

(19)



(11)

EP 3 824 652 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

30.04.2025 Bulletin 2025/18

(21) Numéro de dépôt: **19753182.5**

(22) Date de dépôt: **19.07.2019**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

H04R 1/40 (2006.01) H04R 27/00 (2006.01)

H04R 1/34 (2006.01) H04R 3/14 (2006.01)

H04R 1/30 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

**H04R 1/403; H04R 27/00; H04R 1/30; H04R 1/345;
H04R 3/14; H04R 2201/403**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2019/051817

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2020/016538 (23.01.2020 Gazette 2020/04)

(54) **DISPOSITIF DE DIFFUSION SONORE A COURBURE NON CONSTANTE FIGEE**

VORRICHTUNG ZUR WIEDERGABE VON AUDIO MIT EINER FESTEN NICHTKONSTANTEN
KRÜMMUNG

DEVICE FOR PLAYING AUDIO HAVING A SET NON-CONSTANT CURVATURE

(84) Etats contractants désignés:

**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **19.07.2018 FR 1856699**

(43) Date de publication de la demande:

26.05.2021 Bulletin 2021/21

(73) Titulaire: **L-Acoustics**

91462 Marcoussis Cedex (FR)

(72) Inventeurs:

• **HORYN, Yoachim
91400 ORSAY (FR)**

• **COMBET, Christophe
92160 ANTONY (FR)**

• **HEIL, Christian
LONDON Greater London NW31TX (GB)**

(74) Mandataire: **Novagraaf Technologies**

**Bâtiment O2
2, rue Sarah Bernhardt
CS90017
92665 Asnières-sur-Seine Cedex (FR)**

(56) Documents cités:

**EP-A1- 1 686 830 EP-A1- 3 063 950
WO-A1-2015/063377 US-A1- 2002 114 482**

EP 3 824 652 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

- 5 **[0001]** La présente invention se rapporte à un dispositif de diffusion sonore pour une scène de spectacle telle que la scène d'une salle de concert ou d'un festival en plein air.

Etat de la technique

- 10 **[0002]** Les objectifs de la sonorisation moderne sont d'assurer une couverture sonore sur l'audience la plus homogène possible, et ce sur tout l'ensemble du spectre audio (20Hz - 20kHz).
- [0003]** Il s'agit de donner aux spectateurs un volume sonore (dB SPL - décibel « Sound Pressure Level ») d'intensité préférentiellement équivalente, tout en pouvant être adapté à souhait par l'installateur. Il convient en outre de garantir une qualité sonore optimale, c'est-à-dire exempte d'interférences.
- 15 **[0004]** Pour cela, il est courant de multiplier les sources acoustiques au sein d'un dispositif ou système de diffusion sonore. Les contributions de chacune des sources acoustiques s'additionneraient correctement si toutes les sources acoustiques étaient disposées en un même point. Dans la pratique ceci est impossible, une source acoustique présentant un volume non négligeable.
- [0005]** De plus, l'utilisation d'enceintes de « type point source » rend la réalisation de l'objectif d'intensité sonore homogène impossible car la décroissance naturelle de ce type de produit est de 6 dB par doublement de la distance.
- 20 **[0006]** Afin d'obtenir un niveau SPL plus élevé, il est également possible de mettre en commun plusieurs enceintes de ce type. Cet arrangement génère sur l'audience un champ sonore interférentiel pour les fréquences dont la demi-longueur d'onde est plus petite que la distance séparant les éléments.
- [0007]** EP 1 686 830 A1 montre une enceinte de haut-parleurs pour former des réseaux linéaires avec directivité ajustable horizontale et verticale.
- 25 **[0008]** L'utilisation d'enceintes dites « lignes sources » permet de réaliser les objectifs précédemment cités en améliorant considérablement la capacité à envoyer de l'intensité sonore au loin tout en assurant une perte de 3dB uniquement par doublement de distance en hautes fréquences, et en assurant un champ sonore exempt de toute interférence.
- 30 **[0009]** Les enceintes de type « lignes sources » consistent à
- empiler les haut-parleurs de grave et de medium les uns au-dessus des autres jusqu'à former une ligne courbe, en respectant un pas entre haut-parleurs inférieur à la demi-longueur d'onde la plus petite que chaque haut-parleur doit reproduire ;
 - 35 • utiliser des haut-parleurs d'aigus (moteurs à compression) couplés à des guides d'onde de sortie rectangulaire, l'ensemble générant un front d'onde linéaire isophase exempt d'interférences quand bien même le pas entre deux moteurs est bien plus grand que la plus petite longueur d'onde à reproduire.
- [0010]** Un guide d'onde est un dispositif physique permettant d'obtenir en sortie un front d'onde isophase possiblement plat. A ce titre, il joue le même rôle qu'un pavillon que l'on chargerait sur un moteur à compression, à la différence majeure qu'il nécessite un encombrement physique réduit. En effet, l'obtention d'un front d'onde isophase plat en sortie nécessiterait un pavillon de longueur infinie, contraire aux objectifs de compacité d'un dispositif de diffusion sonore.
- [0011]** De plus, afin de pouvoir s'adapter à tous les types d'audiences et de pouvoir modeler à souhait la décroissance du SPL sur l'audience, ces enceintes sont généralement conçues de façon modulaire comme des éléments relativement
- 45 **[0012]** petits, dont la hauteur est globalement celle du haut-parleur le plus grand.
- [0012]** Chaque enceinte peut ensuite être inclinée par rapport à sa voisine de manière variable afin d'assurer les objectifs de couverture, d'intensité et d'homogénéité.
- [0013]** Cette flexibilité angulaire permet de focaliser l'énergie dans une direction (généralement l'audience lointaine) en empilant beaucoup d'enceintes avec peu ou pas d'angle inter-éléments ou, au contraire, de couvrir un grand secteur
- 50 **[0014]** angulaire avec peu d'énergie en assemblant les enceintes avec de grands angles inter-éléments.
- [0014]** Cette flexibilité liée à la modularité en petits éléments orientables présente toutefois un certain nombre d'inconvénients :
- la multiplication des dispositifs de fixation à angle variable entre les enceintes qui implique un temps d'installation plus long, un surcoût et un surpoids;
 - 55 - de nombreux panneaux de bois afin de fermer le volume acoustique de chaque élément, ce qui engendre également surcoût et surpoids ;
 - une discontinuité du front d'onde due à la présence de ces panneaux de séparation et de jeux d'assemblage,

conduisant à l'apparition de lobes parasites hors axe. Ces lobes non maîtrisés peuvent par exemple être à l'origine de la mise en place de feedback (i.e. larsen) non souhaité pour le musicien qui se trouve sur la scène ; et

- une perte de volume acoustique du fait de la forme généralement trapézoïdale de la section d'une enceinte (afin de pouvoir l'incliner avec un élément adjacent sans amplifier la discontinuité du front d'onde).

[0015] Ainsi, il existe un réel besoin pour un dispositif de diffusion sonore simple et rapide d'installation, permettant de s'adapter à n'importe quelle audience et offrant une grande qualité de diffusion sonore (pas de lobe parasite).

Description de l'invention

[0016] Pour résoudre un ou plusieurs des inconvénients cités précédemment, l'invention porte sur un dispositif de diffusion sonore selon la revendication 1.

[0017] Plus particulièrement, les au moins deux sources acoustiques haute fréquence superposées forment un empilement vertical courbé. Cet empilement vertical courbé présente une courbure physique non constante figée. Chaque source acoustique haute fréquence présente une direction principale d'émission. La courbure physique d'un empilement vertical courbé est de manière claire égale à la courbure de l'arc représentant la courbe de profil de cet empilement vertical courbé.

[0018] Une autre définition de la courbure physique de l'empilement vertical courbé des sources acoustiques haute fréquence peut être aussi la succession des angles formés par les directions principales d'émission de deux sources acoustiques consécutives.

[0019] Pour un nombre de sources acoustiques haute fréquence N supérieur ou égal à trois, une courbure physique de l'empilement vertical courbé des sources acoustiques haute fréquence non constante est une courbure pour laquelle au moins un angle α_i , formé par les directions principales d'émission de deux source acoustiques haute fréquence consécutives, i étant un entier compris entre 1 et $N-1$, est différent des autres angles α_n , pour n différent de i .

[0020] Une courbure physique de l'empilement vertical courbé des sources acoustiques haute fréquence figée est, plus précisément, une courbure qui n'est pas apte à être modifiée par un utilisateur.

[0021] Des caractéristiques ou des modes de réalisation particuliers, utilisables seuls ou en combinaison, sont :

- chaque guide d'onde comprend une sortie, les sorties des guides d'ondes étant disposées de manière parfaitement jointives, de sorte à former un ruban continu ;
- la courbure du front d'onde vertical est non constante et figée, et son évolution est monotone ;
- parmi la pluralité de sources acoustiques moyenne et/ou basse fréquence il y a au moins une source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence, le dispositif de diffusion sonore comprenant également :

o des volets orientables agissant sur une émission sonore d'au moins une des sources acoustiques haute fréquence pour produire une directivité d'émission sonore de la source acoustique haute fréquence selon un secteur angulaire choisi, la source acoustique haute fréquence et la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence étant configurées pour émettre sur une plage de fréquences commune ; et

o au moins un module de commande de type processeur de signal numérique agissant sur un signal à destination de la source acoustique haute fréquence et sur un signal à destination de la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence de manière à appliquer dans la plage de fréquences commune au moins un paramètre de magnitude sur la source acoustique haute fréquence et/ou sur la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence ainsi qu'au moins un paramètre de phase sur la source acoustique haute fréquence et/ou sur la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence de manière à produire une directivité d'émission sonore du couple constitué de la source acoustique haute fréquence et de la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence selon le même secteur angulaire choisi que la directivité produite par les volets orientables.

[0022] Une autre caractéristique utilisable seule ou en combinaison avec les précédentes est que la courbure de l'empilement vertical courbé présente une évolution monotone.

[0023] Une autre caractéristique utilisable seule ou en combinaison avec les précédentes est que le dispositif de diffusion sonore comprend au moins trois sources acoustiques haute fréquence.

[0024] Une autre caractéristique utilisable seule ou en combinaison avec les précédentes est que des canaux de contrôle électronique et d'amplification sont aptes à alimenter chacune ou plusieurs des sources haute fréquence, ainsi que chacune ou plusieurs sources acoustiques parmi la pluralité de sources acoustiques moyenne fréquence et/ou basse fréquence.

[0025] Pour couvrir une audience éloignée de la scène, l'invention porte en particulier sur un dispositif de diffusion sonore à portée étendue, dans lequel l'ensemble des sources acoustiques haute fréquence produit une directivité

d'émission sonore globale présentant un angle d'ouverture verticale total inférieur ou égal à 20°.

[0026] Pour couvrir une audience rapprochée de la scène, l'invention porte également sur un dispositif de diffusion sonore à ouverture verticale étendue, dans lequel l'ensemble des sources acoustiques haute fréquence produit une directivité d'émission sonore globale présentant un angle d'ouverture verticale total supérieur à 20°.

[0027] Pour couvrir une audience de plus grande envergure, l'invention porte aussi sur un ensemble de diffusion sonore pouvant comprendre au moins un premier dispositif de diffusion sonore à portée étendue et un dispositif de diffusion sonore tel que précédemment défini, superposés de telle sorte que l'ensemble de diffusion sonore résultant génère un front d'onde vertical à courbure non constante figée.

[0028] En d'autres termes, avantageusement, le dispositif de diffusion sonore à portée étendue est couplable et est assemblé avec un autre dispositif de diffusion sonore tel que précédemment défini.

[0029] En particulier, le dispositif de diffusion sonore à portée étendue peut être couplé à un dispositif de diffusion sonore à portée étendue identique à lui-même. Par le terme « identique », il doit être compris un dispositif étant une copie stricte du dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F, possédant exactement les mêmes caractéristiques techniques, géométriques et physiques. En d'autres termes, le dispositif de diffusion sonore à portée étendue peut être homocouplable.

[0030] L'ensemble de diffusion comprenant au moins un premier dispositif de diffusion sonore à portée étendue et un dispositif de diffusion sonore tel que précédemment défini, superposés, forme un empilement vertical courbé présentant une courbure physique non constante figée.

[0031] Des caractéristiques ou des modes de réalisation particuliers, utilisables seuls ou en combinaison de cet ensemble, sont :

- les sources haute fréquence sont individuellement contrôlées électroniquement en amplitude et en phase de manière à adapter le front d'onde résultant aux objectifs de diffusion sur une audience et à compenser une éventuelle non monotonie générée par un assemblage des dispositifs entre eux ; et/ou
- l'ensemble de diffusion sonore comprend en outre des moyens de fixation configurés de sorte à ce que chaque dispositif de diffusion sonore est relié au dispositif de diffusion sonore situé au-dessus, respectivement en dessous, par des points de fixation dépourvus de réglage angulaire.

[0032] Une autre caractéristique de cet ensemble, utilisable seule ou en combinaison avec les précédentes, est que les sources haute fréquence des différents dispositifs de diffusion sonore de l'ensemble de diffusion sonore sont individuellement contrôlées électroniquement en amplitude et en phase de manière à adapter un front d'onde résultant aux objectifs de diffusion sur une audience et à compenser une éventuelle non monotonie de la courbure physique de l'empilement vertical courbé formé par l'ensemble de diffusion, générée par un assemblage des dispositifs entre eux.

[0033] Une autre caractéristique utilisable seule ou en combinaison avec les précédentes est que le contrôle électronique individuel en amplitude et en phase des sources haute fréquence, combiné au contrôle électronique en amplitude et en phase des plusieurs sources acoustiques moyenne fréquence et/ou basse fréquence peut être dépendant de la fréquence considérée.

[0034] Une autre caractéristique utilisable seule ou en combinaison avec les précédentes est que chacun parmi une pluralité de canaux de contrôle électronique et d'amplification peut alimenter une ou plusieurs des une ou plusieurs des sources haute fréquence des différents dispositifs de diffusion sonore de l'ensemble de diffusion sonore ainsi qu'une ou plusieurs parmi la pluralité de sources acoustiques moyenne fréquence et/ou basse fréquence des différents dispositifs de diffusion sonore de l'ensemble de diffusion sonore.

Brève description des figures

[0035] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, faite uniquement à titre d'exemple, et en référence aux figures en annexe dans lesquelles :

- les figures 1a et 1b représentent une scène équipée de dispositifs de diffusion sonore disposés selon un arrangement stéréo classique (figure 1a) ou un arrangement adapté pour diffuser un signal sonore spatialisé (figure 1b) ;
- la figure 2 représente une scène, la répartition physique d'une audience vues de profil, ainsi que le positionnement de quatre points caractéristiques de l'audience : la cabine de mixage (« FOH »), l'aplomb (« Below »), l'arrière (« Behind ») et le plafond (« Above ») du dispositif de diffusion sonore ;
- les figures 3a et 3b représentent respectivement le champ de pression acoustique autour d'un dispositif de diffusion sonore composé d'un empilement vertical courbé d'enceintes générant un front d'onde non continu et le niveau sonore généré par un tel dispositif de diffusion sonore aux quatre points caractéristiques de la figure 2, référencés par rapport au niveau sonore à la cabine de mixage ;
- la figure 4 représente un dispositif de diffusion sonore selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- les figures 5a et 5b représentent respectivement le champ de pression acoustique autour d'un dispositif de diffusion sonore selon le mode de réalisation de la figure 4 et le niveau sonore généré par un tel dispositif de diffusion sonore aux quatre points caractéristiques de la figure 2 référencés par rapport au niveau sonore à la cabine de mixage ;
- la figure 6 représente l'évolution d'un angle θ_0 maximal au-delà duquel apparaissent des lobes parasites en fonction de la hauteur d'une source acoustique dont l'inclinaison de la directivité d'émission du son est contrôlée électriquement ;
- les figures 7a à 7e représentent les résultats d'une simulation numérique effectuée pour un empilement rectiligne vertical d'enceintes ; en particulier :
 - o la figure 7a représente le déploiement physique de cet empilement dans le plan vertical et le positionnement de deux points caractéristiques de l'audience : la cabine de mixage (« FOH ») et le début de l'audience (« Proximity ») ;
 - o la figure 7b représente l'ensemble des courbes de réponse fréquentielle en magnitude de ce déploiement sur l'audience, sur la scène et sur le plafond, sans application du contrôle électronique ;
 - o la figure 7c représente les courbes de réponse fréquentielle en phase de ce déploiement aux deux points caractéristiques de la Figure 7a, sans application du contrôle électronique, et après soustraction du délai de propagation minimal ;
 - o la figure 7d représente l'ensemble des courbes de réponse fréquentielle en magnitude de ce déploiement sur l'audience, sur la scène et sur le plafond, après application du contrôle électronique à des fins d'homogénéisation ; et
 - o la figure 7e représente les courbes de réponse fréquentielle en phase de ce déploiement aux deux points caractéristiques de la Figure 7a, après application du contrôle électronique à des fins d'homogénéisation, et après soustraction du délai de propagation minimal ;
- les figures 8a à 8e représentent les résultats d'une simulation numérique effectuée pour un empilement vertical courbé d'enceintes ; en particulier :
 - o la figure 8a représente le déploiement physique de cet empilement dans le plan vertical et le positionnement de deux points caractéristiques de l'audience : la cabine de mixage (« FOH ») et le début de l'audience (« Proximity ») ;
 - o la figure 8b représente l'ensemble des courbes de réponse fréquentielle en magnitude de ce déploiement sur l'audience, sur la scène et sur le plafond, sans application du contrôle électronique ;
 - o la figure 8c représente les courbes de réponse fréquentielle en phase de ce déploiement aux deux points caractéristiques de la Figure 8a, sans application du contrôle électronique, et après soustraction du délai de propagation minimal ;
 - o la figure 8d représente l'ensemble des courbes de réponse fréquentielle en magnitude de ce déploiement sur l'audience, sur la scène et sur le plafond, après application du contrôle électronique à des fins d'homogénéisation ; et
 - o la figure 8e représente les courbes de réponse fréquentielle en phase de ce déploiement aux deux points caractéristiques de la Figure 8a, après application du contrôle électronique à des fins d'homogénéisation, et après soustraction du délai de propagation minimal ;
- les figures 9a à 9c représentent les résultats d'une simulation numérique effectuée pour un dispositif de diffusion sonore selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; en particulier
 - o la figure 9a représente le déploiement physique de ce dispositif dans le plan vertical et le positionnement de deux points caractéristiques de l'audience : la cabine de mixage (« FOH ») et le début de l'audience (« Proximity ») ;
 - o la figure 9b représente l'ensemble des courbes de réponse fréquentielle en magnitude de ce dispositif sur l'audience, sur la scène et sur le plafond, sans application du contrôle électronique ;
 - o la figure 9c représente les courbes de réponse fréquentielle en phase de ce dispositif aux deux points caractéristiques de la Figure 9a, sans application du contrôle électronique, et après soustraction du délai de propagation minimal ;
 - o la figure 9d représente l'ensemble des courbes de réponse fréquentielle en magnitude de ce dispositif sur l'audience, sur la scène et sur le plafond, après application du contrôle électronique à des fins d'homogénéisation ; et
 - o la figure 9e représente les courbes de réponse fréquentielle en phase de ce dispositif aux deux points caractéristiques de la Figure 9a, après application du contrôle électronique à des fins d'homogénéisation, et après soustraction du délai de propagation minimal ;
- la figure 10 représente un dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » ;

- la figure 11 représente un dispositif de diffusion sonore « à ouverture verticale étendue » ;
- la figure 12 représente un ensemble de diffusion sonore selon un premier mode de réalisation ; et
- la figure 13 représente un ensemble de diffusion sonore selon un deuxième mode de réalisation.

Définitions

[0036] Dans la suite de la description, un « dispositif de diffusion sonore » est constitué d'une ou plusieurs sources acoustiques dont les plages ou bandes de fréquences peuvent être identiques ou différentes.

[0037] Un découpage, arbitraire, mais fréquemment utilisé dans le métier, découpe le spectre sonore, couvrant au moins partiellement le spectre audible de l'homme : 20 Hz - 20 kHz, en trois ou quatre bandes de fréquences. Une bande haute fréquence, HF, couvre les fréquences les plus hautes correspondant à des sons dits aigus, soit typiquement un intervalle 1kHz - 20kHz. Une bande moyenne fréquence, MF, couvre les fréquences intermédiaires, soit typiquement un intervalle 200Hz - 1kHz. Une bande basse fréquence, BF, couvre les fréquences basses correspondant à des sons dits graves, soit typiquement un intervalle 60Hz - 200Hz. Enfin une bande très basse fréquence correspondant à des sons dits sub-graves ou infra-graves, TBF, optionnelle couvre les fréquences les plus basses, soit typiquement les fréquences inférieures à 60Hz. Dans la pratique, un même composant peut être utilisé pour restituer les signaux des bandes BF et MF. De façon générale, une source acoustique peut émettre sur plusieurs plages de fréquences mais sera définie par la suite par sa plage principale d'émission.

[0038] Dans la suite de la description le terme « audience » désigne la répartition physique des auditeurs ou spectateurs présents lors d'un spectacle par rapport à une scène. Comme illustré sur les **Figures 1a-1b et 2**, cette répartition physique peut prendre différentes configurations.

[0039] Par exemple, dans une salle de concert l'audience 2 peut être relativement rapprochée de la scène 1 alors que lors d'un festival en plein air, l'audience 2 peut être plus étendue.

[0040] L'audience 2 peut également être répartie en hauteur, selon que les spectateurs sont au niveau du sol Z0 ou sont surélevés par des gradins ou toute autre structure similaire ZH.

[0041] En fonction de l'audience, des objectifs de diffusion sonore sont fixés par les ingénieurs du son. Ces objectifs portent sur la répartition du niveau sonore et la qualité du son sur l'audience. Pour cela, les ingénieurs du son se basent sur les courbes de réponse fréquentielle comme celles représentées dans les 7b à 7e, ou encore 8b à 8e. Dans ces graphiques, chaque courbe représente le niveau sonore en dB ou la phase en degrés en fonction de la fréquence qu'un auditeur, placé à un point de l'audience, entend.

[0042] Idéalement, lorsque le son diffusé est homogène sur toute l'audience (i.e. même niveau sonore et même contour fréquentiel), toutes les courbes en magnitude devraient être superposées. Or, dans la réalité, on observe plutôt une décroissance de niveau entre l'avant (près de la scène) et l'arrière (loin de la scène) de l'audience.

[0043] Un des objectifs est donc que toutes les courbes aient la même forme (c'est-à-dire un même contour fréquentiel) et soient les plus resserrées possible les unes avec les autres. D'autres types d'objectifs existent comme, par exemple :

- avoir une décroissance du niveau sonore linéaire entre l'avant et l'arrière de l'audience, qui serait représenté par des courbes régulièrement espacées ; ou encore
- avoir un niveau constant dans une première partie de l'audience puis linéairement décroissant dans une seconde partie, qui serait représenté par un premier ensemble de courbes resserrées et un second avec des courbes régulièrement espacées.

[0044] Egalement, un des objectifs est que l'ensemble des composantes fréquentielles du signal sonore émis par le dispositif de diffusion sonore parviennent au même instant et en phase en un point quelconque de l'audience.

[0045] Idéalement, selon cet objectif, les courbes de réponse fréquentielle en phase devraient être toutes confondues avec l'axe horizontal de phase nulle après soustraction du délai de propagation minimal.

[0046] Le délai de propagation minimale est défini comme le temps mis par l'onde de pression acoustique pour atteindre un point d'audience donné, à partir de l'enceinte la plus proche.

[0047] Après avoir défini les objectifs de diffusion sonore souhaités, il faut choisir le ou les dispositifs de diffusion sonore à utiliser.

[0048] Chaque dispositif de diffusion sonore peut être défini par trois caractéristiques techniques principales : son ouverture totale verticale, son ouverture totale horizontale et sa portée.

[0049] Le terme « portée » désigne la distance entre le dispositif de diffusion sonore 3, généralement situé sur l'avant de la scène 1, et la profondeur à laquelle le son diffusé par ce dispositif 3 est correctement entendu (de manière intelligible / cohérente) dans l'audience 2.

[0050] Le terme « ouverture totale », ou lobe de directivité, désigne quant à lui usuellement le double de l'angle pour lequel on observe une perte de 6dB, correspondant à une réduction de 50% de l'intensité sonore, par rapport à l'axe du dispositif sonore considéré, à savoir vertical ou horizontal. Cet axe est défini comme la direction où l'intensité sonore est

maximale dans la direction considérée.

Modes de réalisation

[0051] La **Figure 1a** illustre un arrangement stéréo classique 10 comprenant deux dispositifs de diffusion sonore 3, tous deux situés en hauteur au-dessus de la scène 1, l'un situé à gauche G et l'autre à droite D de la scène 1. La **Figure 1b** illustre un arrangement 100 adapté pour diffuser un signal sonore spatialisé et comprenant quatre dispositifs de diffusion sonore 3.

[0052] Chaque dispositif de diffusion sonore 3 comprend un empilement vertical d'enceintes inclinées les unes par rapport aux autres de sorte à incliner mécaniquement la directivité verticale globale du dispositif de diffusion sonore 3 en direction de l'audience 2.

[0053] Pour illustrer ce phénomène, la vue de profil de la scène 1 et d'un tel dispositif de diffusion sonore 3, **Figure 2**, permet de voir en pointillé l'axe normal à chaque enceinte et son inclinaison en fonction de la zone de l'audience 2 ciblée. Ainsi, l'installation d'un tel dispositif 3 est fort complexe car elle nécessite de déterminer l'angle d'inclinaison optimum entre chaque enceinte pour cibler selon l'audience 2 des points clés ou médians permettant une répartition homogène du son diffusé sur l'audience 2. De plus, un tel empilement d'enceintes génère un front d'onde non continu.

[0054] La **Figure 3a** représente le champ de pression acoustique autour d'un tel dispositif 3 à la fréquence particulière de 1324 Hz, correspondant à l'apparition d'un pic d'intensité sonore à l'arrière du dispositif 3. Un niveau de gris foncé représente une pression acoustique importante, et donc un niveau sonore important. A l'inverse, un niveau de gris clair représente un niveau sonore réduit. La **Figure 3b** représente quant à elle le niveau sonore généré en quatre points caractéristiques de l'audience : la cabine de mixage (« FOH »), l'aplomb (« Below »), l'arrière (« Behind ») et le dessus (« Above ») d'un tel dispositif de diffusion sonore 3, référencés par rapport au niveau sonore à la cabine de mixage. Le dispositif 3 est ici composé d'un assemblage de 12 enceintes à courbure variable, chaque enceinte étant composée d'une source HF et de deux sources MF, présentant des panneaux de séparation de 13mm d'épaisseur et des jeux d'assemblage de l'ordre de 5mm entre chaque enceinte. Ces graphiques permettent de constater la présence de niveaux sonores importants et non souhaités à l'aplomb, à l'arrière et au-dessus du dispositif de diffusion sonore 3, comparativement au niveau sonore à la cabine de mixage.

[0055] Pour répondre à ces difficultés d'installation ainsi qu'à la présence de lobes parasites sur la scène 1, un premier mode de réalisation de l'invention porte sur un dispositif de diffusion sonore 300 comme illustré **Figure 4**.

[0056] Le dispositif de diffusion sonore 300 comprend un caisson unique 310, et dans ce caisson unique, au moins deux sources acoustiques haute fréquence 320 superposées, et plusieurs sources acoustiques moyenne fréquence et/ou basse fréquence 330 superposées et disposées à gauche et/ou à droite des sources acoustiques haute fréquence 320, les sources acoustiques haute fréquence 320 étant individuellement couplées à un guide d'onde 340 de sorte à générer un front d'onde vertical à courbure non constante figée.

[0057] Les au moins deux sources acoustiques haute fréquence superposées forment un empilement vertical courbé. Avantagusement, cet empilement vertical courbé présente une courbure physique non constante figée. Chaque source acoustique haute fréquence présente une direction principale d'émission. La courbure physique d'un empilement vertical courbé est de manière claire égale à la courbure de l'arc représentant la courbe de profil de cet empilement vertical courbé.

[0058] Une autre définition de la courbure physique de l'empilement vertical courbé des sources acoustiques haute fréquence peut être aussi la succession des angles formés par les directions principales d'émission de deux sources acoustiques consécutives.

[0059] Avantagusement le dispositif de diffusion sonore 300 comprend au moins trois sources acoustiques haute fréquence 320.

[0060] Pour un nombre de sources acoustiques haute fréquence N supérieur ou égal à trois, une courbure physique de l'empilement vertical courbé des sources acoustiques haute fréquence non constante est une courbure pour laquelle au moins un angle α_i , formé par les directions principales d'émission des i-ème et i+1-ème sources acoustiques haute fréquence consécutives 320, i étant un entier compris entre 1 et N-1, est différent des autres angles α_n , pour n différent de i.

[0061] Une courbure physique de l'empilement vertical courbé des sources acoustiques haute fréquence 320 figée est une courbure qui n'est pas apte à être modifiée par un utilisateur.

[0062] Avantagusement, chaque guide d'onde 340 comprend une sortie, les sorties des guides d'ondes étant jointives, de sorte à former un ruban continu et donc un front d'onde continu.

[0063] Pour obtenir une répartition sonore satisfaisante sur l'audience sans avoir recours au contrôle électronique, il est préférable que la courbure non constante figée du front d'onde vertical soit monotone.

[0064] La **Figure 5a** représente le champ de pression acoustique autour d'un tel dispositif 300 à cette même fréquence particulière de 1324 Hz et avec les mêmes codes couleur que la **Figure 3a**. La **Figure 5b** représente quant à elle le niveau sonore généré aux trois mêmes points caractéristiques de l'audience, référencés par rapport au niveau sonore à la cabine de mixage. Le dispositif 300 est pour cette simulation numérique composé d'un empilement de 12 sources haute

fréquence, ne présentant ni panneaux de séparation ni jeux d'assemblage, et générant donc un front d'onde continu. Ces graphiques permettent de constater la disparition ou la très forte atténuation des lobes parasites de niveaux sonores non souhaités à l'aplomb, à l'arrière et au-dessus du dispositif de diffusion sonore 300.

[0065] Ainsi, ce genre de dispositif de diffusion sonore 300 permet, grâce notamment à la combinaison de plusieurs sources dans une seule et unique enceinte (i.e. un seul caisson 310) :

- de minimiser les discontinuités entre les sources acoustiques réduisant voire supprimant les lobes parasites ;
- de diminuer considérablement le poids et le coût de fabrication du dispositif grâce à la suppression des différents panneaux horizontaux qui étaient présents entre les sources acoustiques dans l'empilement d'enceintes facilitant également le transport du dispositif 300 et son installation ; et
- une installation rapide ne nécessitant pas le réglage angulaire de chacune des sources acoustiques les unes entre les autres.

[0066] En effet, la courbure de l'empilement vertical courbé des sources acoustiques hautes fréquences est figée et non modifiable par un utilisateur. Ainsi, aucun réglage par l'utilisateur n'est nécessaire pour l'installation des différentes sources.

[0067] De manière à adapter le front d'onde résultant aux objectifs de diffusion, les sources haute fréquence 320 sont être individuellement contrôlées électroniquement en amplitude et phase.

[0068] Le contrôle électronique (ou DSP - *Digital System Processing*, i.e. Processeur de Signal Numérique) permet, entre autres, de modifier l'inclinaison du lobe de directivité de l'ensemble sans avoir à les incliner physiquement.

[0069] Pour comprendre le phénomène, si l'on considère un arrangement rectiligne vertical de N sources ponctuelles espacées d'une distance d et présentant la directivité d'une source rectangulaire de hauteur d, on peut montrer que, en tout point du plan de l'arrangement, défini par une distance r et un angle θ à la source, le niveau sonore SPL relatif à l'axe de projection vaut :

$$SPL(r, \theta) = 20 \log_{10} \left(\left| \frac{\sin\left(\frac{k d \sin \theta}{2}\right)}{\frac{k d \sin \theta}{2}} \frac{\sin\left(N \frac{k d}{2} \sin \theta\right)}{N \sin\left(\frac{k d}{2} \sin \theta\right)} \right| \right) \quad (E1)$$

$$\frac{2\pi f}{c}$$

[0070] Où k est le nombre d'onde correspondant à $\frac{2\pi f}{c}$ où f est à la fréquence considérée et c la célérité du son dans le milieu considéré (ici l'air).

[0071] En appliquant des réglages de phase différents à chacune des sources de l'arrangement, on peut parvenir à incliner le lobe sonore principal d'un angle θ_0 .

[0072] On peut montrer de manière similaire que le niveau sonore relatif vaut:

$$SPL(r, \theta, \theta_0) = 20 \log_{10} \left(\left| \frac{\sin\left(\frac{k d \sin \theta}{2}\right)}{\frac{k d \sin \theta}{2}} \frac{\sin\left(N \frac{k d}{2} (\sin \theta - \sin \theta_0)\right)}{N \sin\left(\frac{k d}{2} (\sin \theta - \sin \theta_0)\right)} \right| \right) \quad (E2)$$

[0073] On peut considérer comme acceptable un réglage physique ou électronique ne générant pas de lobe parasite dont l'intensité sonore est supérieure à -12dB par rapport au lobe principal, et ce à une même distance de la source.

[0074] Ainsi, on peut montrer qu'il existe un angle θ_0 maximal au-delà duquel apparaissent des lobes parasites d'intensité supérieure au seuil précédemment défini. Cet angle maximal peut s'exprimer en fonction de la fréquence et de la hauteur de la source par la formule approchée suivante :

$$\theta_{0,max} \approx \arcsin \left(\frac{2(\pi - x_0)}{k d} \right) \quad (E3)$$

[0075] Où x_0 est la solution de l'équation

$$\frac{\sin(x)}{x} = 10^{\frac{-12}{20}}; x_0 \approx 2.47 \quad (E4)$$

[0076] Afin de couvrir une audience proche, il est courant de devoir orienter la dernière enceinte d'un arrangement d'un angle supérieur à 45° par rapport à l'horizontale. Cela est d'autant plus vrai lorsque l'arrangement est suspendu à des

hauteurs importantes, ce qui peut être le cas lorsqu'il est placé au-dessus de la scène ou que la géométrie du lieu ne permet pas d'implantation basse.

[0077] L'abaque de la **Figure 6** décrit l'évolution de l'angle θ_0 maximal pour deux fréquences, 10kHz et 16kHz, en fonction de la hauteur de chaque source.

[0078] On constate qu'afin d'atteindre un angle θ_0 de 45° à 10kHz, il faut une source unitaire de 10mm de hauteur, et que cette source ne peut être inclinée électroniquement que de 27° à 16kHz. Une telle discrétisation de la ligne source implique un nombre très important de composants de petite taille et de canaux d'amplification avec DSP, solution qui ne semble pas avantageuse.

[0079] Sur ce même abaque, on constate que, pour une source de 30mm de hauteur, l'angle maximal θ_0 est de 14° à 10kHz, et de 9° à 16kHz.

[0080] Une telle source pourrait être utilisée sans trop de complexité, mais elle ne permettrait pas d'atteindre l'angle de 45° évoqué, même à 10kHz, sans créer des lobes parasites hors champs.

[0081] Pour ces raisons, la technique consistant à courber électroniquement une ligne source rectiligne verticale ne permet pas d'obtenir des résultats aussi bons qu'une ligne source courbée physiquement.

[0082] A l'inverse, une ligne avec des sources de 140mm de hauteur permet d'atteindre un angle maximal θ_0 de 3° à 10kHz et de 2° à 16kHz. Ainsi l'association d'une courbure physique adaptée de l'empilement des sources acoustiques haute fréquence avec le contrôle électronique individualisé de celles-ci, combiné ou non avec un contrôle électronique individualisé des sources basse et/ou moyenne fréquence en amplitude et phase, apparaît être une solution optimale.

[0083] De manière plus visuelle et quantitative, les simulations numériques suivantes permettent de mettre en évidence les avantages et inconvénients de ces différentes configurations.

[0084] Les **Figures 7a à 7e** représentent les résultats obtenus avec un empilement rectiligne vertical d'enceintes comprenant une source acoustiques haute fréquence située entre deux sources acoustiques moyenne et/ou basse fréquence sur un même plan horizontal. Sur la **Figure 7a**, les traits pleins partant de l'empilement rectiligne vertical représentent l'ouverture verticale totale couverte. La **Figure 7b** représente les courbes de réponse fréquentielle en magnitude générées par un tel empilement rectiligne vertical avant l'application du contrôle électronique sur les sources acoustiques. Les courbes en gris foncé correspondent à l'audience, et les courbes en pointillés gris clair correspondent à la scène et au plafond. La **Figure 7c** représente les courbes de réponse fréquentielle en phase générées par un tel empilement rectiligne vertical, à la cabine de mixage (« FOH ») et au début de l'audience (« Proximity »), avant l'application du contrôle électronique sur les sources acoustiques, et après soustraction du délai de propagation minimal. La **Figure 7d** représente les courbes de réponse fréquentielle en magnitude générées par un tel empilement rectiligne vertical, après l'application du contrôle électronique sur les sources acoustiques, et avec les mêmes codes couleur que la **Figure 7b**. La **Figure 7e** représente les courbes de réponse fréquentielle en phase générées par un tel empilement rectiligne vertical, après l'application du contrôle électronique sur les sources acoustiques et soustraction du délai de propagation minimal, calculées à la cabine de mixage et au début de l'audience.

[0085] Les **Figures 8a à 8e** représentent les résultats obtenus avec un empilement vertical courbé d'enceintes comprenant une source acoustiques haute fréquence située entre deux sources acoustiques moyenne et/ou basse fréquence sur un même plan horizontal. Sur la **Figure 8a**, les traits pleins partant de l'empilement vertical courbé représentent l'ouverture verticale totale couverte. La **Figure 8b** représente les courbes de réponse fréquentielle en magnitude générées par un tel empilement courbé après optimisation des angles entre chaque source et avant l'application du contrôle électronique sur les sources acoustiques, et avec les mêmes codes couleur que la **Figure 7b**. La **Figure 8c** représente les courbes de réponse fréquentielle en phase générées par un tel empilement courbé après optimisation des angles entre chaque source, à la cabine de mixage et au début de l'audience, avant l'application du contrôle électronique sur les sources acoustiques et après soustraction du délai de propagation minimal. La **Figure 8d** représente les courbes de réponse fréquentielle en magnitude générées par un tel empilement courbé, après optimisation des angles entre chaque source et application du contrôle électronique sur les sources acoustiques, et avec les mêmes codes couleur que la **Figure 7b**. La **Figure 8e** représente les courbes de réponse fréquentielle en phase générées par un tel empilement courbé après optimisation des angles entre chaque source, application du contrôle électronique sur les sources acoustiques et soustraction du délai de propagation minimal, calculées au niveau de la cabine de mixage et au début de l'audience.

[0086] Enfin, les **Figures 9a à 9e** représentent les résultats obtenus avec un dispositif de diffusion sonore 300 à courbure physique non constante figée telle que décrit précédemment. Sur la **Figure 9a**, les traits pleins partant du dispositif sonore 300 représentent l'ouverture verticale totale couverte. La **Figure 9b** représente les courbes de réponse fréquentielle en magnitude générées par un tel dispositif 300 à partir seulement de la courbure physique non constante figée, et avec les mêmes codes couleur que la **Figure 7b**. La **Figure 9c** représente les courbes de réponse fréquentielle en phase générées par un tel dispositif 300 à partir seulement de la courbure physique non constante figée, après soustraction du délai de propagation minimal, calculées à la cabine de mixage et au début de l'audience. La **Figure 9d** représente les courbes de réponse fréquentielle en magnitude générées par un tel dispositif 300, après l'application du contrôle électronique en magnitude et en phase, avec une source acoustique par canal DSP, et avec les mêmes codes

couleur que la **Figure 7b**. La **Figure 9e** représente les courbes de réponse fréquentielle en phase générées par un tel dispositif 300, après application du contrôle électronique en magnitude et en phase, avec une source acoustique par canal DSP, et après soustraction du délai de propagation minimal, calculées à la cabine de mixage et au début de l'audience.

[0087] On constate que la solution des **Figures 8a à 8e** donne une réponse globalement satisfaisante, néanmoins perfectible en hautes fréquences (faisceau de courbes en magnitude moins resserré, et courbes de phase plus chahutées). En revanche, le niveau sonore sur la scène et sur le plafond (visible sur les courbes gris clair des **Figures 8b et 8d**) présente de très nombreux pics en hautes fréquences, à un niveau équivalent à celui sur l'audience, ce qui est problématique.

[0088] L'arrangement rectiligne vertical des **Figures 7a à 7e**, pour lequel la couverture de l'audience est obtenue par des moyens uniquement électroniques (cas des **Figures 7d et 7e**), conduit quant à lui à une réponse fréquentielle globalement satisfaisante en magnitude sur l'audience. Cependant, le niveau sonore sur la scène et surtout le plafond, présente des pics à partir de 6kHz d'un niveau équivalent à celui sur l'audience, liés à l'apparition de lobes parasites hors axe, suite à l'application de paramètres de magnitude et de phase excessifs comme dans le cas d'une inclinaison réalisée uniquement de manière électronique. En outre, les courbes de phase sont très chahutées, et traduisent des décalages temporels importants de l'arrivée sur l'audience des différentes composantes fréquentielles du signal sonore.

[0089] En revanche, les résultats obtenus par les configurations des **Figures 9a à 9e** sont satisfaisants sur l'ensemble du spectre audio, tant en magnitude qu'en phase. Le niveau sonore sur la scène et le plafond est très inférieur à celui sur l'audience, et les courbes de phase présentent peu de fluctuations, avant et après application des paramètres de correction électronique en magnitude et en phase.

[0090] Une autre façon d'améliorer le contrôle de la directivité et la qualité d'émission sonore du dispositif 300, et compatible des modes de réalisation précédemment décrits, est d'ajouter des volets orientables.

[0091] Pour cela, parmi la pluralité de sources acoustiques moyenne et/ou basse fréquence il doit y avoir au moins une source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence. Le dispositif de diffusion sonore 300 peut alors être équipé de volets orientables agissant sur une émission sonore d'au moins une des sources acoustiques haute fréquence 320 pour produire une directivité d'émission sonore de la source acoustique haute fréquence selon un secteur angulaire choisi, la source acoustique haute fréquence et la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence étant configurées pour émettre sur une plage de fréquences commune.

[0092] Le dispositif de diffusion sonore comprend également au moins un module de commande de type processeur de signal numérique agissant sur un signal à destination de la source acoustique haute fréquence et sur un signal à destination de la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence de manière à appliquer dans la plage de fréquences commune au moins un paramètre de magnitude sur la source acoustique haute fréquence et/ou sur la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence ainsi qu'au moins un paramètre de phase sur la source acoustique haute fréquence et/ou sur la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence de manière à produire une directivité d'émission sonore du couple constitué de la source acoustique haute fréquence et de la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence selon le même secteur angulaire choisi que la directivité produite par les volets orientables.

[0093] Les différentes variantes de ce mode de réalisation sont décrites dans le document EP 3 063 950 B1.

[0094] Selon la répartition physique de l'audience 2, il peut être avantageux de réaliser deux types spécifiques de dispositif de diffusion sonore 300 tel que décrit précédemment.

[0095] Pour le cas où le dispositif de diffusion sonore émettrait vers une audience éloignée de la scène ou en incidence rasante, on définit un dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F dans lequel l'ensemble des sources acoustiques haute fréquence 310 produit une directivité d'émission sonore globale présentant un angle d'ouverture verticale total inférieur ou égal à 20°, comme illustré **Figure 10**. Cela correspond à une courbure non constante figée relativement faible, représentée par des lignes perpendiculaires au front d'onde de faible longueur sur le dispositif de droite.

[0096] Le graphe sur la droite de la **Figure 10** illustre une autre représentation de l'évolution de la courbure physique de l'empilement vertical courbé de sources acoustiques haute fréquence 310 formé par le dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F, par rapport à la sous-figure de la **figure 10** où sont représentées les valeurs de courbure du dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F par des lignes perpendiculaires au front d'onde. Sur ce graphe est représentée l'évolution de la valeur de l'angle α_i entre la i -ème et $i+1$ -ème source acoustique, pour i entier allant de 1 à $N-1$, N étant le nombre de sources acoustiques hautes fréquences 310. Il peut être constaté que l'écart entre l'angle entre les deux sources acoustiques haute fréquence 310 les plus hautes et celui entre les deux sources acoustiques haute fréquence 310 les plus basses (dans la direction verticale) est faible, ce qui correspond à une courbure non constante figée relativement faible. Dans ce cas particulier, la courbure physique de l'empilement vertical courbé est monotone.

[0097] Pour le cas où le dispositif de diffusion sonore émettrait vers une audience proche de la scène ou que celle-ci serait répartie sur un secteur angulaire vertical important, on définit un dispositif de diffusion sonore « à ouverture verticale étendue » 300_W dans lequel l'ensemble des sources acoustiques haute fréquence 310 produit une directivité d'émission sonore globale présentant un angle d'ouverture verticale total supérieur à 20°, comme illustré **Figure 11**. Cela correspond

à une courbure non constante figée plus importante représentée par des lignes perpendiculaires au front d'onde de longueur importante sur le dispositif de droite.

[0098] Le graphe sur la droite de la Figure 11 illustre une autre représentation de l'évolution de la courbure physique de l'empilement vertical courbé de sources acoustiques haute fréquence 310 formé par le dispositif de diffusion sonore « à ouverture verticale étendue » 300_W, par rapport à la sous-figure de la figure 11 où sont représentées les valeurs de courbure du dispositif de diffusion sonore « à ouverture verticale étendue » 300_W par des lignes perpendiculaires au front d'onde. Sur ce graphe est représentée l'évolution de la courbure physique de l'empilement vertical courbé de sources acoustiques haute fréquence 310 formé par le dispositif de diffusion sonore « à ouverture verticale étendue » 300_W, c'est-à-dire l'évolution de la valeur de l'angle α_i entre la i -ème et $i+1$ -ème source acoustique, pour i entier allant de 1 à $N-1$, N étant le nombre de sources acoustiques hautes fréquences 310. Il peut être constaté que l'écart entre l'angle entre les deux sources acoustiques haute fréquence 310 les plus hautes et celui entre les deux sources acoustiques haute fréquence 310 les plus basses (dans la direction verticale), est plus large que sur la Figure 10, ce qui correspond à une courbure non constante figée plus importante que dans le cas de la Figure 10 et d'un dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F. Dans ce cas particulier également, la courbure physique de l'empilement vertical courbé est monotone.

[0099] Pour des configurations de répartition physique de l'audience 2 nécessitant une puissance sonore plus grande ou pour des répartitions plus complexes et/ou plus étendue, un ensemble de diffusion sonore comprend au moins un premier dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F et un dispositif de diffusion sonore 300, 300_F ou 300_W tels que définis précédemment et superposés de telle sorte que l'ensemble de diffusion sonore résultant génère un front d'onde vertical à courbure non constante figée comme illustré sur la **Figure 12**.

[0100] En d'autres termes, le dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F est couplable avec un autre dispositif de diffusion sonore 300, 300_F ou 300_W tels que définis précédemment et assemblable par des moyens de fixation.

[0101] En particulier, le dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F est couplable avec un dispositif de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F identique à lui-même.

[0102] Un ensemble de diffusion sonore, résultant de la superposition de deux dispositifs de diffusion sonores tels que précédemment décrits, forme un empilement vertical courbé présentant une courbure physique non constante figée.

[0103] Pour compenser une éventuelle non monotonie générée par l'assemblage des dispositifs entre eux comme dans le cas des **Figures 12 et 13**, les sources haute fréquence sont individuellement contrôlées électroniquement en amplitude et en phase.

[0104] Il peut s'agir en particulier de la non monotonie de la courbure physique de l'empilement vertical courbé formé par l'ensemble de diffusion sonore. Le contrôle électronique en amplitude et en phase des sources acoustiques haute fréquence 320 et/ou des sources acoustiques basse et/ou moyenne fréquence 330 peut ainsi permettre d'ajuster un front d'onde sonore émis par l'ensemble de diffusion sonore aux objectifs de diffusion sur une audience.

[0105] En effet, la superposition de deux dispositifs « à portée étendue » 300_F peut générer une discontinuité dans la courbure et donc une non monotonie que l'on peut voir grâce aux hachures sur la **Figure 13**.

[0106] Comme sur les figures 10 et 11, le graphe sur la droite de la Figure 13 illustre une autre représentation l'évolution de la courbure physique de l'empilement vertical courbé de sources acoustiques haute fréquence 310 formé par un ensemble de diffusion sonore résultant de l'assemblage de deux dispositifs de diffusion sonore « à portée étendue » 300_F, par rapport à la sous-figure de la figure 13 où sont représentées les valeurs de courbure de cet ensemble de diffusion sonore par des lignes perpendiculaires au front d'onde. Sur ce graphe, on observe une non monotonie de l'évolution des angles entre les sources 7 et 9, correspondant à une rupture de la monotonie de l'évolution de la courbure physique de l'empilement vertical courbé formé par l'ensemble de diffusion sonore. Dans ce cas, un contrôle DSP permet de ré-ajuster le front d'onde sonore émis par l'ensemble de diffusion sonore pour l'adapter aux objectifs de diffusion.

[0107] Enfin, pour faciliter l'installation, l'ensemble de diffusion peut avantageusement comprendre des moyens de fixation configurés de sorte à ce que chaque dispositif de diffusion sonore est relié au dispositif de diffusion sonore situé au-dessus, respectivement en dessous, par des points de fixation dépourvus de réglage angulaire.

LISTE DES REFERENCES

[0108]

- 1 scène
- 2 audience
- 3 dispositif de diffusion sonore
- 10 arrangement stéréo classique
- 100 arrangement adapté pour diffuser un signal sonore spatialisé
- 300 dispositif de diffusion sonore

300_F dispositif de diffusion sonore « à portée étendue »
 300_W dispositif de diffusion sonore « à ouverture verticale étendue »
 310 caisson
 320 source acoustique haute fréquence
 5 330 source acoustique basse ou moyenne fréquence
 340 guide d'onde
 D Droite
 FOH Cabine de Mixage (*Front Of House*)
 G Gauche
 10 L Largeur de la scène

Revendications

- 15 1. Dispositif de diffusion sonore (300) comprenant un caisson unique (310) et, dans ce caisson unique (310), au moins deux sources acoustiques haute fréquence (320) superposées, et plusieurs sources acoustiques moyenne fréquence et/ou basse fréquence (330) superposées et disposées à gauche et/ou à droite des sources acoustiques haute fréquence (320), les sources acoustiques haute fréquence (320) étant individuellement couplées à un guide d'onde (340) et disposées selon un empilement vertical courbé présentant une courbure physique non constante
 20 figée et étant individuellement contrôlées électroniquement en amplitude et phase de manière à adapter le front d'onde résultant aux objectifs de diffusion sur une audience.
2. Dispositif de diffusion sonore (300) selon la revendication 1, dans lequel chaque guide d'onde (340) comprend une sortie, les sorties des guides d'ondes étant disposées de manière parfaitement jointives, de sorte à former un ruban
 25 continu.
3. Dispositif de diffusion sonore (300) selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel l'évolution de la courbure physique de l'empilement vertical courbé est monotone.
- 30 4. Dispositif de diffusion sonore (300) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 tel que parmi la pluralité de sources acoustiques moyenne et/ou basse fréquence (330) il y a au moins une source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence, le dispositif de diffusion sonore comprenant également :
 35 des volets orientables agissant sur une émission sonore d'au moins une des sources acoustiques haute fréquence pour produire une directivité d'émission sonore de la source acoustique haute fréquence selon un secteur angulaire choisi, la source acoustique haute fréquence et la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence étant configurées pour émettre sur une plage de fréquences commune ; et
 40 au moins un module de commande de type processeur de signal numérique agissant sur un signal à destination de la source acoustique haute fréquence et sur un signal à destination de la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence de manière à appliquer dans la plage de fréquences commune au moins un paramètre de magnitude sur la source acoustique haute fréquence et/ou sur la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence ainsi qu'au moins un paramètre de phase sur la source acoustique haute fréquence et/ou sur la source acoustique émettant sur une plage moyenne fréquence de manière à produire une directivité d'émission sonore du couple constitué de la source acoustique haute fréquence et de la source acoustique émettant une plage moyenne fréquence selon le même secteur angulaire choisi que la directivité produite par les
 45 volets orientables.
5. Dispositif de diffusion sonore à portée étendue (300_F) selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel l'ensemble des sources acoustiques haute fréquence (320) produit une directivité d'émission sonore globale présentant un angle d'ouverture verticale total inférieur ou égal à 20°.
 50
6. Dispositif de diffusion sonore à ouverture verticale étendue (300_W) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel l'ensemble des sources acoustiques haute fréquence (320) produit une directivité d'émission sonore globale présentant un angle d'ouverture verticale total supérieur à 20°.
 55
7. Dispositif de diffusion sonore à portée étendue (300_F) selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'il** peut être couplé et superposé par-dessus ou par dessous avec un deuxième dispositif de diffusion sonore (300, 300_F ou 300_W) selon l'une des revendications 1 à 6 par des moyens de fixation.

8. Dispositif de diffusion sonore à portée étendue (300_F) selon la revendication 7, dans lequel le deuxième dispositif de diffusion sonore est identique au dispositif de diffusion sonore à portée étendue (300_F).
9. Dispositif de diffusion sonore selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel des canaux de contrôle électronique et d'amplification sont aptes à alimenter chacune ou plusieurs des sources haute fréquence, ainsi que chacune ou plusieurs sources acoustiques parmi la pluralité de sources acoustiques moyenne fréquence et/ou basse fréquence.
10. Ensemble de diffusion sonore comprenant au moins un premier dispositif de diffusion sonore à portée étendue (300_F) selon la revendication 7 et un dispositif de diffusion sonore (300, 300_F ou 300_W) selon l'une des revendications 1 à 9, superposés, et formant un empilement vertical courbé et présentant une courbure physique non constante figée.
11. Ensemble de diffusion sonore selon la revendication 10 dans lequel les sources haute fréquence (320) sont individuellement contrôlées électroniquement en amplitude et en phase de manière à adapter le front d'onde résultant aux objectifs de diffusion sur une audience et à compenser une éventuelle non monotonie générée par un assemblage des dispositifs entre eux.
12. Ensemble de diffusion sonore selon la revendication 11, dans lequel la non monotonie est celle de la courbure physique de l'empilement vertical courbé formé par l'ensemble de diffusion sonore.

Patentansprüche

1. Schalldiffusionsvorrichtung (300) mit einem einzigen Gehäuse (310) und, in diesem einzigen Gehäuse (310), mindestens zwei übereinander angeordneten Hochfrequenz-Schallquellen (320) und mehreren übereinander angeordneten Mittelfrequenz- und/oder Niederfrequenz-Schallquellen (330), die links und/oder rechts von den Hochfrequenz-Schallquellen (320) angeordnet sind, die Hochfrequenz-Akustikquellen (320) einzeln mit einem Wellenleiter (340) gekoppelt und entsprechend einem gekrümmten vertikalen Stapel mit einer festen, nicht konstanten physikalischen Krümmung angeordnet sind und einzeln elektronisch in Amplitude und Phase so gesteuert werden, dass die sich ergebende Wellenfront an Diffusionsziele für ein Publikum angepasst wird.
2. Schalldiffusionsvorrichtung (300) nach Anspruch 1, bei der jeder Wellenleiter (340) einen Ausgang aufweist, wobei die Ausgänge der Wellenleiter in einer perfekt verbundenen Weise angeordnet sind, so dass sie ein kontinuierliches Band bilden.
3. Schalldiffusionsvorrichtung (300) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Verlauf der physikalischen Krümmung des gekrümmten vertikalen Stapels monoton ist.
4. Schalldiffusionsvorrichtung (300) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei unter der Vielzahl von akustischen Mittel- und/oder Niederfrequenzquellen (330) mindestens eine akustische Quelle ist, die in einem Mittelfrequenzbereich emittiert, wobei die Schalldiffusionsvorrichtung auch umfasst: ausrichtbare Klappen, die auf eine Schallemission von mindestens einer der akustischen Hochfrequenzquellen einwirken, um eine Schallemissions-Richtcharakteristik der akustischen Hochfrequenzquelle gemäß einem ausgewählten Winkelsektor zu erzeugen, wobei die akustische Hochfrequenzquelle und die akustische Quelle, die über einen Mittelfrequenzbereich emittiert, so konfiguriert sind, dass sie über einen gemeinsamen Frequenzbereich emittieren; und mindestens ein Steuermodul vom Typ digitaler Signalprozessor, das auf ein Zielsignal der Hochfrequenz-Akustikquelle und auf ein Zielsignal der in einem Mittelfrequenzbereich emittierenden Akustikquelle einwirkt, um in dem gemeinsamen Frequenzbereich mindestens einen Größenparameter auf die Hochfrequenz-Akustikquelle und/oder in einem Mittelfrequenzbereich emittierende Akustikquelle sowie mindestens einen Phasenparameter auf die Hochfrequenz-Akustikquelle und/oder die in einem Mittelfrequenzbereich emittierende Akustikquelle anzuwenden, um eine Schallabstrahlungs-Richtcharakteristik des von der Hochfrequenz-Akustikquelle gebildeten Paares akustischen Quelle und/oder der in einem Mittelfrequenzbereich abstrahlenden akustischen Quelle im gemeinsamen Frequenzbereich mindestens einen Größenparameter sowie mindestens einen Phasenparameter auf die hochfrequente akustische Quelle und/oder auf die in einem Mittelfrequenzbereich abstrahlende akustische Quelle anzuwenden, um eine Schallabstrahlungsrichtcharakteristik des durch die hochfrequente akustische Quelle und die in einem Mittelfrequenzbereich abstrahlende akustische Quelle gebildeten Paares gemäß demselben Winkelsektor zu erzeugen, der als die durch die ausrichtbaren Klappen erzeugte Richtcharakteristik ausgewählt wurde.

5. Schalldiffusionsvorrichtung mit erweiterter Reichweite (300_F) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Anordnung der akustischen Hochfrequenzquellen (320) eine globale Schallabstrahlungs-Richtcharakteristik mit einem vertikalen Gesamtöffnungswinkel von höchstens 20° erzeugt.
- 5 6. Schalldiffusionsvorrichtung mit einer verlängerten vertikalen Öffnung (300_W) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Anordnung von akustischen Hochfrequenzquellen (320) eine globale Schallabstrahlungsrichtwirkung mit einem vertikalen Gesamtöffnungswinkel von mehr als 20° erzeugt.
7. Schalldiffusionsvorrichtung mit erweiterter Reichweite (300_F) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**
10 sie mit einer zweiten Schalldiffusionsvorrichtung (300, 300_F oder 300_W) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 durch Befestigungsmittel von oben oder unten gekoppelt und überlagert werden kann.
8. Schalldiffusionsvorrichtung mit erweitertem Bereich (300_F) nach Anspruch 7, wobei die zweite Schalldiffusionsvorrichtung identisch mit der Schalldiffusionsvorrichtung mit erweitertem Bereich (300_F) ist
15
9. Schalldiffusionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die elektronischen Steuer- und Verstärkungs Kanäle geeignet sind, jede oder eine Vielzahl von Hochfrequenzquellen sowie jede oder eine Vielzahl von akustischen Quellen aus der Vielzahl von Mittelfrequenz- und/oder Niederfrequenz-Akustikquellen zu versorgen.
- 20 10. Schalldiffusionsanordnung mit mindestens einer ersten Schalldiffusionsvorrichtung mit erweiterter Reichweite (300_F) nach Anspruch 8 und einer Schalldiffusionsvorrichtung (300, 300_F oder 300_W) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, die übereinander angeordnet sind und einen gekrümmten vertikalen Stapel bilden und eine feste, nicht konstante physikalische Krümmung aufweisen.
- 25 11. Schalldiffusionsbaugruppe nach Anspruch 10, bei der die Hochfrequenzquellen (320) einzeln elektronisch in Amplitude und Phase gesteuert werden, um die resultierende Wellenfront an die Diffusionsziele für ein Publikum anzupassen und eine mögliche Nicht-Monotonie auszugleichen, die durch eine Baugruppe von Geräten untereinander erzeugt wird.
- 30 12. Schalldiffusionsanordnung nach Anspruch 11, wobei die Nicht-Monotonie diejenige der physikalischen Krümmung des durch die Schalldiffusionsanordnung gebildeten gekrümmten vertikalen Stapels ist.

Claims

- 35 1. Sound diffusion device (300) comprising a single box (310) and, in this single box (310), at least two superimposed high-frequency acoustic sources (320), and a plurality of superimposed medium-frequency and/or low-frequency acoustic sources (330) and arranged to the left and/or to the right of the high-frequency acoustic sources (320), the high-frequency acoustic sources (320) being coupled individually to a wave guide (340) and arranged according to a
40 curved vertical stack having a fixed non-constant physical curvature and being controlled individually electronically in amplitude and phase in such a way as to adjust the resulting wave front to diffusion objectives for an audience.
2. Sound diffusion device (300) according to claim 1, wherein each wave guide (340) comprises an output, the outputs of the wave guides being arranged in a perfectly joined manner, so as to form a continuous band.
45
3. Sound diffusion device (300) according to one of claims 1 or 2, wherein the progression of the physical curvature of the curved vertical stack is monotonic.
- 50 4. Sound diffusion device (300) according to any of claims 1 to 3, such that among the plurality of medium and/or low-frequency acoustic sources (330), there is at least one acoustic source emitting in a medium-frequency range, the sound diffusion device also comprising:
55 orientable flaps acting on a sound emission of at least one of the high-frequency acoustic sources to produce a sound emission directivity of the high-frequency acoustic source according to a selected angular sector, the high-frequency acoustic source and the acoustic source emitting over a medium-frequency range being configured to emit over a common range of frequencies; and
at least one control module of the digital signal processor type acting on a destination signal of the high-frequency acoustic source and on a destination signal of the acoustic source emitting over a medium-frequency range so as

to apply in the common range of frequencies at least one parameter of magnitude to the high-frequency acoustic source and/or the acoustic source emitting in a medium-frequency range as well as at least one phase parameter on the high-frequency acoustic source and/or on the acoustic source emitting in a medium-frequency range to produce a sound emission directivity of the couple formed by the high-frequency acoustic source and the acoustic source emitting in a medium-frequency range according to the same angular sector selected as the directivity produced by the orientable flaps.

5. Sound diffusion device with an extended range (300_F) according to any of claims 1 to 4, wherein the assembly of high-frequency acoustic sources (320) produces a global sound emission directivity with a total vertical opening angle less than or equal to 20°.
6. Sound diffusion device with an extended vertical opening (300_W) according to any of claims 1 to 4, wherein the assembly of high-frequency acoustic sources (320) produces a global sound emission directivity with a total vertical opening angle greater than 20°.
7. Sound diffusion device with an extended range (300_F) according to claim 5, **characterised in that** it can be coupled and superimposed from above or below with a second sound diffusion device (300, 300_F or 300_W) according to any of claims 1 to 6 by fixing means.
8. Sound diffusion device with an extended range (300_F) according to claim 7, wherein the second sound diffusion device is identical to the sound diffusion device with an extended range (300_F).
9. Sound diffusion device according to any of the preceding claims, wherein the electronic control and amplification channels are suitable for supplying each or a plurality of high-frequency sources, as well as each or a plurality of acoustic sources among the plurality of medium-frequency and/or low-frequency acoustic sources.
10. Sound diffusion assembly comprising at least one first sound diffusion device with an extended range (300_F) according to claim 8 and a sound diffusion device (300, 300_F or 300_W) according to any of the preceding claims 1 to 9, superimposed, and forming a curved vertical stack and having a fixed non-constant physical curvature.
11. Sound diffusion assembly according to claim 10, wherein the high-frequency sources (320) are individually controlled electronically in amplitude and in phase so as to adjust the resulting wave front to diffusion objectives for an audience and to compensate for possible non-monotonicity generated by an assembly of devices with one another.
12. Sound diffusion assembly according to claim 11, wherein the non-monotonicity is that of the physical curvature of the curved vertical stack formed by the sound diffusion assembly.

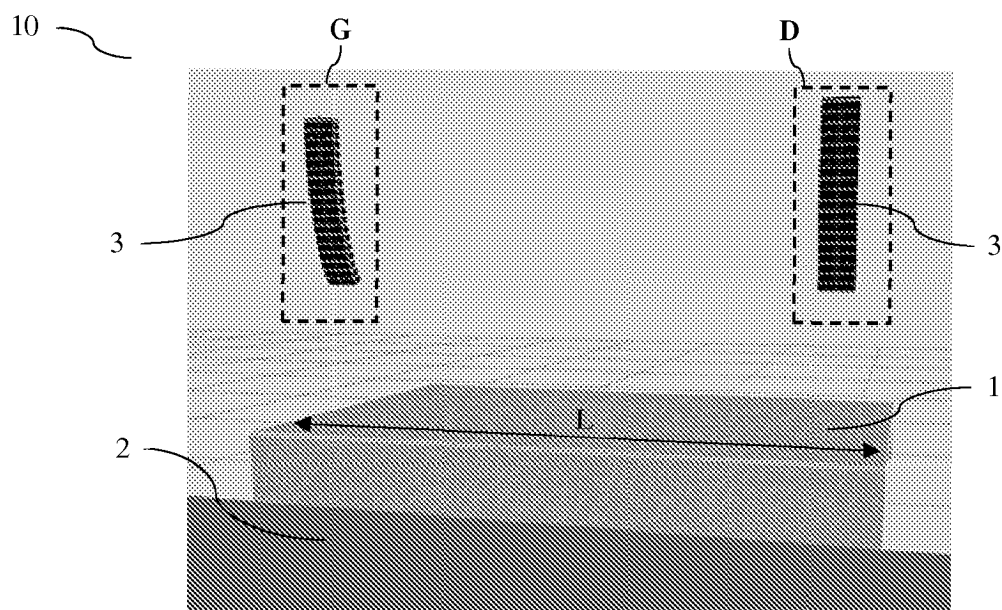


Fig. 1a

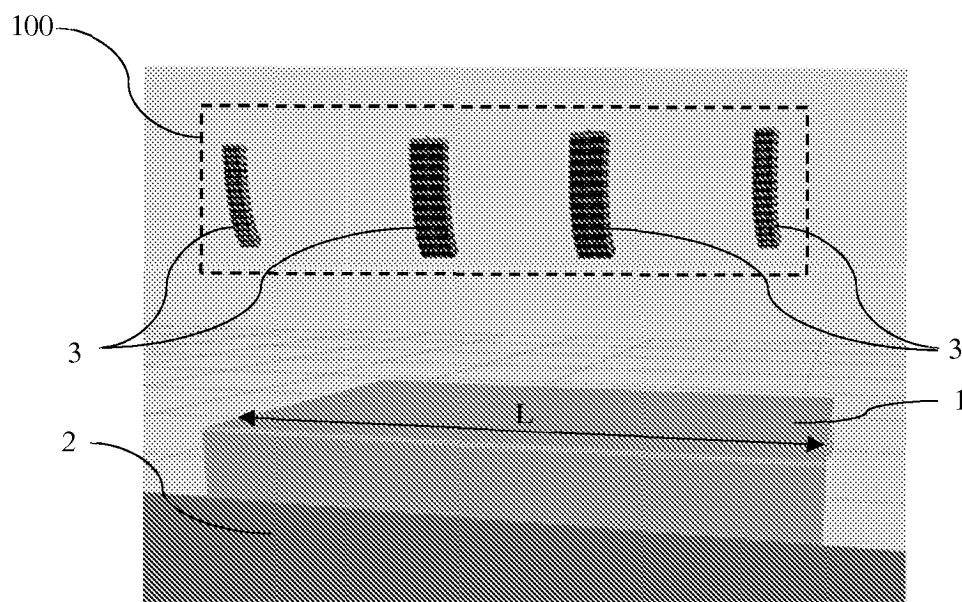


Fig. 1b

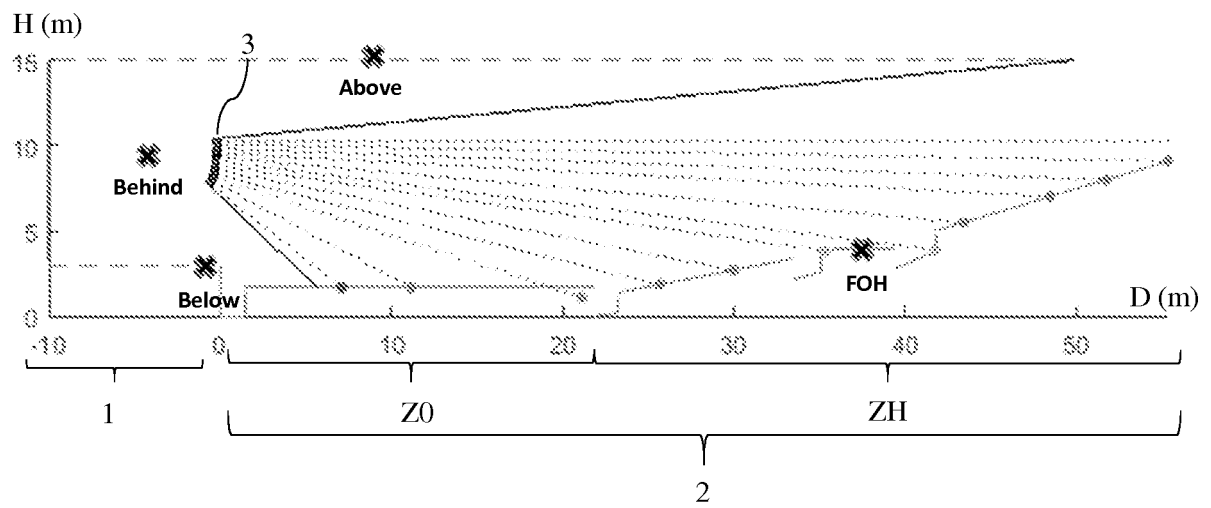


Fig. 2

Fréq = 1324.3 Hz Surface : Champ de pression acoustiques total (Pa)

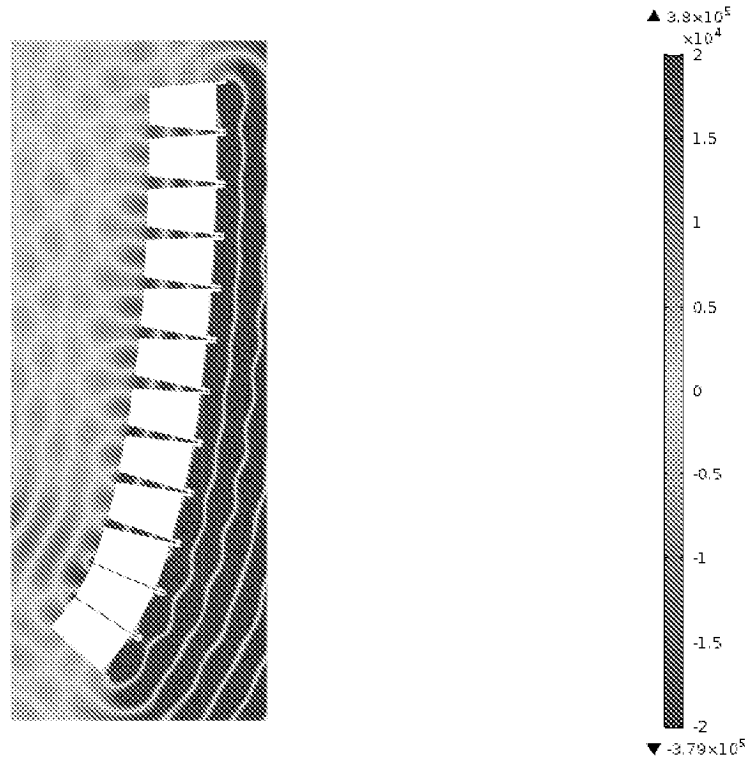


Fig. 3a

Niveaux de pression acoustique (SPL) référencés (Pa)

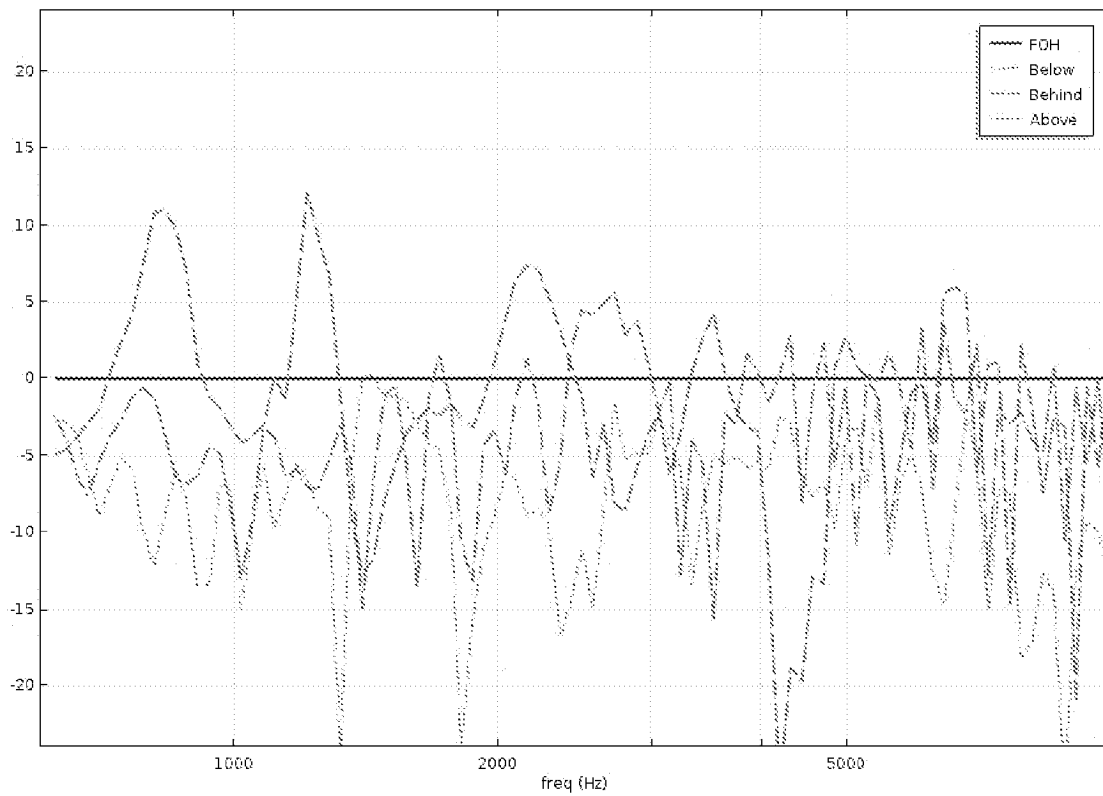


Fig. 3b

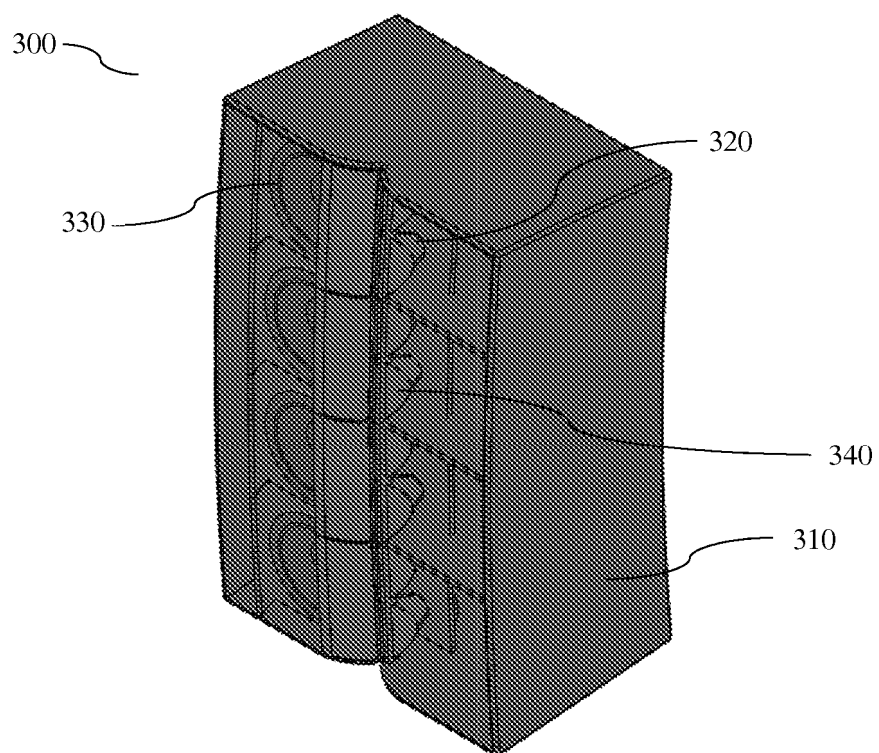


Fig. 4

EP 3 824 652 B1

Fréq = 1324.3 Hz Surface : Champ de pression acoustiques total (Pa)

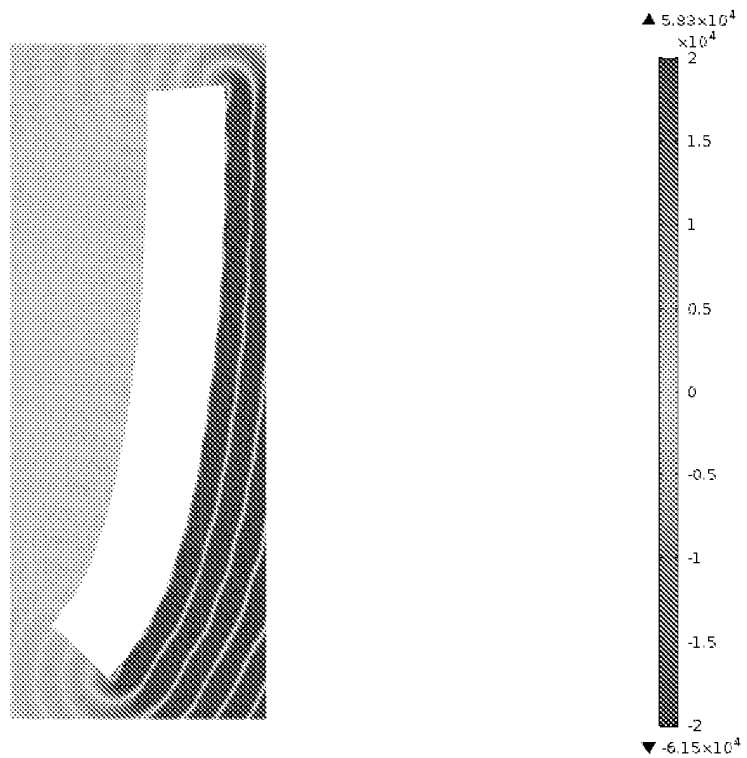


Fig. 5a

Niveaux de pression acoustique (SPL) référencés (Pa)

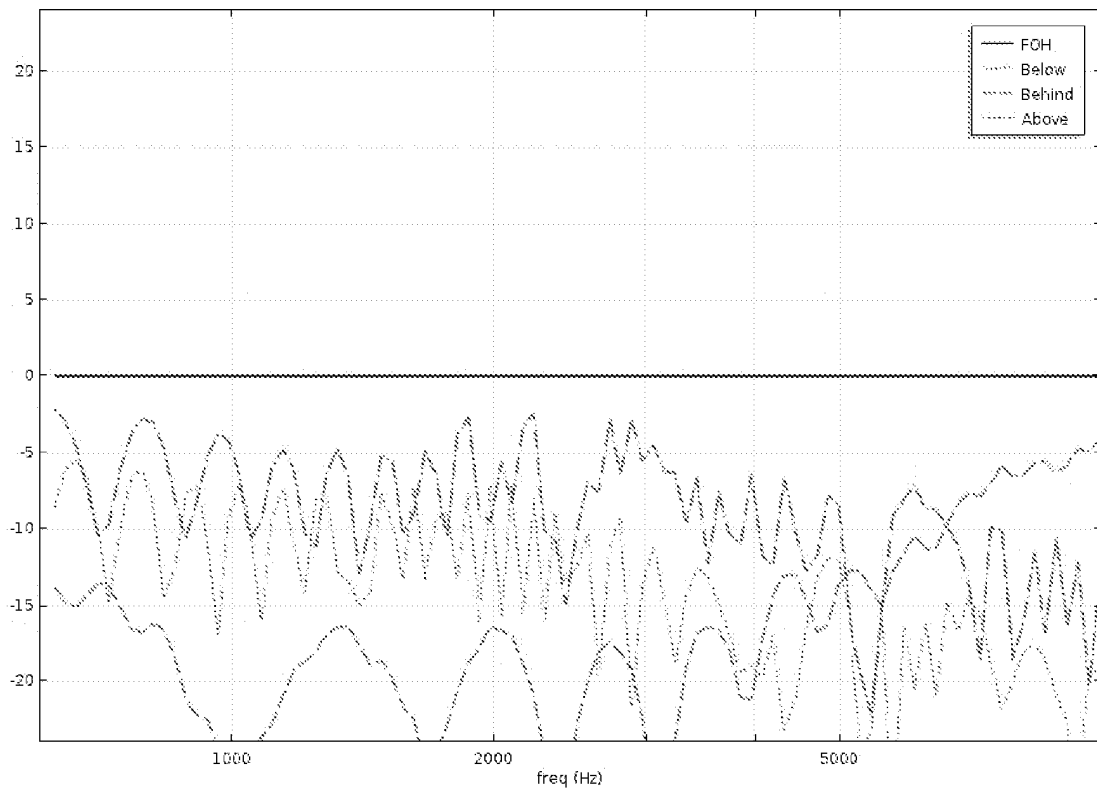


Fig. 5b

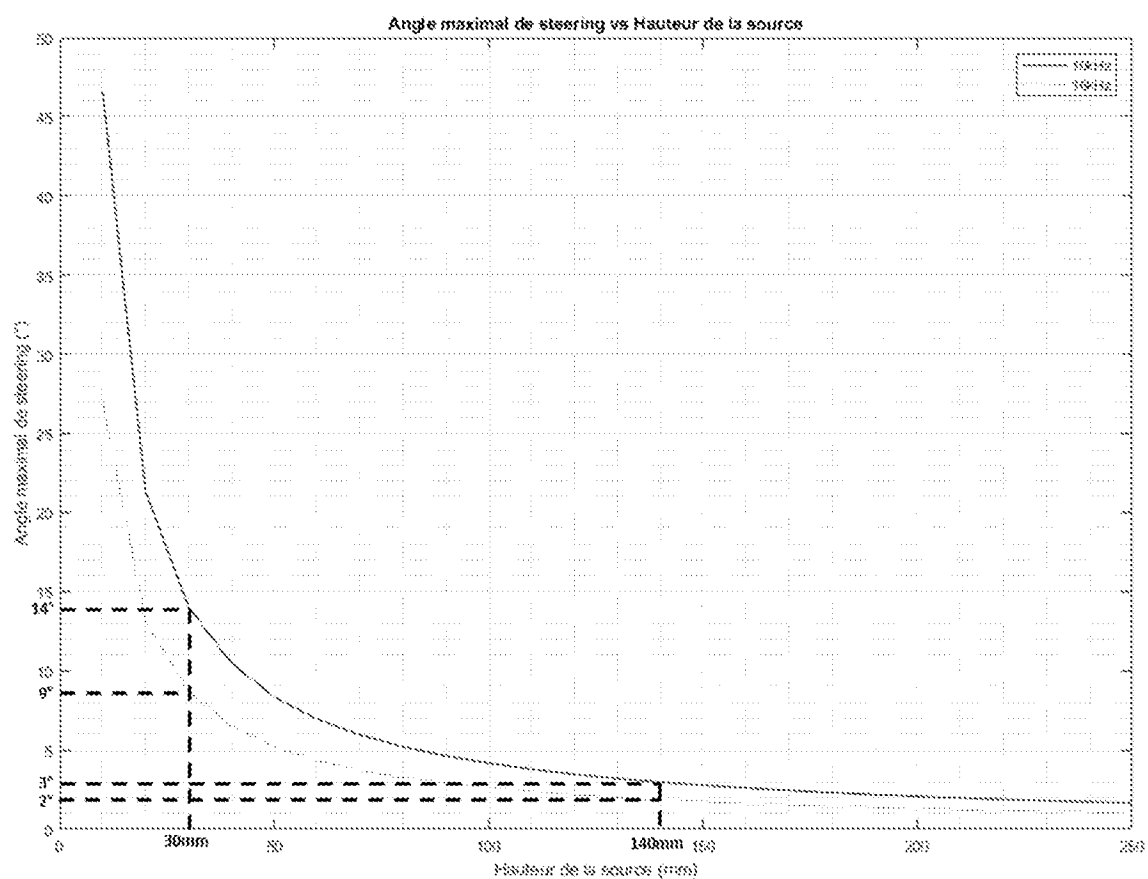


Fig. 6

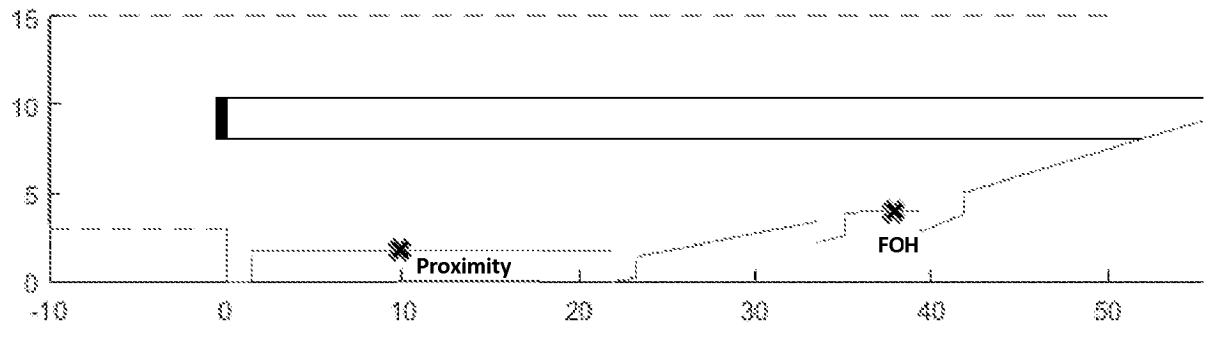


Fig. 7a

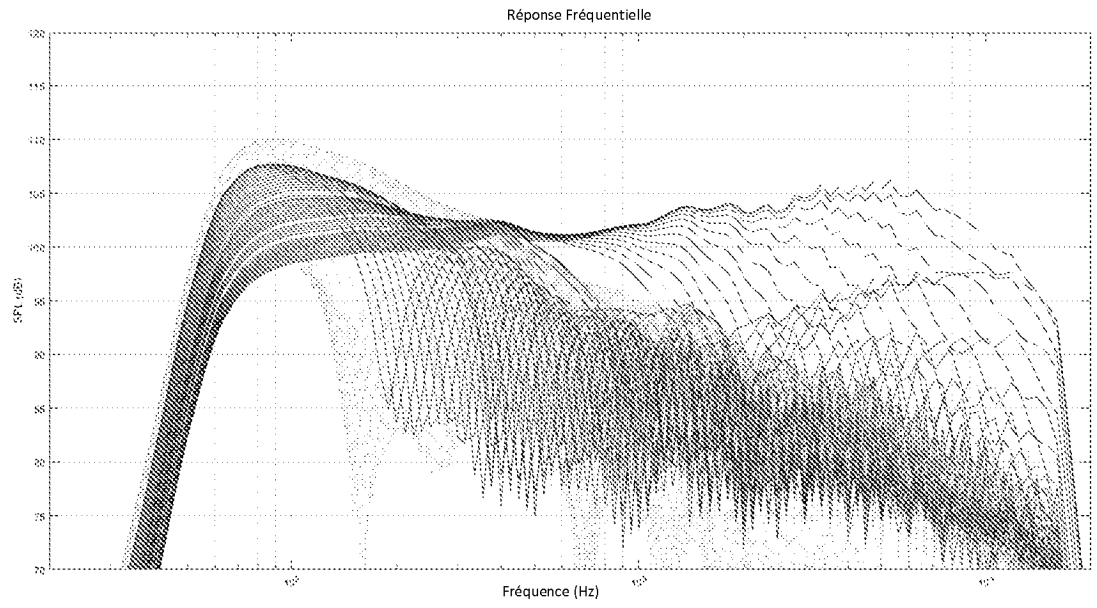


Fig. 7b

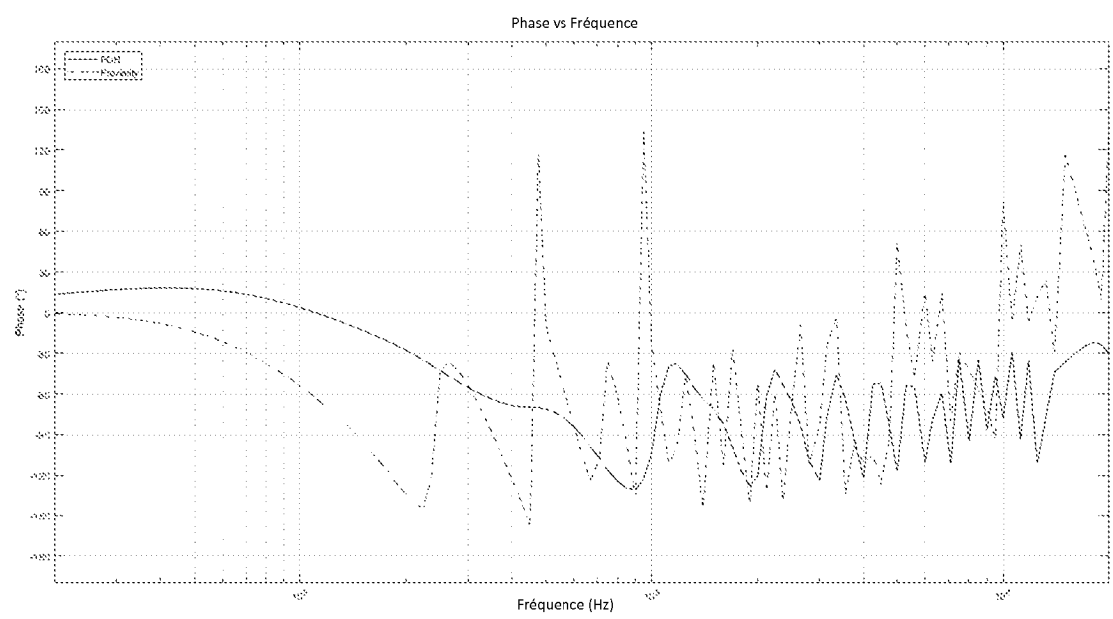


Fig. 7c

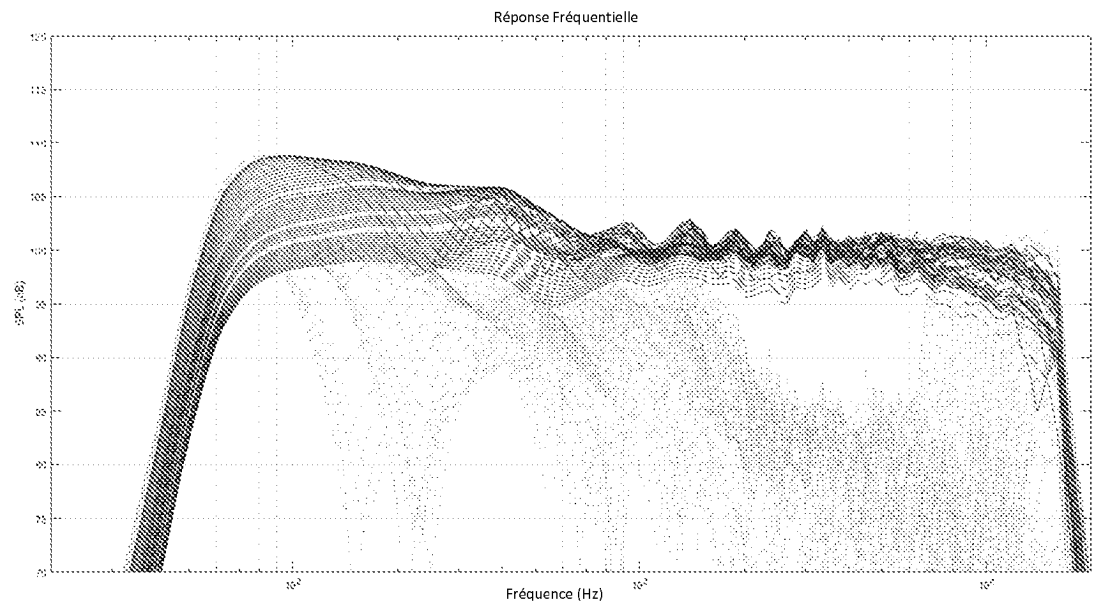


Fig. 7d

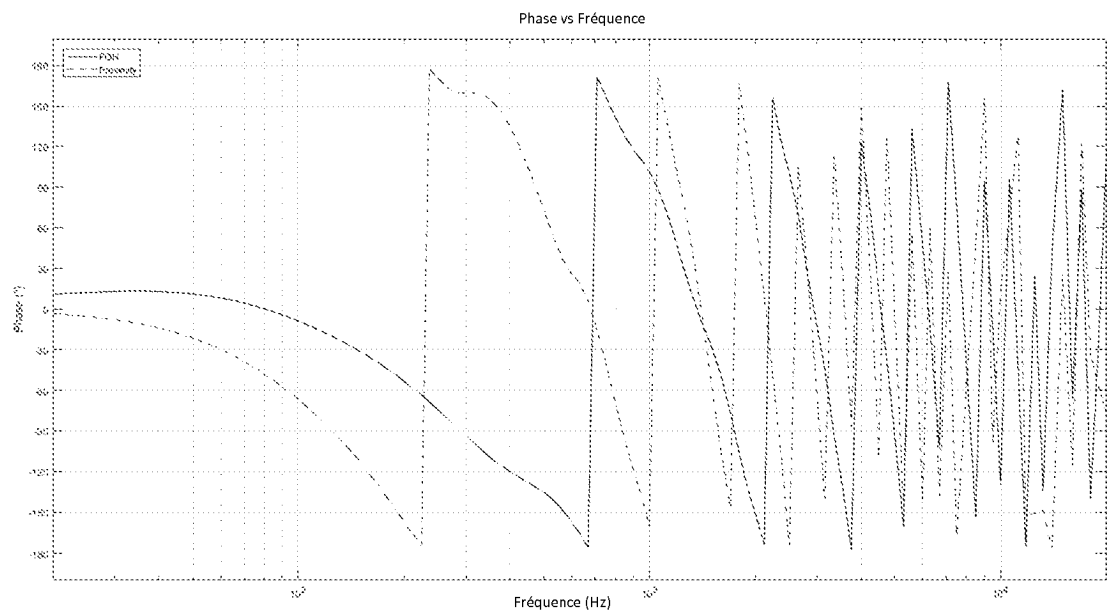


Fig. 7e

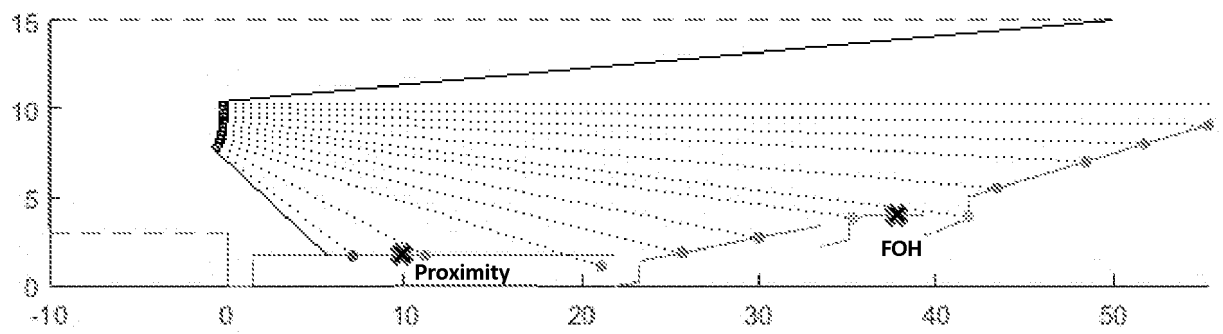


Fig. 8a

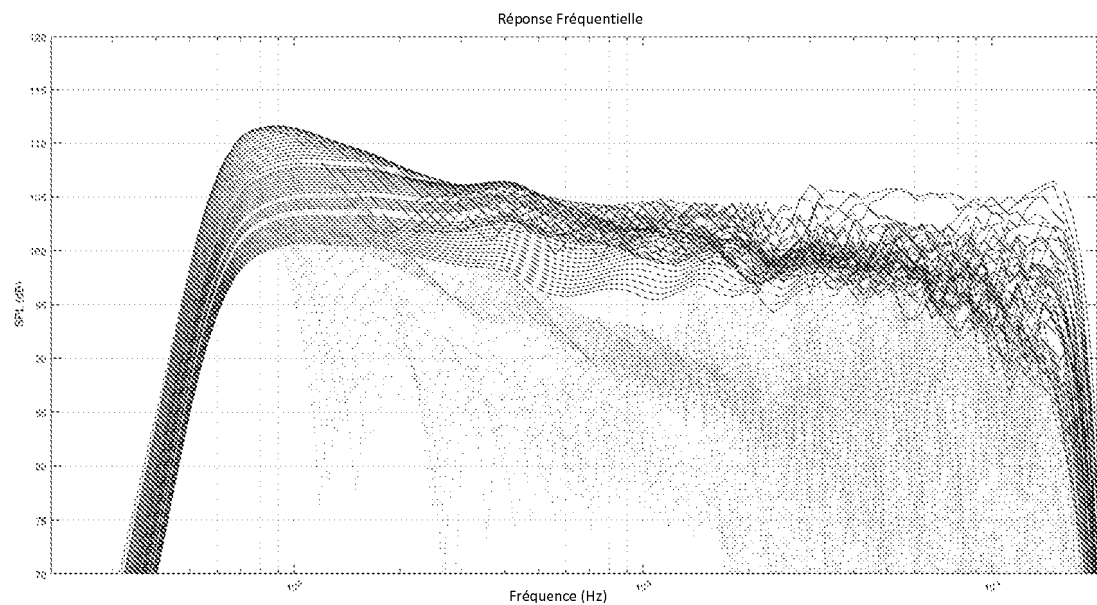


Fig. 8b

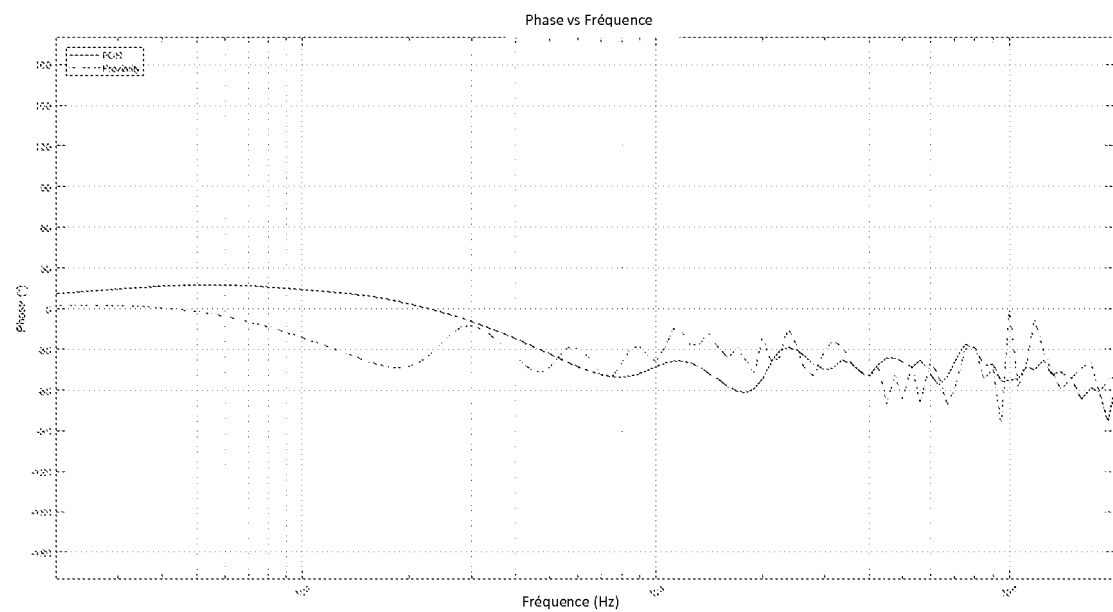


Fig. 8c

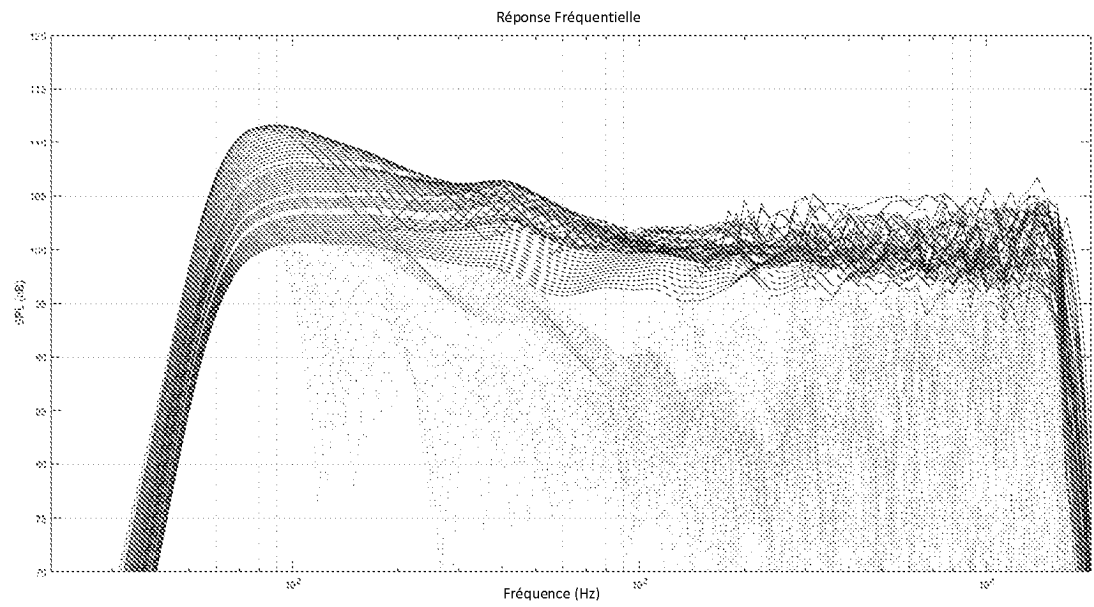


Fig. 8d

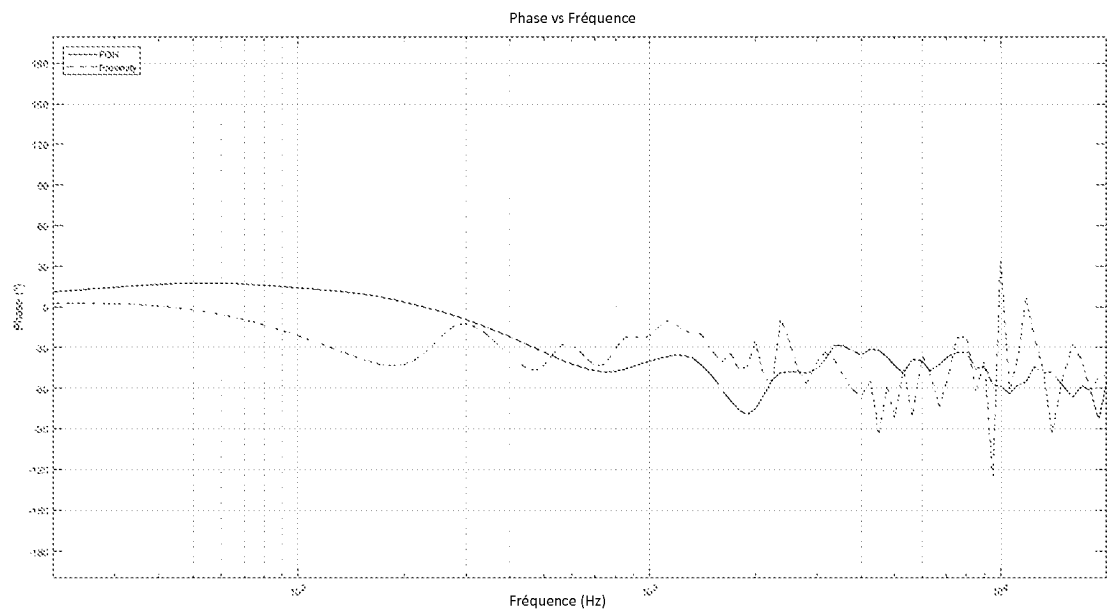


Fig. 8e

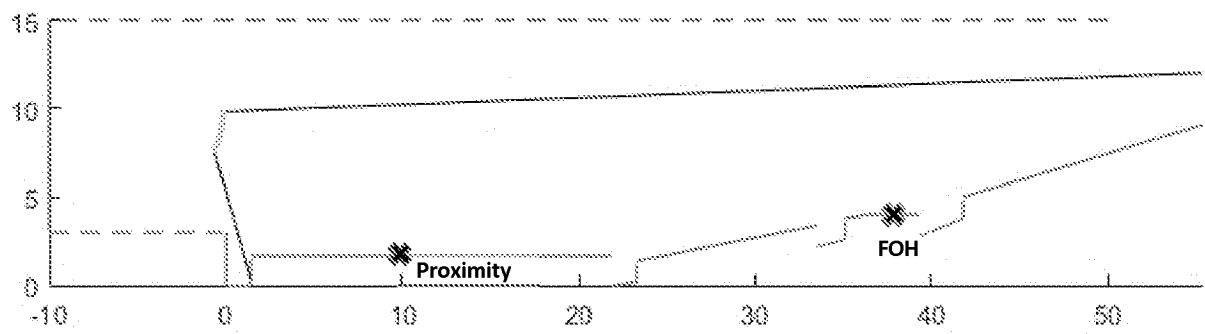


Fig. 9a

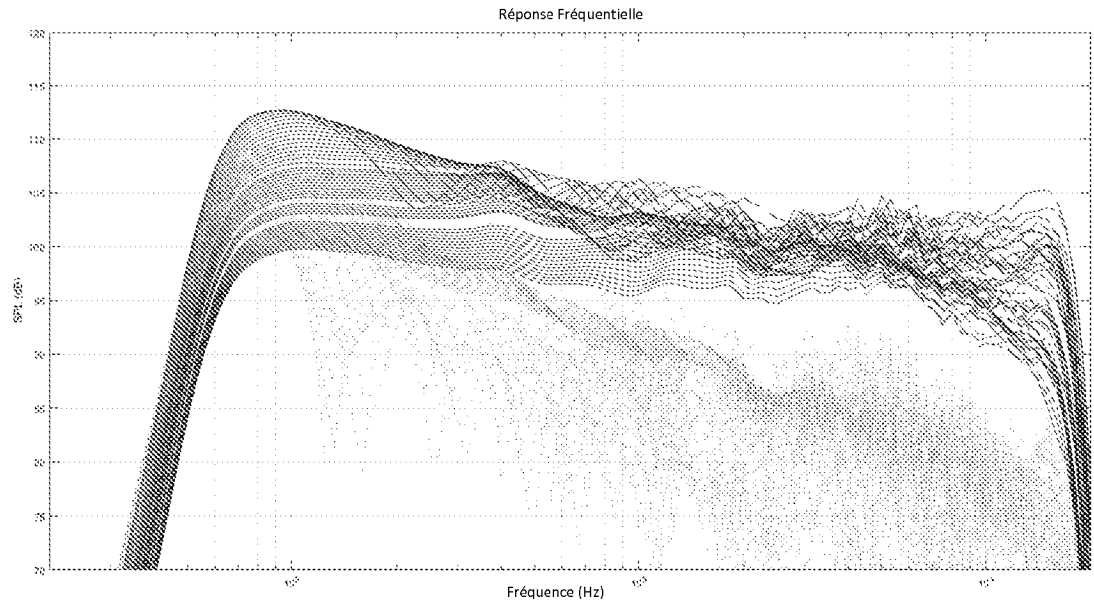


Fig. 9b

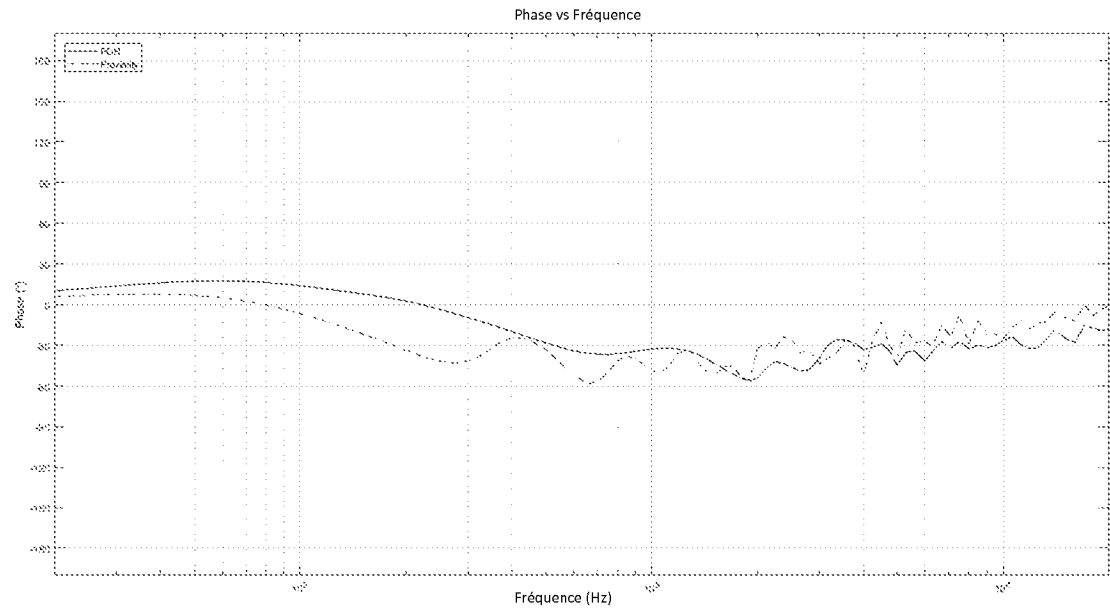


Fig. 9c

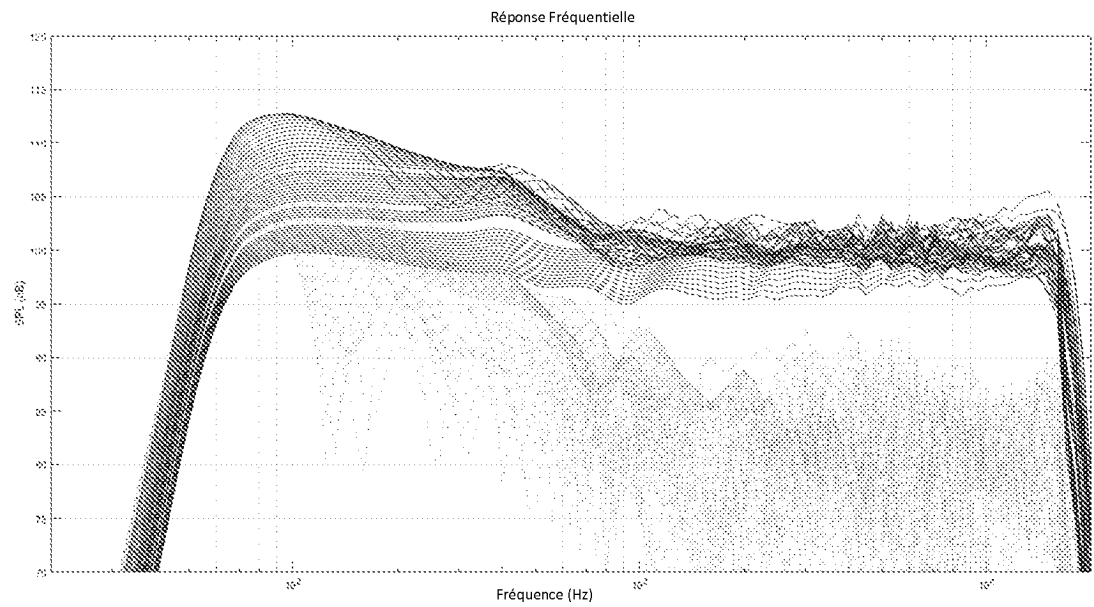


Fig. 9d

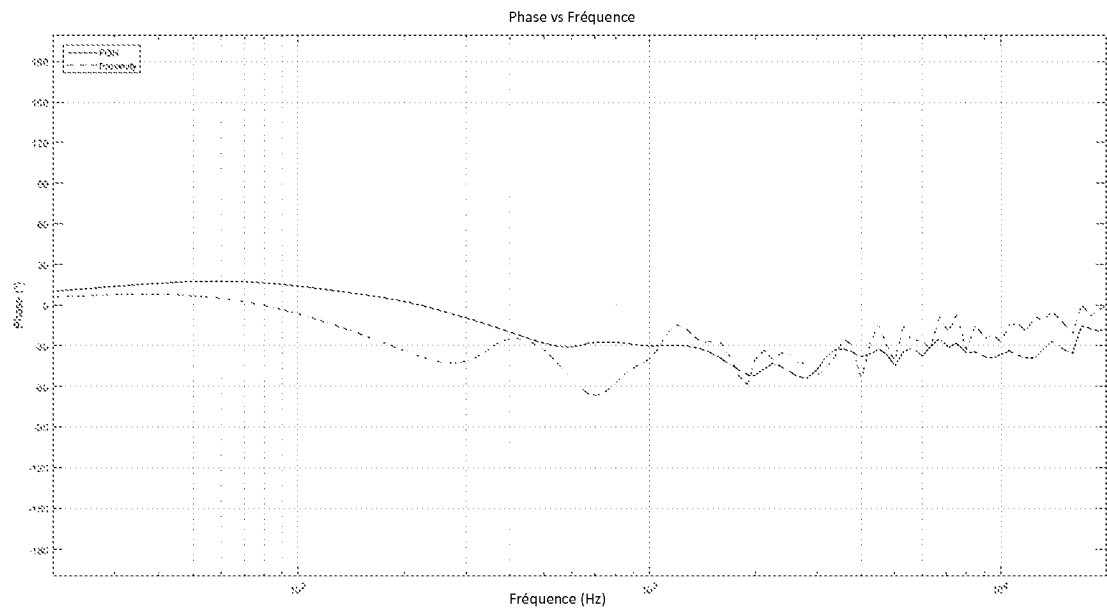


Fig. 9e

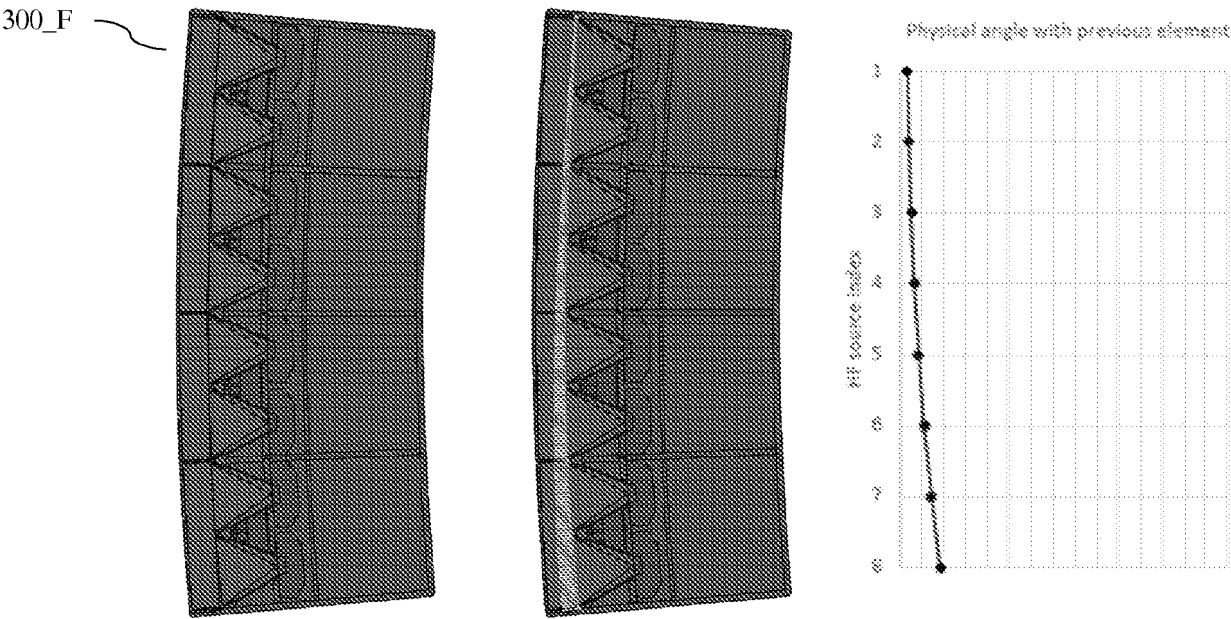


Fig. 10

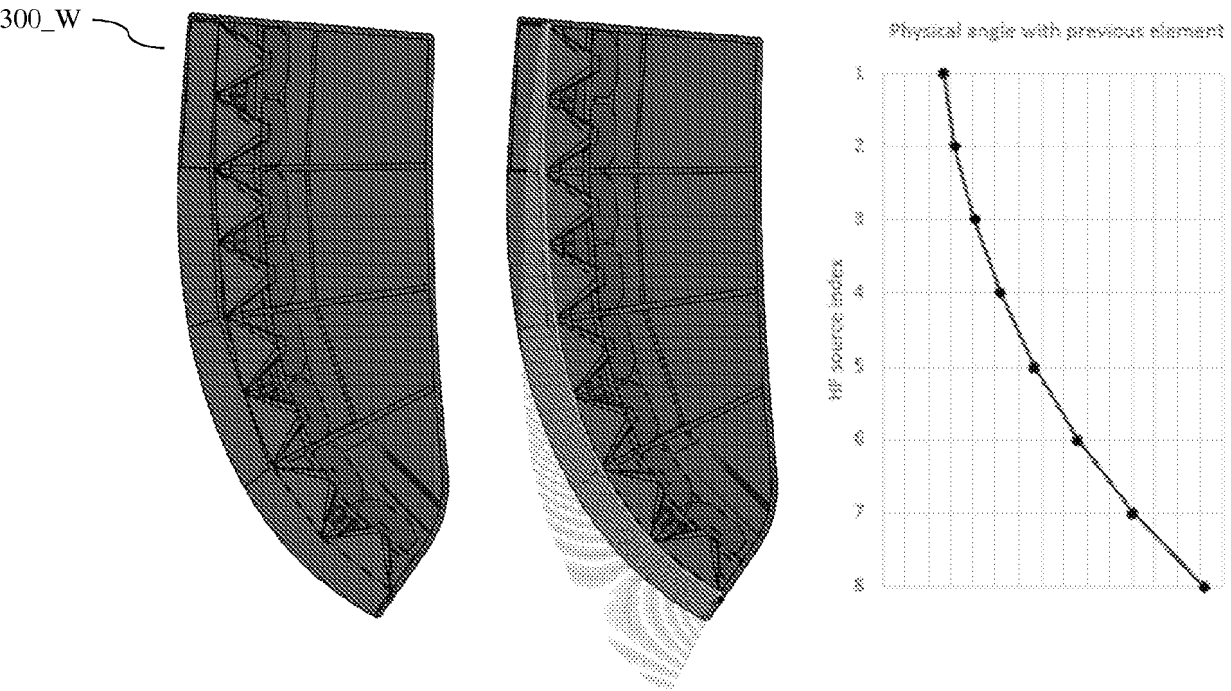


Fig. 11

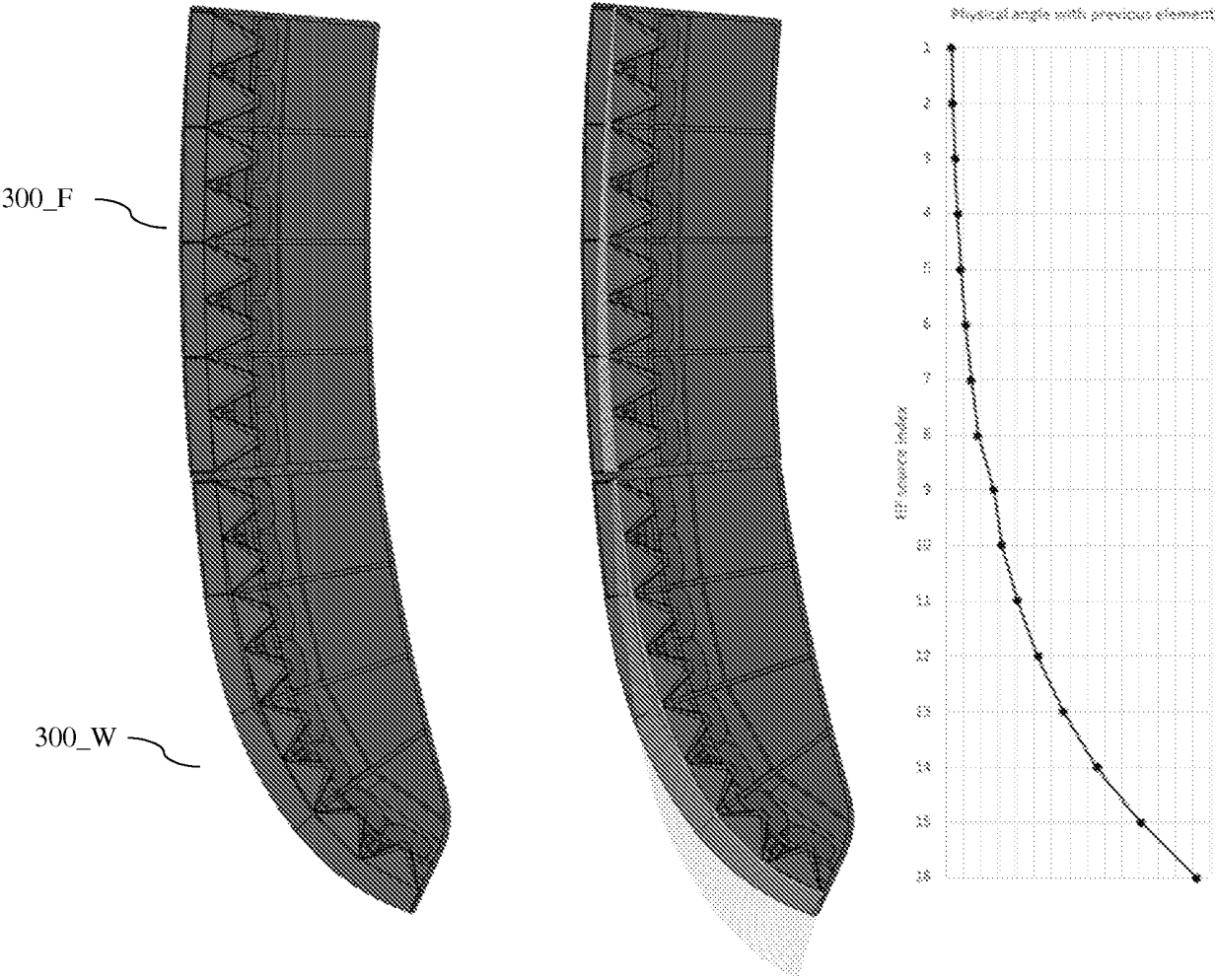


Fig. 12

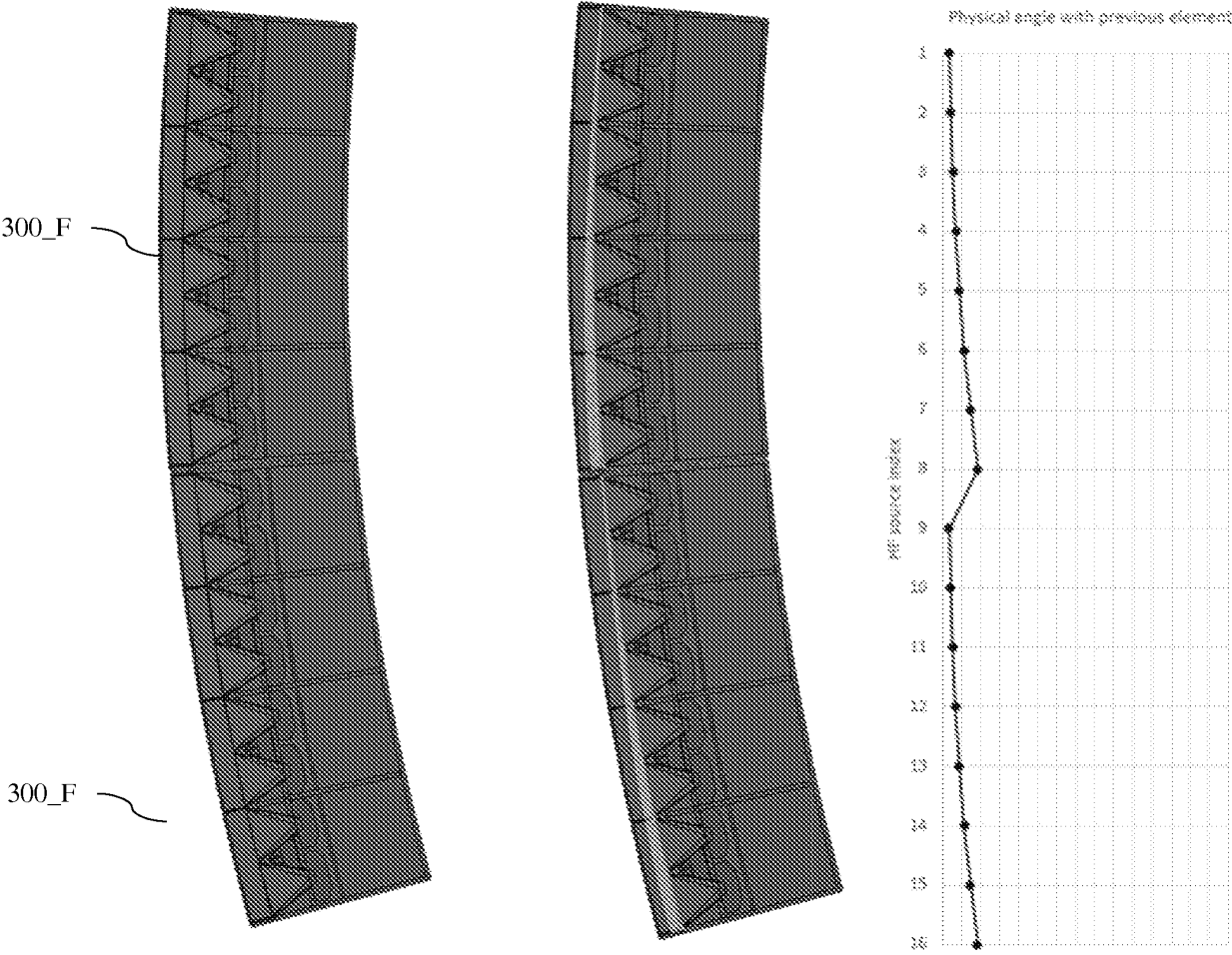


Fig. 13

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

- EP 1686830 A1 [0007]
- EP 3063950 B1 [0093]