

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 août 2011 (25.08.2011)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/101569 A1

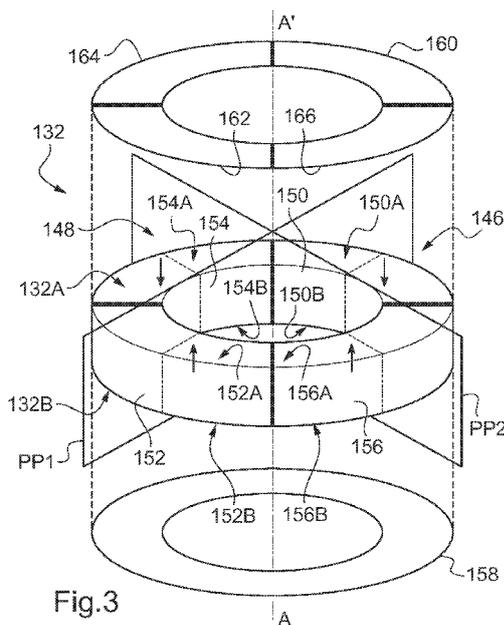
PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
G01H 11/08 (2006.01) G06F 3/033 (2006.01)
G06F 3/043 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/050196
- (22) Date de dépôt international :
1 février 2011 (01.02.2011)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1051128 17 février 2010 (17.02.2010) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue
Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) :
NIKOLOVSKI, Jean-Pierre [FR/FR]; 150 rue d'Aulnay,
F-92290 Châtenay-Malabry (FR).
- (74) Mandataire : BONNET, Michel; CABINET BONNET,
93 rue Réaumur, Boîte n° 10, F-75002 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Déclarations en vertu de la règle 4.17 :
— relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)
— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : INTERACTIVE PANEL COMPRISING PIEZOELECTRIC TRANSDUCTION DEVICES

(54) Titre : PANNEAU INTERACTIF COMPORTANT DES DISPOSITIFS DE TRANSDUCTION PIEZOELECTRIQUE



(57) Abstract : The invention relates to an interactive panel which comprises a substrate in which a seismic wave is intended to propagate, and at least two piezoelectric transduction devices each comprising two piezoelectric transducers (146, 148). Each piezoelectric transducer (146, 148) comprises two piezoelectric elements (150, 152, 154, 156) each having two surfaces covered by an electrode (158, 160, 162, 164, 166), respectively, the four electrodes of each piezoelectric transducer being interconnected such that, when opposing stresses are applied to the piezoelectric elements of said transducer, an electrical measurement signal is supplied, which depends on the angle between a main plane (PP1, PP2) and a separation plane of the opposing stresses. The two piezoelectric transducers of a single device have the same central axis (AA') and the respective main planes thereof form a non-zero angle therebetween. Furthermore, each piezoelectric transduction device is attached to the substrate whereby the movement of the substrate during passage of the seismic wave causes stress on the piezoelectric elements, in opposite directions on either side of the stress-separation plane.

(57) Abrégé : Ce panneau interactif comporte un support, dans lequel une onde sismique est destinée à se propager, et au moins deux dispositifs de transduction piézoélectrique comportant chacun deux transducteurs piézoélectriques (146, 148). Chaque transducteur piézoélectrique

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/101569 A1

**Publiée :**

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

(146, 148) comporte deux éléments piézoélectriques (150, 152, 154, 156) présentant chacun deux faces recouvertes chacune d'une électrode (158, 160, 162, 164, 166), les quatre électrodes de chaque transducteur piézoélectrique étant connectées entre elles de manière à fournir, lorsque des contraintes opposées sont appliquées aux éléments piézoélectriques de ce transducteur, un signal électrique de mesure dépendant de l'angle entre un plan principal (PP1, PP2) et un plan de séparation des contraintes opposées. Les deux transducteurs piézoélectriques d'un même dispositif ont le même axe central (AA') et leurs plans principaux respectifs font un angle non nul entre eux. En outre, chaque dispositif de transduction piézoélectrique est fixé au support de sorte que le déplacement du support lors du passage de l'onde sismique entraîne des contraintes sur les éléments piézoélectriques, de sens opposés de part et d'autre du plan de séparation des contraintes.

PANNEAU INTERACTIF COMPORTANT DES DISPOSITIFS DE TRANSDUCTION PIEZOELECTRIQUE

La présente invention concerne un panneau interactif comportant un support
5 et au moins deux dispositifs de transduction piézoélectrique pour la détection d'une
onde sismique se propageant dans le support.

L'invention s'applique plus particulièrement à la localisation d'impact sur un
support.

La demande de brevet français publiée sous le numéro FR 2 879 885 décrit le
10 principe de localiser un impact sur une plaque, en utilisant le fait que cet impact
génère une onde acoustique sismique dans la plaque. La localisation est réalisée au
moyen d'un procédé de calcul de temps de transit différentiel entre le lieu d'impact et
plusieurs paires de dispositifs de détection de l'onde acoustique comportant chacun
un transducteur piézoélectrique. Dans ce document, chaque transducteur
15 piézoélectrique est uniquement apte à fournir un signal de mesure représentatif de
l'intensité de l'onde sismique détectée, ce qui impose cette localisation de l'impact
par temps de transit différentiel. Cependant, ce type de localisation présente
l'inconvénient de dépendre de la vitesse de propagation de l'onde sismique, qui n'est
pas toujours bien connue puisqu'elle dépend du support dans lequel elle se propage.

La demande de brevet internationale publiée sous le numéro WO
2008/135846 porte sur un panneau interactif du même type, comportant un support
dans lequel une onde sismique peut se propager et des dispositifs de transduction
piézoélectrique omnidirectionnels (au moins trois), le support étant associé à un
système de localisation pour la mise en œuvre d'un procédé de localisation de l'onde
25 sismique par calcul de temps de transit différentiel.

Les demandes de brevets publiées sous les numéros US 4,268,912, JP 9
237152 et JP 10 078485 portent sur des dispositifs de transduction piézoélectrique
directionnels, mais pas sur un panneau interactif comportant un support et au moins
deux dispositifs de transduction piézoélectrique fixés sur le support.

30 Ainsi, afin notamment de permettre d'autres types de localisation, il peut être
souhaité de prévoir un panneau interactif comportant un support et au moins deux
dispositifs de transduction piézoélectrique permettant d'obtenir d'autres informations
sur l'onde sismique.

L'invention a donc pour objet un panneau interactif, comportant un support
35 dans lequel une onde sismique est destinée à se propager selon une direction de

propagation et au moins deux dispositifs de transduction piézoélectrique, dans lequel :

- chaque dispositif de transduction piézoélectrique comporte deux transducteurs piézoélectriques,
- 5 - chaque transducteur piézoélectrique comporte deux éléments piézoélectriques présentant chacun deux faces recouvertes chacune d'une électrode, un axe, appelé axe central, étant situé entre les deux éléments piézoélectriques, les quatre électrodes de chaque transducteur piézoélectrique étant connectées entre elles de manière à fournir, lorsque
10 des contraintes, de sens opposés de part et d'autre d'un plan, appelé plan de séparation des contraintes, comprenant l'axe central, sont appliquées aux éléments piézoélectriques de ce transducteur, un signal électrique de mesure dépendant de l'angle entre un plan, appelé plan principal, propre au transducteur piézoélectrique et le plan de séparation des contraintes,
- 15 - les deux transducteurs piézoélectriques d'un même dispositif de transduction piézoélectrique ont le même axe central et leurs plans principaux respectifs font un angle non nul entre eux,
- chaque dispositif de transduction piézoélectrique est fixé au support de sorte que le déplacement du support lors du passage de l'onde sismique
20 entraîne des contraintes sur les éléments piézoélectriques, de sens opposés de part et d'autre du plan de séparation des contraintes, le plan de séparation dépendant de la direction de propagation.

Grâce à l'invention, il est possible de déterminer une information concernant l'angle d'incidence de l'onde sismique, et non seulement son intensité, ce qui permet
25 de faire de la localisation par triangulation.

De façon optionnelle, les quatre électrodes de chaque transducteur piézoélectrique sont connectées entre elles de la façon suivante :

- l'électrode négative de chacun des deux éléments piézoélectriques du transducteur à l'électrode positive de l'autre des deux éléments piézoélectriques lorsque les polarisations des deux éléments piézoélectriques sont de sens opposés, ou
30
- les deux électrodes négatives entre elles et les deux électrodes positives entre elles lorsque les polarisations des deux éléments piézoélectriques du transducteur sont de même sens.

De façon optionnelle également, chaque élément piézoélectrique d'un transducteur piézoélectrique est symétrique par rapport au plan principal de ce transducteur piézoélectrique.

De façon optionnelle également, les deux éléments piézoélectriques d'un même transducteur piézoélectrique sont symétriques l'un de l'autre par rapport à l'axe central.

De façon optionnelle également, chaque élément piézoélectrique d'un transducteur piézoélectrique présente une polarisation de sens opposé à celle de l'autre élément piézoélectrique de ce transducteur piézoélectrique.

De façon optionnelle également, les deux polarisations sont parallèles à l'axe central.

De façon optionnelle également, la polarisation de chaque élément piézoélectrique s'étend depuis l'une de ses deux électrodes, dite électrode négative, jusqu'à l'autre de ses deux électrodes, dite électrode positive, et l'électrode positive de chaque élément piézoélectrique d'un transducteur piézoélectrique est connectée à l'électrode négative de l'autre élément piézoélectrique de ce transducteur piézoélectrique.

De façon optionnelle également, chaque élément piézoélectrique de chaque transducteur piézoélectrique s'étend dans un secteur angulaire autour de l'axe central, différent des secteurs angulaires des autres éléments piézoélectriques.

De façon optionnelle également, chaque secteur angulaire est un quart angulaire.

De façon optionnelle également, chaque dispositif de transduction piézoélectrique comporte une pièce de liaison comprenant :

– une base sur laquelle les éléments piézoélectriques de ce dispositif de transduction piézoélectrique sont fixés, et

– une tige fixée à une extrémité à la base et à l'autre extrémité au support, s'étendant sur l'axe central et destinée à être déplacée suivant une direction de déplacement au passage de l'onde sismique dans le support,

la pièce de liaison étant conçue pour transformer le déplacement de la tige en des contraintes sur les éléments piézoélectriques, les contraintes étant de sens opposés de part et d'autre de l'axe de séparation des contraintes comprenant l'axe central et perpendiculaire à la direction de déplacement.

De façon optionnelle également, la tige s'enfonce dans le support.

De façon optionnelle également, la tige est creuse de manière à avoir une forme tubulaire, notamment fendue dans le sens de sa longueur afin de pouvoir recevoir une vis ou un bouchon qui, lorsque vissé ou inséré en force dans la tige, augmente le diamètre de cette dernière et permet d'obtenir un couplage intime avec le support.

De façon optionnelle également, les deux plans principaux sont perpendiculaires l'un à l'autre.

De façon optionnelle également, le panneau interactif comporte en outre un système de localisation, sur le support, d'une source d'onde sismique à partir des signaux de mesure des dispositifs de transduction piézoélectrique.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective d'un exemple de panneau interactif selon l'invention,
- la figure 2 est une vue schématique en perspective et en coupe d'un dispositif de transduction piézoélectrique du panneau interactif de la figure 1,
- la figure 3 est une vue en perspective éclatée d'un premier anneau piézoélectrique du dispositif de la figure 2,
- la figure 4 est une vue en perspective éclatée d'un second anneau piézoélectrique du dispositif de la figure 2,
- la figure 5 représente un système de localisation du panneau interactif de la figure 1,
- la figure 6 est une vue en coupe du dispositif de la figure 2 fixé à un support dans lequel se propage une onde sismique,
- la figure 7 est une vue en coupe du dispositif de la figure 6, déformé lors du passage de l'onde sismique,
- la figure 8 est une vue de dessus du premier anneau piézoélectrique de la figure 3 lors du passage de l'onde sismique,
- la figure 9 est une vue de dessus du second anneau piézoélectrique de la figure 4 lors du passage de l'onde sismique,
- la figure 10 est un schéma blocs illustrant les étapes successives d'un procédé de détection et de localisation mis en œuvre par le panneau interactif de la figure 1,

- la figure 11 est une vue schématique en perspective d'une variante de panneau interactif selon l'invention,
- les figures 12 à 18 sont des vues en coupe de variantes de dispositifs de transduction piézoélectrique selon l'invention,
- 5 - la figure 19 est une vue en coupe d'une variante de panneau interactif selon l'invention,
- la figure 20 est une vue en perspective éclatée d'un dispositif de transduction piézoélectrique du panneau interactif de la figure 19, et
- la figure 21 est un schéma blocs illustrant les étapes successives d'un
10 procédé de détection et de localisation mis en œuvre par le panneau interactif de la figure 19.

En référence à la figure 1, un exemple de panneau interactif 100 selon l'invention comporte tout d'abord un support 102, par exemple une dalle, un plancher ou bien le sol terrestre. De préférence, le support 102 présente une face plane 104.
15 De préférence également, le support 102 est une plaque, par exemple en bois plein ou en aggloméré, ou encore en plastique, métal, verre ou béton. Le support 102 est destiné à propager une onde sismique, se propageant à la même vitesse quelle que soit la direction de propagation à la surface du support selon une direction de propagation le long de la face plane 104.

20 Le panneau interactif 100 comporte en outre trois dispositifs de transduction piézoélectrique 106, 108 et 110. Chaque dispositif 106, 108, 110 est fixé au support 102, sur sa face plane 104, et est conçu pour fournir trois signaux électriques de mesure de l'onde sismique. Les dispositifs 106, 108, 110 sont disposés en triangle équilatéral, avec p la mi-distance entre deux dispositifs. L'origine des axes est par
25 exemple prise à mi-distance entre deux dispositifs.

Le panneau interactif 100 comporte en outre un système 112 de localisation, sur le support 102, d'une source d'onde sismique à partir des signaux de mesure des dispositifs 106, 108 et 110.

30 Le panneau interactif 100 comporte en outre des liaisons 113 entre les dispositifs 106, 108, 110 et le système de localisation 112 pour transmettre les signaux de mesure. Dans l'exemple décrit, ces liaisons 113 comportent des câbles coaxiaux.

Le dispositif 106 va à présent être décrit, sachant que les autres dispositifs 108, 110 sont identiques.

En référence à la figure 2, le dispositif 106 comporte tout d'abord une pièce de liaison 114, destinée à lier des éléments piézoélectriques qui seront décrits plus loin au support 102. De préférence, la pièce de liaison 114 est en une seule pièce et en métal, par exemple en aluminium ou en duralumin. La pièce de liaison 114

5 comporte tout d'abord une base 116 sur laquelle les éléments piézoélectriques sont fixés. La base 116 est en forme de disque d'axe central AA' et comporte une périphérie circulaire 118 munie de première et seconde couronnes 120, 122 opposées l'une à l'autre selon l'axe AA'. La base 116 comporte en outre une partie centrale 124 d'épaisseur plus faible que la périphérie 118. Plus précisément, la

10 périphérie 118 présente une épaisseur constante, tandis que la partie centrale 124 présente une épaisseur diminuant depuis la périphérie 118 vers l'axe central AA'. La pièce de liaison 114 comporte en outre une tige 130 s'étendant selon l'axe central AA' depuis le centre de la pièce de liaison 114. La tige 130 est destinée à être mise au contact du support 102. La tige 130 est munie d'une extrémité 130A fixée à la

15 base 116 et d'une extrémité libre 130B, plantée ou noyée dans le support 102, au travers de sa face 104. La tige 130 est destinée à être déplacée suivant une direction de déplacement, perpendiculairement à l'axe central AA', lors du passage d'une onde sismique dans le support 102, comme cela sera expliqué par la suite. De préférence, lorsque le support 102 présente une épaisseur inférieure à dix centimètres, la tige

20 130 s'enfonce dans le support 102 sur la moitié de l'épaisseur de ce dernier. Sinon, la tige 130 s'enfonce de préférence dans le support 102 sur une profondeur inférieure à la plus petite demi-longueur d'onde d'un mode de propagation de l'onde dans la tige et dans le support 102. Dans l'exemple décrit, la tige 130 est creuse de manière à avoir une forme tubulaire. L'intérêt d'utiliser une tige 130 de forme

25 tubulaire est de réduire son impédance de rayonnement, de sorte que le dispositif 106 est adapté à la détection de fréquences élevées ou à des supports de faibles impédances intrinsèques, tels que les supports en plastique. De préférence, la tige 130 présente un diamètre externe plus petit qu'une demi-longueur d'onde des ondes destinées à se propager dans le support 102. La tige 130 est en outre fendue dans le

30 sens de sa longueur, afin de pouvoir recevoir une vis ou un bouchon (non représentés) qui, lorsque vissé ou inséré en force dans la tige, augmente le diamètre de cette dernière et permet d'obtenir un couplage intime avec le support 102, ce qui est parfois difficile à obtenir avec une simple colle. Il est à noter que le support 102 peut être l'une des plaques d'une interface à double paroi ou double vitrage, la tige

35 130 permettant d'accéder à la plaque intérieure et/ou extérieure de la double paroi.

Les deux parois d'une double paroi peuvent être percées et chambrées de façon à ce que le contact intime entre la tige et le support se produise sur la plaque ou sur les deux plaques simultanément et sur la profondeur d'intérêt.

Le dispositif 106 comporte en outre des premier et second anneaux piézoélectriques 132, 134 d'axe central AA', chacun respectivement fixé sur la première couronne 120 et la seconde couronne 122 de la pièce de liaison 114.

Le dispositif 106 comporte en outre deux cartes de circuit imprimé 136, 138 recouvrant respectivement le premier anneau piézoélectrique 132 et le second anneau piézoélectrique 134, de manière à les enserrer avec la pièce de liaison 114.

La première carte de circuit imprimé 136 comprend deux connecteurs 140, 142 pour fournir respectivement des premier et second signaux de mesure permettant, comme cela sera expliqué par la suite, de détecter l'angle d'incidence de l'onde sismique, et qui seront de ce fait appelés par la suite signaux de mesure angulaire. La seconde carte de circuit imprimée 138 comporte un connecteur 144 pour fournir un troisième signal de mesure d'une composante hors plan de l'onde sismique, comme cela sera expliqué par la suite, et sera de ce fait appelé par la suite signal de mesure hors plan. Dans l'exemple décrit, les connecteurs sont des connecteurs pour câbles coaxiaux. Chaque carte de circuit imprimé 136, 138 comporte en outre des pistes conductrices connectant, d'une part, le premier anneau piézoélectrique 132 aux premier et second connecteurs 140, 142 et, d'autre part, le second anneau piézoélectrique 134 au troisième connecteur 144.

En référence à la figure 3, le premier anneau piézoélectrique 132 comporte deux transducteurs piézoélectriques 146, 148 comportant chacun deux éléments piézoélectriques, respectivement 150, 152 et 154, 156. Chaque élément piézoélectrique 150, 152, 154, 156 s'étend dans un secteur angulaire autour de l'axe central AA', différent des secteurs angulaires des autres éléments. De préférence, les secteurs angulaires ne se chevauchent pas. Plus précisément, chaque élément piézoélectrique 150, 152, 154, 156 forme un secteur angulaire du premier anneau piézoélectrique 132, dans l'exemple décrit un secteur angulaire de 90°, soit un quart de cercle. Les deux éléments piézoélectriques 150, 152 et 154, 156 d'un même transducteur piézoélectrique 146, 148 sont disposés l'un en face de l'autre, de manière à être symétriques l'un de l'autre par rapport à l'axe central AA'. En outre, chacun des deux éléments piézoélectriques 150, 152 et 154, 156 d'un même transducteur piézoélectrique 146, 148 présente une symétrie par rapport à un même plan, appelé plan principal, qui comprend l'axe central AA'. Ces plans sont

respectivement référencés PP1 pour les deux éléments piézoélectriques 150, 152, et PP2 pour les deux éléments piézoélectriques 154, 156. On remarquera que les deux transducteurs piézoélectriques 146, 148 ont le même axe central AA' et que leurs plans principaux PP1, PP2 font un angle non nul entre eux. De préférence, ils sont
5 perpendiculaires comme dans l'exemple décrit. Par ailleurs, on remarquera que les deux transducteurs piézoélectriques 146, 148 partagent la même pièce de liaison 114.

Chaque élément piézoélectrique 150, 152, 154, 156 présente des première et seconde faces opposées par rapport à l'axe central AA', référencées respectivement
10 150A, 150B, 152A, 152B, 154A, 154B, et 156A, 156B. Les premières faces 150A, 152A, 154A, 156A forment une première couronne 132A du premier anneau piézoélectrique 132, tandis que les secondes faces 150B, 152B, 154B, 156B forment une seconde couronne 132B du premier anneau piézoélectrique 132.

Chaque première et seconde face de chaque élément piézoélectrique 150,
15 152, 154, 156 est recouverte d'une électrode. Les électrodes recouvrant les secondes faces 150B, 152B, 154B, 156B sont toutes connectées entre elles de manière à former une seule électrode en forme de couronne, référencée 158, par laquelle le premier anneau piézoélectrique 132 est fixé à la première couronne de la pièce de liaison. Les électrodes recouvrant les premières faces 150A, 152A, 154A,
20 156A sont respectivement référencées 160, 162, 164 et 166.

Chaque élément piézoélectrique 150, 152, 154, 156 présente une polarisation dans la direction de l'axe central AA', orientée depuis l'une de ses électrodes, appelée électrode négative, vers l'autre de ses électrodes, appelée électrode positive. Les polarisations sont indiquées par des flèches sur la figure 3. Les
25 polarisations des deux éléments piézoélectriques 150, 152 et 154, 156 de chaque transducteur piézoélectrique 146, 148 sont de sens opposés. Ainsi, pour l'élément piézoélectrique 150, sa seconde électrode 150B est l'électrode positive, tandis que sa première électrode 150A est l'électrode négative, et, pour l'élément 152, sa seconde électrode 152B est l'électrode négative, tandis que sa première électrode
30 152A est l'électrode positive. De même, pour l'élément piézoélectrique 154, sa seconde électrode 154B est l'électrode positive, tandis que sa première électrode 154A est l'électrode négative, et, pour l'élément 156, sa seconde électrode 156B est l'électrode négative, tandis que sa première électrode 156A est l'électrode positive.

Les deux premières électrodes 150, 152 et 154, 156 de chaque transducteur
35 piézoélectrique 146, 148 sont connectées entre elles. Ainsi, les deux éléments

piézoélectriques 150, 152 et 154, 156 de chaque transducteur piézoélectrique 146, 148 sont montés en parallèle, l'électrode positive d'un élément piézoélectrique étant connectée à l'électrode négative de l'autre élément piézoélectrique.

En référence à la figure 4, le second anneau piézoélectrique 134 est formé
5 par un seul élément piézoélectrique annulaire 168 présentant des première et seconde couronnes 170, 172. Chaque couronne 170, 172 est recouverte d'une électrode respective 174, 176. L'élément piézoélectrique annulaire 168 présente une polarisation selon l'axe central AA', depuis la première électrode 174 vers la seconde électrode 176. Le second anneau piézoélectrique 134 est fixé à la seconde couronne
10 122 de la pièce de liaison 114 par sa seconde couronne 170.

En référence à la figure 5, le système de localisation 112 comporte tout d'abord un multiplexeur analogique 178 pour sélectionner sur commande un des signaux de mesure.

Le système de localisation 112 comporte en outre un amplificateur large
15 bande 180 connecté au multiplexeur analogique 178 pour amplifier le signal de mesure sélectionné.

Le système de localisation 112 comporte en outre un premier filtre passe
bande 182 connecté à l'amplificateur large bande 180 pour filtrer le signal amplifié. Ce premier filtre passe bande 182 est par exemple un filtre de Delyannis et sa bande
20 passante est par exemple centrée sur 26 kHz.

Le système de localisation 112 comporte en outre un second filtre passe
bande 184 connecté à l'amplificateur large bande 180 pour filtrer le signal amplifié. Ce second filtre passe bande 184 est par exemple un filtre de Delyannis. De
préférence, sa bande passante est centrée sur une fréquence différente de celle du
25 premier filtre 182, par exemple 7 kHz.

Le système de localisation 112 comporte en outre une chaîne de traitement
186 connectée au second filtre passe bande 184 pour fournir un signal de déclenchement lorsque le signal de mesure filtré présente une énergie supérieure à un seuil prédéterminé. Cette chaîne de traitement 186 comporte par exemple, dans
30 l'ordre, un quadrateur, un détecteur de crête, un montage suiveur, un intégrateur et un transistor de commutation.

Le système de localisation 112 comporte en outre un microcontrôleur 188. Le
microcontrôleur 188 est tout d'abord connecté au multiplexeur analogique 178 pour commander celui-ci, afin de sélectionner les signaux de mesure les uns après les
35 autres.

Le microcontrôleur 188 comporte une mémoire 190 de type premier entré premier sorti (« First In First Out » ou FIFO en anglais), afin d'enregistrer de manière glissante les signaux de mesure.

5 Le microcontrôleur 188 est connecté au premier filtre passe bande 182 pour numériser et enregistrer le signal de mesure filtré, lorsque ce dernier est un signal de mesure angulaire (c'est-à-dire lorsqu'il commande au multiplexeur analogique 178 de sélectionner un signal de mesure angulaire).

10 Le microcontrôleur 188 est en outre connecté au second filtre passe bande 184 pour numériser et enregistrer le signal de mesure filtré, lorsque ce dernier est un signal de détection (c'est-à-dire lorsqu'il commande au multiplexeur analogique 178 de sélectionner un signal de détection). Le microcontrôleur 188 est en outre connecté à la chaîne de traitement 186 pour recueillir le signal de détection d'activité dans le signal de mesure, lorsque ce dernier est un signal de détection (c'est-à-dire lorsqu'il commande au multiplexeur analogique 178 de sélectionner un signal de détection).

15 Ainsi, le microcontrôleur 188 reçoit tous les signaux de mesure des dispositifs 106, 108 et 110, sous forme filtrée et numérisée.

On va à présent expliquer le fonctionnement des dispositifs 106, 108, 110.

En référence à la figure 6, une onde sismique engendrée par un impact sur le support 102 se propage dans une direction D comprise dans le plan de la figure 6.
20 L'onde sismique provoque une déformation locale de la matière du support 102 parallèlement au support 102, appelée déformation dans le plan, et une déformation locale de matière perpendiculairement au support 102, appelée déformation hors plan. Dans les plaques de faible épaisseur réalisées dans un matériau homogène et isotrope, l'onde sismique est une onde de Lamb et se propage essentiellement selon
25 deux modes de propagation : un mode symétrique dans lequel les déformations sont symétriques par rapport au plan médian du support, et un mode antisymétrique dans lequel les déformations sont antisymétriques par rapport au plan médian du support. Les déformations dans le plan pour le mode antisymétrique, à l'endroit où se trouve la tige 130, sont indiquées sur la figure 6.

30 En référence à la figure 7, ces déformations provoquent une inclinaison de la tige 130, dans le plan transversal au support 102 et comportant la direction de propagation D, appelé plan d'inclinaison, correspondant au plan de la figure 6. Ainsi, au passage de l'onde sismique, la tige 130 est déplacée dans le plan d'inclinaison, et en particulier dans la direction de propagation D.

Le déplacement de la tige 130 provoque une contrainte de la base 116, qui est transmise aux premier et second anneaux piézoélectriques 132, 134.

Ainsi, la pièce de liaison 114 transforme le déplacement de la tige 130 en des contraintes sur les éléments piézoélectriques des premier et second anneaux piézoélectriques 132, 134. Plus précisément, le déplacement de la tige 130 crée deux contraintes résultantes respectivement de part et d'autre d'un plan, appelé plan de séparation des déformations PS, perpendiculaire à la direction de déplacement D et comportant l'axe central AA'. Ainsi, chaque anneau piézoélectrique est soumis à l'une des contraintes résultantes sur sa moitié située d'un côté du plan de séparation des contraintes PS, et à l'autre des contraintes résultantes sur sa moitié située de l'autre côté du plan de séparation des contraintes PS. Ces deux contraintes résultantes sont de sens opposés, ou, dit autrement, antisymétriques par rapport au plan de séparation des contraintes PS. On remarquera que le plan de séparation des contraintes correspond au front d'onde de l'onde sismique.

Sous l'effet de la contrainte à laquelle il est soumis, la polarisation de chaque élément piézoélectrique change, provoquant l'apparition de charges de signes contraires dans chacune de ses deux électrodes.

En référence à la figure 8, le plan de séparation des contraintes PS fait un angle $\hat{1}$ avec le premier plan principal PP1 et un angle $\hat{2}$ avec le second plan principal PP2.

Du fait que les contraintes résultantes (représentées par des hachures différentes sur la figure) sont de sens opposés de part et d'autre du plan de séparation des contraintes PS, des charges positives apparaissent sur les parties des premières électrodes situées d'un côté du plan de séparation des contraintes PS, tandis que des charges négatives apparaissent sur les parties des premières électrodes situées de l'autre côté de ce plan PS. Pour une même électrode, ces charges positives et négatives se mélangent pour donner la charge globale de l'électrode. Sur la figure 8, les charges positives et négatives sont représentées non mélangées. Ainsi, l'électrode 160 de l'élément piézoélectrique 150 du premier transducteur piézoélectrique 146 comporte une partie 160+ avec des charges positives et une partie 160- avec des charges négatives, tandis que l'autre électrode 162 comporte une partie 162+ avec des charges positives et une partie 162- avec des charges négatives. L'électrode 164 de l'élément piézoélectrique 154 du second transducteur piézoélectrique 148 ne comporte qu'une partie 154+ avec des charges

positives, tandis que l'autre électrode 166 ne comporte qu'une partie 166- avec des charges négatives.

Ainsi, la charge globale sur chaque électrode dépend de la proportion de cette électrode située de part et d'autre du plan de séparation des contraintes et donc de la position angulaire du plan de séparation des contraintes PS. En particulier, la charge globale sur chaque électrode est minimale (en valeur absolue) lorsque la partie avec des charges positives est de même taille que la partie avec des charges négatives. Cela se produit lorsque le plan de séparation des contraintes PS coupe en deux l'électrode, c'est-à-dire lorsque la direction de propagation D est perpendiculaire au plan principal de cette électrode. De même, la charge globale de chaque électrode est maximale (en valeur absolue) lorsqu'elle se trouve entièrement d'un côté ou de l'autre du plan de séparation des contraintes. Cela se produit lorsque le plan de séparation PS fait un angle supérieur à 45° avec le plan principal de cette électrode (cas des électrodes 164 et 166 sur la figure 8). Ainsi, la charge globale sur chaque électrode dépend de l'angle entre son plan principal et le plan de séparation des contraintes PS, c'est-à-dire de l'angle entre son plan principal et la direction de propagation D de l'onde sismique.

En référence à la figure 9, dans laquelle les contraintes ne sont pas représentées par souci de clarté, l'électrode 158 du premier anneau piézoélectrique 132 comporte une moitié avec des charges positives et une moitié avec des charges négatives de sorte que la charge globale de cette électrode 158 ne change pas beaucoup, et reste pratiquement constante.

Ainsi, chaque transducteur piézoélectrique 146, 148 fournit un signal électrique de mesure qui dépend de l'angle entre son plan principal PP1, PP2 et la direction de propagation D de l'onde sismique.

De la même manière que pour l'électrode 158, la charge globale des deux électrodes 174, et 176 reste quasiment constante, de sorte que le second anneau piézoélectrique 134 du second anneau piézoélectrique 134 est très peu sensible aux contraintes dans le plan de l'onde sismique.

Par ailleurs, la déformation hors plan de l'onde sismique déplace la pièce de liaison 114 parallèlement à l'axe central AA', de sorte que la contrainte est uniforme sur chacun des anneaux 132, 134.

Ainsi, du fait de la polarisation alternée des éléments piézoélectriques 150, 152, 154, 156, et de leurs connexions entre eux, le premier anneau piézoélectrique 132 est très peu sensible aux déformations hors plan de l'onde sismique.

Au contraire, du fait qu'il n'est constitué que d'un seul élément piézoélectrique 170, le second anneau piézoélectrique 134 est sensible aux contraintes hors plan de l'onde sismique.

5 En référence à la figure 10, on va à présent décrire le fonctionnement du panneau interactif 100.

Au cours d'une étape 200, le microcontrôleur 188 reçoit les trois signaux de mesure de chaque dispositif de transduction piézoélectrique et les enregistre de manière glissante dans sa mémoire 190.

10 Au cours d'une étape 202, une onde sismique atteint en premier le dispositif 106.

Au cours d'une étape 204, le dispositif 106 fournit trois signaux de mesure correspondant à la détection de l'onde sismique.

Au cours d'une étape 206, l'énergie accumulée du signal de mesure hors plan du dispositif 106 est mesurée par la chaîne de traitement 186.

15 Au cours d'une étape 210, l'onde sismique atteint les autres dispositifs 108, 110.

Au cours d'une étape 212, ces dispositifs 108, 110 fournissent chacun trois signaux de mesure correspondant à la détection de l'onde sismique.

20 Au cours d'une étape 216, l'énergie accumulée dépasse le seuil prédéterminé, de sorte que la chaîne de traitement fournit un signal de déclenchement.

Au cours d'une étape 218, suite à la réception du signal de déclenchement, le microcontrôleur 188 arrête l'enregistrement des signaux de mesure des dispositifs 106, 108, 110. A ce moment, le microcontrôleur 188 a à sa disposition le début de
25 tous les signaux de mesure correspondant à la détection de l'onde sismique par les dispositifs 106, 108, 110.

Au cours d'une étape 220, le microcontrôleur 188 détermine la phase et l'amplitude des signaux de mesure angulaire de chacun des dispositifs 106, 108, 110.

30 Au cours d'une étape 222, le microcontrôleur 188 détermine, pour chaque dispositif 106, 108, 110, un angle d'incidence de l'onde sismique sur ce dispositif à partir des amplitudes et phases des signaux de mesures angulaire de ce dispositif. L'angle d'incidence peut être déterminé de nombreuses manières, à la portée de l'homme du métier, qui ne seront pas détaillées.

Au cours d'une étape 224, le microcontrôleur 188 détermine par triangulation la position de la source de l'onde acoustique à partir des angles déterminés à l'étape précédente, les positions des trois dispositifs 106, 108, 110 sur le support 102 étant connues du microcontrôleur 188. Par exemple, ces positions sont enregistrées dans le microcontrôleur 188 au moment de l'installation du panneau interactif 100.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, les dispositifs 106, 108, 110 sont disposés en triangle équilatéral, de sorte que les coordonnées (x, y) de la source vérifient le système suivant de trois équations, chacune correspondant à un angle déterminé :

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \tan \theta_1 \cdot (x + p) \\ y = \tan \theta_2 \cdot (x - p) \\ y = \tan \theta_3 \cdot (x + p\sqrt{3}) \end{array} \right. ,$$

avec $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ les angles déterminés et p la mi-distance entre deux dispositifs.

De préférence, le microcontrôleur 188 n'utilise, pour déterminer les coordonnées (x, y) , que les deux équations correspondant aux deux angles dont la différence en valeur absolue est la plus proche de 90° .

En complément, le microcontrôleur 188 peut déterminer, au cours d'une étape 226, la position de la source de l'onde sismique à partir des signaux de mesure hors plan, au moyen d'un procédé de localisation par temps de transit différentiel, connu en soi.

En référence à la figure 11, une variante de panneau interactif 300 selon l'invention est représentée. Ce panneau interactif 300 est identique au panneau interactif 100 de la figure 1, si ce n'est qu'il comporte un quatrième dispositif de transduction piézoélectrique 302, identique aux trois autres, et que les quatre dispositifs 106, 108, 110, 302 sont disposés en rectangle sur le support 102.

Dans ce cas, le microcontrôleur 188 est configuré pour résoudre un système à quatre équations. Là encore, le microcontrôleur 188 est de préférence configuré pour n'utiliser que les deux équations correspondant aux deux angles dont la différence en valeur absolue est la plus proche de 90° et dont les amplitudes sont les plus élevées.

La prise en compte de l'amplitude est intéressante en particulier dans le cas où la source de l'onde acoustique correspond à un impact selon une direction très rasante par rapport à la face 104 du support 102, puisque dans ce cas le champ

acoustique rayonné est prépondérant dans la direction d'attaque sur la face 104 du support (c'est-à-dire la direction de propagation).

Dans les figures suivantes, les plaques de circuits imprimées seront omises par soucis de clarté.

5 En référence à la figure 12, une variante de dispositif de transduction piézoélectrique 310 pouvant être utilisée dans le panneau interactif 100 est représentée. Ce dispositif 310 diffère principalement du dispositif 106 de la figure 2 en ce que la tige, qui porte à présent la référence 312, est en forme de pointe, plantée dans le support 102 au travers de sa face 104. Ce dispositif 310 est adapté
10 en particulier pour équiper le sol terrestre pour localiser des tremblements de terre, ou bien pour équiper le sol de bâtiments pour la surveillance et la localisation de sources acoustiques liées à une activité humaine. Le diamètre de base de la tige 312 (c'est-à-dire le diamètre de son extrémité fixe qui porte à présent la référence 312A) reste inférieur à une demi longueur d'onde du support 102.

15 En référence à la figure 13, une variante de dispositif de transduction piézoélectrique 320 pouvant être utilisée dans le panneau interactif 100 est représentée. Ce dispositif 320 diffère principalement du dispositif 106 de la figure 2 en ce que la tige, portant à présent la référence 322, s'évase vers une extrémité libre évasée 322B, délimitant une surface de couplage 324 plane, perpendiculaire à l'axe
20 central AA'. Cette surface de couplage 324 est destinée à être plaquée contre la face 104 du support 102. L'utilisation de cette surface de couplage 324 permet d'augmenter la sensibilité du dispositif 320. En contrepartie, le dispositif perturbe d'autant plus l'onde sismique, de sorte que la détermination de l'angle d'incidence peut être perturbée.

25 En référence à la figure 14, une variante de dispositif de transduction piézoélectrique 330 pouvant être utilisée dans le panneau interactif 100 est représentée. Ce dispositif 330 diffère principalement du dispositif 106 de la figure 2 en ce qu'il comporte en outre un adaptateur tubulaire 332, à faible perturbation de l'onde sismique, présentant une face de couplage plane 334 et muni d'une ouverture
30 de réception de l'extrémité libre 130B de la tige 130. La face de couplage 334 est destinée à être plaquée contre la face 104 du support. Elle peut y être maintenue par exemple par collage. L'adaptateur tubulaire 332 est par exemple en matériau élastomère ou bien en plastique mou.

35 En référence à la figure 15, une variante de dispositif de transduction piézoélectrique 340 pouvant être utilisée dans le panneau interactif 100 est

représentée. Ce dispositif 340 diffère principalement du dispositif 320 de la figure 13 en ce que la pièce de liaison 114 comporte en outre une seconde tige 342 s'étendant le long de l'axe AA', dans la direction opposée de la première tige 322. Le dispositif 340 comporte en outre au moins une ailette 344 s'étendant parallèlement à l'axe central AA' et fixée à la seconde tige 342. De préférence le dispositif comporte un nombre pair d'ailettes 344, réparties autour de la seconde tige 342 à pas angulaire constant, par exemple perpendiculaires entre elles dans le cas de quatre ailettes. Cette ou ces ailettes 344 ont pour fonction de capter les ondes aériennes se propageant dans l'air. La seconde tige 342 a pour fonction de transmettre les ondes aériennes captées à la base 116, cette dernière les transmettant aux anneaux piézoélectriques 132, 134. Ainsi, ce dispositif 340 peut également servir de microphone.

En référence à la figure 16, une variante de dispositif de transduction piézoélectrique 350 pouvant être utilisée dans le panneau interactif 100 est représentée. Ce dispositif 350 diffère principalement du dispositif 100 de la figure 2 en ce que la base, portant à présent la référence 352 de la pièce de liaison 114, ne comporte plus de partie centrale dont l'épaisseur diminue vers l'axe central AA', mais présente une épaisseur constante. En outre, la pièce de liaison 114 comporte un socle 354 fixé au centre de la base 352, à l'opposé de la tige, et destiné à reposer sur le sol 355. La tige, qui porte à présent la référence 356, est en forme de pointe sur laquelle le support 102 est destiné à reposer par sa face 104. Le fait que le couplage avec le support 102 soit ponctuel ou quasi ponctuel limite la perturbation du front d'onde incident, de sorte que la sélectivité angulaire est optimale. En contrepartie, la sensibilité du dispositif 350 est faible. Ainsi, le dispositif 350 est de préférence utilisé lorsque l'onde sismique est forte, par exemple générée par un impact fort.

En référence à la figure 17, une variante de dispositif de transduction piézoélectrique 360 pouvant être utilisée dans le panneau interactif 100 est représentée. Ce dispositif 360 diffère notamment du dispositif 320 de la figure 13 en ce qu'il ne comporte pas de second anneau piézoélectrique. Ce dispositif 360 comporte en revanche un pied 362 muni d'une cavité 364 intérieure dans laquelle la pièce de liaison 114 est disposée. Cette dernière repose sur le pied 362 par sa seconde couronne 122. La tige 322 s'étend dans l'autre direction que sur la figure 13 et le support 102 repose sur la surface de couplage 324 de l'extrémité libre évasée

322B de la tige 322. Comme pour le dispositif 320 de la figure 13, l'utilisation d'une surface de couplage étendue augmente la sensibilité du dispositif 360.

Les variantes des figures 16 et 17 sont en particulier adaptées dans le cas où le support 102 est un plateau ou une plaque présentant une épaisseur inférieure à dix centimètres, par exemple une plaque de verre pouvant avoir subi une trempe, être biseautée sur son pourtour, etc. L'invention permet alors d'obtenir un panneau interactif sans avoir à modifier le support. Par ailleurs, dans ces variantes, le dispositif est de préférence disposé à distance des bords du support 102, à au moins deux ou trois longueurs d'onde des bords du support 102.

En référence à la figure 18, une variante de dispositif de transduction piézoélectrique 370 pouvant être utilisée dans le panneau interactif 100 est représentée. Ce dispositif 370 diffère principalement du dispositif 106 de la figure 2 en ce qu'il ne comporte pas le second anneau piézoélectrique 134, la seconde couronne 122 de la base 116 de la pièce de liaison 114 étant ainsi directement plaquée, par exemple collée à l'aide d'une colle époxy, sur la face 104 du support 102. Dans cette variante, la seconde couronne 122 s'étend de préférence de la périphérie 118 à la partie centrale 124 de la pièce de liaison 114, c'est-à-dire jusqu'à la tige 130. Dans cette variante également, la tige 130 peut être creuse et s'enfoncer dans le support 102 avec un couplage amélioré à l'aide d'un élément de couplage 372 tel qu'une vis, un bouchon ou un ensemble constitué d'une mèche et d'une vis d'expansion. Dans l'exemple non limitatif illustré sur la figure 18, l'élément de couplage 372 comporte une vis qui est vissée à l'intérieur fileté de la tige 130 depuis la face opposée à la face 104 du support 102. Ce montage optimise la sensibilité à des interactions faibles. Il permet en outre de détecter un signal vectoriel, déporté par exemple sur un autre support externe disposé coté utilisateur dans le cas où le panneau interactif est à double vitrage, la tige 130 traversant le vitrage interne, s'enfonçant dans le vitrage externe sans nécessairement le traverser et la seconde couronne 122 étant couplée par collage au vitrage interne ce qui garantit l'étanchéité du double vitrage et l'installation et le câblage des dispositifs de transduction du côté intérieur par exemple d'une devanture de magasin comportant une double vitrage. Les deux vitrages interne et externe sont alors sensibilisés à partir d'un même dispositif de transduction.

En référence à la figure 19, une variante de panneau interactif 450 est représentée.

Dans cette variante, le support, portant à présent la référence 452, et les dispositifs de transduction piézoélectrique, dont deux portant respectivement les références 456 et 458 sont visibles sur la figure 19, sont différents de ceux de la figure 1.

5 En effet, chaque dispositif 456, 458 comporte deux disques piézoélectriques identiques 460, 462 et 464, 466 et de même axe central AA', BB', et le support 452 comporte, pour chaque dispositif 456, 458, deux chambrages 468, 470 et 472, 474 situés l'un en face de l'autre, chacun sur une face 476, 478 respective du support 452. Chacun des deux chambrages 468, 470 et 472, 474 est destiné à recevoir un
10 des deux disques piézoélectriques 460, 462 et 464, 466 du dispositif 456, 458. Chaque dispositif 456, 458 fournit deux signaux de mesure angulaire, comme cela sera expliqué par la suite, mais aucun signal de mesure hors plan.

De préférence, le panneau interactif 450 comprend un cadre de protection ou une résine de silicone de protection (non représentés) des dispositifs 456, 458 qui
15 recouvre les chambrages 468, 470, 472, 474. De préférence, la résine de silicone est transparente pour les ondes acoustiques.

Par ailleurs, le système de localisation 112 est identique à celui de la figure 1, si ce n'est qu'il ne comporte pas les éléments 184, 186 relatifs au traitement des signaux de mesure hors plan.

20 En référence à la figure 20, on va à présent décrire plus en détail le dispositif 456 de la figure 19, sachant que les autres sont identiques.

Le premier disque piézoélectrique 460 comporte deux transducteurs piézoélectriques 480, 482 comportant chacun deux éléments piézoélectriques, respectivement 488, 490 et 492, 494, identiques à ceux de la figure 3, si ce n'est
25 qu'ils forment des quarts de disque au lieu de quarts d'anneau.

Chaque élément piézoélectrique 488, 490 et 492, 494 présente des première et seconde faces opposées par rapport à l'axe central AA', référencées respectivement 488A, 488B, 490A, 490B et 492A, 492B, 494A, 494B. Les premières faces 488A, 490A et 492A, 494A forment une première face circulaire 460A, tandis
30 que les secondes faces 488B, 490B et 492B, 494B forment une seconde face circulaire 460B.

Chaque première et seconde face de chaque élément piézoélectrique 488, 490 et 492, 494 est recouverte d'une électrode. Les électrodes recouvrant les premières faces 488A, 490A et 492A, 494A sont respectivement référencées 500,

502, 504 et 506, tandis que l'électrode recouvrant les secondes faces 488B, 490B et 492B, 494B est référencée 508.

Le second disque 462 est identique au premier disque 460, si ce n'est qu'il est retourné, de sorte que leurs deux secondes faces circulaires se font face. Dit
5 autrement, les deux disques sont symétriques l'un de l'autre par rapport au support 452. Sur la figure 20, les mêmes références sont ainsi employées pour le second disque 462 que pour le premier, sauf qu'elles sont suivies de « ' ».

Les deux secondes faces circulaires 460B et 460B' sont collées sur deux faces respectives 476, 478, dans deux chambrages respectifs 468, 470.

10 Les deux premières électrodes 500, 502 et 504, 506 de chaque transducteur piézoélectrique 480, 482 du premier disque 460 sont connectées entre elles, de même pour les secondes électrodes. Ainsi, les deux éléments piézoélectriques 480, 482 et 484, 486 de chaque transducteur piézoélectrique 460, 462 sont montés en parallèle, l'électrode polarisée positivement d'un élément piézoélectrique étant
15 connectée à l'électrode polarisée négativement de l'autre élément piézoélectrique. Les électrodes du second disque 462 sont connectées entre elles de la même manière.

En outre, les premières électrodes de chaque transducteur 480, 482 du premier disque 460 sont connectées aux premières électrodes du transducteur 482',
20 480' qui lui est symétrique par rapport au support 452. Les secondes électrodes des deux disques 460, 462 sont connectées de la même manière. Les transducteurs symétriques par rapport au support 452 sont ainsi connectés en parallèle.

Le panneau interactif 450 est adapté aux plaques minces, telles que les dalles pour écran d'ordinateur.

25 Du fait que les disques 460 et 462 sont symétriques par rapport au support et que leurs transducteurs piézoélectriques sont connectés en parallèle, le dispositif 456 est très peu sensible aux ondes sismiques antisymétriques, mais très sensible aux ondes sismiques symétriques.

En référence à la figure 21, on va à présent décrire le fonctionnement du
30 panneau interactif 450.

Au cours d'une étape 600, un impact survient sur la face 476 du support 452 et génère une onde sismique dans le support 452. Cet impact fait un angle θ , appelé angle d'impact, avec la face 476.

35 Au cours d'une étape 602, l'onde sismique atteint chacun des dispositifs 456, 458.

Au cours d'une étape 604, chaque dispositif 456, 458 fournit en réponse deux signaux de mesure angulaire.

Au cours d'une étape 606, le microcontrôleur 188 détermine les coordonnées de l'impact par triangulation à partir des signaux de mesure angulaire des dispositifs
5 456, 458.

Au cours d'une étape 608, le microcontrôleur 188 détermine l'angle d'impact θ à partir des phases des signaux de mesure angulaire. En effet, il a été remarqué que les signaux de mesure angulaire de deux dispositifs sont de plus en plus en opposition de phase au fur et à mesure que l'angle d'impact θ augmente et il se
10 produit également une inversion de phase selon que l'angle d'impact θ est positif ou négatif.

Un intérêt de détecter l'angle d'impact réside dans l'usage que l'on peut en faire en termes de gestuelles tactiles, notamment par exemple pour tourner une page ou trier des fichiers et des images d'une tablette ou table graphique simplement en
15 impactant la surface de l'écran avec la pulpe du doigt et de façon rasante. On pourra ainsi tourner une page dans un sens ou dans l'autre, déplacer une fenêtre, une icône, un fichier par incrément dans la direction de l'impact sur le support (direction de l'intensité maximale de l'onde acoustique rayonnée). Cette particularité trouve une application manifeste pour parcourir un menu sur une table de restaurant interactive.
20 Dans une telle application, un menu peut être projeté sur le panneau interactif 450 formant une table, par exemple par vidéo projection ou en plaçant un afficheur sous la table. On peut alors choisir et faire défiler le menu en effectuant une série d'impacts successifs et en jouant éventuellement sur l'angle d'impact θ si l'application informatique prévoit l'usage de cette information comme moyen
25 d'interaction avec l'ordinateur. Par ailleurs, dans les cas simples, un impact rasant peut également servir à activer un automatisme de type interrupteur tactile, pour par exemple allumer ou éteindre ou moduler l'intensité d'une lumière en fonction du sens et de l'angle d'attaque, ou encore pour monter ou descendre une vitre, selon que l'attaque se fait de façon rasante et de bas en haut pour remonter la vitre ou de façon
30 rasante et de haut en bas pour descendre la vitre. Par ailleurs, le panneau interactif 450 peut également être utilisé comme table de ping-pong ou comme mur d'entraînement pour le tennis ou le golf. Dans ce cas, la détection de l'angle d'impact θ peut être utilisée pour déterminer la rotation de la balle sur elle-même.

Il apparaît clairement que l'invention permet de déterminer, dans les supports
35 relativement homogènes et isotropes, c'est-à-dire dans les cas où la vitesse de

propagation est la même dans toutes les directions, une information sur le front d'onde, caractérisé par la direction de son vecteur d'onde. Cette direction est l'angle d'incidence de l'onde sismique sur le transducteur, ce qui permet en particulier de localiser la source de l'onde sismique par triangulation.

5 On notera par ailleurs que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits précédemment. Il apparaîtra en effet à l'homme de l'art que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

10 Par exemple, la polarisation des deux éléments piézoélectriques de chaque transducteur pourrait être de même sens. Dans ce cas, les quatre électrodes de ces deux éléments seraient connectées en série.

15 Dans les revendications qui suivent, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant les revendications au mode de réalisation exposé dans la présente description, mais doivent être interprétés pour y inclure tous les équivalents que les revendications visent à couvrir du fait de leur formulation et dont la prévision est à la portée de l'homme de l'art en appliquant ses connaissances générales à la mise en œuvre de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

REVENDICATIONS

1. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) comportant :

- un support (102 ; 452) dans lequel une onde sismique est destinée à se propager selon une direction de propagation,
- au moins deux dispositifs de transduction piézoélectrique (106 ; 310 ; 320 ; 330 ; 340 ; 350 ; 360 ; 370),

caractérisé en ce que :

- chaque dispositif de transduction piézoélectrique comporte deux transducteurs piézoélectriques,
- chaque transducteur piézoélectrique (146, 148 ; 480, 482 ; 480', 482') comporte deux éléments piézoélectriques (150, 152, 154, 156 ; 488, 490, 492, 494 ; 488', 490', 492', 494') présentant chacun deux faces recouvertes chacune d'une électrode (158, 160, 162, 164, 166 ; 500, 508, 502, 510, 504, 512, 506, 514 ; 500', 508', 502', 510', 504', 512', 506', 514'), un axe (AA'), appelé axe central, étant situé entre les deux éléments piézoélectriques, les quatre électrodes de chaque transducteur piézoélectrique étant connectées entre elles de manière à fournir, lorsque des contraintes, de sens opposés de part et d'autre d'un plan, appelé plan de séparation des contraintes (PS), comprenant l'axe central, sont appliquées aux éléments piézoélectriques de ce transducteur, un signal électrique de mesure dépendant de l'angle entre un plan, appelé plan principal (PP1, PP2), propre au transducteur piézoélectrique et le plan de séparation des contraintes,
- les deux transducteurs piézoélectriques d'un même dispositif de transduction piézoélectrique ont le même axe central et leurs plans principaux respectifs (PP1, PP2) font un angle non nul entre eux,
- chaque dispositif de transduction piézoélectrique est fixé au support de sorte que le déplacement du support lors du passage de l'onde sismique entraîne des contraintes sur les éléments piézoélectriques, de sens opposés de part et d'autre du plan de séparation des contraintes, le plan de séparation dépendant de la direction de propagation.

2. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon la revendication 1, dans lequel les quatre électrodes (158, 160, 162, 164, 166 ; 500, 508, 502, 510, 504, 512, 506,

514 ; 500', 508', 502', 510', 504', 512', 506', 514') de chaque transducteur piézoélectrique (146, 148 ; 480, 482 ; 480', 482') sont connectées entre elles de la façon suivante :

- 5 - l'électrode négative de chacun des deux éléments piézoélectriques du transducteur à l'électrode positive de l'autre des deux éléments piézoélectriques lorsque les polarisations des deux éléments piézoélectriques sont de sens opposés, ou
- 10 - les deux électrodes négatives entre elles et les deux électrodes positives entre elles lorsque les polarisations des deux éléments piézoélectriques du transducteur sont de même sens.

3. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel chaque élément piézoélectrique d'un transducteur piézoélectrique (146 ; 148 ; 480 ; 482 ; 480' ; 482') est symétrique par rapport au plan principal de ce transducteur piézoélectrique.

15 4. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les deux éléments piézoélectriques d'un même transducteur piézoélectrique (146 ; 148 ; 480 ; 482 ; 480' ; 482') sont symétriques l'un de l'autre par rapport à l'axe central.

20 5. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel chaque élément piézoélectrique d'un transducteur piézoélectrique (146 ; 148 ; 480 ; 482 ; 480' ; 482') présente une polarisation de sens opposé à celle de l'autre élément piézoélectrique de ce transducteur piézoélectrique.

6. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon la revendication 5, dans lequel les deux polarisations sont parallèles à l'axe central (AA').

25 7. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon la revendication 6, dans lequel la polarisation de chaque élément piézoélectrique s'étend depuis l'une de ses deux électrodes, dite électrode négative, jusqu'à l'autre de ses deux électrodes, dite électrode positive, et dans lequel l'électrode positive de chaque élément piézoélectrique d'un transducteur piézoélectrique (146 ; 148 ; 480 ; 482 ; 480' ; 482')
30 est connectée à l'électrode négative de l'autre élément piézoélectrique de ce transducteur piézoélectrique.

35 8. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel chaque élément piézoélectrique de chaque transducteur piézoélectrique s'étend dans un secteur angulaire autour de l'axe central, différent des secteurs angulaires des autres éléments piézoélectriques.

9. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon la revendication 8, dans lequel chaque secteur angulaire est un quart angulaire.

10. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel chaque dispositif de transduction piézoélectrique (106 ; 310 ; 320 ; 330 ; 340 ; 350 ; 360) comporte une pièce de liaison (114) comprenant :

- une base (116) sur laquelle les éléments piézoélectriques de ce dispositif de transduction piézoélectrique sont fixés, et
- une tige (130 ; 312 ; 322 ; 354) fixée à une extrémité à la base et à l'autre extrémité au support, s'étendant sur l'axe central et destinée à être déplacée suivant une direction de déplacement au passage de l'onde sismique dans le support,

la pièce de liaison étant conçue pour transformer le déplacement de la tige en des contraintes sur les éléments piézoélectriques, les contraintes étant de sens opposés de part et d'autre de l'axe de séparation des contraintes comprenant l'axe central et perpendiculaire à la direction de déplacement.

11. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon la revendication 10, dans lequel la tige (130, 312) s'enfonce dans le support (102).

12. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon la revendication 11, dans lequel la tige (130) est creuse de manière à avoir une forme tubulaire, notamment fendue dans le sens de sa longueur afin de pouvoir recevoir une vis ou un bouchon qui, lorsque vissé ou inséré en force dans la tige (130), augmente le diamètre de cette dernière et permet d'obtenir un couplage intime avec le support (102).

13. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel les deux plans principaux (PP1, PP2) sont perpendiculaires l'un à l'autre.

14. Panneau interactif (100 ; 300 ; 450) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comportant en outre un système de localisation (112), sur le support, d'une source d'onde sismique à partir des signaux de mesure des dispositifs de transduction piézoélectrique.

Fig.1

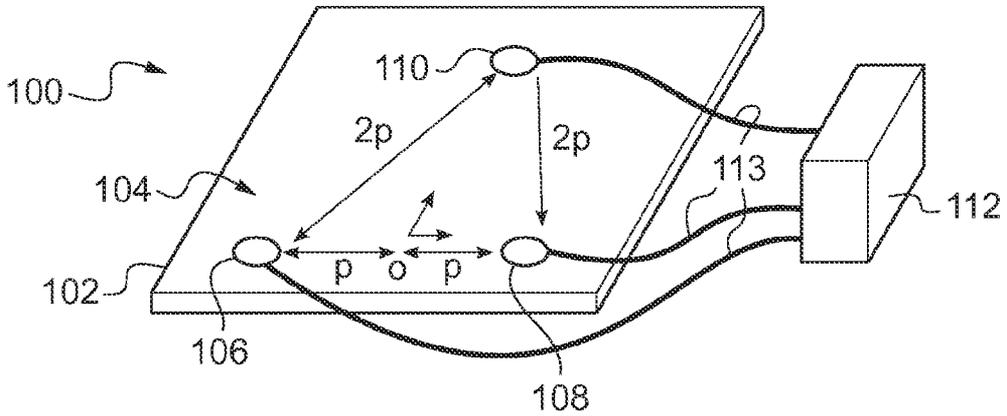
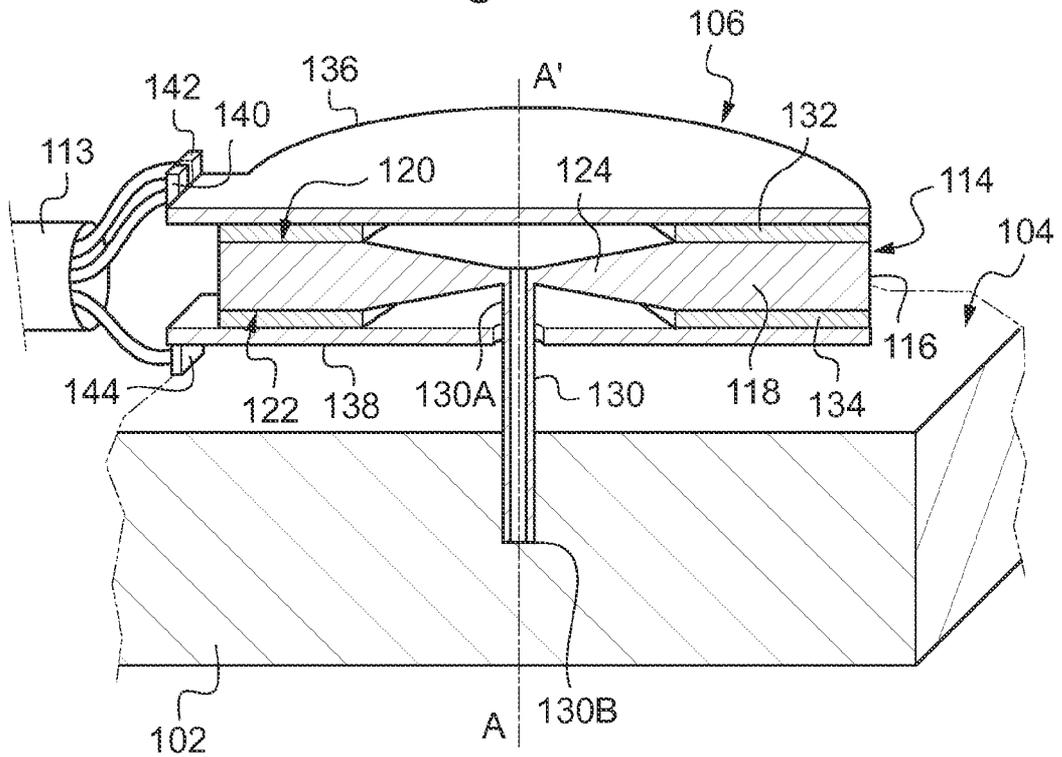
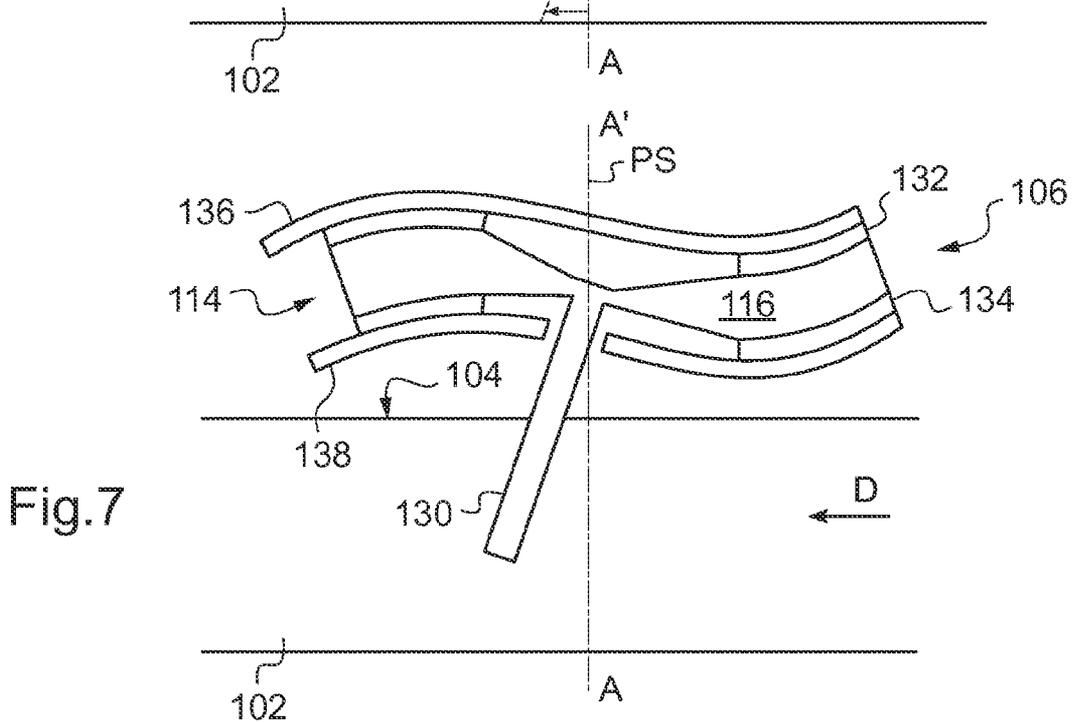
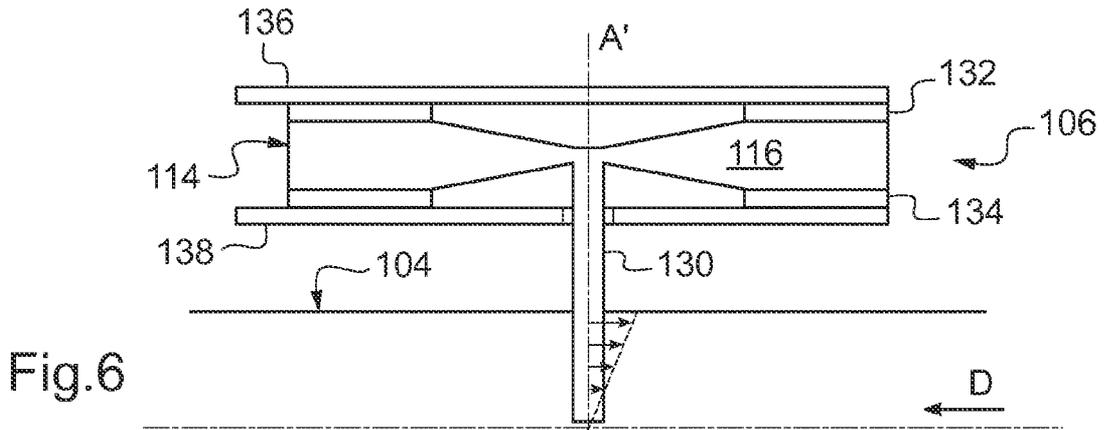
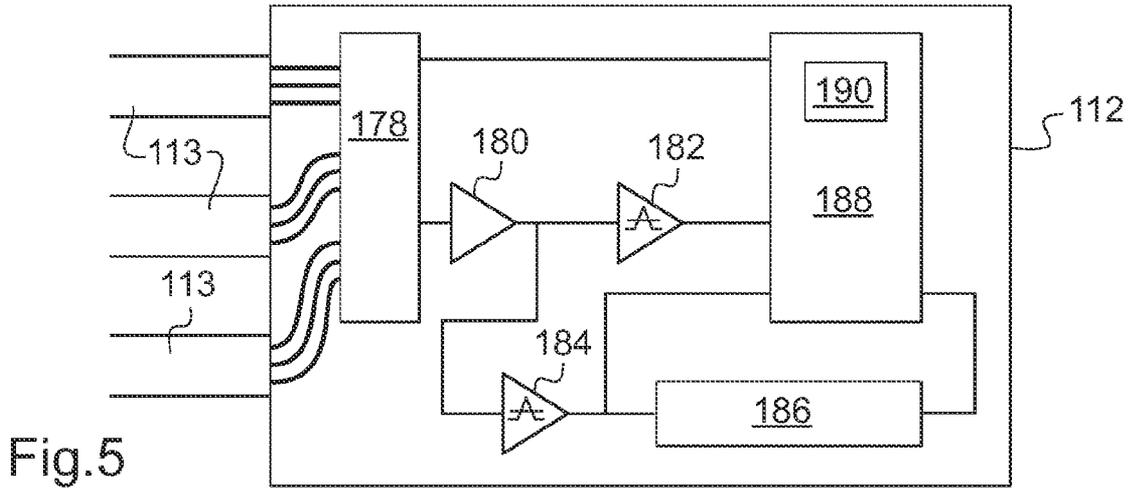


Fig.2





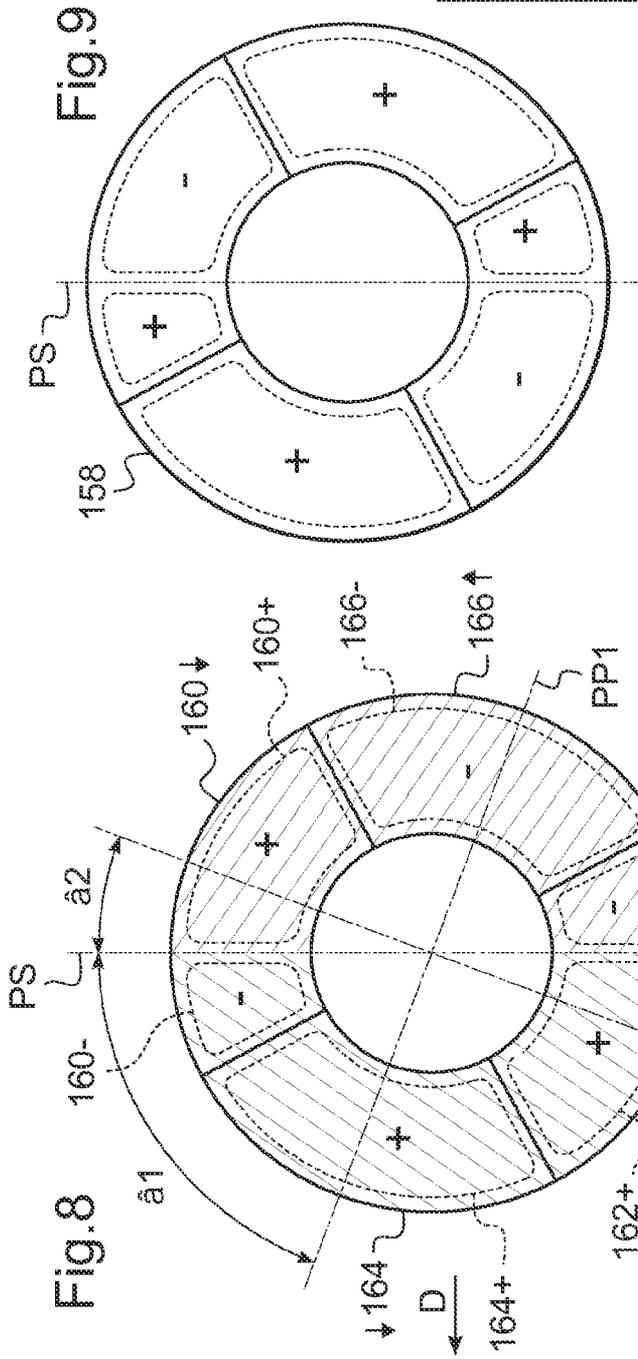


Fig.10

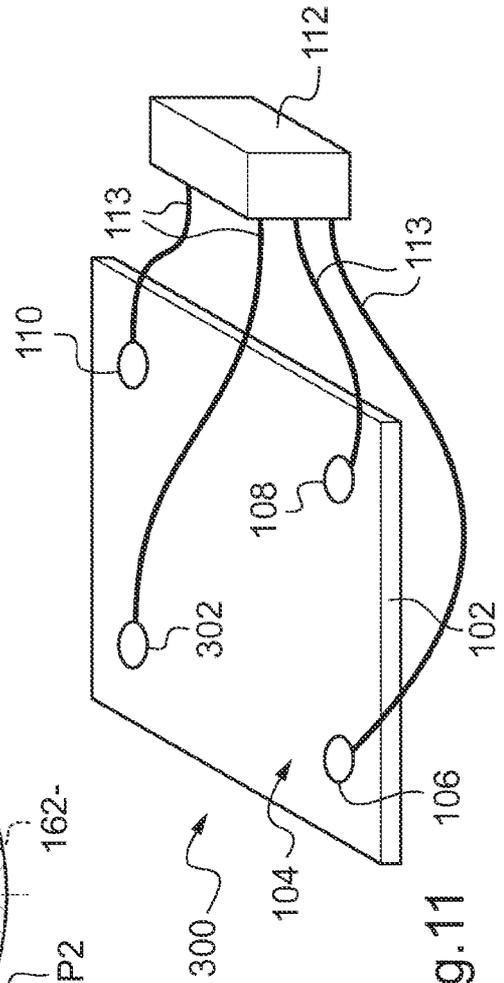
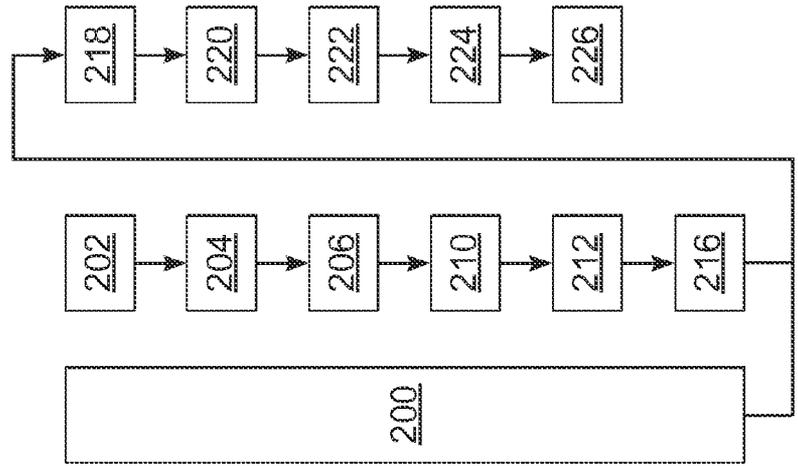


Fig.11

Fig.12

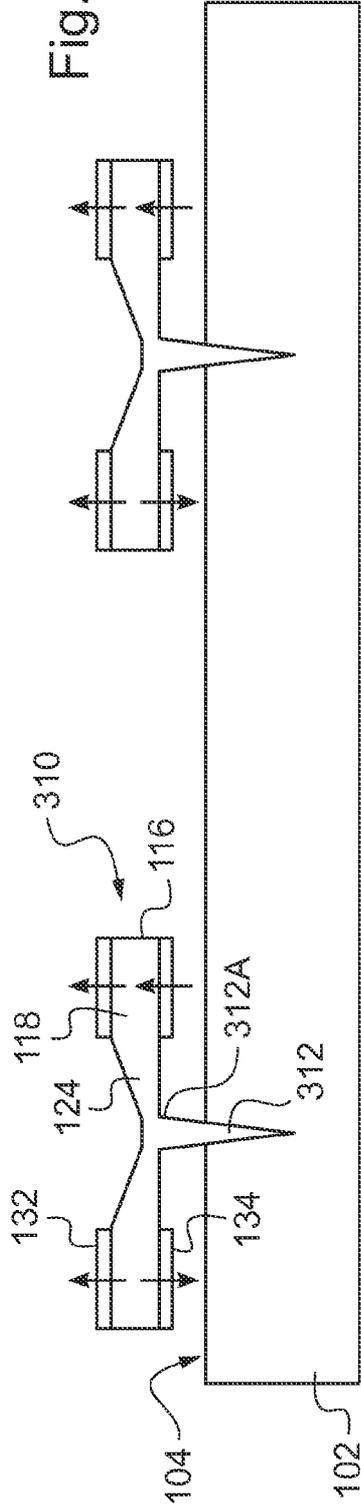


Fig.13

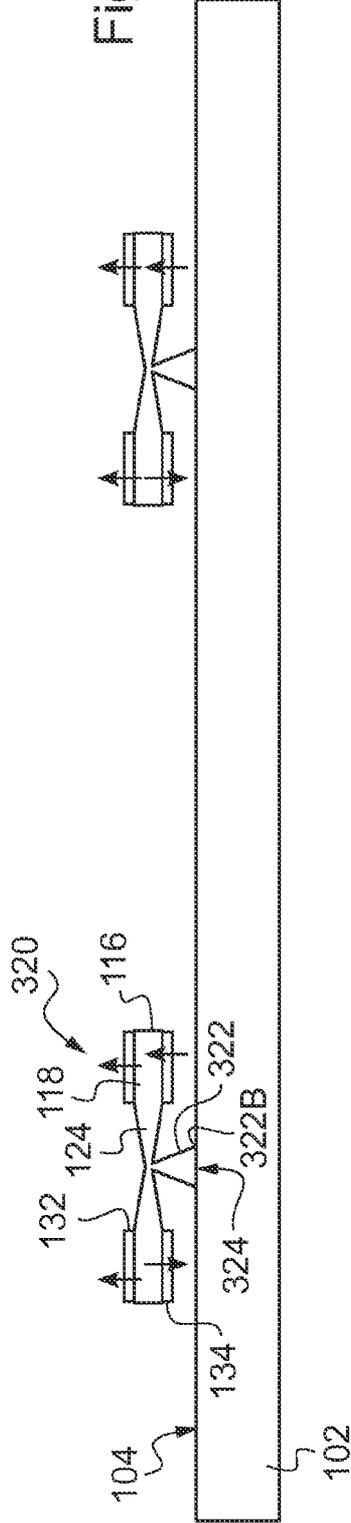


Fig.14

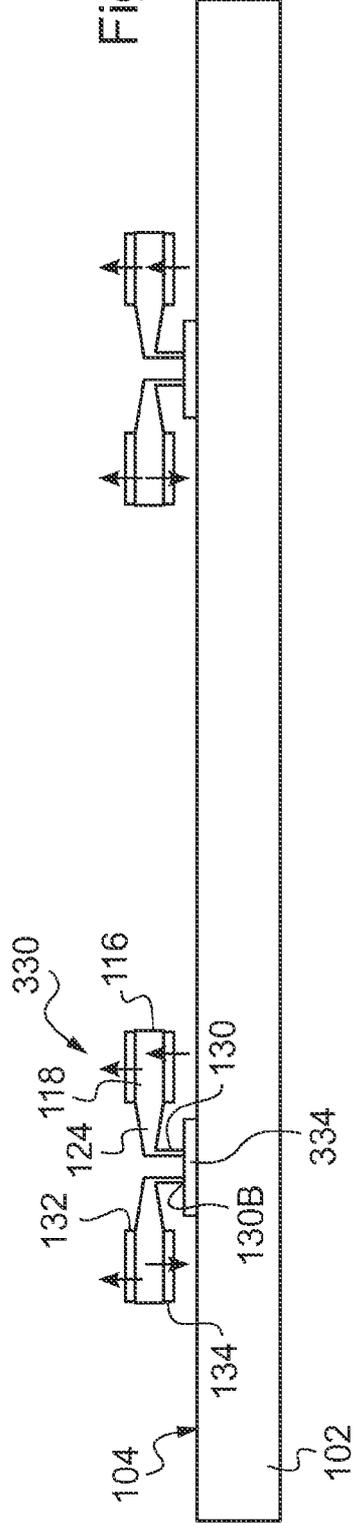


Fig.15

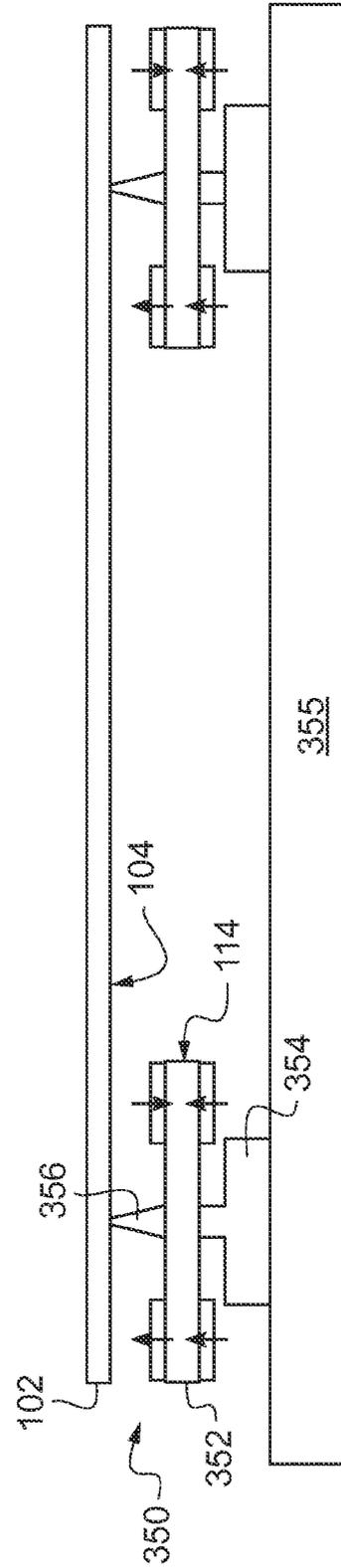
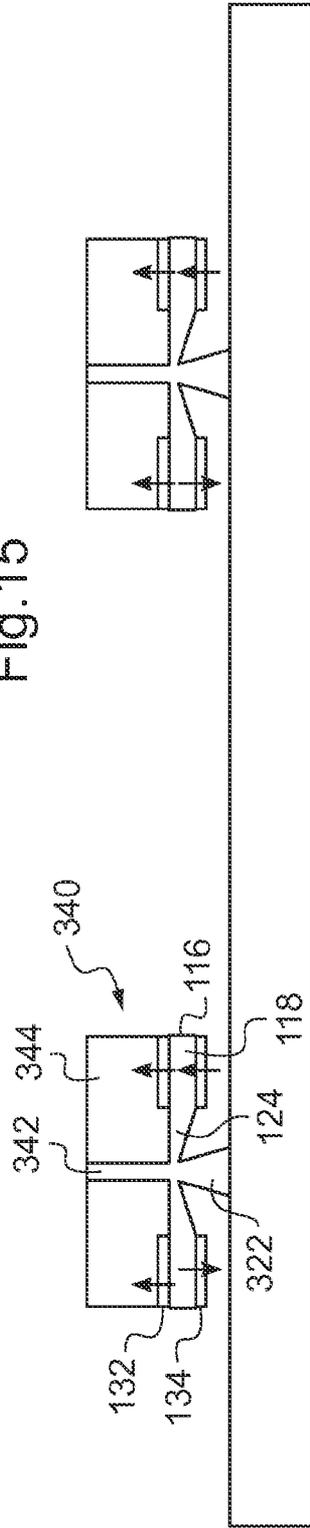


Fig.16

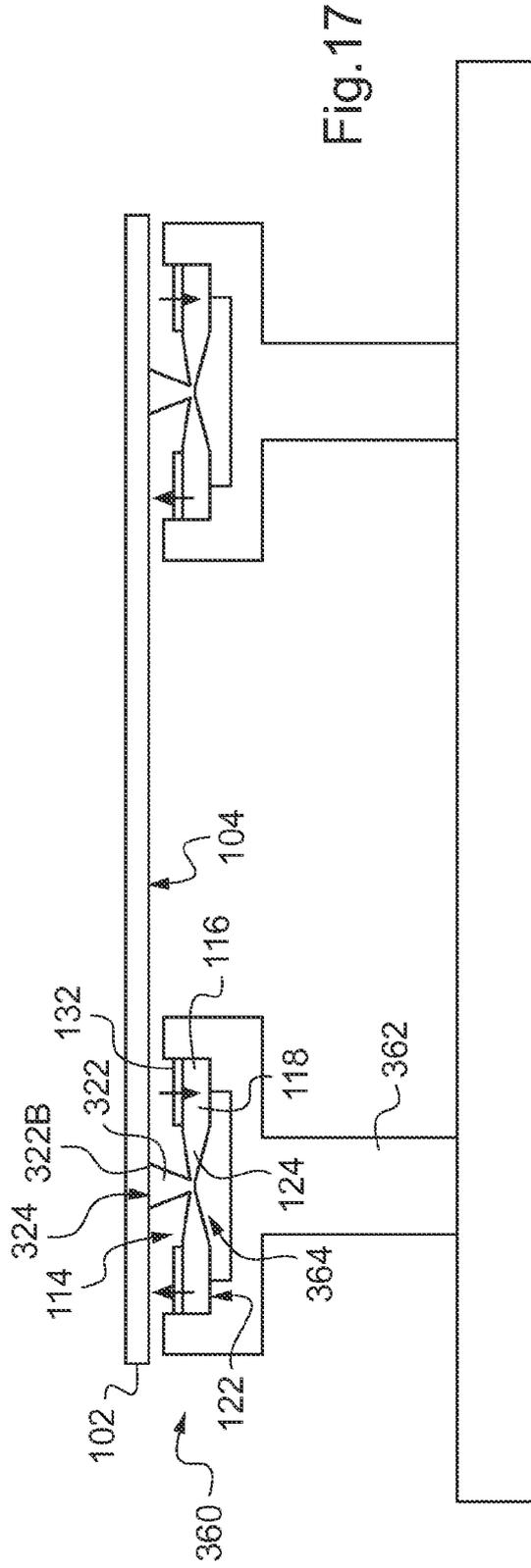


Fig. 17

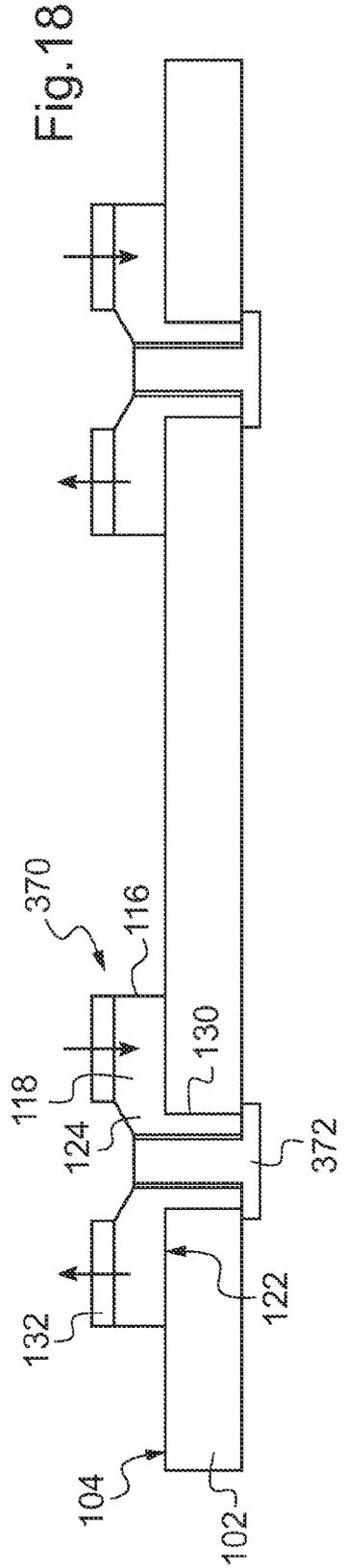
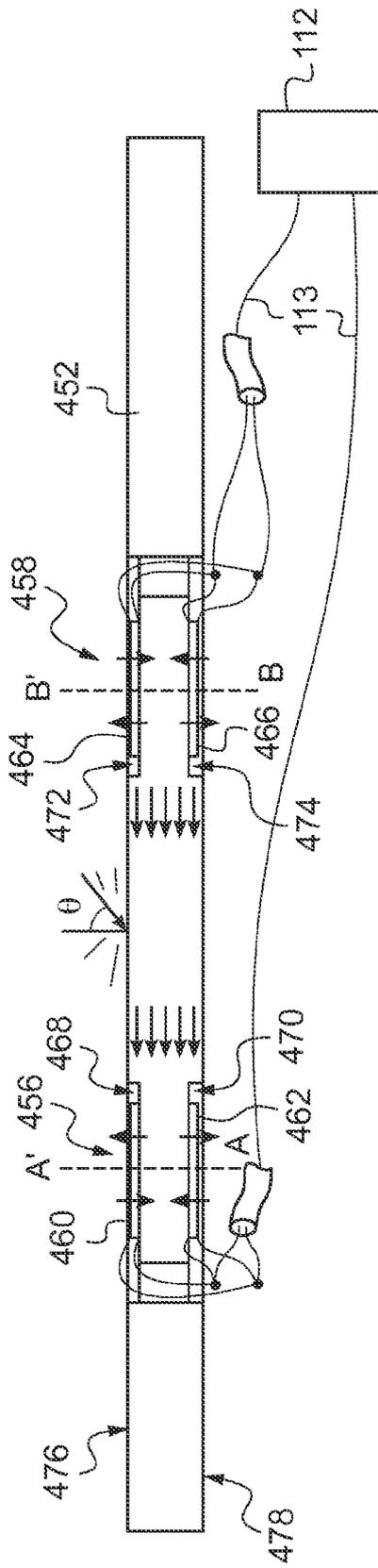


Fig. 18

Fig.19



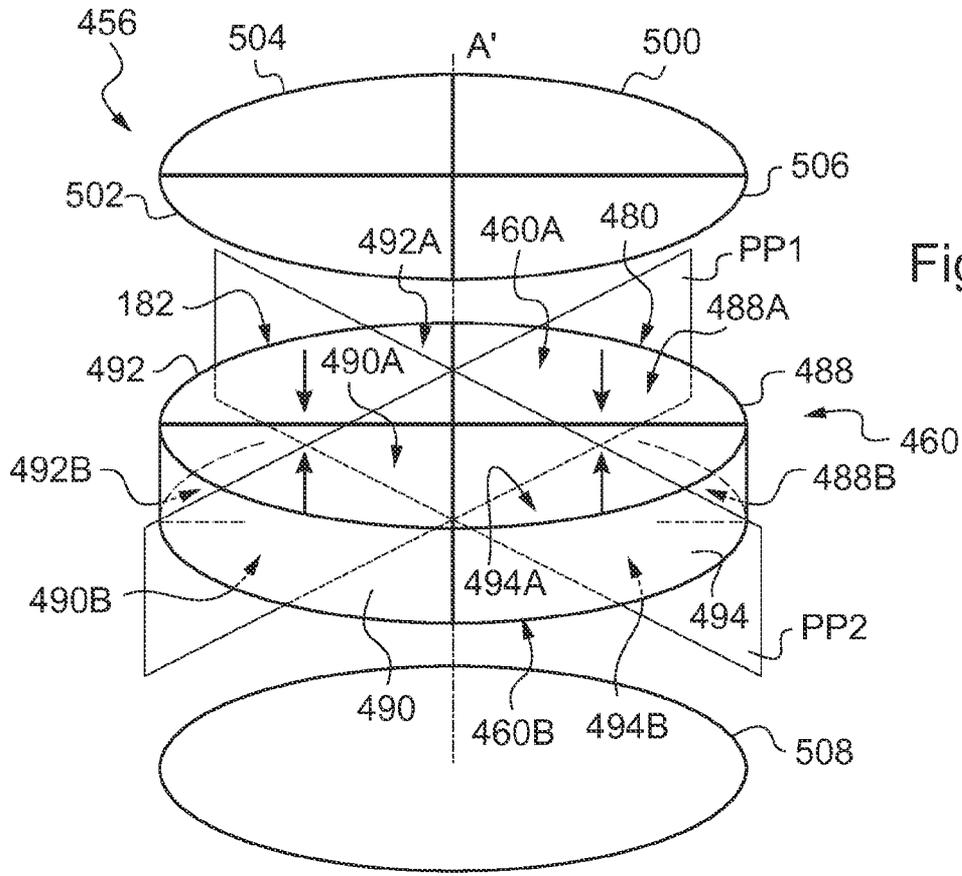


Fig.20

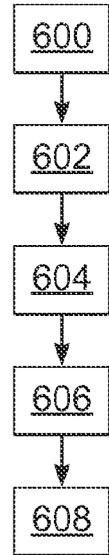
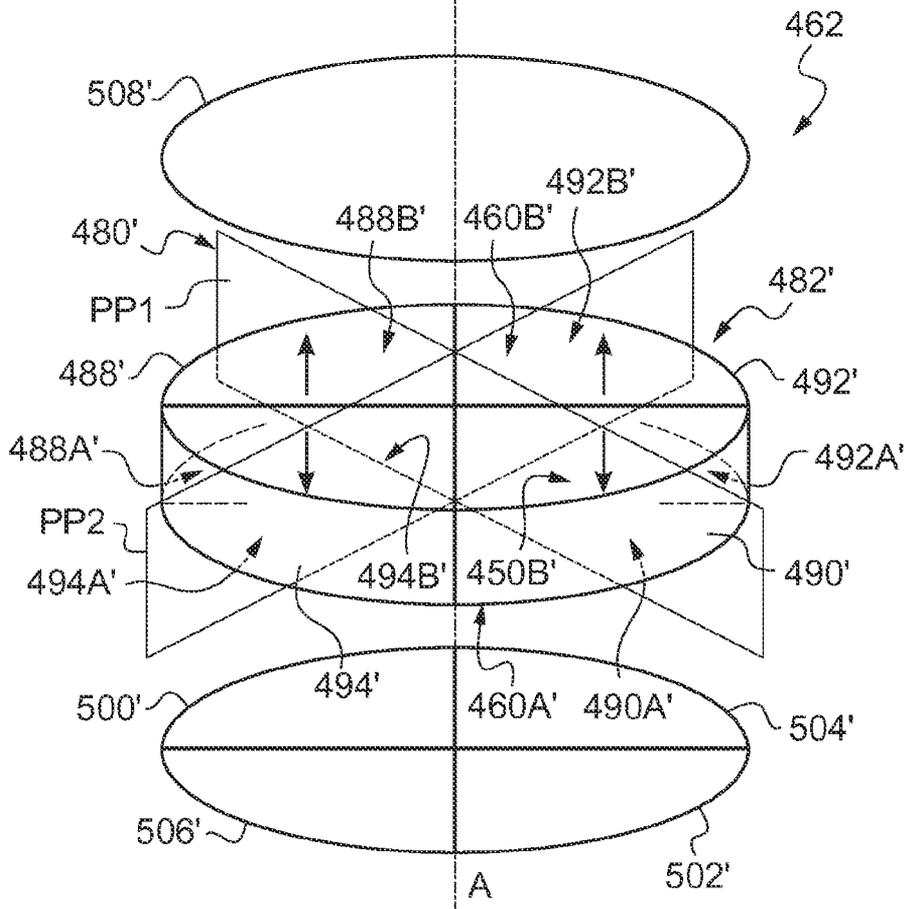


Fig.21



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2011/050196

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01H11/08 G06F3/043 G06F3/033
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01H G01P G01V B06B H04R G06F

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/135846 A1 (MILANO POLITECNICO [IT]; SARTI AUGUSTO [IT]; TUBARO STEFANO [IT]; ROVE) 13 November 2008 (2008-11-13) page 1, line 4 - page 2, line 9 page 5, line 21 - page 6, line 24; figure 1	1-14
A	US 4 268 912 A (CONGDON JOHN C) 19 May 1981 (1981-05-19) column 4, line 8 - column 5, line 37; figures 1,4 column 7, line 16 - column 9, line 56; figures 4-7	1-14
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search 6 May 2011	Date of mailing of the international search report 19/05/2011
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Trique, Michael
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2011/050196

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9 237152 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 9 September 1997 (1997-09-09) abstract paragraphs [0009] - [0012]; figure 3 paragraphs [0023] - [0033]; figure 5 -----	1-14
A	JP 10 078485 A (SYSTEC KK) 24 March 1998 (1998-03-24) abstract; figures 4-8 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2011/050196

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008135846	A1	13-11-2008	NONE
US 4268912	A	19-05-1981	NONE
JP 9237152	A	09-09-1997	NONE
JP 10078485	A	24-03-1998	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/050196

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01H11/08 G06F3/043 G06F3/033 ADD.				
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01H G01P G01V B06B H04R G06F				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
A	WO 2008/135846 A1 (MILANO POLITECNICO [IT]; SARTI AUGUSTO [IT]; TUBARO STEFANO [IT]; ROVE) 13 novembre 2008 (2008-11-13) page 1, ligne 4 - page 2, ligne 9 page 5, ligne 21 - page 6, ligne 24; figure 1	1-14		
A	US 4 268 912 A (CONGDON JOHN C) 19 mai 1981 (1981-05-19) colonne 4, ligne 8 - colonne 5, ligne 37; figures 1,4 colonne 7, ligne 16 - colonne 9, ligne 56; figures 4-7	1-14		

	-----	-/--		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <p style="text-align: center;">6 mai 2011</p>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <p style="text-align: center;">19/05/2011</p>		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé <p style="text-align: center;">Trique, Michael</p>		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/050196

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>JP 9 237152 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 9 septembre 1997 (1997-09-09) abrégé alinéas [0009] - [0012]; figure 3 alinéas [0023] - [0033]; figure 5 -----</p>	1-14
A	<p>JP 10 078485 A (SYSTEC KK) 24 mars 1998 (1998-03-24) abrégé; figures 4-8 -----</p>	1-14

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2011/050196

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008135846	A1	13-11-2008	AUCUN	
US 4268912	A	19-05-1981	AUCUN	
JP 9237152	A	09-09-1997	AUCUN	
JP 10078485	A	24-03-1998	AUCUN	