(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
24 juin 2021 (24.06.2021)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/122394 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G10K 11/02 (2006.01) *H04R 3/00* (2006.01)
G10K 11/175 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2020/085832

(22) Date de dépôt international :
11 décembre 2020 (11.12.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR1914484 16 décembre 2019 (16.12.2019) FR

(71) Déposants : **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR] ; 3 rue Michel-Ange, 75016 PARIS (FR). **ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MECANIQUE ET DES MICRO-TECHNIQUES (ENSMM)** [FR/FR] ; 26 CHEMIN DE L' EPITAPHE, 25030 BESANCON Cedex (FR). **UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE** [FR/FR] ; 1 rue Claude Goudimel, 25030 Besançon Cedex (FR).

(72) Inventeurs : **OUISSE, Morvan** ; 14 rue radieuse, 25000 Besançon (FR). **COLLET, Manuel** ; 34 avenue de Lauterbourg, 69160 Tassin (FR). **MATTEN, Gaël** ; 31 E, rue des justices, 25000 Besançon (FR).

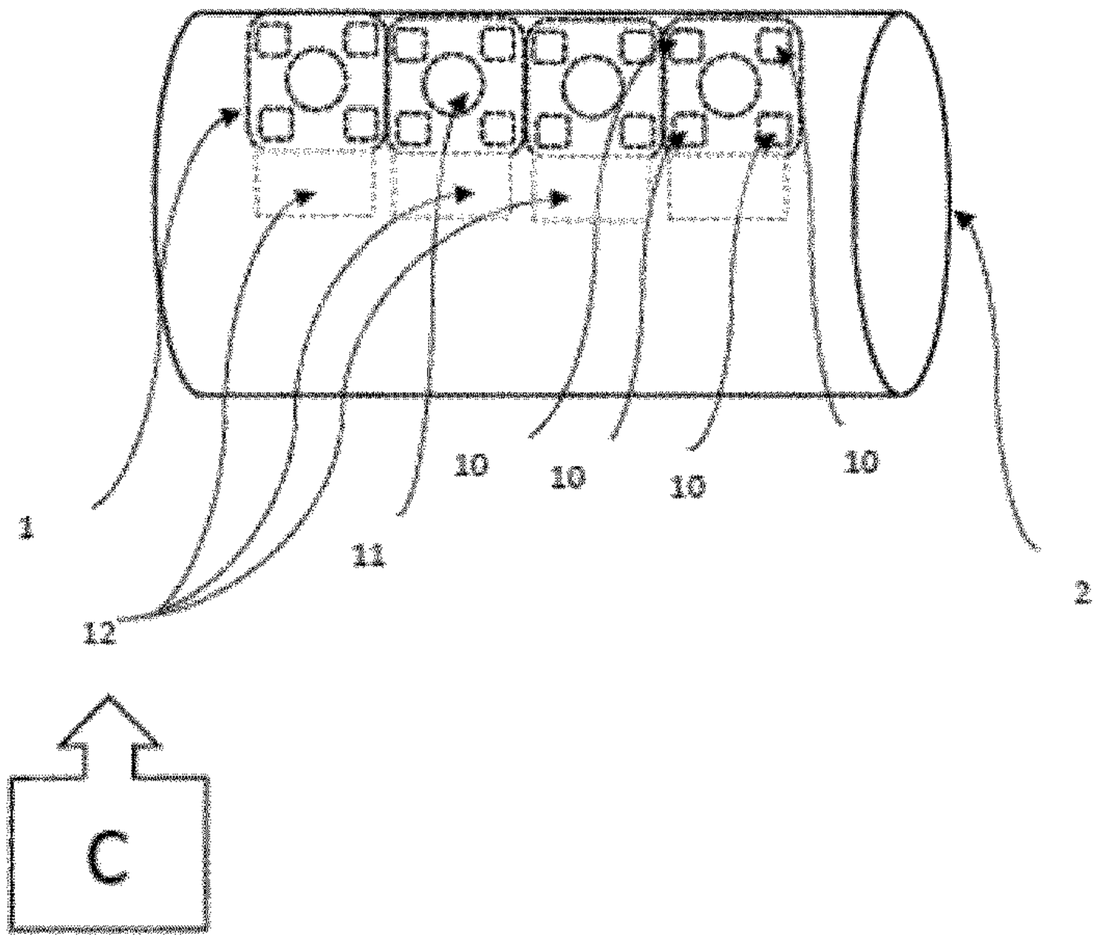
(74) Mandataire : **IPAZ** ; Parc les Algorithmes, Bâtiment Platon CS 70003 Saint Aubin, 91192 GIF SUR YVETTE (FR).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING THE PROPAGATION OF ACOUSTIC WAVES ON A WALL

(54) **Titre :** PROCEDE ET DISPOSITIF DE CONTROLE DE LA PROPAGATION DES ONDES ACOUSTIQUES SUR UNE PAROI

[Fig. 1]



(57) **Abstract:** The present invention relates to a method and a device for controlling the propagation of acoustic waves in the vicinity of a wall, the method and device implementing a master device for controlling a set Nc of cells (1) primarily made up of a speaker (11), a set of Nm microphones (10) connected to the speaker, and a control unit (12), by means of control laws that determine the intensity of the electrical signal that must be sent to each speaker (11) so as to obtain a target determined generalized acoustic impedance for each speaker, such that a fraction of the acoustic waves is absorbed by the membrane of each speaker (11).

(57) **Abrégé :** La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques au voisinage d'une paroi, le procédé et le dispositif mettant en œuvre un dispositif maître pour contrôler un ensemble Nc de cellules (1) constituées principalement d'un haut-parleur (11), d'un ensemble de Nm microphones (10) reliés audit haut-parleur, et d'une unité de commande (12), aux moyens de lois de commande déterminant l'intensité du signal électrique qui doit être envoyé à chaque haut-parleur

WO 2021/122394 A1

[Suite sur la page suivante]

HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

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

(11) de manière à obtenir une impédance acoustique généralisée déterminée cible pour chaque haut-parleur, de sorte qu'une fraction des ondes acoustiques est absorbée par la membrane de chaque haut-parleur (11).

DESCRIPTION

TITRE : PROCEDE ET DISPOSITIF DE CONTROLE DE LA PROPAGATION DES ONDES ACOUSTIQUES SUR UNE PAROI

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de contrôle de la propagation des ondes acoustiques au voisinage d'une paroi.

La réduction des nuisances sonores dues aux transports et à l'activité humaine est devenue un enjeu majeur. L'utilisation de revêtements passifs dans les bâtiments ou les véhicules a permis de limiter la signature acoustique des avions mais ne permet pas de s'adapter aux conditions de vol et ne présente pas d'efficacité importante en large bande fréquence.

Les techniques utilisées pour le traitement acoustique sont généralement basées sur l'utilisation de matériaux absorbants de type mousse ou matériaux alvéolaires architecturés.

Ainsi, pour certaines applications dans le bâtiment ou les transports, on utilise des liners acoustiques présentant une distribution de résonateurs de Helmholtz en basses fréquences et de la mousse en hautes fréquences.

La réduction obtenue reste inférieure à quelques décibels en basses fréquences.

L'efficacité des traitements absorbants classiques est liée à l'épaisseur de matériaux, donc contrainte par l'encombrement et l'ajout de masse, sans compter les problèmes d'absorption d'eau et de polluants dans ces matériaux poreux.

Toutes ces techniques sont passives et ne présentent pas de capacité d'adaptation ou de traitement sélectif des bruits.

Elles n'offrent pas non plus la capacité d'orienter les émissions.

Les techniques actives de contrôle de bruit ont été développées dès les années 1980 pour faire face à ces défis technologiques, et les applications touchent des domaines aussi variés que l'audio grand public ou les transports, mais en restant sur des stratégies non distribuées.

Les problèmes d'encombrement et d'efficacité en basses fréquences des systèmes de traitements acoustiques conduisent à limiter leur efficacité pour de nombreuses applications potentielles.

C’est pourquoi, il s’est avéré nécessaire de développer de nouvelles solutions permettant notamment de traiter la problématique des larges bandes de fréquences.

La technique déployée permet, dans une épaisseur réduite à quelques centimètres, de garantir une bonne efficacité d'absorption des nuisances acoustiques pour des ondes complexes (rasantes ou diffuses par exemple) et pour une large gamme de fréquences incluant les basses fréquences où les traitements passifs sont inopérants.

L’invention propose à cet effet de mettre en œuvre un procédé et un dispositif permettant de contrôler localement et non localement et de manière adaptative l’impédance acoustique généralisée d’une paroi.

Nous rappelons que l'impédance acoustique est une grandeur physique usuelle et connue qui correspond au rapport entre la pression acoustique et la vitesse acoustique.

Le dispositif est constitué d'une première strate de transducteurs acoustiques, constitués chacun de microphones et d’un haut-parleur. Une seconde strate est formée par la partie électronique de conditionnement des signaux et de commande/contrôle en temps réel.

Le dispositif est cellulaire, chaque cellule intégrant un haut-parleur, des microphones ainsi que l'électronique de calcul et de gestion des signaux.

Concernant le procédé, chaque cellule est autonome et exécute une loi de commande dont les paramètres peuvent être déterminés et mis à jour par une interface intégrée. Elle permet de gérer le réseau de cellules et d'accéder aux entrées et sorties de l'ensemble du système.

De même l'alimentation du dispositif est nappée à travers tous les éléments. L'invention porte plus précisément sur le caractère distribué et modulable du système.

L’invention a en particulier pour objet un procédé de contrôle de la propagation des ondes acoustiques au voisinage d’une paroi, le procédé comprenant :

- une étape a) dans laquelle on appose sur la paroi un nombre Nc de cellules constituées principalement d'un haut-parleur relié à un ensemble de Nm microphones, lesdits microphones et haut-parleur étant prévus pour être pilotés par une unité de commande ,
- une étape b) dans laquelle chaque microphone de chaque cellule mesure la pression acoustique des ondes acoustiques, chaque mesure étant restituée à l'unité de commande la cellule ,
- une étape c) dans laquelle l'unité de commande estime la pression acoustique et/ou sa dérivée spatiale au niveau du haut-parleur, puis définit la loi de commande qui fixe l'intensité du courant électrique qui doit être envoyé au haut-parleur de manière à obtenir une impédance acoustique généralisée déterminée Z_{det} pour le haut-parleur,
- une étape d) dans laquelle l'unité de commande envoie le signal électrique au haut-parleur, de sorte qu'une fraction des ondes acoustiques est absorbée par la membrane du haut-parleur.

Selon l'invention, l'unité de commande, dans l'étape c) estime soit la pression acoustique au niveau du haut-parleur, soit sa dérivée spatiale, soit les deux.

Le fait d'utiliser les dérivées spatiales de la pression permet avantageusement de prendre en compte les taux de variations du champ de pression sur la paroi du traitement acoustique et de prendre en compte les vitesses effectives de la propagation pariétale du bruit.

Un dispositif maître pilote l'ensemble des unités de commande suivant une boucle d'apprentissage de manière à ajuster l'impédance acoustique généralisée déterminée Z_{det} pour chaque cellule.

Ainsi, selon un processus itératif et pour chaque cellule, on adapte les paramètres de la loi de commande tant que la valeur de la perte par insertion est inférieure à un seuil prédéterminé, puis quand le seuil est atteint, on procède à l'étape c) de la revendication 1, qui applique la loi de commande adéquate (définie par l'adaptation des paramètres) dans le but d'obtenir l'impédance acoustique généralisée déterminée (c'est à dire ciblée) Zdet pour le haut-parleur.

Bien entendu, selon un processus itératif et pour chaque cellule, on pourrait aussi adapter les paramètres de la loi de commande tant que la valeur d'une

grandeur physique de référence, autre que la perte par insertion (par exemple la perte par transmission, un coefficient d'absorption ou une impédance cible), est suffisamment proche d'une valeur prédéterminée.

Des caractéristiques optionnelles de l'invention, complémentaires ou de substitution sont énoncées ci-après.

Selon certaines caractéristiques, la boucle comporte les étapes suivantes :
BEGIN : début
A1 : chargement d'un modèle acoustique générique
A2 : attribution d'une loi de commande à au moins une des cellules
A3 : calcul des paramètres associés à la loi de commande
A4 : application de la loi de commande à la cellule
A5 : génération d'un signal calibré (bruit blanc ou sinus balayé par exemple)
A6 : acquisition du signal par les microphones
A7 : calcul de la perte par insertion (ou *IL = Insertion Loss)*
A8 : comparaison de la perte par insertion (ou *IL = Insertion Loss*) avec une valeur de perte par insertion prédéterminée IL0 correspondant à l'obtention de l'impédance acoustique généralisée souhaitée Z_{det}
A9 : retour en A3 pour adapter les paramètres de la loi de commande pour minimiser l'erreur sur l'impédance mesurée, dans le cas où IL < IL0.

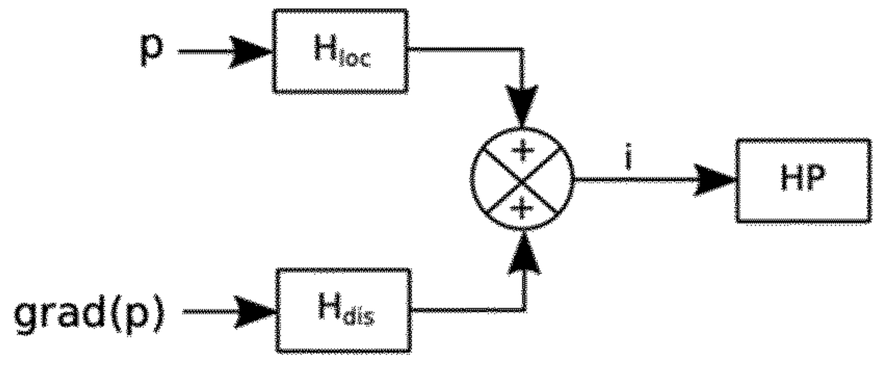
Selon d'autres caractéristiques, chaque cellule comporte entre 3 et 5 microphones, préférentiellement 4.

Selon d'autres caractéristiques encore, la fraction des ondes acoustiques absorbée par la membrane du haut-parleur est convertie en énergie électrique pour alimenter l'ensemble des cellules.

Selon d'autres caractéristiques encore, l'impédance acoustique généralisée est modifiée au moyen de la loi de commande définie comme suit :

On exprime la dynamique souhaitée de l'intensité du courant (i) par rapport à la pression acoustique (p) et à son gradient (grad(p)), sous la forme d'une somme de filtres à réponse impulsionnelle infinie (IIR: *Infinite Impulse Response* en anglais) dont la dynamique est matérialisée par deux fonctions de transfert H_{loc} et H_{dis} :

[Math 1]



Avec H_{loc} et H_{dis} qui s'écrivent en temps discret comme une fraction de polynômes en z :

[Math 2]

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + \ldots + a_n z^{-n}}{b_0 + b_1 z^{-1} + \ldots + b_m z^{-m}}$$

Avec (a_i, b_i) les coefficients réels de l'équation et (m, n) des entiers correspondant à l'ordre du filtre.

Sachant que la propriété selon laquelle z^{-1} est un retard pur d'une période d'échantillonnage donne l'équation récurrente de contrôle entre une sortie à l'instant k (y_k) est une entrée à l'instant k (x_k) :

[Math 3]

$$y_k = \frac{1}{a_0}\left[\sum_{i=1}^{m} b_i . x_{k-i} - \sum_{j=1}^{n} a_j . y_{k-j}\right]$$

Sachant que le signal de pilotage du courant dans la bobine du haut-parleur dépendant de la pression et de son gradient, l'équation de contrôle complète s'écrit comme la somme de deux équations récurrentes de la forme précédentes : $y_{tot} = y_{loc} + y_{dis}$.

Avec y_{loc} dépendant de la pression mesurée et y_{dis} dépendant du gradient de pression estimé.

Ainsi le procédé consiste à imposer une dynamique physique au système sur la seule connaissance de la mesure de l'état physique du système (pression, et/ou gradient de pression au voisinage de la membrane du haut-parleur).

Le procédé ne nécessite donc pas de recourir à un modèle théorique de comportement des composants technologiques (par exemple le haut-parleur).

Selon d'autres caractéristiques encore, l'unité de commande est un microcontrôleur, de préférence de type ARM. Ce type de microcontrôleur relève d'une architecture externe de type RISC 32 bits (ARMv1 à ARMv7) et

64 bits (ARMv8)1 développées par ARM Ltd depuis 1983 et introduites à partir de 1990 par Acorn Computers.

Selon d'autres caractéristiques encore, la loi de commande est définie à une fréquence comprise entre 25 et 150 kHz.

L'invention a également pour objet un dispositif de contrôle de la propagation des ondes acoustiques au voisinage d'une paroi, caractérisé en ce qu'il comprend un nombre Nc de cellules constituées principalement d'un haut-parleur, d'un ensemble de Nm microphones reliés audit haut-parleur, d'une unité de commande, et d'une alimentation, lesdits microphones et haut-parleur étant prévus pour être pilotés par ladite unité de commande, une fraction des ondes acoustiques absorbée par la membrane du haut-parleur étant convertie en énergie électrique pour alimenter l'ensemble Nc des cellules, chaque microphone de chaque cellule étant apte à mesurer la pression acoustique des ondes acoustiques, chaque mesure étant restituée à l'unité de commande de la cellule, l'unité de commande étant apte à estimer la pression acoustique et/ou ses dérivées spatiales tangentielles au niveau du haut-parleur, et apte à appliquer la loi de commande qui fixe l'intensité du signal électrique qui doit être envoyé au haut-parleur de manière à obtenir une impédance acoustique généralisée déterminée Zdet pour le haut-parleur, le dispositif comportant en outre un dispositif maître pour piloter l'ensemble des unités de commande suivant une boucle comportant les étapes suivantes :
BEGIN : début
A1 : chargement d'un modèle acoustique générique
A2 : attribution d'une loi de commande à au moins une des cellules
A3 : calcul des paramètres associés à la loi de commande
A4 : application de la loi de commande à la cellule
A5 : génération d'un signal calibré (bruit blanc ou sinus balayé par exemple)
A6 : acquisition du signal par les microphones
A7 : calcul de la perte par insertion (ou *IL = Insertion Loss*)
A8 : comparaison de la perte par insertion (ou *IL = Insertion Loss*) avec une valeur de perte par insertion prédéterminée IL0 correspondant à l'obtention de l'impédance acoustique généralisée souhaitée Z_{det}
A9 : retour en A3 pour adapter les paramètres de la loi de commande pour minimiser l'erreur sur l'impédance mesurée, dans le cas où IL < IL0.

Des caractéristiques optionnelles de l'invention, complémentaires ou de substitution sont énoncées ci-après

Selon certaines caractéristiques, chaque cellule du dispositif comporte entre 3 et 5 microphones, préférentiellement 4.

De même l'alimentation du dispositif est nappée à travers tous les éléments. L'invention porte plus précisément sur le caractère distribué et modulable du système distribué.

Le caractère distribué des microphones permet de reconstruire des dérivées spatiales et de mesurer un champ de pression en temps réel.

Le caractère distribué des actionneurs permet d'avoir une loi de commande variable dans l'espace.

Le caractère distribué des unités de commande permet d'avoir un niveau de robustesse élevé (le système peut fonctionner en mode dégradé, même avec plusieurs éléments dysfonctionnant).

Toutes les unités de commande sont autonomes, mais peuvent être reconfigurées en temps réel par un dispositif maître qui permet l'auto-apprentissage pour s'adapter à de nouvelles conditions ambiantes.

Enfin, l'assemblage peut être monté directement sur la paroi ou sous forme d'emboîtement sur un treillis support, ce qui permet une modularité afin de s'adapter à diverses géométries.

L'invention a également pour objet un panneau acoustique revêtu d'un ensemble Nc de cellules constituées principalement d'un haut-parleur, d'un ensemble de Nm microphones reliés audit haut-parleur, et une unité de commande, lesdits microphones et haut-parleur étant prévus pour être pilotés par ladite unité de commande, une fraction des ondes acoustiques absorbée par la membrane du haut-parleur étant convertie en énergie électrique pour alimenter l'ensemble Nc des cellules, l'impédance acoustique généralisée de chaque haut-parleur étant assujettie à une loi de commande, de manière à définir localement à la surface dudit panneau un comportement absorbant ou réfléchissant, le panneau étant en outre connecté à un dispositif maître pour piloter l'ensemble des unités de commande suivant une boucle telle que celle détaillée ci-avant.

D’autres avantages et particularités de l’invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

[Fig.1] Cette figure représente une vue schématique d’un dispositif de contrôle acoustique selon l’invention.

[Fig.2] Cette figure représente un détail d’une cellule acoustique selon l’invention.

Les modes de réalisation décrits ci-après étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites, isolées des autres caractéristiques décrites (même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques), si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique, de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

Le dispositif selon l’invention vise à transformer un transducteur électroacoustique en un résonateur électroacoustique polyvalent permettant d'absorber l'énergie sonore dans un espace ou bien de contenir cette énergie entre deux espaces adjacents sans utiliser de capteurs afin d'atteindre la réduction de bruit souhaitée.

L'innovation technologique comprend notamment une modification de la dynamique interne du transducteur électroacoustique par l'intermédiaire d'une impédance électrique de charge connectée à ses bornes, adaptée au transducteur électroacoustique utilisé ainsi qu'aux conditions de rayonnement acoustique et aux performances acoustiques souhaitées.

Le rôle de cette impédance est d'ajuster les pertes, et de compenser les parties réactives du transducteur, en vue de lui permettre de présenter des performances répondant à des exigences acoustiques.

L'impédance acoustique présentée par la membrane du transducteur électroacoustique au champ sonore environnant peut ainsi être rendue

transparente, absorbante ou isolante aux ondes sonores incidentes, selon la fonction de transfert réalisée par l'impédance électrique de charge.

L'impédance électrique synthétisée constitue le lien fonctionnel entre la tension induite par le transducteur électroacoustique soumis à un champ de pression exogène et le courant nécessaire pour absorber ou contenir l'énergie sonore incidente.

L'objet de l'invention porte entre autre sur un système électroacoustique régulé en boucle fermée et en permanence selon un auto-ajustement dont les lois de commande s'appuient sur une connaissance préalable du modèle interne, c'est-à-dire des mécanismes de transduction et des mécanismes dissipatifs et réactifs inhérents au transducteur monté sur une enceinte ou un baffle.

Pour ce qui est du principe de fonctionnement, une partie mobile du haut-parleur (par exemple la membrane, le cache-poussière et la bobine) est mise en mouvement lorsqu'elle est soumise à un champ de pression acoustique exogène, oscille d'avant en arrière selon l'axe de symétrie du transducteur, et ramenée à une position d'équilibre sous l'action d'un spider et de suspensions périphériques. Le mouvement de la bobine, elle-même plongée dans un champ magnétique généré par un aimant permanent, crée une force électromotrice, traduite par une tension induite aux bornes électriques du transducteur.

Cette tension induite est à l'image de la perturbation acoustique à l'origine du mouvement de la partie mobile, mais dépend aussi de la dynamique interne du système haut-parleur et des conditions de rayonnement acoustique (enceinte, position dans une salle, etc.). Elle constitue l'entrée du régulateur dont le rôle est de renvoyer un courant électrique de compensation calculé pour opposer une force mécanique à la membrane adaptée à l'effet acoustique souhaité : absorption sonore dans un espace ou isolation phonique entre deux espaces adjacents.

Le contrôle de l’impédance acoustique généralisée, c’est à dire de la dynamique du rapport entre la pression, le gradient de pression et la vitesse au niveau de la surface contrôlée, a pour conséquence une réduction significative de l’énergie transmise le long de la surface traitée.

Ce contrôle est réalisé par une distribution de hauts parleurs, qui agissent sur le champ de vitesse, ainsi que par une distribution de microphones qui permettent la mesure du champ de pression acoustique et son gradient.

Il est donc nécessaire de pouvoir imposer le courant électrique circulant dans la bobine des haut-parleurs, la valeur de l'intensité étant préférablement calculée par un filtre à réponse impulsionnelle infinie (IIR), en fonction de la pression acoustique mesurée et de son gradient.

Le dispositif développé permet de contrôler simultanément N cellules actives de hauts parleurs.

L'architecture du dispositif permet en outre de modifier en temps réel la dynamique de chaque filtre implémenté.

La programmation de l'impédance acoustique généralisée imposée localement sur la surface active apposée sur la paroi permet ainsi une mise en œuvre aisée de différentes stratégies de contrôle.

Imposer une impédance acoustique généralisée sur une paroi revient à imposer la dynamique entre la pression acoustique, le gradient de la pression acoustique et la vitesse de l'air au niveau de cette paroi.

Le développement d'un tel procédé et d'un tel dispositif de contrôle permet alors de réaliser une boucle de régulation ayant comme entrée les signaux des microphones et pour sortie la consigne du courant devant être imposé dans la bobine du haut-parleur.

La bande passante d'intérêt s'étend de 20 à 20000 Hertz, et en particulier dans le cadre d'applications de génie civil de 20 à 1500 Hertz.

Afin de garantir un encombrement réduit et de permettre un contrôle efficace dans la bande fréquence visée, la paroi peut être subdivisée en zones de contrôle local de cinq centimètres de côté.

Tel que représenté en figures 1 et 2, le dispositif est constitué de Nc = 12 cellules 1 identiques et autonomes composées d'un haut-parleur 11, de Nm microphones 10, d'une carte électronique de conditionnement des signaux, d'une carte de calcul numérique et d'une alimentation électrique, l'ensemble représentant l'unité de commande 12.

Chaque cellule comporte entre 3 et 5 microphones 10, préférentiellement 4.

Chaque haut-parleur 11 est commandé par l'alimentation électrique pilotée par une carte de calcul numérique développée spécifiquement. Les quatre microphones 10 de chaque cellule 1 permettent d'estimer la pression moyenne au centre de la membrane de chaque haut-parleur. La différence de pression entre la frontière droite et gauche de la cellule permet d'évaluer le gradient de pression spatial suivant l'axe de propagation des ondes dans le conduit.

En termes de fonctionnement et en relation avec la figure 2, le dispositif capte la pression acoustique au moyen de microphones 10.

Après conditionnement dans une unité de traitement 13, les signaux sont numérisés par un convertisseur analogique numérique (ADC).

La pression moyenne au centre de la membrane et/ou la dérivée spatiale de la pression au niveau de la membrane est estimée à partir de la mesure des microphones. La loi de commande est alors calculée par l'unité de calcul 12.

La consigne en courant issue du calcul précédent est générée par un convertisseur numérique analogique (DAC).

Enfin, une source de courant pilote le courant circulant dans le Haut-Parleur 11.

De façon plus détaillée, le procédé de contrôle selon l'invention comporte les étapes suivantes :

- une étape dans laquelle on appose sur la paroi un nombre Nc de cellules 1 constituées principalement d'un haut-parleur 11 relié à un ensemble de Nm microphones 10, lesdits microphones et haut-parleur étant prévus pour être pilotés par une unité de commande 12,

- une étape dans laquelle chaque microphone 10 de chaque cellule 1 mesure la pression acoustique des ondes acoustiques, chaque mesure étant restituée à l'unité de commande 12 de la cellule,

- une étape dans laquelle l'unité de commande 12 estime la pression acoustique au niveau du haut-parleur et/ou sa dérivée spatiale, puis détermine la loi de commande qui fixe l'intensité du signal électrique qui doit être envoyé au haut-parleur 11 de manière à obtenir une impédance acoustique déterminée Z_{det} pour le haut-parleur,

Selon l'invention, l'unité de commande, dans cette étape, estime soit la pression acoustique au niveau du haut-parleur, soit sa dérivée spatiale, soit les deux.

Le fait d'utiliser les dérivées spatiales de la pression permet avantageusement de prendre en compte les taux de variations du champ de pression sur la paroi du traitement acoustique et de prendre en compte les vitesses effectives de la propagation pariétale du bruit.

- une étape dans laquelle l'unité de commande 12 envoie le signal électrique au haut-parleur 11, de sorte qu'une fraction des ondes acoustiques est absorbée par la membrane du haut-parleur, la seconde fraction restante étant réfléchie.

Dans certaines applications, le calcul des lois de commande est effectué localement à une fréquence de 50 kHz par un microcontrôleur de préférence de type ARM.

Avantageusement, la fraction des ondes acoustiques absorbée par la membrane du haut-parleur 11 est convertie en énergie électrique pour alimenter chacune des cellules.

Un dispositif maître C doté d'une carte d'interface permet de communiquer avantageusement avec l'unité de commande 12 de chaque cellule unitaire depuis une interface graphique utilisateur.

Les coefficients des équations peuvent alors être déterminés et mis à jour en temps réel, et les cellules peuvent être activées ou désactivées séparément.

Ce type d'architecture permet d'implémenter localement des lois de commande requérant des dynamiques différentes d'une cellule à l'autre.

De plus, le dispositif maître C peut piloter l'ensemble des unités de commande 12 suivant une boucle d'apprentissage.

A titre d'exemple, la boucle peut comporter une première étape « BEGIN » pour initier le processus.

Puis s'ensuit une étape A1 dans lequel on initie un modèle acoustique générique, en ce sens que tout modèle acoustique peut convenir et que dans le cas présent, il est en fait défini par l'équation [Math3].

Ensuite, on procède en A2 à l'attribution d'une loi de commande pour au moins une des cellules.

En A3, on calcule les paramètres associés aux lois de commandes.

En A4, on procède à l'application de la loi de commande à la cellule.

Afin de vérifier la pertinence du dispositif constitué de l'ensemble des cellules en matière d'impédance généralisée, en A5, on génère un signal de référence. Ce signal de référence est en fait un "bruit" initié par le haut-parleur ou par un organe extérieur qui est recueilli lors de l'étape A6 par les microphones pour initier la boucle de contrôle.

L'étape A6 permet aux microphones de recueillir le signal.

Il faut ensuite calculer en A7 la perte par insertion (ou *IL = Insertion Loss*).

Nous rappelons que la perte par insertion est une grandeur physique usuelle et connue qui correspond à la réduction du niveau de puissance acoustique, causée par l'insertion d'un dispositif de contrôle acoustique dans un conduit à la place d'une section de conduit à parois rigides.

En A8, on compare la perte par insertion (ou *IL = Insertion Loss*) avec une valeur de perte par insertion prédéterminée IL0, pour vérifier si la perte par insertion est supérieure à la valeur minimum IL0 correspondant à l'impédance généralisée souhaitée Z_{det}.

En A9, le dispositif maître C reboucle en A3 pour adapter les paramètres de la loi de commande pour minimiser l'erreur sur l'impédance mesurée, dans le cas où IL < IL0.

Sinon, la boucle s'achève avec la commande END.

Ainsi, dans le cas où la perte par insertion IL est inférieure à une valeur minimum, le dispositif maître C relance la boucle afin d'affiner les lois de commande.

Ce processus est réitéré jusqu'à obtenir l'impédance généralisée souhaitée $Z_{det.}$

Il est possible de calibrer chacune des cellules en même temps, tout comme il est possible de calibrer les cellules de manière itérative, c'est-à-dire l'une après l'autre.

Les lois de commandes implémentées sont des filtres à réponse impulsionnelle infinie (IIR).

La sortie du filtre dépend à la fois de l'état des entrées (pression et gradient de pression) et sorties (consigne en courant) à l'instant t et aux instants précédents en fonction de l'ordre du filtre.

Le calcul de la dynamique du dispositif est effectué par un microcontrôleur. Ce calcul a lieu en temps discret, toutes les périodes d'échantillonnage, sous la forme d'une équation récurrente.

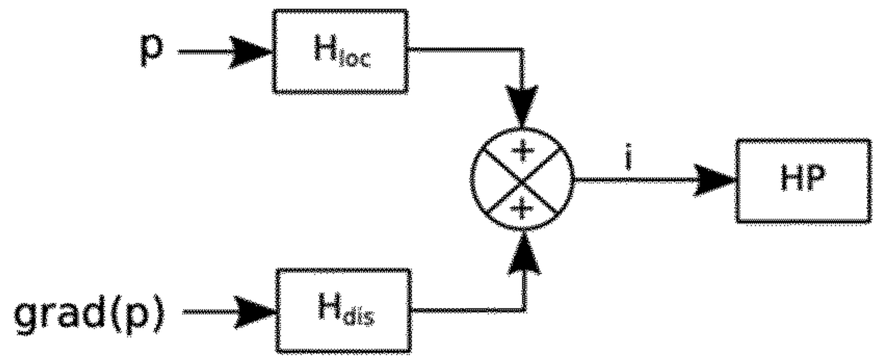
Il est donc nécessaire d'établir cette équation récurrente à partir de l'expression de la fonction de transfert représentant la dynamique ciblée.

On utilise la relation d'équivalence suivante $d/dt = j\omega = p$ qui permet de passer de la représentation temporelle à la représentation fréquentielle harmonique et de Laplace.

La loi de commande peut donc être définie comme suit :

On exprime la dynamique souhaitée de l'intensité du courant (i) par rapport à la pression acoustique (p) et son gradient (grad(p)), sous la forme d'une somme de filtres à réponse impulsionnelle infinie (IIR: *Infinite Impulse Response* en anglais) dont la dynamique est matérialisée par deux fonctions de transfert H_{loc} et H_{dis} :

[Math 1]



Avec H_{loc} et H_{dis} qui s'écrivent en temps discret comme une fraction de polynômes en z :

[Math 2]

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + \ldots + a_n z^{-n}}{b_0 + b_1 z^{-1} + \ldots + b_m z^{-m}}$$

Avec (a_i, b_i) les coefficients réels de l'équation et (m, n) des entiers correspondant à l'ordre du filtre.

La propriété selon laquelle z^{-1} est un retard pur d'une période d'échantillonnage donne l'équation récurrente de contrôle entre une sortie à l'instant k (y_k) est une entrée à l'instant k (x_k) :

[Math 3]

$$y_k = \frac{1}{a_0}\left[\sum_{i=1}^{m} b_i . x_{k-i} - \sum_{j=1}^{n} a_j . y_{k-j}\right]$$

Le signal de pilotage du courant dans la bobine du haut-parleur dépendant de la pression et de son gradient, l'équation de contrôle complète s'écrit comme la somme de deux équations récurrentes de la forme précédentes : $y_{tot} = y_{loc} + y_{dis}$.

Avec y_{loc} dépendant de la pression mesurée et y_{dis} dépendant du gradient de pression estimé.

Les hauts parleurs sont contrôlés par une source de courant à base d'amplificateurs opérationnels de 150mA. La forme retenue est une source de Howland améliorée, stable dans le cas des charges inductives tels que les hauts parleurs.

Ainsi, chaque microphone (10) de chaque cellule (1) mesure la pression acoustique des ondes acoustiques. De ce fait, on retrouve cette mesure de pression et le gradient de cette mesure de pression dans l'équation $y_{tot} = y_{loc} + y_{dis}$,

avec y_{loc} dépendant de la pression mesurée et y_{dis} dépendant du gradient de pression estimé.

y_{loc} correspond usuellement à la valeur locale du courant en sortie tandis que y_{dis} correspond à la valeur distribuée du courant en sortie.

De même, x_{loc} correspond usuellement à la valeur locale du courant en entrée tandis que x_{dis} correspond à la valeur distribuée du courant en entrée.

Le gradient de pression est la quantité utilisée en mécanique pour représenter la variation de la pression dans un fluide (ici de l'air).

Les équations [Math 2] et [Math 3] sont des équations qui sont des définitions génériques classiques de techniques de filtrage qui permettent d'exprimer avec l'équation [Math 1] la dynamique souhaitée de l'intensité du courant (i)

par rapport à la pression acoustique (p) et son gradient (grad(p)), sous la forme d'une somme de filtres à réponse impulsionnelle infinie.

Ainsi, le procédé et le dispositif de contrôle électroacoustique permettent l'implémentation d'une loi de contrôle distribué basée sur une équation d'advection visant l'atténuation des ondes acoustiques rasantes dans un tube.

Ainsi, selon un processus itératif et pour chaque cellule, on adapte les paramètres de la loi de commande tant que la valeur de la perte par insertion est inférieure à un seuil prédéterminé, puis quand le seuil est atteint, on procède à l'étape c) de la revendication 1, qui applique la loi de commande adéquate (définie par l'adaptation des paramètres) dans le but d'obtenir l'impédance acoustique généralisée déterminée (c'est à dire ciblée) Zdet pour le haut-parleur.

Les avantages de l'invention sont les suivants :

- le dispositif peut être programmé et la direction privilégiée du traitement peut être modifiée,

- le dispositif peut être programmé en mode « auto-apprentissage » de manière à définir localement et en temps réel le comportement acoustique optimal,

- le dispositif est modulable et peut adopter plusieurs géométries,

- le dispositif permet la synthèse d'une diode acoustique (propagation non réciproque des ondes) et potentiellement son extension 2D,

- le dispositif permet la mesure des champs de pression pariétaux en temps réel et offre donc une capacité d'analyse des sources,

- le dispositif est plus robuste que les approches de contrôle classiques du fait du caractère distribué des unités de commande,

- le dispositif est plus performant que d'autres systèmes actifs, en termes d'efficacité pure et de consommation énergétique.

A noter, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associés les uns avec les autres, selon diverses combinaisons dans la mesure où ils ne sont pas incompatibles ou exclusifs les uns des autres.

Bien entendu, selon un processus itératif et pour chaque cellule, on pourrait aussi adapter les paramètres de la loi de commande tant que la valeur d'une grandeur physique de référence, autre que la perte par insertion (par exemple la perte par transmission, un coefficient d'absorption ou une impédance cible), est suffisamment proche d'une valeur prédéterminée.

REVENDICATIONS

[Revendication 1] Procédé de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques au voisinage d'une paroi (2), le procédé comprenant :
- une étape a) dans laquelle on appose sur la paroi un nombre Nc de cellules (1) constituées principalement d'un haut-parleur (11) relié à un ensemble de Nm microphones (10), lesdits microphones et haut-parleur étant prévus pour être pilotés par une unité de commande (12), d'une alimentation en énergie,
- une étape b) dans laquelle chaque microphone (10) de chaque cellule (1) mesure la pression acoustique des ondes acoustiques, chaque mesure étant restituée à l'unité de commande (12) de la cellule,
- une étape c) dans laquelle l'unité de commande (12) estime la pression acoustique et/ou ses dérivées spatiales tangentielles au niveau du haut-parleur, puis applique la loi de commande qui fixe l'intensité du signal électrique qui doit être envoyé au haut-parleur (11) de manière à obtenir une impédance acoustique généralisée déterminée Z_{det} pour le haut-parleur,
- une étape d) dans laquelle l'unité de commande (12) envoie le signal électrique au haut-parleur (11), de sorte qu'une fraction des ondes acoustiques est absorbée par la membrane du haut-parleur (11)
un dispositif maître (C) pilotant l'ensemble des unités de commande (12) suivant une boucle d'apprentissage, de manière à ajuster l'impédance acoustique généralisée déterminée Z_{det} pour chaque cellule.

[Revendication 2] Procédé de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques selon la revendication 1, caractérisé en ce que la boucle comporte les étapes suivantes :
BEGIN : début
A1 : chargement d'un modèle acoustique générique
A2 : attribution d'une loi de commande à au moins une des cellules
A3 : calcul des paramètres associés à la loi de commande
A4 : application de la loi de commande à la cellule
A5 : génération d'un signal de référence
A6 : acquisition du signal par les microphones
A7 : calcul de la perte par insertion dénotée *IL* pour *Insertion Loss* en anglais
A8 : comparaison de la perte par insertion calculée dénotée *IL* pour *Insertion Loss* en anglais avec une valeur de perte par insertion prédéterminée IL0

correspondant à l'obtention de l'impédance acoustique généralisée déterminée Z_{det}

A9 : retour en A3 pour adapter les paramètres de la loi de commande pour minimiser l'erreur sur l'impédance mesurée, dans le cas où IL est inférieur à IL0, sinon fin du processus avec END.

[Revendication 3] Procédé de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque cellule comporte entre 3 et 5 microphones (10), préférentiellement 4.

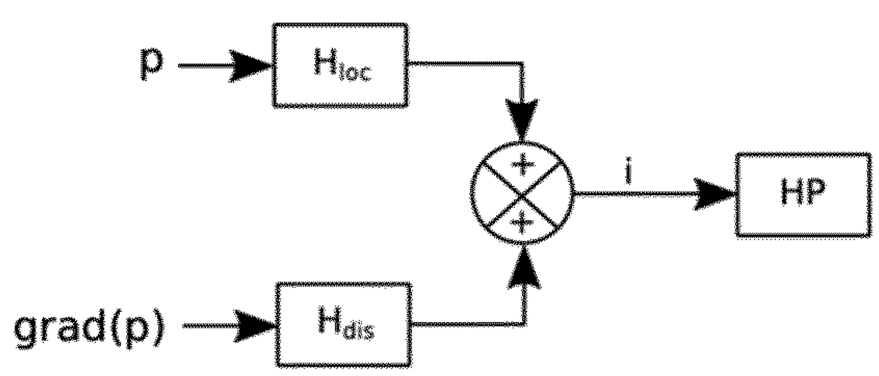
[Revendication 4] Procédé de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fraction des ondes acoustiques absorbée par la membrane du haut-parleur (11) est convertie en énergie électrique dédiée à l'alimentation de chacune des cellules.

[Revendication 5] Procédé de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'impédance acoustique est modifiée au moyen de la loi de commande définie comme suit :

On exprime la dynamique souhaitée de l'intensité du courant (i) par rapport à la pression acoustique (p) et son gradient (grad(p)), sous la forme d'une somme de filtres à réponse impulsionnelle infinie dénotée IIR pour *Infinite Impulse Response* en anglais dont la dynamique est matérialisée par deux fonctions de transfert H_{loc} et H_{dis} :

[Math 1]

,



Avec H_{loc} et H_{dis} qui s'écrivent en temps discret comme une fraction de polynômes en z :

[Math 2]

,

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + \ldots + a_n z^{-n}}{b_0 + b_1 z^{-1} + \ldots + b_m z^{-m}}$$

Avec (a_i, b_i) les coefficients réels de l'équation et (m, n) des entiers

correspondant à l'ordre du filtre.
Sachant que la propriété selon laquelle z^{-1} est un retard pur d'une période d'échantillonnage donnant l'équation récurrente de contrôle entre une sortie à l'instant k (y_k) est une entrée à l'instant k (x_k) :
[Math 3]

$$y_k = \frac{1}{a_0}\left[\sum_{i=1}^{m} b_i . x_{k-i} - \sum_{j=1}^{n} a_j . y_{k-j}\right]$$

,

Sachant que, le signal de pilotage du courant dans la bobine du haut-parleur dépendant de la pression et de son gradient, l'équation de contrôle complète s'écrit comme la somme de deux équations récurrentes de la forme précédentes : $y_{tot} = y_{loc} + y_{dis}$, avec y_{loc} dépendant de la pression mesurée et y_{dis} dépendant du gradient de pression estimé.

[Revendication 6] Procédé de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité de commande (12) est un microcontrôleur, préférentiellement de type ARM.

[Revendication 7] Procédé de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la loi de commande est définie à une fréquence comprise entre 50 et 150 kHz.

[Revendication 8] Dispositif de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques au voisinage d'une paroi (2), caractérisé en ce qu'il comprend un ensemble Nc de cellules (1) constituées chacune principalement d'un haut-parleur (11), d'un ensemble de Nm microphones (10) reliés audit haut-parleur, d'une unité de commande (12) et d'une alimentation, lesdits microphones et haut-parleur étant prévus pour être pilotés par ladite unité de commande, une fraction des ondes acoustiques absorbée par la membrane du haut-parleur (11) étant convertie en énergie électrique pour alimenter l'ensemble Nc des cellules, chaque microphone de chaque cellule étant apte à mesurer la pression acoustique des ondes acoustiques, chaque mesure étant restituée à l'unité de commande de la cellule, l'unité de commande étant apte à estimer la pression acoustique et/ou ses dérivées spatiales tangentielles au niveau du haut-parleur, et apte à appliquer la loi de commande qui fixe l'intensité du signal électrique qui doit être envoyé au haut-parleur de manière à obtenir une

impédance acoustique généralisée déterminée Zdet pour le haut-parleur, le dispositif comportant en outre un dispositif maître (C) pour piloter l'ensemble des unités de commande (12) suivant une boucle comportant les étapes suivantes :

BEGIN : début

A1 : chargement d'un modèle acoustique générique

A2 : attribution d'une loi de commande à au moins une des cellules

A3 : calcul des paramètres associés à la loi de commande

A4 : application de la loi de commande à la cellule

A5 : génération d'un signal de référence

A6 : acquisition du signal par les microphones

A7 : calcul de la perte par insertion dénotée *IL* pour *Insertion Loss* en anglais

A8 : comparaison de la perte par insertion dénotée *IL* pour *Insertion Loss* en anglais avec une valeur de perte par insertion prédéterminée IL0 correspondant à l'obtention de l'impédance acoustique généralisée souhaitée Z_{det}

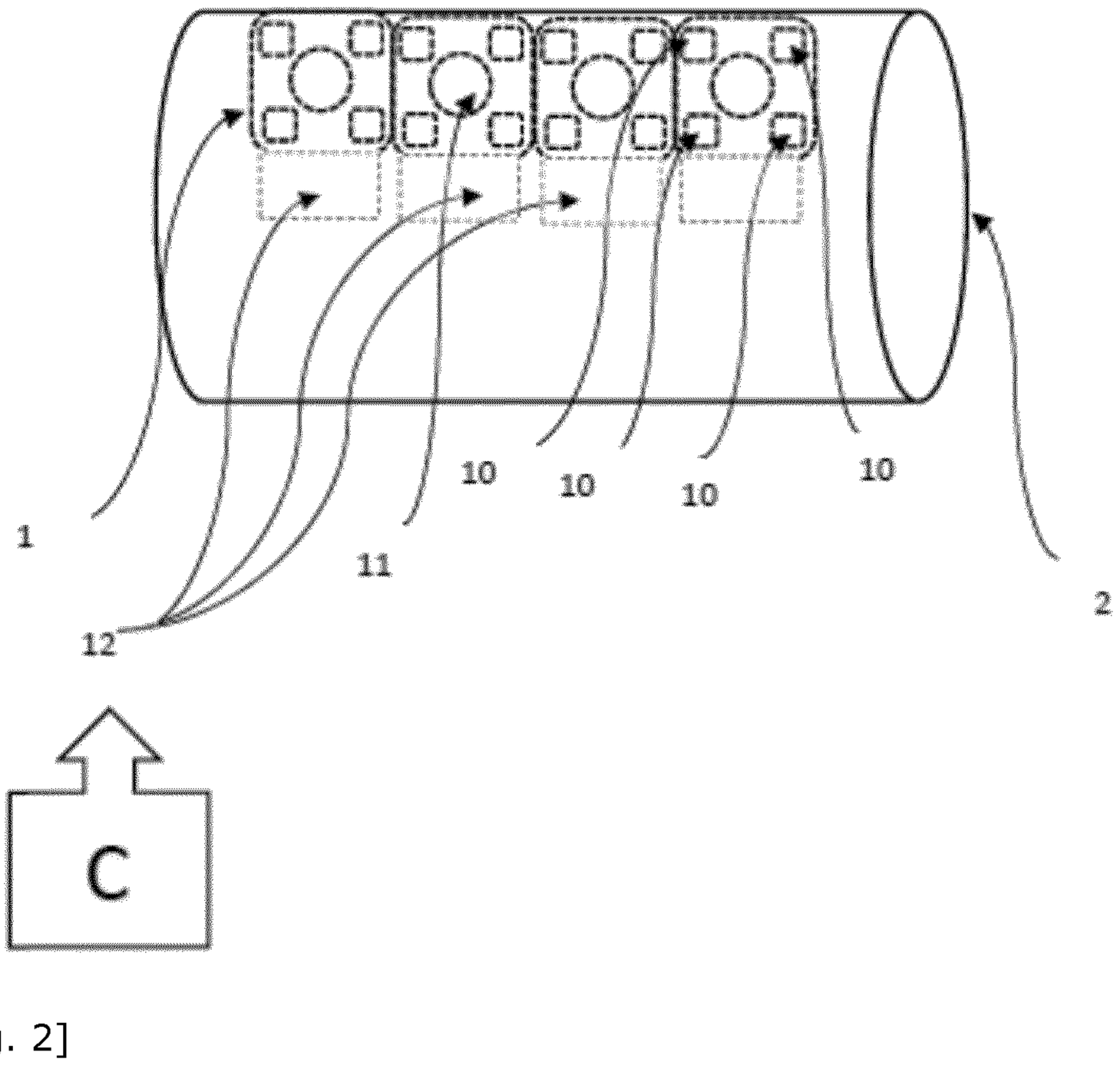
A9 : retour en A3 pour adapter les paramètres de la loi de commande pour minimiser l'erreur sur l'impédance mesurée, dans le cas où IL est inférieur à IL0.

[Revendication 9] Dispositif de contrôle de la propagation d'ondes acoustiques au voisinage d'une paroi (2), selon la revendication 8, caractérisé en ce chaque cellule comporte entre 3 et 5 microphones (10), préférentiellement 4.

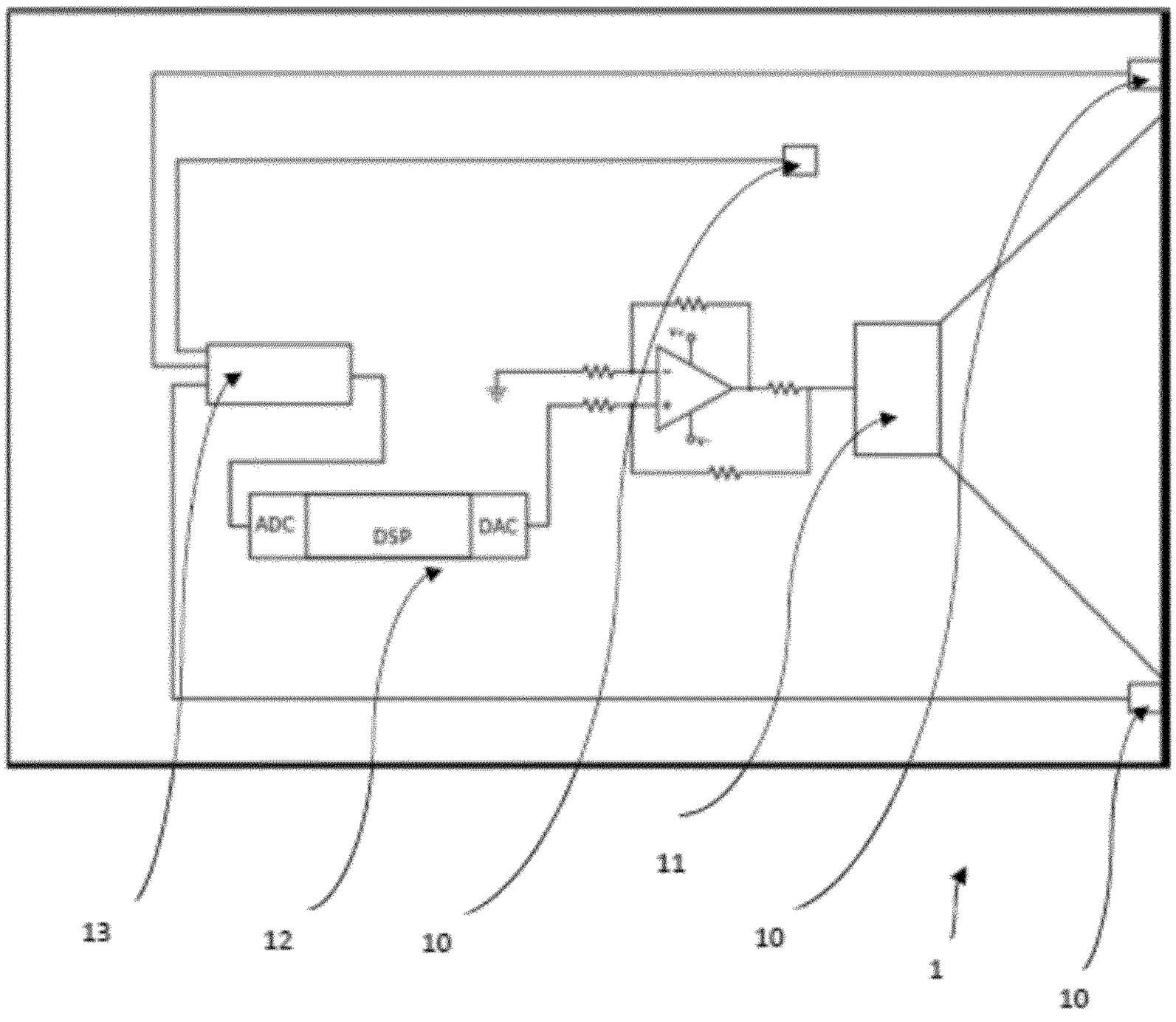
[Revendication 10] Panneau acoustique intégrant un dispositif conforme à l'une des revendications 8 à 9, et plus particulièrement revêtu d'un ensemble Nc de cellules (1) constituées principalement d'un haut-parleur (11), d'un ensemble de Nm microphones (10) reliés audit haut-parleur, et d'une unité de commande (12), lesdits microphones et haut-parleur étant prévus pour être pilotés par ladite unité de commande, une fraction des ondes acoustiques absorbée par la membrane du haut-parleur (11) étant convertie en énergie électrique pour alimenter l'ensemble Nc des cellules, l'impédance acoustique généralisée de chaque haut-parleur (11) étant assujettie à une loi de commande, de manière à définir localement à la surface dudit panneau le

comportement absorbant ou réfléchissant, le panneau étant connecté à un dispositif maître (C) pour piloter l'ensemble des unités de commande.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/085832

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G10K 11/02(2006.01)i; ***G10K 11/175***(2006.01)i; ***H04R 3/00***(2006.01)i

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)

G10K; H04R; H04S

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 practicable, 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 2016083970 A1 (GOLDMUND INTERNAT SAM [MC]) 02 June 2016 (2016-06-02) the whole document	1-10
A	WO 2019182244 A1 (LG ELECTRONICS INC [KR]; GWANGJU INST SCIENCE & TECH [KR]) 26 September 2019 (2019-09-26) abstract; figures paragraphs [0012], [0046] - [0064], [0082] - [0085], [0109] - [0114], [0122] - [0125], [0136]	1-10
A	WO 9703536 A1 (UNIV SALFORD [GB]; DARLINGTON PAUL [GB]) 30 January 1997 (1997-01-30) the whole document	1-10
A	FEI LIU. "Acoustic energy harvesting using an electromechanical Helmholtz resonator" *THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS FOR THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, NEW YORK, NY, US,* Vol. 123, No. 4, 01 April 2008 (2008-04-01), pages 1983-1990 DOI: 10.1121/1.2839000 ISSN: 0001-4966, XP007906297 the whole document	5

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
03 March 2021	**12 March 2021**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Scappazzoni, E** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/085832

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 3225038 A1 (RELEC SA [CH]) 04 October 2017 (2017-10-04) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/085832

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2016083970	A1	02 June 2016	GB	2532794	A	01 June 2016
				WO	2016083970	A1	02 June 2016
WO	2019182244	A1	26 September 2019	KR	20190111692	A	02 October 2019
				WO	2019182244	A1	26 September 2019
WO	9703536	A1	30 January 1997	AU	6364696	A	10 February 1997
				WO	9703536	A1	30 January 1997
EP	3225038	A1	04 October 2017	EP	3225038	A1	04 October 2017
				GB	2532796	A	01 June 2016
				WO	2016083971	A1	02 June 2016

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2020/085832

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G10K11/02 G10K11/175 H04R3/00
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)
G10K H04R H04S

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 2016/083970 A1 (GOLDMUND INTERNAT SAM [MC]) 2 juin 2016 (2016-06-02) le document en entier -----	1-10
A	WO 2019/182244 A1 (LG ELECTRONICS INC [KR]; GWANGJU INST SCIENCE & TECH [KR]) 26 septembre 2019 (2019-09-26) abrégé; figures alinéas [0012], [0046] - [0064], [0082] - [0085], [0109] - [0114], [0122] - [0125], [0136] -----	1-10
A	WO 97/03536 A1 (UNIV SALFORD [GB]; DARLINGTON PAUL [GB]) 30 janvier 1997 (1997-01-30) le document en entier -----	1-10

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] 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'appartenenant 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
3 mars 2021	12/03/2021

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Scappazzoni, E

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2020/085832

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	FEI LIU: "Acoustic energy harvesting using an electromechanical Helmholtz resonator", THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS FOR THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, NEW YORK, NY, US, vol. 123, no. 4, 1 avril 2008 (2008-04-01) , pages 1983-1990, XP007906297, ISSN: 0001-4966, DOI: 10.1121/1.2839000 le document en entier -----	5
A	EP 3 225 038 A1 (RELEC SA [CH]) 4 octobre 2017 (2017-10-04) le document en entier -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2020/085832

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2016083970 A1	02-06-2016	GB 2532794 A	01-06-2016
		WO 2016083970 A1	02-06-2016
WO 2019182244 A1	26-09-2019	KR 20190111692 A	02-10-2019
		WO 2019182244 A1	26-09-2019
WO 9703536 A1	30-01-1997	AU 6364696 A	10-02-1997
		WO 9703536 A1	30-01-1997
EP 3225038 A1	04-10-2017	EP 3225038 A1	04-10-2017
		GB 2532796 A	01-06-2016
		WO 2016083971 A1	02-06-2016