aisément déterminer.
- [0110] La mise sous tension électrique alternative des première et deuxième électrodes induit une réponse mécanique du matériau piézoélectrique disposé entre deux doigts consécutifs des premier et deuxième peignes, qui résulte en la génération d'une onde de surface ultrasonore W qui se propage dans le support selon un sens de propagation P, perpendiculaire aux doigts des premier et deuxième peignes.
- [0111] La figure 6 illustre un autre arrangement des transducteurs sur le support.
- [0112] Le transducteur comporte un substrat 100 autoporteur et les première 105 et deuxième 110 électrodes sont déposées sur la face du substrat 50 collée sur le support 100. Lorsqu'un courant électrique parcourt les première et deuxième électrodes, le transducteur génère une onde guidée ultrasonore G, qui se propage entre le support et le substrat. Lorsque l'onde guidée atteint l'extrémité 150 du substrat le long de sa direction de propagation, elle se transforme en une onde de surface ultrasonore W qui se propage dans la portion 160 du support séparée du substrat, sensiblement selon la même direction de propagation que l'onde guidée. La transformation de l'onde guidée en onde de surface résulte de l'absence d'interface entre deux solides dans la portion du support.
- [0113] L'arrangement du transducteur illustré sur la figure 6 présente l'avantage de protéger les première et deuxième électrodes. Par exemple, le liquide 88 ne peut pas s'écouler sur les électrodes et les oxyder. Par ailleurs, de manière optionnelle, le dispositif illustré sur la figure 4 peut comporter un organe de protection 155 qui définit avec le support un logement pour le transducteur. On évite ainsi que des objets qui percutent le dispositif n'endommagent le transducteur.
- [0114] Bien évidemment, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et aux exemples présentés à titre illustratif.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif électroacoustique (10) comportant :
- un support (50),
 - au moins deux transducteurs d'onde (15_{a-h}) couplés acoustiquement avec le support et étant configurés chacun pour générer une onde de surface ultrasonore (W_{a-h}) se propageant dans le support, les directions de propagation (P) des ondes de surface ultrasonores générées par les transducteurs étant différentes,
 - une unité de contrôle (40),
- le dispositif comportant une unité d'analyse (35) configurée pour estimer l'orientation de la force externe (OF_e) s'appliquant sur un liquide, lorsque le liquide est au contact du support et/ou le dispositif étant configuré pour recevoir l'estimation de l'orientation de la force externe,
- l'unité de contrôle étant configurée pour commander au moins l'un des transducteurs, à partir de l'estimation de l'orientation de la force externe, de manière que la force acoustique s'appliquant sur le liquide, produite par l'interaction entre la ou les ondes de surface ultrasonores et le liquide, soit orientée dans un sens prédéterminé.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, l'unité de contrôle étant configurée pour commander le ou les transducteurs de manière à minimiser l'angle entre l'orientation de la force acoustique projetée sur le support (OF_{ap}) et l'orientation estimée de la force externe projetée sur le support (OF_{ep}), afin de faciliter le déplacement du liquide sur le support.
- [Revendication 3] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, comportant au moins une unité de mesure (55;65) connectée à l'unité d'analyse et configurée pour mesurer au moins une grandeur physique, par exemple choisie parmi la vitesse du support par rapport à un référentiel donné et la position et/ou l'orientation du support dans un référentiel donné.
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un module de communication (70) configuré pour communiquer avec un serveur de données à distance et pour recevoir du serveur de données une information météorologique, par exemple la vitesse moyenne et/ou l'orientation moyenne du vent, relative à la position et/ou à l'orientation du support dans un référentiel, notamment absolu.
- [Revendication 5] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, l'unité

d'analyse étant configurée pour estimer l'orientation de la force externe au moyen d'un modèle numérique d'estimation prenant en données d'entrée la grandeur physique et optionnellement l'information météorologique.

- [Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un module de communication configuré
- pour communiquer avec au moins un autre dispositif distant comportant une unité d'analyse et tel que défini en revendication 1, et
 - pour recevoir l'estimation de l'orientation de la force externe en provenance de l'unité d'analyse de l'autre dispositif.
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant au moins trois, voire au moins quatre transducteurs d'onde, de préférence répartis régulièrement autour d'un axe normal à une face du support.
- [Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, la fréquence fondamentale de l'onde de surface ultrasonore générée par au moins l'un des transducteurs, étant comprise entre 0,1 MHz et 1000 MHz, de préférence comprise entre 10 MHz et 100 MHz, par exemple égale à 40 MHz.
- [Revendication 9] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le support étant transparent ou translucide.
- [Revendication 10] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le support étant en un matériau choisi parmi les matériaux piézo-électriques, les polymères, en particulier les thermoplastiques, les verres, les métaux et les céramiques.
- [Revendication 11] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le support étant choisi dans le groupe formé par
- une surface automobile, par exemple choisie parmi un pare-brise d'un véhicule, un vitrage d'un rétroviseur,
 - une visière d'un casque,
 - une vitre d'un bâtiment,
 - une surface d'un dispositif optique, par exemple choisi parmi un objectif d'une caméra, un verre d'une lunette de vue et un capteur, notamment une sonde, par exemple une sonde de Pitot, et
 - un élément de protection d'un tel dispositif optique.
- [Revendication 12] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le transducteur étant en contact direct avec le support ou avec une couche intermédiaire, par exemple formée d'adhésif, disposée sur le support.

- [Revendication 13] Dispositif selon la revendication précédente, le transducteur comportant des première et deuxième électrodes formant respectivement des premier (115) et deuxième (120) peignes, les premier et deuxième peignes étant interdigités et disposés au contact direct du support et/ou au contact d'un substrat (100) intermédiaire en contact avec, notamment disposé sur, le support, le substrat étant en un matériau piézoélectrique, en particulier choisi dans le groupe formé par le niobate de lithium, le nitrure d'aluminium, le titano-zirconate de plomb, l'oxyde de zinc, et leurs mélanges.
- [Revendication 14] Véhicule automobile (5) choisi parmi une voiture, un bus, une moto-cyclette et un camion, le véhicule comportant un dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 15] Véhicule automobile comportant un capteur de vitesse du véhicule et un dispositif électroacoustique comportant
- un support (50),
 - au moins deux transducteurs d'onde (15_{a-h}) couplés acoustiquement avec le support et étant configurés chacun pour générer une onde de surface ultrasonore (W_{a-h}) se propageant dans le support, les directions de propagation (P) des ondes de surface ultrasonores générées par les transducteurs étant différentes,
 - une unité de contrôle (40) configurée pour commander, au moyen de la vitesse du véhicule, au moins l'un des transducteurs de manière que, lorsqu'un liquide est disposé sur le support, la force acoustique produite par l'interaction entre la ou les ondes de surface ultrasonores et le liquide soit orientée dans un sens prédéterminé.

[Fig. 1]

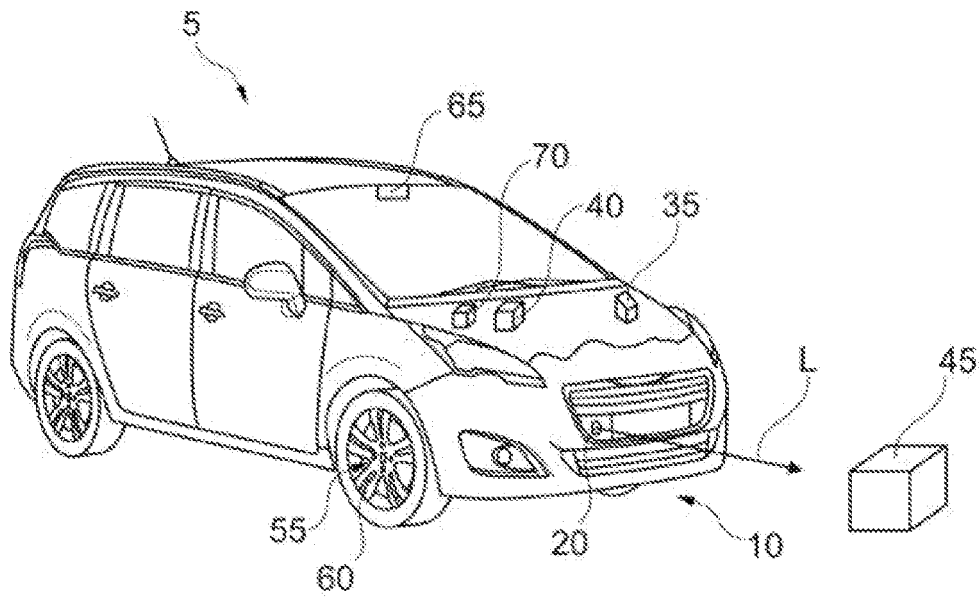


Fig. 1

[Fig. 2]

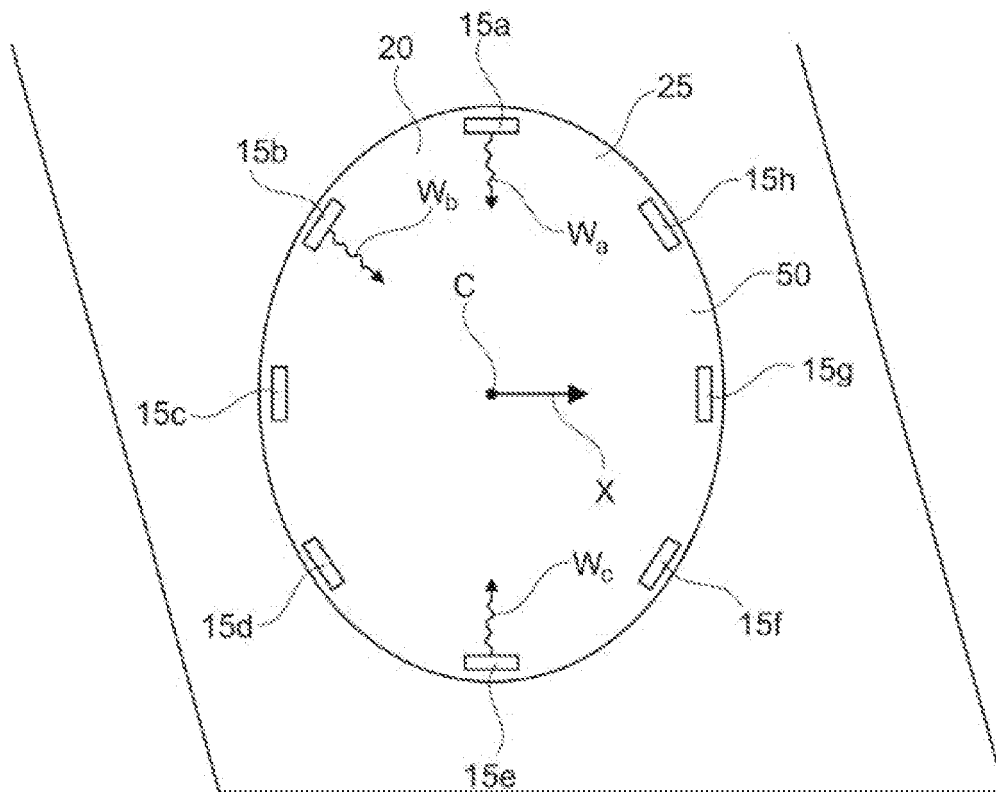


Fig. 2

[Fig. 3]

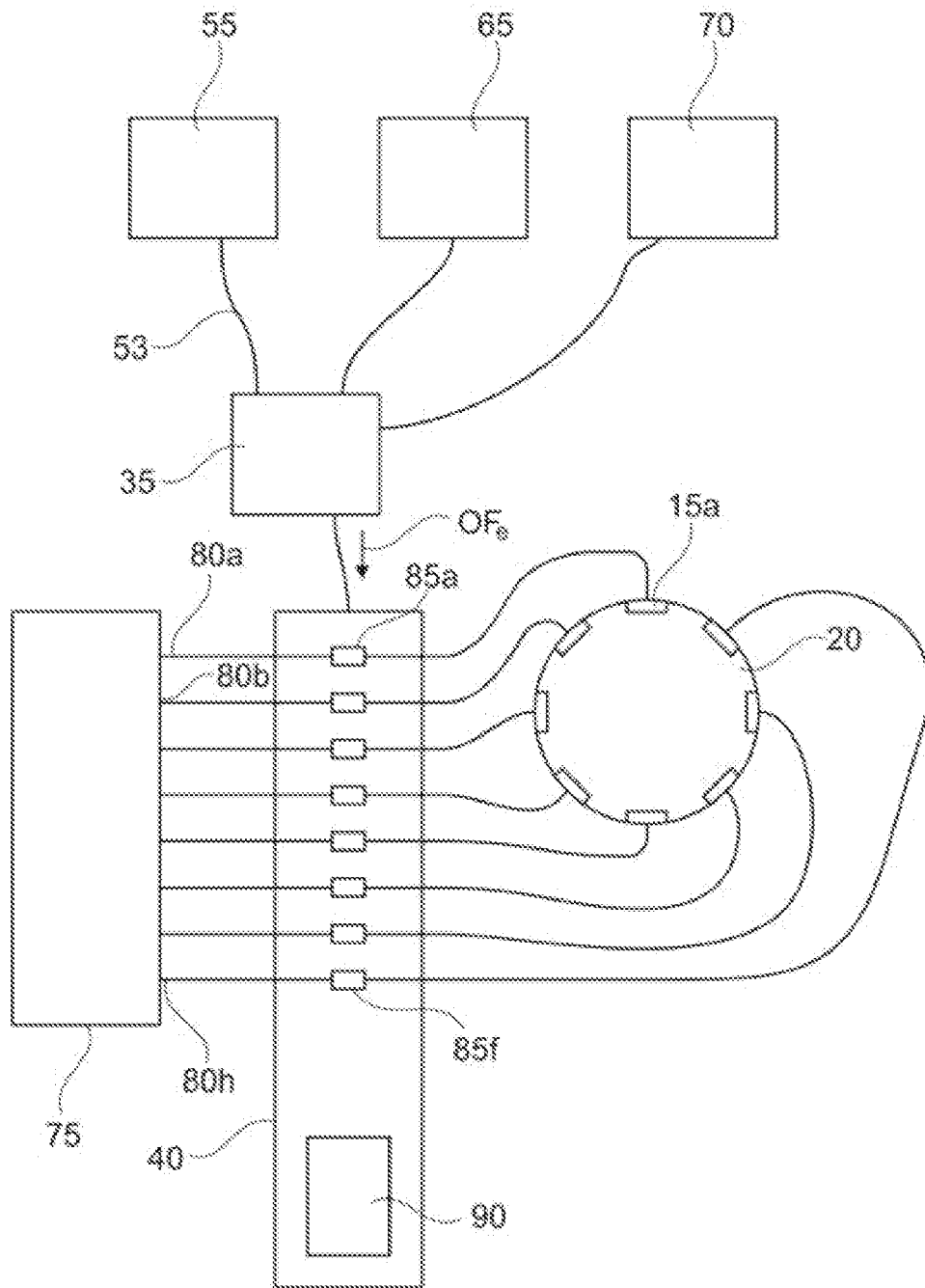


Fig. 3

[Fig. 4]

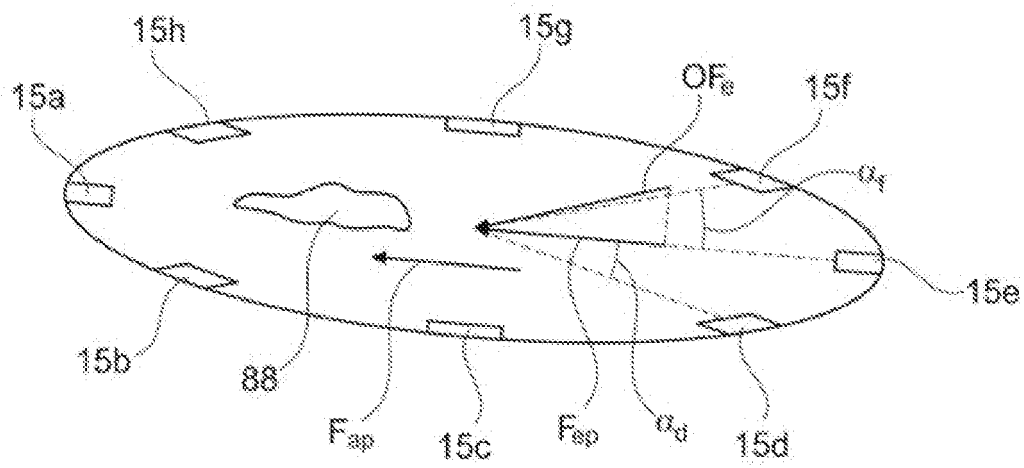


Fig. 4

[Fig. 5]

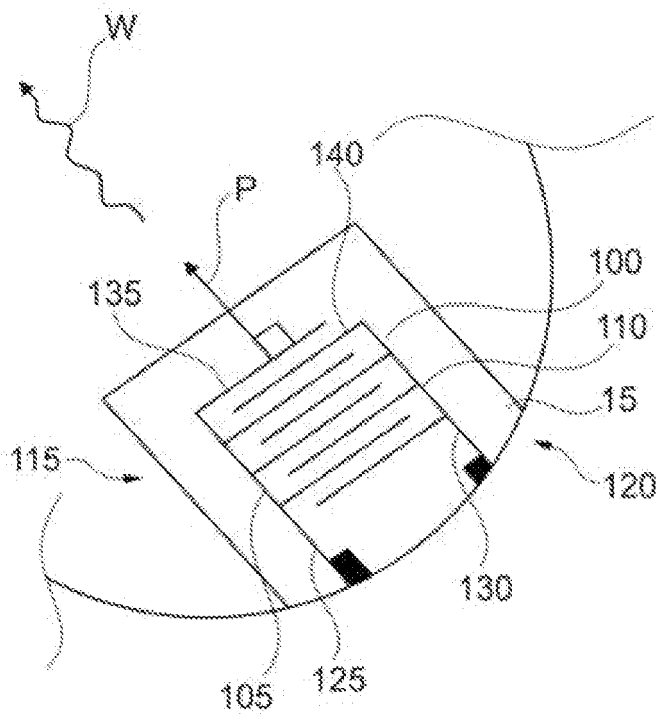


Fig. 5

[Fig. 6]

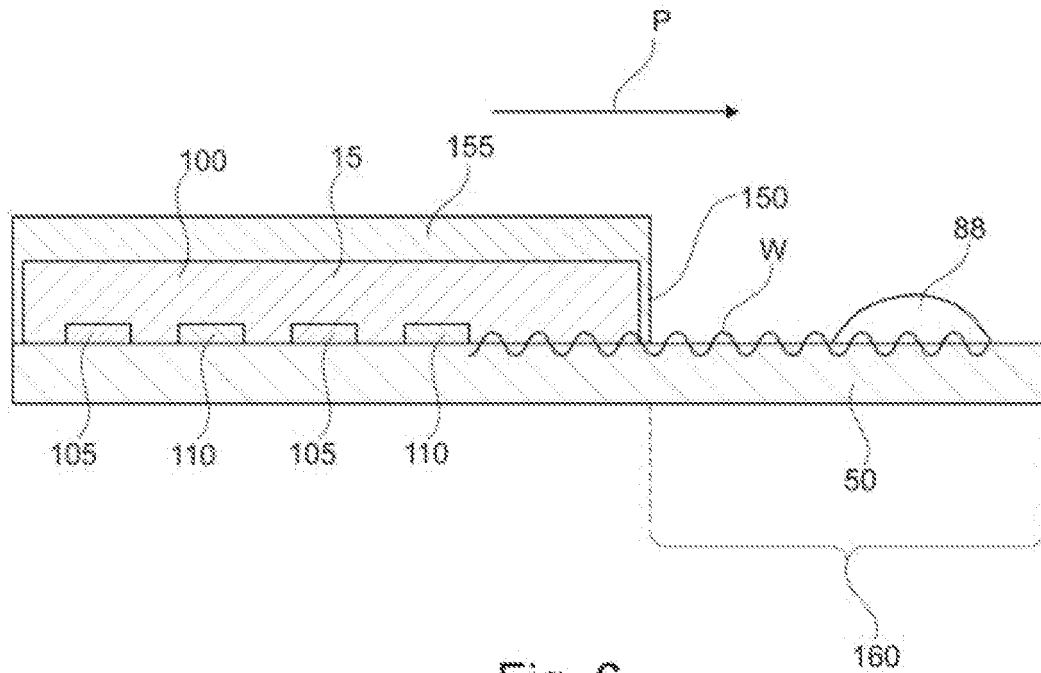


Fig. 6

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**

WO 2015/011064 A1 (ECHOVISTA SYSTEMS LTD
[GB]) 29 janvier 2015 (2015-01-29)

WO 2018/050786 A1 (ECHOVISTA GMBH [DE])
22 mars 2018 (2018-03-22)

FR 3 044 937 A1 (UNIV DE LILLE 1 [FR];
CENTRE NAT RECH SCIENT [FR] ET AL.)
16 juin 2017 (2017-06-16)

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

NEANT

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

NEANT