

(19)



(11)

**EP 2 432 600 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**08.10.2014 Bulletin 2014/41**

(51) Int Cl.:  
**G10K 15/04** (2006.01) **H04R 19/02** (2006.01)  
**H04R 31/00** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10727042.3**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2010/050794**

(22) Date de dépôt: **27.04.2010**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2010/133782 (25.11.2010 Gazette 2010/47)**

**(54) DISPOSITIF DE GENERATION D'ONDES ACOUSTIQUES ET INSTALLATION INCLUANT PLUSIEURS DE CES DISPOSITIFS**

SCHALLWELLENERZEUGUNGSVORRICHTUNG UND ANLAGE MIT MEHREREN DERARTIGEN VORRICHTUNGEN

ACOUSTIC WAVE GENERATION DEVICE AND EQUIPMENT INCLUDING A PLURALITY OF SUCH DEVICES

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL  
PT RO SE SI SK SM TR**

• **GAUDRIOT, Lionel**  
**F-69350 Dommartin (FR)**

(30) Priorité: **20.05.2009 FR 0953399**

(43) Date de publication de la demande:  
**28.03.2012 Bulletin 2012/13**

(74) Mandataire: **Palix, Stéphane et al**  
**Cabinet Laurent & Charras**  
**"Le Contemporain"**  
**50, Chemin de la Bruyère**  
**69574 Dardilly Cedex (FR)**

(73) Titulaire: **Didson**  
**05000 Gap (FR)**

(56) Documents cités:  
**DE-A1- 19 503 728 US-A1- 2007 071 272**  
**US-B1- 6 463 156 US-B2- 6 753 583**

(72) Inventeurs:  
• **GAUDRIOT, Didier**  
**F-05000 Gap (FR)**

**EP 2 432 600 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

### Domaine technique

[0001] L'invention se rattache au domaine des sources électroacoustiques, et plus particulièrement aux sources destinées à fonctionner en réseaux pour générer des systèmes d'ondes acoustiques étendues conformées selon des surfaces très précises. La génération de telles ondes est requise dans les applications de contrôle actif du bruit et de détection ou imagerie, et à moindre degré dans les applications de reproduction sonore.

[0002] Elle concerne plus particulièrement une structure nouvelle de dipôle électroacoustique, à l'instar des haut-parleurs non bafflés divers, dont elle se distingue par une fonction de commande en pression unitaire.

### Techniques antérieures

[0003] L'intérêt de l'invention apparaît de la manière la plus évidente dans les applications de contrôle actif des nuisances sonores, où l'écrantage vis-à-vis d'ondes incidentes porteuses de nuisances sonores en milieu ouvert conduit à la réalisation de réseaux maillés de sources de contre-bruit. Ces sources, en provoquant la réflexion au niveau de la surface immatérielle du réseau, lui confèrent un rôle d'écran, opaque au son.

[0004] Des solutions ont été proposées, comme décrites en particulier dans les documents DE2139941, EP 0787340 ou EP 1 094 444. Les systèmes décrits dans ces documents se réfèrent à l'utilisation de sources acoustiques monopolaires ou dipolaires constituées par des haut-parleurs usuels commandés de façon particulière.

[0005] Le problème que pose clairement ce type de source acoustique, qu'il repose sur un principe de traduction électrodynamique, «électrostatique», ou même piézoélectrique, est que l'obtention d'une fonction de commande, en débit ou pression acoustique, nécessairement unitaire pour obtenir la réflexion d'onde précise requise, implique un délai de réponse. Compte tenu de la structure mécanique de ces sources, à propagation d'ondes mécaniques, on est conduit en effet pour obtenir une telle réponse, à appliquer au signal de commande la fonction de transfert inverse de celle du haut-parleur choisi pour en compenser les pôles liés aux résonances mécaniques, d'où il résulte inévitablement un retard à la fonction de transfert globale du haut-parleur.

[0006] Ce retard est alors très pénalisant dans la conception des écrans, dans la mesure où il ne peut être compensé que par la captation des signaux acoustiques portés par les ondes incidentes de bruit en amont des sources. Le délai d'avance ainsi gagné variant alors selon les incidences des ondes, l'emploi de haut-parleurs usuels implique donc de caractériser préalablement ces ondes incidentes, nombreuses et variables selon les sources de bruit nuisibles, généralement mobiles tels que les moyens de transport, par des antennes acousti-

ques adaptées, impliquant des traitements des signaux complexes, et de toute façon très encombrantes.

[0007] Par ailleurs, l'emploi de sources monopolaires implique de moduler leur débit selon la composante de la vitesse normale à la surface de l'écran, ce qui impose de mesurer cette vitesse ; avec des sources dipolaires, il s'agit d'opposer une contre-pression à la pression incidente acoustique, pression plus facilement accessible à la mesure avec un microphone.

[0008] On peut également ajouter que les sources monopolaires usuelles sont en fait constituées de sources fondamentalement dipolaires à deux faces parlantes, que l'on baffle pour éviter l'action externe de l'une des faces. Il en résulte un accroissement de l'encombrement pénalisant dans les applications de contrôle actif du bruit notamment, où leur compacité doit contribuer à la transparence visuelle des écrans.

[0009] Ces différents inconvénients incitent donc naturellement à rechercher une source dipolaire compacte à fonction de commande intrinsèquement unitaire et sans délai de réponse.

[0010] Les arguments exposés dans les applications d'écrantage actif du bruit conservent tout leur intérêt, quoiqu'avec un caractère moins impératif, dans la réalisation de réseaux de sources acoustiques destinés soit à la détection ou imagerie, soit à la reproduction sonore, le même principe des sources pouvant s'appliquer à tout milieu acoustique, qu'il soit gazeux ou liquide.

[0011] Le problème que se propose de résoudre l'invention est donc celui de réaliser des sources électroacoustiques dipolaires, compactes, à réponse unitaire en pression et sans délai de réponse.

### Exposé de l'invention

[0012] L'invention concerne un dispositif dipolaire de génération d'ondes acoustiques, c'est-à-dire plus précisément, de couples d'ondes acoustiques de pression opposée, se propageant dans chaque direction en sens opposé, parallèlement à des surfaces de discontinuité définies par la géométrie du réseau de sources et les délais respectifs des commandes appliquées aux sources, elles-mêmes dipolaires.

[0013] Le différentiel de pression résultant de ce couple d'ondes au niveau des surfaces de discontinuité traduit le couplage de l'écoulement dipolaire variable créé par les sources proprement dites au milieu acoustique externe.

[0014] Dans ces conditions, ces sources se définissent localement comme des pompes dipolaires, c'est-à-dire antisymétriques, à deux événements, génératrices d'écoulement dans le fluide ambiant. Ce fluide, air ou liquide isolant électriquement, peut être considéré comme incompressible dans les conditions de fonctionnement de la pompe (conditions de champ proche acoustique) dans le domaine fréquentiel d'emploi du dipôle.

[0015] Le couplage acoustique de cet écoulement est tel que le différentiel de pression créé sur tels couples

d'ondes est strictement proportionnel au différentiel de pression général qui génère l'écoulement au sein même de la pompe qui constitue la source. Il est modulé par un facteur de directivité selon la direction des couples.

**[0016]** L'invention concerne donc plus particulièrement un dispositif de génération d'écoulement local dipolaire dont on commande le différentiel de pression.

**[0017]** Conformément à l'invention ce dispositif se caractérise en ce qu'il comporte un ensemble de parois déformables sensiblement identiques et planes, parallèles, réalisées en matériau électriquement conducteur. Ces parois sont empilées régulièrement, et avantageusement séparées par des entretoises, planes et d'épaisseurs égales, de manière à définir entre elles des volumes successifs, confinés, sensiblement identiques, qui débouchent alternativement sur deux faces opposées de cet ensemble par des ouvertures appropriées.

**[0018]** Il comporte également une enceinte qui contient cet ensemble de parois et présente deux cavités situées en regard des faces où débouchent les ouvertures des volumes définis, confinées entre les parois. Ces cavités communiquent elles-mêmes avec le milieu extérieur par deux ouvertures de révolution qui constituent les deux événements symétriques du dipôle.

**[0019]** Ce dispositif comporte également des moyens pour appliquer, de façon contrôlée et variable, un champ électrique entre couples de parois successives, de manière à créer un différentiel de pression entre couples de volumes contigus, le champ électrique étant appliqué alternativement à l'un des volumes, à l'exclusion de l'autre, selon le signe du différentiel de pression à créer. Ce différentiel de pression induit lui-même une succession d'éloignements et de rapprochements des parois en regard, et donc des variations de volume opposées qui provoquent l'écoulement dipolaire alterné recherché. Cet écoulement s'établit à l'extérieur de l'enceinte à travers les deux événements par lesquels il se referme.

**[0020]** Autrement dit, le dispositif conforme à l'invention agit en provoquant la déformation alternée opposée de volumes multiples, débouchant sur deux événements, volumes qui en se contractant et se dilatant successivement, dans l'espace et dans le temps, aspirent ou rejettent le fluide qu'ils contiennent, en quantités égales et créent à partir de ces événements un écoulement externe à potentiel de vitesse, de nature dipolaire, quasi de révolution.

**[0021]** Ainsi, le champ électrique appliqué dans un espace inter-paroi fait que les parois concernées sont alternativement attirées ou non l'une vers l'autre, d'où il résulte que le volume correspondant diminue d'une quantité égale à celle dont augmente le volume connexe où le champ n'est pas appliqué. Ces variations donnent donc naissance à deux écoulements des débits opposés évacués par les deux cavités et les deux événements respectifs vers l'espace environnant ; ces deux écoulements génèrent ainsi un champ d'écoulement de révolution externe dont les lignes de courant sortent de l'un des événements pour rentrer par l'autre.

**[0022]** On génère ainsi un écoulement à potentiel de structure dipolaire de nature à donner naissance, de par les lois conjuguées de la mécanique des fluides et de l'acoustique, à un système de couples d'ondes acoustiques se propageant selon des sens et des signaux opposés, et dont le plan de discontinuité passe par le centre de symétrie des événements. Ce dispositif constitue donc à ce titre une source dipolaire acoustique.

**[0023]** De manière plus précise, le dispositif conforme à l'invention permet de contrôler par voie électrique le différentiel de pression à l'origine de l'écoulement dipolaire, et par-là même le différentiel de pression des couples d'ondes acoustiques induites par cet écoulement.

**[0024]** Dans le cas particulier d'application du dispositif à l'écrantage antibruit actif, de tels dispositifs sont distribués en grand nombre, sur une surface plane, selon un réseau régulier de pas géométrique 'a', de grande envergure. Il en résulte que l'écoulement de chaque dispositif se trouve idéalement couplé acoustiquement à une paire d'ondes acoustiques unique, les ondes fondamentales du réseau, seules générées pour un spectre fréquentiel des signaux acoustiques borné supérieurement à la fréquence ( $f_0$ ) de coupure du réseau, soit  $f_0 \# c/a$  (où 'c' est la célérité du son, et 'a' le pas géométrique du réseau). Ainsi, en combinant plusieurs dispositifs caractéristiques, disposés en réseau, et pilotés à partir du même signal de référence, avec des lois de retard respectif appropriées, il est possible de conformer le couple d'ondes acoustiques émis selon des formes et inclinaisons réglables.

**[0025]** Dans ces conditions, en appliquant à l'écoulement à potentiel de vitesse, variable dans le temps, le théorème de BERNOULLI, ce en suivant une ligne de courant fermée, quelconque, traversant une seule paroi d'une part, donc deux volumes intérieurs contigus, et le plan du réseau d'autre part, on établit que le différentiel de pression généré à l'intérieur du dispositif au travers de la paroi est l'opposé strict du différentiel de pression résultant entre les deux ondes acoustiques fondamentales créées à la surface du réseau, en condition d'antibruit, c'est-à-dire de débit acoustique total nul. Il se trouve en effet que le saut des dérivées du potentiel en ces deux points de traversée se compense par un saut opposé de pression, ce saut de dérivée étant lié aux ondes d'accélération prenant naissance à la surface du réseau.

**[0026]** En condition de rayonnement, en espace libre, le différentiel de pression entre les ondes acoustiques fondamentales générées n'est qu'une fraction définie du différentiel de pression interne au dispositif, ce du fait de la chute inertielle de pression prenant naissance dans les écoulements de champ très proche, adaptant ceux du dipôle à ceux des ondes produites.

**[0027]** Autrement dit, la fonction de transfert entre les différentiels de pression est unitaire, ce qui constitue la première propriété fondamentale requise en application antibruit, et une propriété particulièrement avantageuse dans d'autres applications.

**[0028]** S'ajoute à cette propriété la deuxième propriété

de délai de réponse très réduit entre ces deux pressions, dans la mesure où la dimension du dispositif, rapportée à la longueur d'onde acoustique, est suffisamment faible pour pouvoir négliger les délais de propagation des potentiels: il s'agit d'une deuxième propriété requise en application antibruit.

**[0029]** En pratique, du point de vue mécanique, les différentes parois du dispositif sont délimitées et séparées par des éléments entretoises, étanches, d'épaisseur constante en forme de U. Les portions ouvertes de ces éléments, empilés tête-bêche, sont alternativement orientées vers l'une ou l'autre des faces où débouchent les volumes définis entre les différentes parois, faces elles-mêmes en communication avec l'un ou l'autre des événements du dipôle.

**[0030]** Autrement dit, les volumes créés entre les parois sont délimités d'une part, par les parois elles-mêmes, et d'autre part, par un élément entretoise, assurant à la fois l'écartement entre les parois et la délimitation de l'espace par lequel le fluide s'écoulera transversalement, entrant ou sortant selon le mouvement des parois.

**[0031]** Dans les conditions normales de fonctionnement, le différentiel de pression créé électriquement entre parois est équilibré par les résistances inertielles cumulées des écoulements externes au dipôle: écoulements vers les ondes acoustiques et écoulements de court-circuit direct entre les deux événements; ce dernier écoulement restant présent en conditions d'anti-bruit alors que les précédents s'annulent comme déjà mentionné.

**[0032]** Deux paramètres particuliers interviennent dans le fonctionnement du dispositif:

Les écoulements internes au dispositif sont définis par l'espacement entre parois, réglé par l'épaisseur des entretoises, et les caractéristiques inertielles des parois élastiques. Il sont laminaires, régis par les effets d'inertie de manière prépondérante. Un choix paramétrique adapté permet de minimiser la charge inertielle globale résultante.

**[0033]** Ensuite, le choix de la matière et de l'épaisseur des parois. L'obtention d'une fonction de transfert unitaire implique que les parois élastiques aient, dans le domaine de fréquence acoustique considéré, un comportement inertiel prépondérant, ce qui impose une première fréquence propre de membrane de la paroi, tendue sur l'entretoise en U, suffisamment faible par rapport à la fréquence moyenne du spectre. Il en résulte que le choix du matériau se porte préférentiellement sur un matériau élastomérique de très faible module d'YOUNG (typiquement de l'ordre de 0,01 GPa), faiblement tendu sur les entretoises et de faible épaisseur (de l'ordre de quelques dixièmes de mm).

**[0034]** Concernant les principes de commande des champs électriques destinés à créer les tensions mécaniques attractives entre parois, ces tensions étant la source des différentiels de pression entre volumes con-

tigus, le dispositif regroupe avantageusement les parois par sous-ensemble de quatre parois. Ces sous-ensembles forment des motifs répétitifs, juxtaposés, dans lesquels les parois de même rang dans chaque sous-ensemble sont contrôlées par un même potentiel électrique de commande: soit  $V_1(t)$ ,  $V_2(t)$ ,  $V_3(t)$ ,  $V_4(t)$  définis à partir d'un potentiel commun de commande alternatif  $V_0(t)$ , élaboré lui-même, électroniquement, à partir du signal différentiel de pression à délivrer par le dispositif, soit  $\Delta P_0(t)$ ,

en réalisant la fonction suivante:  $V_0(t) \propto \sqrt{|\Delta P_0(t)|}$

**[0035]** Dans ces conditions, sur les parois ordonnées successivement, on peut définir les potentiels de la manière non exclusive suivante:

Sur la première paroi,  $V_1(t) = 0$ , c'est-à-dire que le potentiel reste constant

Sur la troisième paroi,  $V_3(t) = V_0(t)$

Sur la deuxième paroi,  $V_2(t) = V_0(t) \times \{\text{fonction échelon de HEAVISIDE } [+ \Delta P_0(t)]\}$

Sur la quatrième paroi,  $V_4(t) = V_0(t) \times \{\text{fonction échelon de HEAVISIDE } [- \Delta P_0(t)]\}$

**[0036]** On remarque que  $V_0(t)$  est créé à partir de la racine carrée du module de la pression à délivrer pour tenir compte du fait que l'attraction électrostatique obtenue est proportionnée au carré du champ électrique, ce pour l'impératif de linéarité de la fonction de transfert. Ainsi, le différentiel de pression des couples d'ondes engendrés est proportionnel au différentiel de pression de commande  $\Delta P_0(t)$ , et ces deux types de différentiels sont concomitants dans les conditions d'utilisation du dipôle.

**[0037]** De plus, les potentiels électriques  $V_1(t)$ ,  $V_2(t)$ ,  $V_3(t)$ ,  $V_4(t)$  ne sont pas appliqués directement aux parois car ces parois vibrant, les charges induites à leur surface ne leur sont pas parfaitement proportionnelles. Ils sont donc appliqués à travers des circuits électroniques de commande appropriés qui les corrigent de manière à ce que ce soient les charges électriques injectées qui soient effectivement proportionnées aux consignes:  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$ , ce de manière à préserver la linéarité de la fonction de transfert. Le différentiel de pression créé dans les espaces inter-parois présente en effet une amplitude strictement proportionnelle au carré des champs, donc des charges électriques injectées sur les parois.

**[0038]** En pratique, la rigidité diélectrique du milieu définit les potentiels maximaux applicables et donc l'amplitude maximale du différentiel de pression acoustique que le dispositif peut délivrer.

**[0039]** Afin de générer des couples d'ondes acoustiques correspondant à la consigne, le dispositif peut avantageusement comporter deux capteurs microphoniques, à proximité respectivement des deux événements, de manière à évaluer le différentiel de pression effectivement généré et corriger la commande par une boucle électronique de contrôle appropriée.

### Descriptif sommaire des figures :

**[0040]** La manière de réaliser l'invention, ainsi que les avantages qui en découlent ressortiront bien de la description du mode de réalisation qui suit, à l'appui des figures annexées dans lesquelles :

- La figure 1 est une vue en perspective sommaire partiellement écorchée, d'un dispositif conforme à l'invention.
- La figure 2 est une vue en perspective sommaire éclatée de l'ensemble de parois du dispositif de la figure 1.
- La figure 3 est une vue en coupe longitudinale du dispositif de la figure 1.
- Les figures 4 et 5 sont des vues en coupe schématiques des empilements de parois d'un dispositif conforme à l'invention, montrés dans deux états de commande opposés.
- La figure 6 est un schéma simplifié montrant la chaîne de commande de l'invention.

### Manière de réaliser l'invention

**[0041]** Tel qu'illustré à la figure 1, le dispositif 1 conforme à l'invention se présente sous la forme d'une enceinte 2 de révolution présentant deux ouvertures ou événements circulaires 3,4 disposées symétriquement par rapport au plan médian P. La forme générale de cette enceinte sera généralement ellipsoïdale, allongée selon l'axe du dipôle telle que représentée à la figure 1, ou au contraire aplatie selon ce même axe selon les dimensions du corps actif 10, ou encore adaptée à partir d'une telle forme selon les applications.

**[0042]** L'enceinte 2 renferme un ensemble 10 de parois 11, 12, 13, 14 séparées par des éléments entretoises 21, 22, 23. Cet ensemble 10 de parois présente deux faces privilégiées 15, 16, qui débouchent sur deux cavités internes 17,18, rendues étanches de manière interne sur les pourtours de l'ensemble 10, par deux diaphragmes rigides 19 reliant les contours externes des plans 15, 16 et celui de l'enceinte 2.

**[0043]** Les cavités 17,18 sont coiffées de deux calottes rigides 35,36 qui ferment l'enceinte, tout en présentant à leur embase deux ouvertures circulaires grillagées, de section adaptée aux écoulements, constituant deux événements 3, 4 qui les mettent en communication avec le milieu extérieur.

**[0044]** Le dispositif 1 inclut également des moyens de commande électronique 41, répartis dans le volume disponible autour de l'ensemble 10, et en particulier les quatre espaces formés entre l'ensemble 10 de parois et l'enceinte. Ces moyens de commande assurent la génération des potentiels électriques appliqués aux parois 11, 12, 13, 14.

**[0045]** Dans la forme illustrée le dispositif comprend également deux capteurs de pression 70, 71 reliés à la commande électronique 41 pour assurer diverses fonc-

tions de commande asservie.

**[0046]** Tel qu'illustré à la figure 2, l'ensemble 10 de parois est constitué par l'assemblage de divers éléments. Bien entendu, le nombre de parois représentées à la figure 2 est volontairement réduit, pour faciliter la compréhension.

**[0047]** Tout d'abord, les parois à proprement parler, sont constituées de membranes déformables tendues, conductrices électriquement. Plus précisément, ces membranes sont réalisées à partir de films de matériau élastomères conducteurs, présentant typiquement un module de Young sécant de l'ordre de 0,01 GPa, pour une épaisseur de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres, pour un fonctionnement en acoustique aérienne.

**[0048]** La forme générale de ces membranes peut être comme à la forme illustrée, carrée ou rectangulaire. Toutefois, l'invention n'est pas limitée à cette géométrie spécifique, et d'autres formes peuvent être adoptées pour répondre à des considérations d'utilisation optimale de l'espace intérieur disponible.

**[0049]** Chacune des parois 11-14 présente une connexion électrique 31-34 permettant, comme il sera expliqué plus loin, la liaison avec des potentiels variables.

**[0050]** Les différentes membranes 11-14 sont séparées par des éléments entretoises isolants 21-24 d'épaisseur constante, de l'ordre du millimètre en air.

**[0051]** Plus précisément, chaque élément entretoise présente une forme générale en U, qui dans la forme illustrée comporte trois branches 55, 56, 57, qui sont disposées sur trois côtés du périmètre des parois 11-14. Bien entendu, dans le cas où ces parois ne possèdent pas une forme carrée, les éléments entretoises s'étendent sur une partie seulement de leur périmètre, de manière à délimiter une zone d'ouverture 28 pour relier le volume fermé entre deux parois successives 11, 12 et la cavité 17,18.

**[0052]** Conformément à l'invention, deux éléments entretoises successifs 21, 22 sont disposés tête-bêche, de telle sorte que leurs ouvertures sont alternativement orientées sur les deux faces opposées 15, 16 de l'ensemble. Autrement dit, les volumes définis entre les parois 11, 12 et les parois 12, 13 sont ouverts dans des directions opposées.

**[0053]** Dans une forme qui n'est pas illustrée, il est possible de réaliser une membrane adhésivée à une entretoise, afin de faciliter en particulier les opérations d'assemblage. Ainsi, on obtient un ensemble combinant la membrane et l'entretoise en forme générale de U. Tout d'abord, on réalise l'entretoise par moulage d'un matériau plastique isolant avantageusement renforcé de fibres, selon une empreinte du profil en U. A partir de cette entretoise, et d'une cale d'épaisseur s'ajustant dans la partie interne du U, on réalise une empreinte, qui par pressage et vulcanisation permet d'obtenir la membrane d'épaisseur requise adhésivée. On observe avantageusement que le retrait du matériau élastomérique de la membrane, après moulage, confère à la membrane une pré-tension mécanique favorable.

[0054] Après assemblage, et comme illustré à la figure 3, l'ensemble 10 de membranes comporte donc une succession de volumes 26, 27 qui communiquent avec l'extérieur par des ouvertures 28, 29, orientées sur les faces opposées 16, 15 de l'ensemble en regard des cavités 18, 17 de l'enceinte 2.

[0055] Bien entendu, les dimensions et en particulier l'épaisseur des différents éléments représentés aux figures, ainsi que leur nombre, ne sont donnés qu'à titre illustratif, et dans le seul but de faire comprendre l'invention. Les dimensions et les nombres réels peuvent être en particulier nettement différents, en fonction de la nature du fluide dans lequel travaille le dispositif et des applications, les épaisseurs étant accrues d'un ordre de grandeur en milieu liquide, et le matériau élastomère devant être densifié en incorporant des charges adaptées.

[0056] Comme illustré à la figure 4, les différentes parois sont agencées par motifs élémentaires 40 de quatre parois.

[0057] Ainsi, les parois 11, 111, 211 des motifs successifs 40, 140, 240 sont toutes reliées au potentiel commun  $V_1$ . De la même façon, les parois 12, 112, 212 sont reliées à un potentiel  $V_2$ , les parois 13, 113, 213 au potentiel  $V_3$  et les parois 14, 114 et 214 au potentiel  $V_4$ . Une manière d'élaborer ces potentiels en fonction du différentiel de pression de consigne  $\Delta P_0(t)$  est décrite à la figure 6.

[0058] Dans l'état représenté à la figure 4,  $V_1 = 0$ ,  $V_2 = V_3 = V_0$ ,  $V_4 = 0$ , les parois 11, 12 et 13, 14 s'attirent à l'exclusion des autres. Il s'ensuit que le volume 28 expulse du fluide (flèche R) alors que le volume 29 en aspire (flèche A).

[0059] Dans l'état représenté à la figure 5,  $V_1 = 0$ ,  $V_2 = 0$ ,  $V_3 = V_4 = V_0$ , les parois 12, 13 s'attirent ainsi que 14 et 111. Il s'ensuit que le volume 29 expulse du fluide (flèche R) alors que le volume 28 en aspire (flèche A).

[0060] Comme illustré sur la figure 6, l'électronique de commande fait que les charges injectées sur les parois sont proportionnées, en amplitude, à la racine carrée du différentiel de pression de consigne  $|\Delta P_0(t)|$ , multiplié ou non par les échelons de HEAVISIDE appropriés de ce différentiel. Plus précisément, à partir du différentiel de pression de consigne  $\Delta P_0(t)$  fourni en sortie 601 d'un module de calcul, on évalue 602 le signe de ce différentiel, pour pouvoir le multiplier 603 par le différentiel de pression de consigne  $\Delta P_0(t)$ , et obtenir 604 la valeur absolue  $|\Delta P_0(t)|$ . Un module 605 détermine la racine carrée de cette valeur absolue, qui détermine le potentiel  $V_0(t)$  de commande présent en 607. Cette valeur de potentiel est convertie en une valeur de charge électrique par le convertisseur 608, charge injectée dans un bus 62 d'alimentation d'un quart des parois.

[0061] Complémentairement, des modules 612, 613 permettent de calculer des fonctions échelon de Heaviside pour les valeurs de  $\Delta P_0(t)$ . Plus précisément le module 612 a pour sortie un signal unitaire pour  $\Delta P_0(t)$  positif, et nul pour  $\Delta P_0(t)$  négatif. A l'inverse, le module 613 a pour sortie un signal unitaire pour  $\Delta P_0(t)$  négatif, et nul

pour  $\Delta P_0(t)$  positif. Ces signaux sont multipliés par des multiplieurs 614, 615 pour donner des signaux égaux à  $+V_0$  ou nul en fonction du signe de  $\Delta P_0(t)$ . Ces signaux sont appliqués en entrée des convertisseurs tension/charge 620, 621 qui alimentent les bus 63, 64, étant entendu que le bus 61 reste à un potentiel nul et que le bus 62 est commandé comme exposé ci-avant.

[0062] Il résulte de ce qui précède que l'invention possède les avantages de permettre de générer des ondes acoustiques dont la pression est la réplique fidèle et quasi instantanée d'un signal électrique de commande, ce par un dispositif compact, relativement simple à réaliser, le même principe pouvant s'appliquer à d'autres milieux fluides aussi bien liquides que gazeux.

[0063] Ce dispositif fonctionne par génération d'un écoulement variable entre parois multiples et par la constitution d'un champ d'écoulement externe, de révolution, à caractère dipolaire. Le volume total de fluide expulsé par les espaces inter-parois en diminution de volume, à l'événement correspondant, se retrouve en effet aspiré, en quantité égale, à l'événement opposé, par les espaces contigus en augmentation de volume.

[0064] Cet écoulement dipolaire variable a la propriété de générer un système de couples d'ondes acoustiques de pressions opposées, se propageant elles-mêmes en sens opposés, ces pressions étant la réplique fidèle et quasi instantanée des pressions créées électriquement dans les espaces contigus définis entre les parois.

[0065] Bien entendu, tous les éléments constitutifs évoqués peuvent être adaptés au milieu fluide particulier, électriquement isolant, dans lequel le dipôle est appelé à fonctionner : gaz ou liquide, et ce en fonction de divers paramètres de ce milieu, tels qu'en particulier sa densité, la célérité des ondes acoustiques, ainsi que la gamme de fréquence d'utilisation, qui conditionne en particulier la largeur totale et le nombre des entretoises et des membranes.

## Revendications

1. Dispositif (1) de génération d'ondes acoustiques caractérisé en ce qu'il comporte :

- un ensemble (10) de parois déformables (11-14) parallèles, réalisées en matériau élastique, électriquement conducteur, où les parois définissent entre elles des volumes (28, 29) successifs débouchant alternativement sur deux faces (15, 16) opposées dudit ensemble (10), le plan médiateur (P) des deux faces (15, 16) constituant un plan de symétrie ;
- une enceinte rigide (2) contenant ledit ensemble (10) de parois et présentant deux cavités de révolution symétriques (17, 18) en regard des faces (15, 16) où débouchent les volumes (28, 29) définis entre les parois dudit ensemble (10), lesdites cavités débouchant elles-mêmes

- sur l'espace environnant chacune par un orifice ou évent (3,4) ;
- des moyens (41) pour appliquer de façon contrôlée, des potentiels électriques variables aux parois groupées par sous ensembles répétitifs de parois, potentiels conçus pour créer, de manière alternée, des champs électriques dans un espace inter-paroi sur deux.
2. Dispositif selon la revendication 1 ; **caractérisé en ce que** les différentes parois (11-14) sont séparées par des éléments entretoises (21-24) en forme de U, les portions ouvertes des éléments entretoises (21-24) étant alternativement orientées vers l'une ou l'autre des faces (15,16) où débouchent les volumes (28,29) définis entre les parois de l'ensemble (10).
  3. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les orifices (3,4) débouchant sur l'espace environnant sont circulaires et symétriques par rapport au plan médiateur.
  4. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les parois sont regroupées par sous-ensembles (40, 140,240) identiques de quatre parois, les parois de même position dans les différents sous-ensembles étant reliés aux mêmes potentiels de commande.
  5. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens de commande (41) propres à générer les potentiels électriques variables à appliquer aux parois, potentiels eux-mêmes élaborés pour injecter les charges électriques appropriées aux sous-ensembles de parois.
  6. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les parois sont réalisées à partir d'un matériau élastomérique conducteur.
  7. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte sur l'axe des événements, deux capteurs de pression (70) symétriques, aptes à évaluer le différentiel de pression acoustique créé, et reliés aux moyens de commande (41).
  8. Installation incluant plusieurs dispositifs selon l'une des revendications précédentes, disposés en réseau, et pilotés à partir du même signal de référence, avec des lois de retard respectif appropriées, de manière à conformer les couples d'ondes acoustiques émis selon des formes et incidences réglables.

#### Patentansprüche

1. Schallwellenerzeugungsvorrichtung (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aufweist:

- eine Einheit (10) aus verformbaren, parallelen Wänden (11-14), die aus einem elastischen, elektrisch leitenden Material hergestellt sind, wobei die Wände zwischen sich aufeinanderfolgende Volumina (28, 29) definieren, die sich abwechselnd an zwei entgegengesetzten Flächen (15, 16) der Einheit (10) öffnen, wobei die Mittellotebene (P) der zwei Flächen (15, 18) eine Symmetrieebene bildet;
- eine starre Umhüllung (29), welche die Einheit (10) aus Wänden enthält und zwei rotationssymmetrische Hohlräume (17, 18) gegenüber den Flächen (15, 16) aufweist, wo sich die zwischen den Wänden der Einheit (10) definierten Volumina (28, 29) öffnen, wobei sich die Hohlräume ihrerseits jeweils über eine Öffnung oder einen Luftaustritt (3, 4) zum umgebenden Raum öffnen;
- Mittel (41) zum gesteuerten Anlegen variabler elektrischer Potentiale an die Wände, die in sich wiederholenden Teileinheiten von Wänden gruppiert sind, wobei die Potentiale dazu konzipiert sind, auf alternierende Weise elektrische Felder in jedem zweiten Zwischenwandraum zu erzeugen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verschiedenen Wände (11-14) durch U-förmige Abstandhalterelemente (21-24) getrennt sind, wobei die offenen Abschnitte der Abstandhalterelemente (21-24) abwechselnd zur einen oder anderen der Flächen (15, 16) ausgerichtet sind, wo sich die zwischen den Wänden der Einheit (10) definierten Volumina (28, 29) öffnen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sich zum umgebenden Raum öffnenden Öffnungen (3, 4) kreisförmig und in Bezug auf die Mittellotebene symmetrisch sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wände durch identische Teileinheiten (40, 140, 240) aus vier Wänden zusammengestellt sind, wobei die Wände mit derselben Position in den verschiedenen Teileinheiten an dieselben Steuerpotentiale angeschlossen sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Steuereinrichtungen (41) umfasst, die sich dazu eignen, die an die Wände anzulegenden variablen elektrischen Potentiale zu erzeugen, wobei die Potentiale ihrerseits dazu ausgelegt sind, die geeigneten elektrischen Ladungen in die Wandteileinheiten einzuleiten.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wände aus einem leitenden Elastomermaterial hergestellt sind.

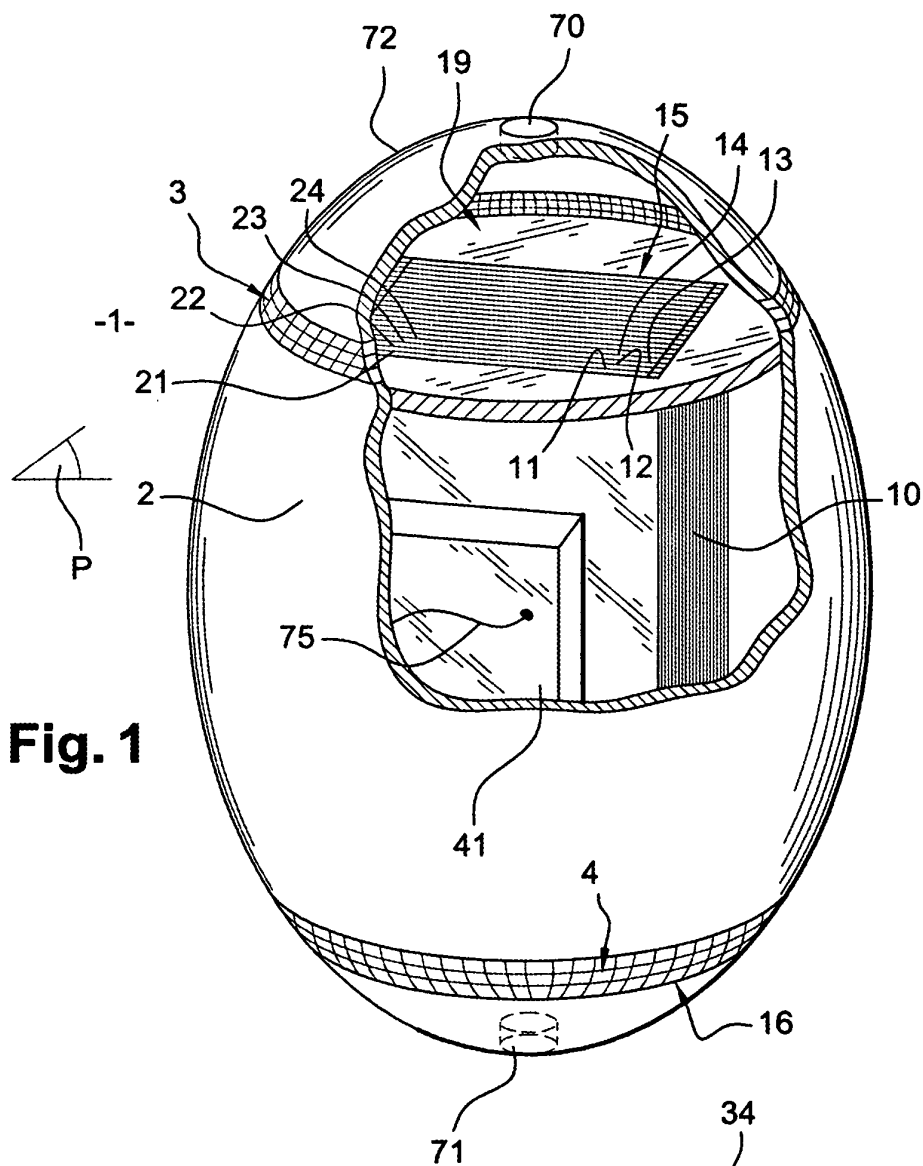
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie an der Luftaustrittsachse zwei symmetrische Druckfühler (70) aufweist, die in der Lage sind, die Druckdifferenz von erzeugtem Schall auszuwerten, und die an die Steuereinrichtungen (41) angeschlossen sind.
8. Anlage mit mehreren Vorrichtungen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die in einem Netz angeordnet und ausgehend vom selben Bezugssignal mit jeweiligen geeigneten Verzögerungsgesetzen gesteuert werden, um den Paaren von Schallwellen zu entsprechen, die entsprechend einstellbarer Formen und Einfallswinkel abgegeben werden.

## Claims

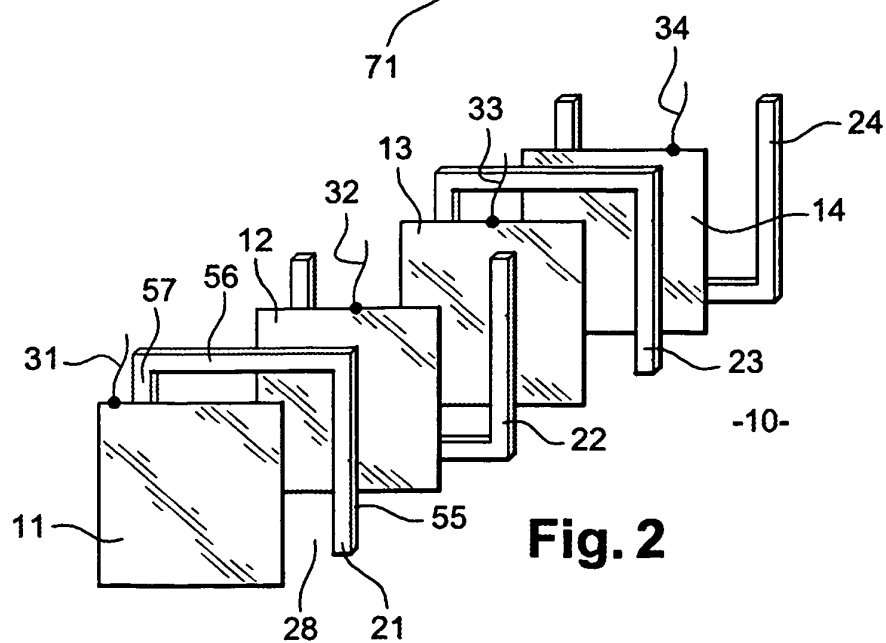
1. Device (1) for generating acoustic waves **characterised in that** it comprises:
- an assembly (10) of parallel deformable walls (11-14), made of an electrically conductive elastomer material, wherein the walls define successive spaces (28, 29) therebetween alternately leading over two opposite surfaces (15, 16) of said assembly (10), the mediator plane (P) of the two surfaces (15, 16) constituting a plane of symmetry;
  - a rigid chamber (2) containing said assembly (10) of walls and having two symmetrical revolving cavities (17, 18) opposite the surfaces (15, 16) to which the spaces (28, 29) defined between the walls of said assembly (10) lead, said cavities themselves leading to the surrounding space each by an orifice or vent (3, 4);
  - means (41) for applying in a controlled way, variable electric potentials to the walls collected into repetitive sub-assemblies of walls, potentials designed to create, alternately, electric fields in one inter-wall space in two.
2. Device as claimed in claim 1, **characterised in that** the various walls (11-14) are separated by U-shaped spacer elements (21-24), the open portions of the spacer elements (21-24) being alternately oriented towards one of other of the surfaces (15, 16) to which the spaces (28, 29) defined between the walls of the assembly (10) lead.
3. Device as claimed in claim 1, **characterised in that** the orifices (3,4) leading to the surrounding space are circular and symmetrical relative to the mediator plane.
4. Device as claimed in claim 1, **characterised in that** the walls are collected into identical sub-assemblies (40, 140, 240) of four walls, the walls in the same

position in the various sub-assemblies being connected to the same control potentials.

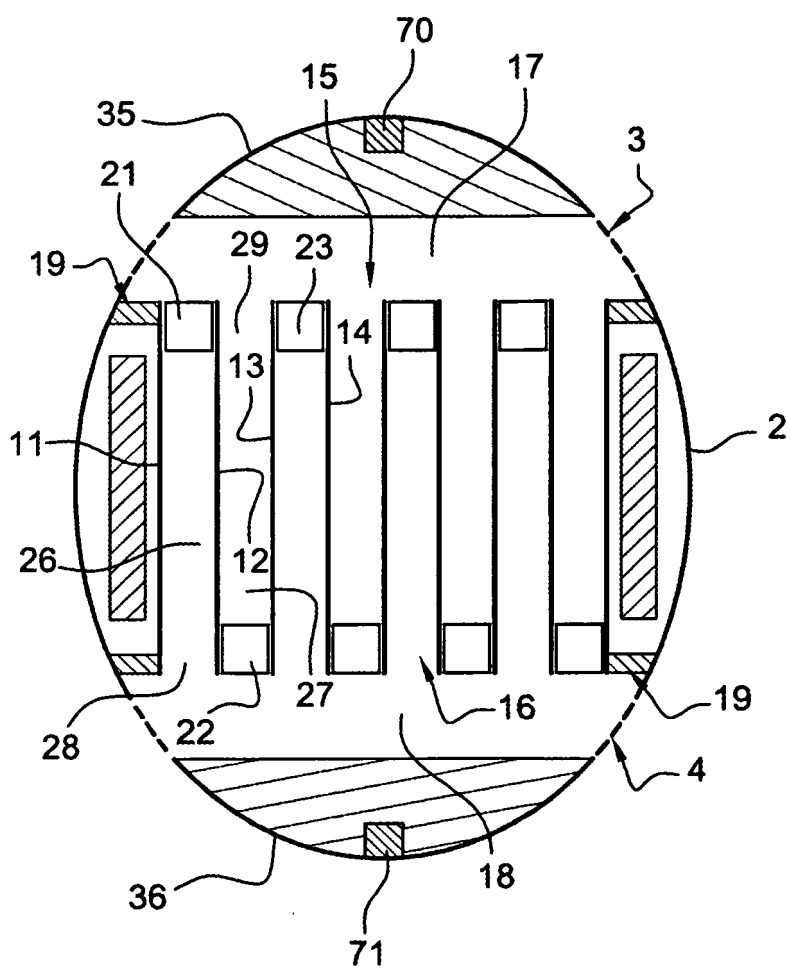
5. Device as claimed in claim 1, **characterised in that** it comprises control means (41) suitable for generating the variable electric potentials to be applied to the walls, potentials themselves generated in order to inject the appropriate electrical charges to the sub-assemblies of walls.
6. Device as claimed in claim 1, **characterised in that** the walls are made from a conductive elastomer material.
7. Device as claimed in claim 1, **characterised in that** it comprises on the axis of the vents, two symmetrical pressure sensors (70), capable of evaluating the acoustic differential pressure created, and connected to the control means (41).
8. Equipment including several devices as claimed in any one of the previous claims, arranged in a network, and controlled from the same reference signal, with appropriate respective delay laws, so as to shape the pairs of acoustic waves emitted to conform to adjustable forms and incidences.



**Fig. 1**



### Fig. 2



**Fig. 3**

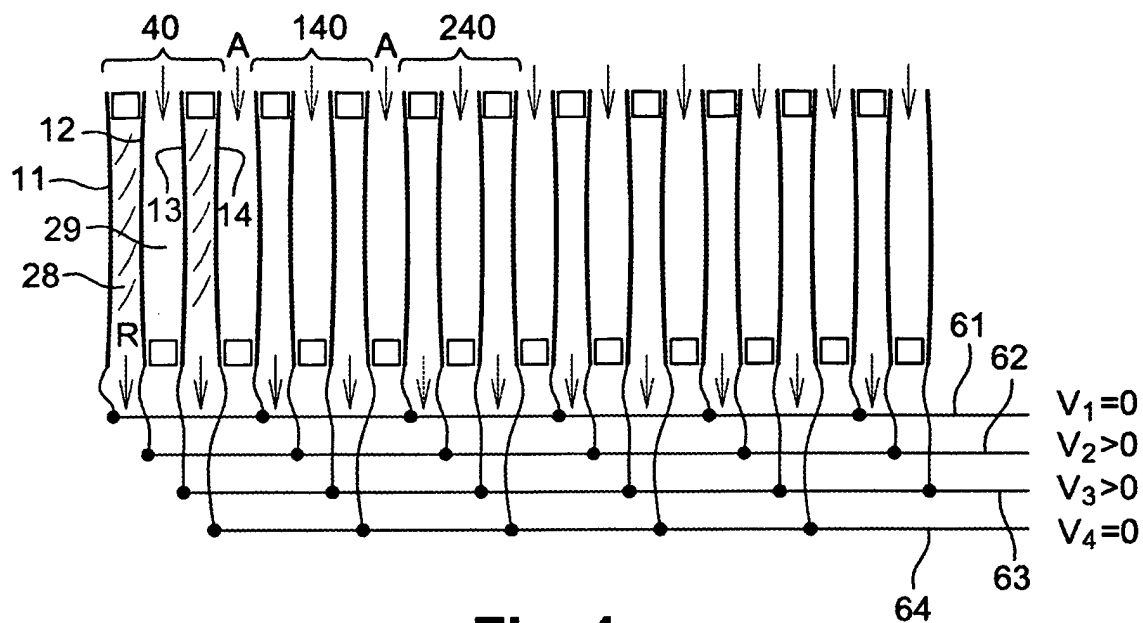


Fig. 4

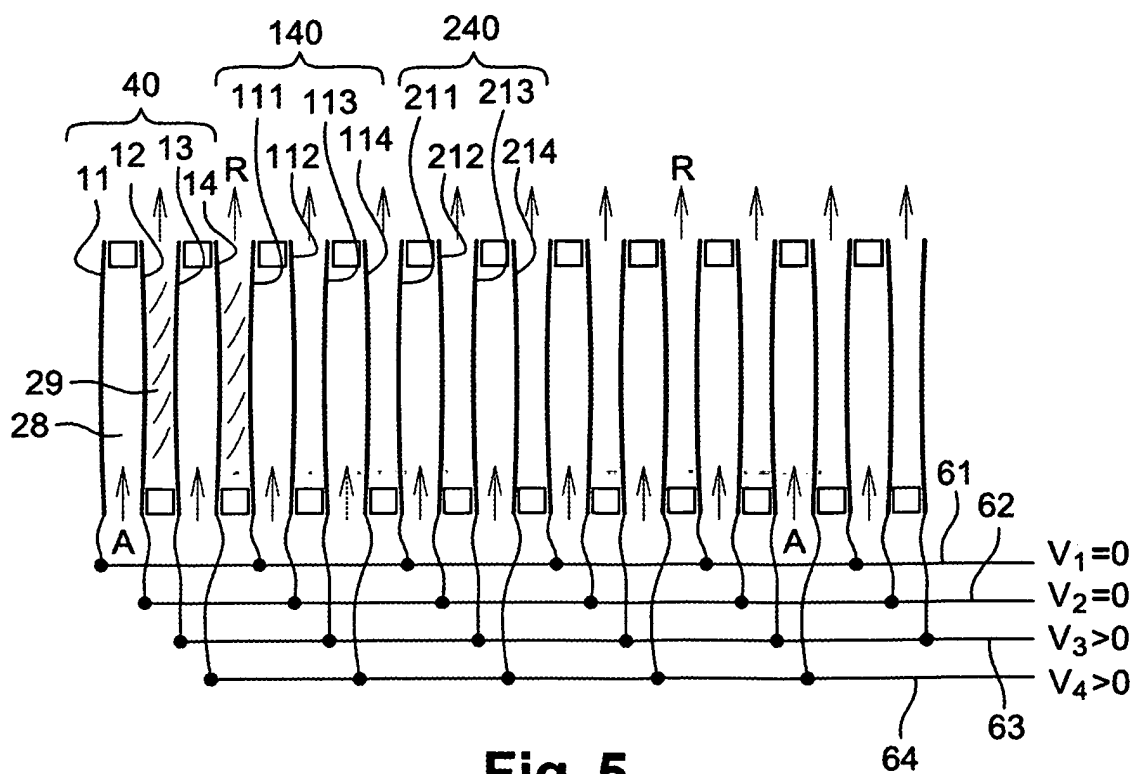
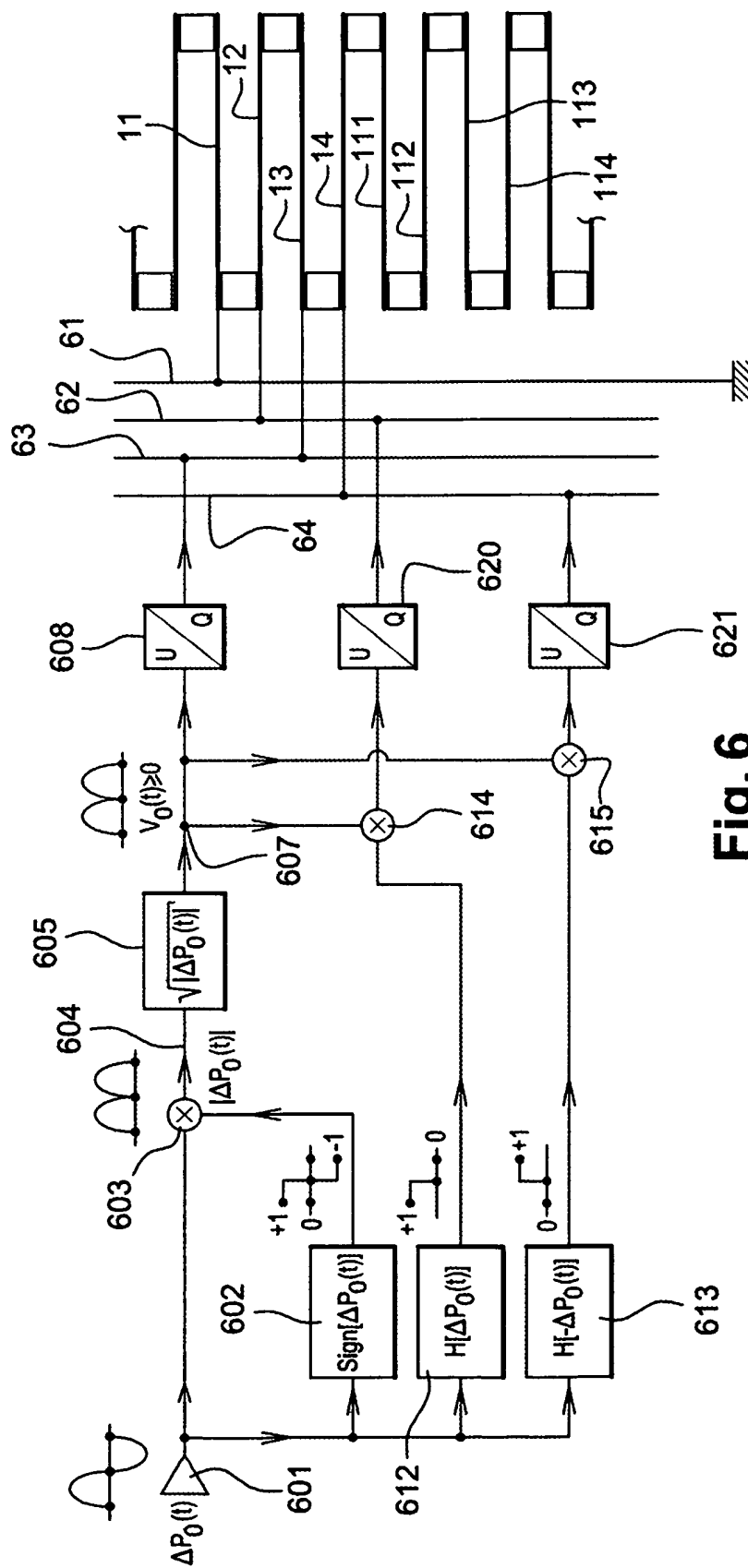


Fig. 5



**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- DE 2139941 [0004]
- EP 0787340 A [0004]
- EP 1094444 A [0004]