(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
16 janvier 2025 (16.01.2025)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2025/012201 A1

(51) Classification internationale des brevets :
E04C 2/36 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2024/069184

(22) Date de dépôt international :
08 juillet 2024 (08.07.2024)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2307562 13 juillet 2023 (13.07.2023) FR

(71) Déposant : **SAINT-GOBAIN PLACO** [FR/FR] ; Tour Saint-Gobain, 12 Place de l'Iris, 92400 COURBEVOIE (FR).

(72) Inventeurs : **JACQUS, Gary** ; 39 quai Lucien Lefranc, 93300 AUBERVILLIERS (FR). **IURASOV, Volodymyr** ; 39 quai Lucien Lefranc, 93300 AUBERVILLIERS (FR). **BERGER, Sylvain** ; 39 quai Lucien Lefranc, 93300 AUBERVILLIERS (FR). **OZOUF, Pascal** ; Tour Saint-Gobain, 12 Place de l'Iris, 92400 COURBEVOIE (FR). **RICCARDI, Francesco** ; 39 quai Lucien Lefranc, 93300 AUBERVILLIERS (FR). **MOREAU, Sébastien** ; 39 quai Lucien Lefranc, 93300 AUBERVILLIERS (FR). **FAOU, Jean-Yvon** ; 39 quai Lucien Lefranc, 93300 AUBERVILLIERS (FR). **ROBERT, Eric** ; Tour Saint-Gobain, 12 Place de l'Iris, 92400 COURBEVOIE (FR).

(74) Mandataire : **SAINT-GOBAIN RECHERCHE** ; Département de Propriété Industrielle, 41 Quai Lucien Lefranc, B.P. 135, 93303 Aubervilliers (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH,

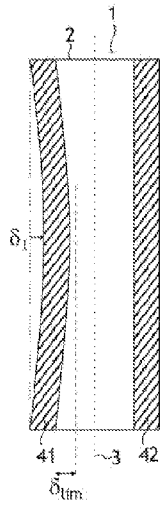
(54) **Title:** SOUND-INSULATING WALL SYSTEM

(54) **Titre :** SYSTÈME MURAL D'ISOLATION ACOUSTIQUE

(57) **Abstract:** The present invention relates to a system, in particular a drywall panel, comprising a core extending in a main plane, a first facing plate and a wall structure, the first plate and the wall structure being arranged on either side of the core and each extending in a plane parallel to the main plane, the first plate and the wall structure being fixedly mounted to the core, the first plate having a first stiffness k_1 of less than 30,000 N.m^{-1}.

(57) **Abrégé :** La présente invention concerne système, notamment un panneau de cloison sèche, comprenant une âme s'étendant selon un plan principal, une première plaque de parement et une structure murale, la première plaque et la structure murale étant agencées de part et d'autre de l'âme et s'étendant chacune dans un plan parallèle au plan principal, la première plaque et la structure murale étant montées fixes à l'âme, la première plaque présente une première raideur k_1 inférieure à 30 000 N.m^{-1}.

[Fig. 1]



WO 2025/012201 A1

[Suite sur la page suivante]

GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))*

— *en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.*

Description

Titre de l'invention : Système mural d'isolation acoustique

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne un système mural d'isolation acoustique et en particulier un panneau de cloison sèche.

Etat de la technique

[0002] Il est connu de fabriquer un panneau de cloison sèche comprenant une âme et deux plaques de parement. Les deux plaques de parement sont en plâtre et sont fixées à l'âme de part et d'autre de l'âme. Il est également connu de fabriquer l'âme en métal. Il peut être cependant désirable d'alléger le panneau de cloison et de fabriquer le panneau à moindre coût.

[0003] À cet effet, il est connu de fabriquer l'âme en matériau alvéolaire et particulièrement en carton alvéolaire. Le carton alvéolaire peut être fabriqué en entrecroisant des bandes de cartons. Les tranches des bandes de carton forment une première face et une deuxième face qui sont collées à chacune des plaques de parement. Ainsi, il est possible de réduire le coût de fabrication du panneau de cloison tout en allégeant le panneau de cloison et en permettant au panneau de présenter une rigidité comparable ou supérieure à la rigidité d'un panneau comprenant une âme métallique. Un tel panneau de parement est connu sous la dénomination commerciale de « *Placopan* » (marque déposée). Cependant, l'isolement acoustique du panneau comprenant une âme en carton alvéolaire est inférieure à l'isolement acoustique de panneaux comprenant une âme en métal.

Exposé de l'invention

[0004] Un but de l'invention est de proposer une solution pour fabriquer un système mural d'isolation acoustique présentant des propriétés d'isolation acoustique supérieures aux systèmes connus, et en particulier aux panneaux de cloison sèche comprenant des âmes alvéolaires connues.

[0005] Ce but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à un système mural d'isolation acoustique, , comprenant :

- une âme s'étendant selon un plan principal,
- une première plaque de parement et une structure murale planaire,

la première plaque et la structure étant agencées de part et d'autre de l'âme et s'étendant chacune dans un plan parallèle au plan principal, la première plaque et la structure étant montées fixes à l'âme,

le système présentant une première raideur k_1 en compression strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, préférentiellement strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$, la première

raideur k_1 étant mesurée en déformant la première plaque d'une première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal en un point de la première plaque, préférentiellement vers la structure, la première longueur δ_1 étant inférieure ou égale à une longueur limite δ_{lim} comprise entre 1 µm et 50 mm, notamment comprise entre 5 µm et 5 mm et préférentiellement comprise entre 10 µm et 1 mm.

[0006] La présente invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises individuellement ou en l'une quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles :

[0007] - la structure murale planaire est une deuxième plaque de parement, le système formant un panneau de cloison sèche,

[0008] - la première raideur k_1 est mesurée pour une fréquence d'excitation de déformation du système comprise entre 5 Hz et 30 Hz,

[0009] - le système présente une deuxième raideur k_2 en compression strictement supérieure à la première raideur k_1, la deuxième raideur k_2 étant mesurée en déformant la première plaque d'une deuxième longueur δ_2 strictement supérieure à la longueur limite δ_{lim} dans une direction perpendiculaire au plan principal au point de la première plaque, préférentiellement vers la structure, la deuxième raideur k_2 étant notamment supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$ et de préférence supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$,

[0010] - la deuxième raideur k_2 est mesurée pour une fréquence d'excitation de déformation du système comprise entre 5 Hz et 30 Hz,

[0011] - l'âme est formée au moins en partie par un matériau alvéolaire,

[0012] - l'âme s'étend entre une première face et une deuxième face agencées de part et d'autre du plan principal, l'âme étant en contact avec la première plaque sur une partie de la première face, une autre partie de la première face étant agencée à une distance de la première plaque égale à la longueur limite δ_{lim},

[0013] - l'âme comprend une pluralité de bossages définis par la première face, chaque bossage étant en contact avec la première plaque, l'épaisseur maximum des bossages dans la direction perpendiculaire au plan principal étant égale à la longueur limite δ_{lim},

[0014] – le système comprend un réseau de bossages,

[0015] - le réseau de bossages est un réseau régulier à une dimension ou à deux dimensions,

[0016] - le matériau alvéolaire comprend des bandes parallèles entre-elles formant un premier réseau de bandes et d'autres bandes parallèles entre-elles formant un deuxième réseau de bandes, chaque bande présentant deux tranches parallèles agencées de part à d'autre du plan principal, les bandes s'étendant selon leurs longueurs dans le plan principal, les bandes du premier réseau étant entrecroisées aux bandes du deuxième réseau, la première face étant formée par l'ensemble des tranches d'un côté du plan principal, la deuxième face étant formée par l'ensemble des tranches de l'autre côté du

plan principal, une distance entre les tranches des bandes du premier réseau formant la première face et entre les tranches des bandes du deuxième réseau formant la première face étant égale à la première longueur δ_1 ,

[0017] - l'âme comprend un premier élément constitué du matériau alvéolaire et un deuxième élément monté fixe au premier élément, la première face de l'âme étant formée par une face du deuxième élément opposée au premier élément par rapport au deuxième élément,

[0018] - la première plaque comprend une pluralité de bossages, chaque bossage étant en contact avec l'âme, l'épaisseur maximum des bossages dans la direction perpendiculaire au plan principal étant égale à la longueur limite δ_{lim},

[0019] - les bossages sont formés par un matériau présentant un facteur de perte η supérieur ou égal à 0,1,

[0020] - le matériau est au moins choisi parmi une laine minérale, une mousse, et un matériau viscoélastique,

[0021] – la structure murale planaire est une deuxième plaque de parement, le système formant un panneau de cloison sèche et le système présente une troisième raideur k_3 en compression strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, notamment strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$, la troisième raideur k_3 étant mesurée en déformant la deuxième plaque de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal en un point de la deuxième plaque, préférentiellement vers la première plaque,

[0022] - la troisième raideur k_3 est mesurée pour une fréquence d'excitation de déformation du système comprise entre 5 Hz et 30 Hz,

[0023] – la structure murale planaire est une deuxième plaque de parement, le système formant un panneau de cloison sèche et le système présente une quatrième raideur k_4 en compression strictement supérieure à la troisième raideur k_3, la quatrième raideur k_4 étant mesurée en déformant la deuxième plaque de la deuxième longueur δ_2 dans une direction perpendiculaire au plan principal au point de la deuxième plaque, préférentiellement vers la première plaque, la quatrième raideur k_4 étant préférentiellement supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$, notamment supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$,

[0024] - la quatrième raideur k_4 est mesurée pour une fréquence d'excitation de déformation du système comprise entre 5 Hz et 30 Hz,

[0025] - l'âme comprend une première zone de contact, coïncidant avec la première face, la première zone de contact étant montée fixe sur la première plaque, l'âme comprenant une deuxième zone de contact, coïncidant avec la première face, la deuxième zone de contact étant montée fixe sur la première plaque, l'âme comprenant également une troisième zone de contact, coïncidant avec la première face, la troisième zone de contact étant en contact avec la première plaque et dépourvue de fixation à la première

plaque de sorte que le contact entre la première plaque et la troisième zone de contact peut être rompu sous l'effet d'une contrainte mécanique appliquée à la première plaque,

[0026] - la première zone de contact et la deuxième zone de contact sont montées fixes à la première plaque au moyen d'une colle, et la troisième zone de contact est dépourvue de colle,

[0027] - l'âme comprend une pluralité de dispositifs d'appui pour l'entretoisement de la première plaque et de la structure, chaque dispositif comprenant :
une première platine, la première platine comprenant une troisième face adaptée à être montée fixe à la première plaque de parement, l'ensemble des troisièmes faces formant la première face
une deuxième platine, la deuxième platine comprenant une quatrième face adaptée à être montée fixe à la structure de parement, l'ensemble des quatrièmes faces formant la deuxième face
au moins une tige d'espacement, la tige d'espacement étant montée fixe à la première platine et à la deuxième platine et s'étendant entre la première platine et la deuxième platine.

[0028] - le dispositif présente une cinquième raideur k_5 en compression entre la première platine et la deuxième platine strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, préférentiellement strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$, la cinquième raideur k_5 étant mesurée en déformant la première platine de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal en un point de la première platine vers la deuxième platine,

[0029] - le dispositif présente une sixième raideur k_6 en compression strictement supérieure à la cinquième raideur k_5, la sixième raideur k_6 étant mesurée en déformant la première platine de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal en un point de la première platine vers la deuxième platine, la sixième raideur k_6 étant notamment supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$ et de préférence supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$,

[0030] - le dispositif présente une première raideur angulaire $k\theta_1$ en flexion mesurée entre la première platine et la deuxième platine strictement inférieure à 10^5 $N.mm.rad^{-1}$, notamment strictement inférieure à 5.10^4 $N.mm.rad^{-1}$ et de préférence strictement inférieure à 10^4 $N.mm.rad^{-1}$.

Description des figures

[0031] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0032] [Fig.1] - la [Fig.1] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0033] [Fig.2] - la [Fig.2] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0034] [Fig.3] - la [Fig.3] illustre des raideurs en compression d'un système connu et d'un système selon un mode de réalisation de l'invention pour différentes amplitudes du déplacement d'une paroi de chacun des systèmes,

[0035] [Fig.4] - la [Fig.4] illustre schématiquement un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0036] [Fig.5] - la [Fig.5] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0037] [Fig.6] - la [Fig.6] illustre schématiquement un réseau de bossages d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0038] [Fig.7] - la [Fig.7] illustre schématiquement un réseau de bossages d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0039] [Fig.8] - la [Fig.8] illustre schématiquement un réseau de bossages d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0040] [Fig.9] - la [Fig.9] illustre schématiquement un réseau de bossages d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0041] [Fig.10] - la [Fig.10] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0042] [Fig.11] - la [Fig.11] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0043] [Fig.12] - la [Fig.12] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0044] [Fig.13] - la [Fig.13] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0045] [Fig.14] - la [Fig.14] illustre schématiquement une section d'un système selon un mode de réalisation de l'invention,

[0046] [Fig.15] - la [Fig.15] illustre schématiquement une coupe d'un panneau de cloison sèche comprenant une âme formée par des dispositifs d'entretoisement,

[0047] [Fig.16] - la [Fig.16] illustre schématiquement une coupe d'un dispositif d'entretoisement,

[0048] [Fig.17] - la [Fig.17] illustre schématiquement une coupe d'un dispositif d'entretoisement,

[0049] [Fig.18] - la [Fig.18] illustre schématiquement une coupe d'un dispositif d'entretoisement,

[0050] [Fig.19] - la [Fig.19] illustre schématiquement une coupe d'un dispositif d'entretoisement,

[0051] [Fig.20] - la [Fig.20] illustre l'isolement acoustique d'un système connu et de deux systèmes selon des modes de réalisation de l'invention sur une gamme de fréquences.

[0052] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

Définitions

[0053] Une raideur, en particulier une raideur en compression d'un système et particulièrement d'un panneau de cloison sèche, entre deux points ou deux faces, peut être calculée de manière connue en utilisant un programme d'ordinateur mettant en œuvre une simulation mécanique numérique du système par la méthode des éléments finis. En particulier, une telle simulation peut être mise en œuvre en prédéterminant la géométrie du système, son/ses matériaux, et les conditions limites appliquées au système. Le document Guigou-Carter *et al.* (Guigou-Carter, C., Foret, R., Igeleke, A., & Bailhache, S., 2012, Avril, *Characterization of metallic studs used in gypsum board single frame walls,* dans *Acoustics* 2012) décrit une méthode de mesure d'une raideur en compression de panneaux de cloison sèche comprenant des éléments d'ossature en utilisant une modélisation par la méthode des éléments finis.

[0054] On entend par « *raideur* » une raideur mesurée pour une fréquence d'excitation de l'élément dont on mesure la raideur comprise entre 5 Hz et 30 Hz. Cette gamme de fréquence définit un régime appelé « quasi-statique ». En effet, cette gamme de fréquence permet de mesurer une raideur indépendante des dimensions du système et des conditions aux limites appliquées en bordure du système.

Description détaillée de l'invention

[0055] *Architecture générale du système 1*

[0056] La [Fig.1] et la [Fig.2] illustrent un système 1. Le système 1 comprend une âme 2 s'étendant selon un plan principal 3. Il comprend également une première plaque 41 de parement et une structure 42 murale panaire.

[0057] La structure 42 murale planaire peut être choisie parmi un mur, une deuxième plaque de parement, par exemple une deuxième plaque de parement en plâtre, un plancher et un plafond. Dans le cas d'une deuxième plaque de parement, le système 1 forme un panneau de cloison sèche. La structure peut également être en béton.

[0058] Une plaque de parement, telle que la première plaque de parement 41 et/ou la deuxième plaque de parement 42, peut être une plaque en plâtre. L'épaisseur d'une plaque de parement peut être comprise entre 5 mm et 20 mm, de préférence entre 10 mm et 16 mm.

[0059] La première plaque 41 et la structure 42 sont agencées de part et d'autre de l'âme 2. Elles s'étendent chacune dans un plan parallèle au plan principal 3. La première plaque 41 et la structure 42 sont montées fixes à l'âme 2.

[0060] Le système 1 présente une première raideur k_1 en compression strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, et de préférence strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$. La première raideur k_1 est mesurée en déformant la première plaque 41 d'une première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal 3, en un point de la première plaque 41, préférentiellement vers la structure 42.

[0061] La première longueur δ_1 est inférieure ou égale à une longueur limite δ_{lim} comprise entre 1 µm et 50 mm, notamment comprise entre 5 µm et 5 mm et préférentiellement comprise entre 10 µm et 1 mm.

[0062] Ainsi, lors d'une déformation d'une amplitude qui peut être entraînée par une onde acoustique, de par une raideur de la première paroi 41 significativement plus petite que les raideurs de parois connues, l'énergie d'une onde acoustique incidente à la première paroi 41 est dissipée par la première paroi 41, et l'onde acoustique est amortie. Cela permet d'augmenter l'isolement acoustique d'un système 1. En effet, les systèmes connus comprennent une paroi présentant une raideur de l'ordre de 500 000 $N.m^{-1}$.

[0063] Le système 1 peut présenter une deuxième raideur k_2 en compression strictement supérieure à la première raideur k_1. La deuxième raideur k_2 est mesurée en déformant la première plaque 41 d'une deuxième longueur δ_2 strictement supérieure à la longueur limite δ_{lim} dans une direction perpendiculaire au plan principal 3 au point de la première plaque 41, préférentiellement vers la structure 42. La deuxième raideur k_2 peut être notamment supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$, notamment supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$, et de préférence supérieure à 100 000 $N.m^{-1}$. Ainsi, le système 1 présente une raideur non-linéaire et croissante lors d'une augmentation de l'amplitude de la déformation appliquée. En référence à la [Fig.3], la courbe (a) illustre un système connu présentant une raideur linéaire et quasi-constante strictement supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$ pour une déformation présentant une amplitude allant de 0,3 mm à 5,7 mm. La courbe (b) illustre un système 1 selon un mode de réalisation de l'invention, dans lequel, pour une première longueur δ_1 inférieure ou égale à une longueur limite δ_{lim} égale à 0,9 mm, la première raideur k_1 est égale à 7500 $N.m^{-1}$. Pour une deuxième longueur δ_2 strictement supérieure à la longueur limite δ_{lim}, le système 1 présente une deuxième raideur k_2 strictement supérieure la première raideur k_1. Le système 1 présente ainsi la fois une raideur petite pour de petites déformations, ce qui permet d'amortir les ondes acoustiques, et une grande raideur pour de plus grandes déformations, ce qui permet d'assurer une rigidité mécanique du système suffisante pour son utilisation dans la

construction. Cela permet au système 1 de présenter un isolement acoustique supérieur aux systèmes connus pour une résistance mécanique égale.

[0064] De manière symétrique, dans le cas où la structure 42 est une deuxième plaque de parement, le système 1 étant un panneau de cloison sèche, le panneau 1 peut présenter une troisième raideur k_3 en compression strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, notamment strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$. La troisième raideur k_3 est mesurée en déformant la deuxième plaque de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal 3 en un point de la deuxième plaque 42, préférentiellement vers la première plaque 41. Ainsi, lors d'une déformation d'une amplitude qui peut être entraînée par une onde acoustique, de par une raideur de la première paroi 41 et de la deuxième paroi 42 significativement plus petite que les raideurs de parois connues, l'énergie d'une onde acoustique incidente à la première paroi 41 est dissipée par la première paroi 41 et par la deuxième paroi 42, et l'onde est amortie. Cela permet d'augmenter l'isolement acoustique d'un système 1 au regard de l'isolement acoustique d'un système dans lequel seule la première paroi 41 peut dissiper l'énergie d'une acoustique.

[0065] Dans le cas où la structure 42 est une deuxième plaque de parement, le système 1 étant un panneau de cloison sèche, le système 1 peut présenter une quatrième raideur k_4 en compression strictement supérieure à la troisième raideur k_3. La quatrième raideur k_4 est mesurée en déformant la deuxième plaque 42 de la deuxième longueur δ_2 dans une direction perpendiculaire au plan principal 3 au point de la deuxième plaque 42, préférentiellement vers la première plaque 41. De préférence, la quatrième raideur k_4 est supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$, notamment supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$. Ainsi, la non-linéarité de la raideur du système 1 est augmentée au regard d'un système 1 comprenant seulement une première paroi 41 présentant une raideur non-linéaire.

[0066] *Âme 2 alvéolaire*

[0067] L'âme 2 peut être formée au moins en partie par un matériau alvéolaire. Le matériau alvéolaire peut être une structure alvéolaire cartonnée. Le matériau alvéolaire peut être formé par un réseau de bandes de carton, chaque bande de carton s'étendant selon un plan perpendiculaire au plan principal 3. Ainsi, il est possible d'alléger le système 1 au regard d'un système comprenant une âme formée par une ossature métallique.

[0068] L'âme 2, comprenant un matériau alvéolaire ou pas, peut s'étendre entre une première face 7 et une deuxième face 8 agencées de part et d'autre du plan principal 3. Lorsque l'âme 2 est formée par le matériau alvéolaire décrit ci-avant, la première face 7 et la deuxième face 8 peuvent être formées par les tranches des différentes bandes de carton.

[0069] L'âme 2 peut être en contact avec la première plaque 41 sur une partie de la première face 7, une autre partie de la première face 7 étant agencée à une distance de la première plaque 41 égale à la longueur limite δ_{lim}. Ainsi, une partie de la première plaque 41 peut être déformée en flexion jusqu'à être en contact avec l'âme 2, après avoir été déformée d'une longueur limite δ_{lim}. Après avoir été en contact avec l'âme 2, la raideur en compression du système 1 peut être approximée par la raideur des parois et de l'âme en contact. La paroi 1 peut ainsi présenter les caractéristiques de la raideur en compression définies ci-avant. Une structure équivalente peut être définie entre la structure 42 et la deuxième face 8.

[0070] L'âme 2 peut comprendre des ajours, préférentiellement des ajours traversants. L'âme 2 peut être formée par des bandes formées en matériau alvéolaire séparées les unes des autres. Dans ce mode de réalisation de l'invention, la longueur limite δ_{lim} est égale à la distance séparant la première plaque 41 de la structure 42.

[0071] *Première plaque 41 et deuxième plaque 42*

[0072] La première plaque 41 et/ou la deuxième plaque 42 peut présenter une épaisseur supérieure ou égale à 5 mm, notamment supérieure ou égale à 8 mm et de préférence comprise entre 10 mm et 15 mm. La première plaque 41 et/ou la deuxième plaque 42 peut présenter une longueur comprise entre 2 m et 3 m. La première plaque 41 et/ou la deuxième plaque 42 peut présenter une largeur comprise entre 1 m et 3 m. La première plaque 41 de parement et/ou la deuxième plaque 42 de parement peut être choisie parmi une plaque en plâtre, une plaque en ciment, une plaque de bois, une plaque de composite de bois (en aggloméré par exemple), une plaque formée par un matériau plastique et une plaque formée par un matériau métallique.

[0073] *Bossages 9*

[0074] En référence à la [Fig.5], à la [Fig.6], à la [Fig.7], la [Fig.8], à la [Fig.9], à la [Fig.10], à la [Fig.12] et à la [Fig.13], les parties de la première face 7 en contact ou à distance de la première plaque 41 peuvent être mises en œuvre par des bossages 9. L'âme 2 peut comprendre une pluralité de bossages 9 définis par la première face 7 et/ou par la deuxième face 8. Chaque bossage 9 peut être en contact avec la première plaque 41. L'épaisseur maximum des bossages 9 dans la direction perpendiculaire au plan principal 3 peut être égale à la longueur limite δ_{lim}. Le système 1 peut comprendre un réseau de bossages 9. En référence à la [Fig.6], à la [Fig.7] et à la [Fig.8], le réseau de bossages 9 peut être un réseau régulier à une dimension. En référence à la [Fig.9], le réseau de bossages 9 peut être un réseau régulier à deux dimensions. De manière symétrique, les parties de la deuxième face 8 en contact ou à distance de la deuxième plaque 42 peuvent être mises en œuvre par des bossages 9. Chaque bossage 9 peut être en contact avec la deuxième plaque 42.

[0075] En référence à la [Fig.6], le matériau alvéolaire peut comprendre des bandes parallèles entre-elles formant un premier réseau de bandes et d'autres bandes parallèles entre-elles formant un deuxième réseau de bandes. Chaque bande présente deux tranches parallèles agencées de part à d'autre du plan principal 3. Les bandes s'étendent selon leurs longueurs dans le plan principal 3. Les bandes du premier réseau sont entrecroisées aux bandes du deuxième réseau. La première face 7 est formée par l'ensemble des tranches d'un côté du plan principal 3. La deuxième face 8 est formée par l'ensemble des tranches de l'autre côté du plan principal 3. Une distance entre les tranches des bandes du premier réseau formant la première face et entre les tranches des bandes du deuxième réseau formant la première face est égale à la première longueur δ_1 .

[0076] En référence à la [Fig.7], le réseau de bossages 9 peut comprendre un troisième réseau de bandes s'étendant d'un côté de la première face 7 à un autre côté opposé de la première face 7. Les bandes peuvent être parallèles entre-elles et présenter une épaisseur égale à la longueur limite δ_{lim}. Une section de la première face 7 dans un plan perpendiculaire à la direction selon laquelle s'étendent les bandes peut présenter une forme de créneau. En référence à la [Fig.8], les bandes peuvent être arrondies selon une direction perpendiculaire à la direction dans laquelle elles s'étendent. La première face 7 peut former une sinusoïde dans un plan perpendiculaire à la direction selon laquelle s'étendent les bandes. Les bandes peuvent former un réseau. Le réseau peut présenter un pas, de préférence compris entre 1 mm et 50 cm, notamment entre 5 mm et 10 cm. De manière symétrique, le réseau de bossages 9 peut être un réseau de bandes s'étendant d'un côté de la deuxième face 8 à un autre côté opposé de la deuxième face 8.

[0077] En référence à la [Fig.10], l'âme 2 peut être formée par un premier élément 10 et un deuxième élément 11. Le premier élément 10 peut comprendre le matériau alvéolaire. Le deuxième élément 11 peut être monté fixe au premier élément 10. La première face 7 de l'âme 2 peut être formée par une face du deuxième élément 11 opposée au premier élément 10 par rapport au deuxième élément 11. Ainsi, la fabrication des bossages 9 de la première face 7 peut être simplifiée au regard d'un usinage d'un matériau alvéolaire. Par exemple, la première face peut être moulée.

[0078] En référence à la [Fig.11], la première plaque 41 peut comprendre une pluralité de bossages 9. Chaque bossage 9 est en contact avec l'âme 2. L'épaisseur maximum des bossages 9 dans la direction perpendiculaire au plan principal 3 peut être égale à la longueur limite δ_{lim}. Ainsi, il est possible de simplifier la fabrication de l'âme 2, en fabriquant par exemple une âme 2 présentant une première face 7 plane, tout en conférant au système 1 les propriétés de rigidité précédemment définies.

[0079] *Matériau dissipant*

[0080] En référence à la [Fig.12] et à la [Fig.13], les bossages 9 peuvent être formés par un matériau présentant un facteur de perte η supérieur ou égal à 0,1, notamment supérieure ou égale à 0,2 et préférentiellement supérieur ou égal à 1. Le matériau peut être au moins choisi parmi une laine minérale, une mousse et un matériau viscoélastique. Par exemple, la surface des bossages 9 peut être recouverte du matériau. Des parties traversantes de l'âme 2 peuvent être formées par le matériau, comme illustré par la [Fig.13]. Ainsi, il est possible de diminuer la raideur du système 1 pour des déformations entraînant un déplacement d'une amplitude inférieure à la longueur limite δ_{lim}, tout en gardant une raideur égale pour des déplacements d'une amplitude supérieure la raideur limite. En d'autres termes, il est possible d'augmenter la non-linéarité de la raideur en compression du système 1 au regard d'un système 1 dépourvu de bossages comprenant un matériau dissipant.

[0081] En référence à la [Fig.14], une raideur, préférentiellement la première raideur k_1, peut être mesurée en déformant la première plaque 41 de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal 3 en un point de la première plaque 41 vers l'extérieur du système 1. L'âme 2 peut comprendre une première zone de contact 12 qui coïncide avec la première face 7. La première zone de contact 12 est montée fixe sur la première plaque 41. L'âme 2 comprend une deuxième zone de contact 13, qui coïncide avec la première face 7. La deuxième zone de contact 13 est montée fixe sur la première plaque 41. L'âme 2 comprend également une troisième zone de contact 14 qui coïncide avec la première face 7. La troisième zone de contact 14 est en contact avec la première plaque 41 et dépourvue de fixation à la première plaque 41 de sorte que le contact entre la première plaque 4 et la troisième zone de contact 14 peut être rompu sous l'effet d'une contrainte mécanique appliquée à la première plaque 41. Ainsi, une onde acoustique se propageant depuis l'âme 2 vers la première plaque 41 déforme la première plaque 41 vers l'extérieur du système 1. Cela permet une dissipation de l'onde acoustique et ainsi une augmentation de l'isolement acoustique procuré par le système 1. La première zone de contact 12 et la deuxième zone de contact 13 peuvent être montées fixes à la première plaque 41 au moyen d'une colle. Dans ce cas, la troisième zone de contact 14 est dépourvue de colle.

[0082] *Ame 2 comprenant des dispositifs 15 d'appui pour l'entretoisement de la première plaque 41 et de la structure 42*

[0083] En référence à la [Fig.15], à la [Fig.16], la [Fig.17], la [Fig.18] et à la [Fig.19], l'âme 2 peut comprendre une pluralité de dispositifs 15 d'appui pour l'entretoisement de la première plaque 41 et de la structure 42.

[0084] En référence à la [Fig.16] et la [Fig.17], un dispositif 15 peut comprendre une première platine 16. La première platine 16 comprend une troisième face 18 adaptée à être montée fixe à la première plaque 41 de parement. L'ensemble des troisièmes

faces 18 forme la première face 7. Le dispositif 15 peut comprendre une deuxième platine 17. La deuxième platine 17 comprend une quatrième face 19 adaptée à être montée fixe à la structure 42 de parement. L'ensemble des quatrièmes faces 18 forme la deuxième face 7. Le dispositif peut comprendre au moins une tige d'espacement 20. La tige d'espacement 20 est montée fixe à la première platine 16 et à la deuxième platine 17 et au moins une tige d'espacement 20 s'étend entre la première platine 16 et la deuxième platine 17. Ainsi, de par l'utilisation de dispositifs 15 d'entretoisement ponctuels définis précédemment, les émissions de dioxyde de carbone lors de la fabrication du système 1 sont réduites, et en particulier lors de la fabrication de l'âme 2, notamment au regard d'un système comprenant une âme formée par une ossature métallique.

[0085] Le dispositif 15 peut présenter une cinquième raideur k_5 en compression entre la première platine 16 et la deuxième platine 17 strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, préférentiellement strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$. La cinquième raideur k_5 est mesurée en déformant la première platine 16 de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal 3 en un point de la première platine 16 vers la deuxième platine 17. Ainsi, le système 1 peut présenter la première raideur k_1 définie ci-avant en compression.

[0086] Le dispositif 15 peut présenter une sixième raideur k_6 en compression strictement supérieure à la cinquième raideur k_5. La sixième raideur k_6 est mesurée en déformant la première platine 16 de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal 3 en un point de la première platine 16 vers la deuxième platine 17. La sixième raideur k_6 peut être supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$ et de préférence supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$. Ainsi, le système 1 peut présenter la deuxième raideur k_2 définie ci-avant en compression.

[0087] En référence à la [Fig.16] et à la [Fig.17], la première platine 16 peut être reliée à la tige d'espacement par une membrane flexible 21. La tige d'espacement 20 peut comprendre une nervure 22 espacée de la longueur limite δ_{lim} de la première platine 16. Ainsi, pour une compression d'une amplitude égale à une première longueur δ_1 le dispositif 15 présente la cinquième raideur k_5. Pour une compression d'une amplitude supérieure δ_2 strictement supérieure à la longueur limite δ_{lim}, la nervure 22 vient en butée de la première platine 16 de sorte que le dispositif 15 présente la sixième raideur k_6.

[0088] Le dispositif 15 peut présenter une première raideur angulaire $k\theta_1$ en flexion mesurée entre la première platine 16 et la deuxième platine 17 strictement inférieure à 10^5 $N.mm.rad^{-1}$, notamment strictement inférieure à 5.10^4 $N.mm.rad^{-1}$ et de préférence strictement inférieure à 10^4 $N.mm.rad^{-1}$. La première raideur angulaire $k\theta_1$ en flexion

peut être mesuré entre la première platine 16 et la deuxième platine 17 en déformant le dispositif 15 d'un premier angle α_1 inférieur ou égal à un angle limite α_{lim}. Ainsi, le système 1 peut présenter la première raideur k_1 définie ci-avant en compression.

[0089] Le dispositif 15 peut présenter une deuxième raideur angulaire $k\theta_2$ en flexion mesurée entre la première platine 16 et la deuxième platine 17 supérieure à 10^5 N.mm.rad^{-1}, notamment supérieure à 10^6 N.mm.rad^{-1} et de préférence supérieure à 2. 10^6 N.mm.rad^{-1}. Ainsi, le système 1 peut présenter la deuxième raideur k_2 définie ci-avant en compression.

[0090] En référence à la [Fig.18] et à la [Fig.19], la première platine 16 et la deuxième platine 17 peuvent être séparées par une longueur constante L_1. L'une des tiges d'espacement 20 peut être montée fixe au centre de la deuxième platine 17. Une pluralité de tiges d'espacement 20 peuvent être montées fixes sur la bordure de la deuxième platine 17, présentant une deuxième longueur L_2 strictement inférieure à la première longueur L_1. Ainsi, lors d'une déformation angulaire d'un deuxième angle α_2 supérieur à un angle limite α_{lim}, la première platine 15 vient en butée d'une extrémité d'une tige d'espacement 20 montée fixe en bordure de la deuxième platine 17, ce qui permet de conférer au dispositif 15 la deuxième rigidité angulaire $k\theta_2$ définie précédemment.

[0091] *Résultats*

[0092] En référence à la [Fig.20], un système 1 selon un mode de réalisation de l'invention permet d'augmenter l'isolement acoustique au regard des systèmes connus, notamment dans une gamme de fréquence comprise entre 250 Hz et 4000 Hz. La courbe (a) illustre l'isolement acoustique R d'un système connu. La courbe (b) illustre l'isolement acoustique d'un système selon un mode de réalisation de l'invention, comprenant une âme formée en matériau alvéolaire, l'âme comprenant des ajours de sorte qu'elle est formée par des bandes de matériau alvéolaire séparées par un espace. La courbe (c) illustre l'isolement acoustique d'un système selon un mode de réalisation de l'invention, comprenant une âme formée en matériau alvéolaire, l'âme comprenant des ajours de sorte qu'elle est formée par des bandes de matériau alvéolaire séparées par un espace.

Revendications

[Revendication 1] Système (1) mural d'isolation acoustique, , comprenant :
- une âme (2) s'étendant selon un plan principal (3),
- une première plaque (41) de parement et une structure (42) murale planaire,
la première plaque (41) et la structure (42) étant agencées de part et d'autre de l'âme (2) et s'étendant chacune dans un plan parallèle au plan principal (3), la première plaque (41) et la structure (42) étant montées fixes à l'âme (2),
caractérisé en ce que :
le système (1) présente une première raideur k_1 en compression strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, préférentiellement strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$, la première raideur k_1 étant mesurée en déformant la première plaque (41) d'une première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal (3) en un point de la première plaque (41), préférentiellement vers la structure (42), la première longueur δ_1 étant inférieure ou égale à une longueur limite δ_{lim} comprise entre 1 µm et 50 mm, notamment comprise entre 5 µm et 5 mm et préférentiellement comprise entre 10 µm et 1 mm et présente une deuxième raideur k_2 en compression strictement supérieure à la première raideur k_1, la deuxième raideur k_2 étant mesurée en déformant la première plaque (41) d'une deuxième longueur δ_2 strictement supérieure à la longueur limite δ_{lim} dans une direction perpendiculaire au plan principal (3) au point de la première plaque (41), préférentiellement vers la structure (42), la deuxième raideur k_2 étant notamment supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$ et de préférence supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$.

[Revendication 2] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication 1, dans lequel la structure (42) murale planaire est une deuxième plaque de parement, le système (1) formant un panneau de cloison sèche.

[Revendication 3] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications précédentes,dans lequel l'âme (2) est formée au moins en partie par un matériau alvéolaire.

[Revendication 4] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication précédente, dans lequel l'âme (2) s'étend entre une première face (7) et une deuxième face (8) agencées de part et d'autre du plan principal (3) et dans lequel l'âme (2) est en contact avec la première plaque

(41) sur une partie de la première face (7), une autre partie de la première face (7) étant agencée à une distance de la première plaque (41) égale à la longueur limite δ_{lim}.

[Revendication 5] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication précédente, dans lequel l'âme (2) comprend une pluralité de bossages (9) définis par la première face (7), chaque bossage (9) étant en contact avec la première plaque (41), l'épaisseur maximum des bossages (9) dans la direction perpendiculaire au plan principal (3) étant égale à la longueur limite δ_{lim}.

[Revendication 6] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication précédente, comprenant un réseau de bossages (9), dans lequel le réseau de bossages (9) est préférentiellement un réseau régulier à une dimension ou à deux dimensions.

[Revendication 7] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications 3 à 6, dans lequel le matériau alvéolaire comprend des bandes parallèles entre-elles formant un premier réseau de bandes et d'autres bandes parallèles entre-elles formant un deuxième réseau de bandes, chaque bande présentant deux tranches parallèles agencées de part à d'autre du plan principal (3), les bandes s'étendant selon leurs longueurs dans le plan principal (3), les bandes du premier réseau étant entrecroisées aux bandes du deuxième réseau, la première face (7) étant formée par l'ensemble des tranches d'un côté du plan principal (3), la deuxième face étant formée par l'ensemble des tranches de l'autre côté du plan principal (3), une distance entre les tranches des bandes du premier réseau formant la première face (7) et entre les tranches des bandes du deuxième réseau formant la première face (8) étant égale à la première longueur δ_1 .

[Revendication 8] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications 3 à 7, dans lequel l'âme (2) comprend un premier élément (10) constitué du matériau alvéolaire et un deuxième élément (11) monté fixe au premier élément (10), la première face (7) de l'âme (2) étant formée par une face du deuxième élément (11) opposée au premier élément (10) par rapport au deuxième élément (11).

[Revendication 9] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication 3, dans lequel la première plaque (41) comprend une pluralité de bossages (9), chaque bossage (9) étant en contact avec l'âme (2), l'épaisseur maximum des bossages (9) dans la direction

perpendiculaire au plan principal (3) étant égale à la longueur limite δ_{lim}.

[Revendication 10] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications 5 à 9, dans lequel les bossages (9) sont formés par un matériau présentant un facteur de perte η supérieur ou égal à 0,1, le matériau étant préférentiellement au moins choisi parmi une laine minérale, une mousse, et un matériau viscoélastique.

[Revendication 11] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel la structure (42) murale planaire est une deuxième plaque de parement, le système (1) formant un panneau de cloison sèche, le système (1) présentant une troisième raideur k_3 en compression strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, notamment strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$, la troisième raideur k_3 étant mesurée en déformant la deuxième plaque de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal (3) en un point de la deuxième plaque, préférentiellement vers la première plaque (41).

[Revendication 12] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication 11, le système (1) présentant une quatrième raideur k_4 en compression strictement supérieure à la troisième raideur k_3, la quatrième raideur k_4 étant mesurée en déformant la deuxième plaque (42) de la deuxième longueur δ_2 dans une direction perpendiculaire au plan principal (3) au point de la deuxième plaque (42), préférentiellement vers la première plaque (41), la quatrième raideur k_4 étant préférentiellement supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$, notamment supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$.

[Revendication 13] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel l'âme (2) comprend une première zone de contact (12), coïncidant avec la première face (7), la première zone de contact (12) étant montée fixe sur la première plaque (41), l'âme (2) comprenant une deuxième zone de contact (13), coïncidant avec la première face (7), la deuxième zone de contact (13) étant montée fixe sur la première plaque (41), l'âme (2) comprenant également une troisième zone de contact (14), coïncidant avec la première face (7), la troisième zone de contact (14) étant en contact avec la première plaque (41) et dépourvue de fixation à la première plaque (41) de sorte que le contact entre la première plaque

(41) et la troisième zone de contact (14) peut être rompu sous l'effet d'une contrainte mécanique appliquée à la première plaque (41).

[Revendication 14] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication 13, dans lequel la première zone de contact (12) et la deuxième zone de contact (13) sont montées fixes à la première plaque (41) au moyen d'une colle, et dans lequel la troisième zone de contact (14) est dépourvue de colle.

[Revendication 15] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'âme comprend une pluralité de dispositifs (15) d'appui pour l'entretoisement de la première plaque (41) et de la structure (42), chaque dispositif (15) comprenant :
- une première platine (16), la première platine (16) comprenant une troisième face (18) adaptée à être montée fixe à la première plaque (41) de parement, l'ensemble des troisièmes faces (18) formant la première face (7)
- une deuxième platine (17), la deuxième platine (17) comprenant une quatrième face (19) adaptée à être montée fixe à la structure (42), l'ensemble des quatrièmes faces (18) formant la deuxième face (7)
- au moins une tige d'espacement (20), la tige d'espacement (20) étant montée fixe à la première platine (16) et à la deuxième platine (17) et s'étendant entre la première platine (16) et la deuxième platine (17).

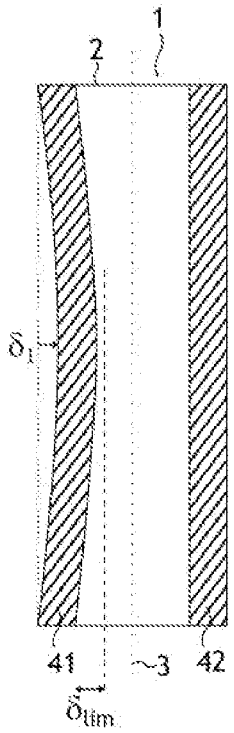
[Revendication 16] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif (15) présente une cinquième raideur k_5 en compression entre la première platine (16) et la deuxième platine (17) strictement inférieure à 30 000 $N.m^{-1}$, préférentiellement strictement inférieure à 20 000 $N.m^{-1}$, la cinquième raideur k_5 étant mesurée en déformant la première platine (16) de la première longueur δ_1 dans une direction perpendiculaire au plan principal (3) en un point de la première platine (16) vers la deuxième platine (17).

[Revendication 17] Système (1) mural d'isolation acoustique selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif (15) présente une sixième raideur k_6 en compression strictement supérieure à la cinquième raideur k_5, la sixième raideur k_6 étant mesurée en déformant la première platine (16) de la première longueur δ_1 dans une direction

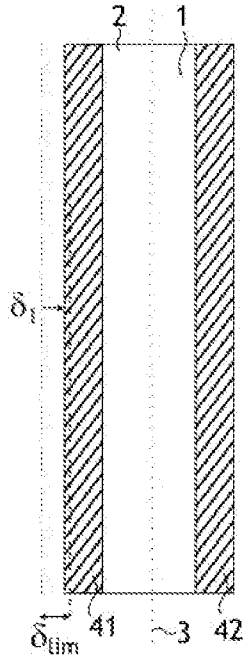
perpendiculaire au plan principal (3) en un point de la première platine (16) vers la deuxième platine (17), la sixième raideur k_6 étant notamment supérieure à 30 000 $N.m^{-1}$ et de préférence supérieure à 50 000 $N.m^{-1}$.

[Revendication 18] Système (1) mural d'isolation acoustique selon l'une des revendications 15 à 17, dans lequel le dispositif (15) présente une première raideur angulaire $k\theta_1$ en flexion mesurée entre la première platine (16) et la deuxième platine (17) strictement inférieure à 10^5 $N.mm.rad^{-1}$, notamment strictement inférieure à 5.10^4 $N.mm.rad^{-1}$ et de préférence strictement inférieure à 10^4 $N.mm.rad^{-1}$.

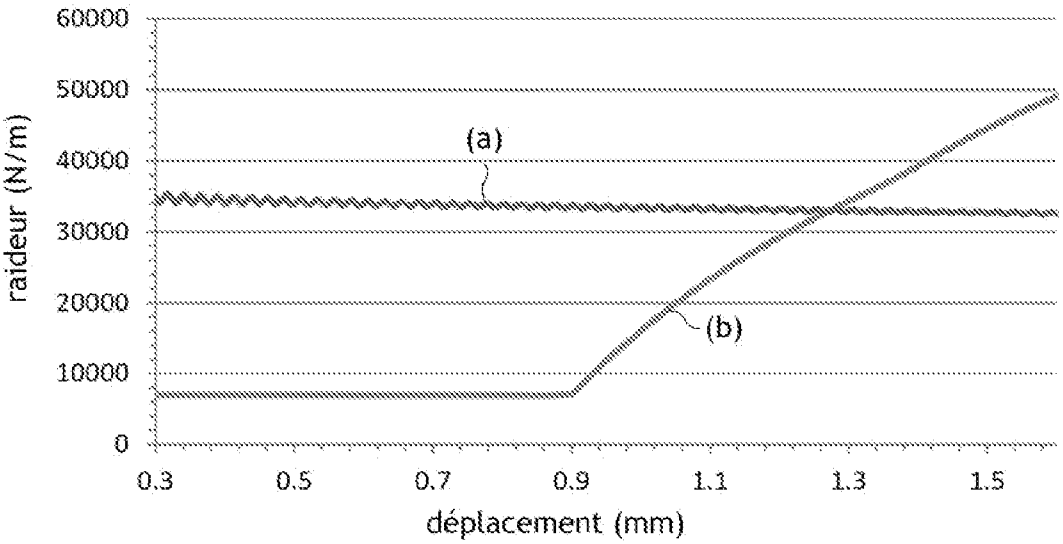
[Fig. 1]



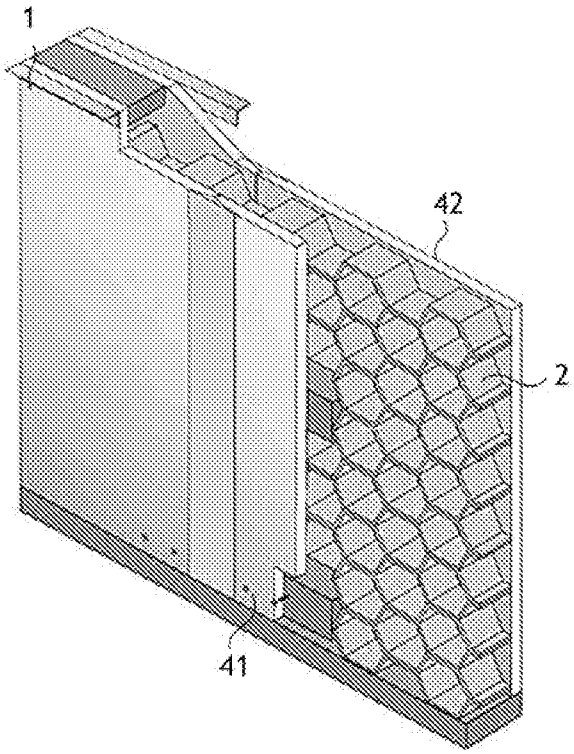
[Fig. 2]



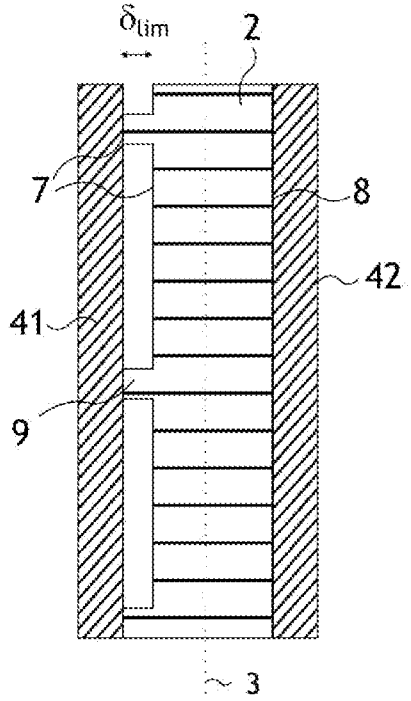
[Fig. 3]


60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
raideur (N/m)
(a)
(b)
0.3
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
déplacement (mm)

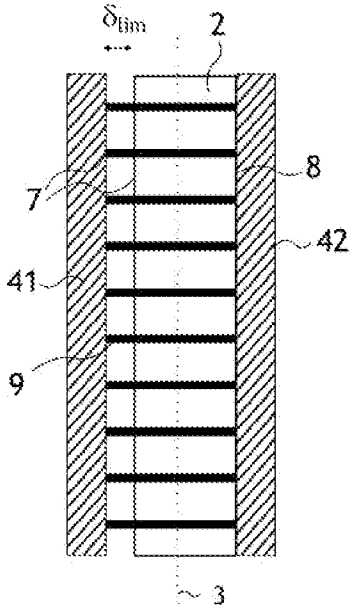
[Fig. 4]


1
42
2
41

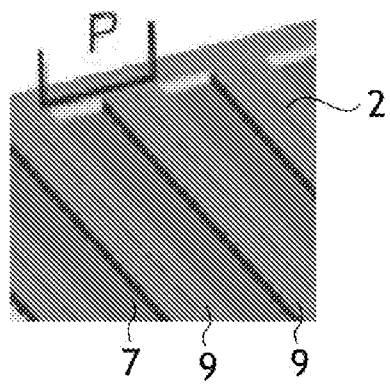
[Fig. 5]



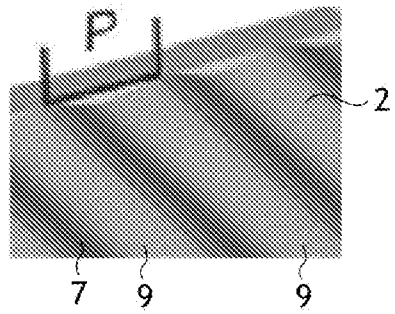
[Fig. 6]



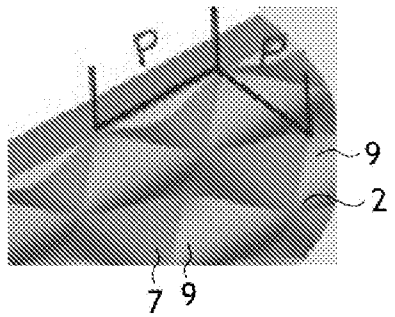
[Fig. 7]



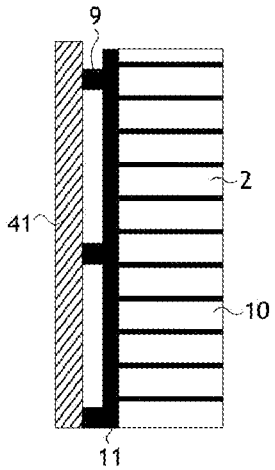
[Fig. 8]



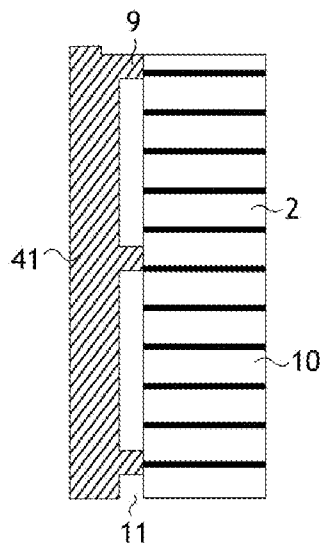
[Fig. 9]



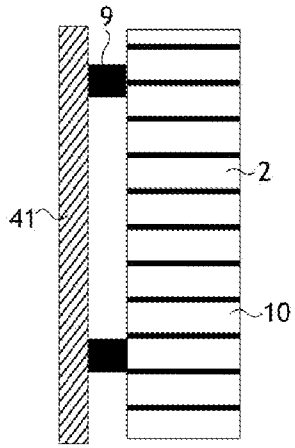
[Fig. 10]



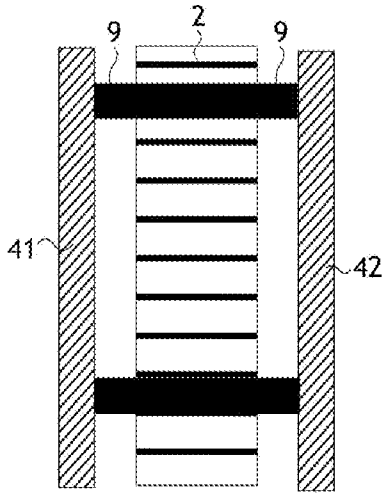
[Fig. 11]



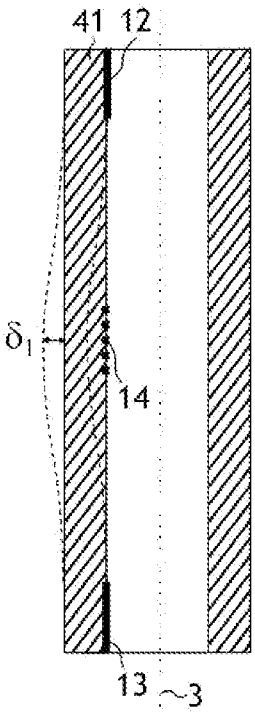
[Fig. 12]



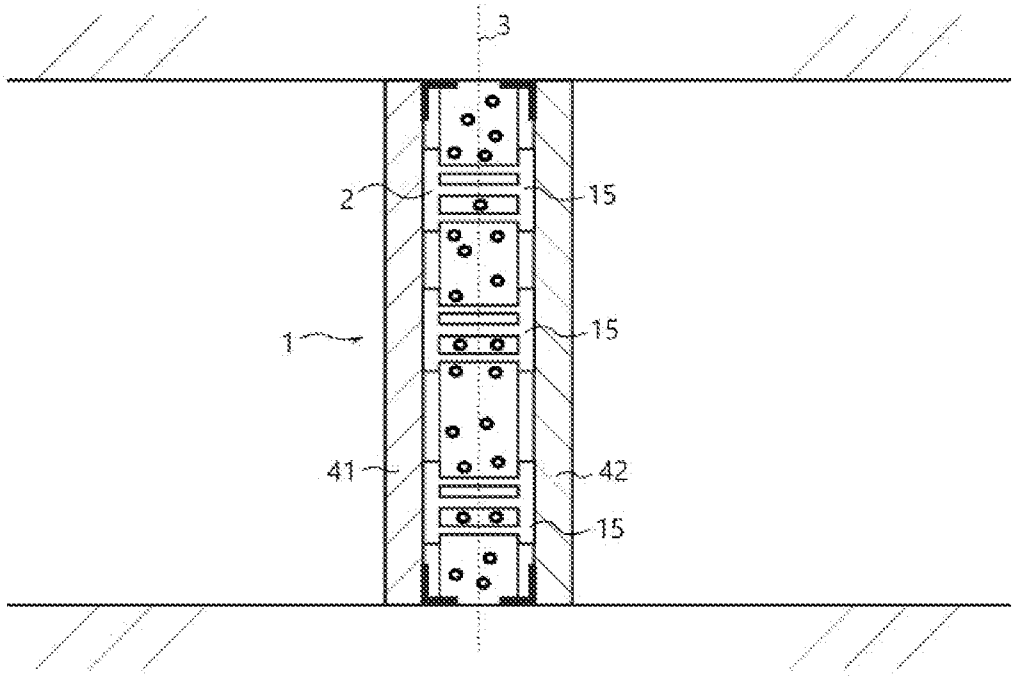
[Fig. 13]



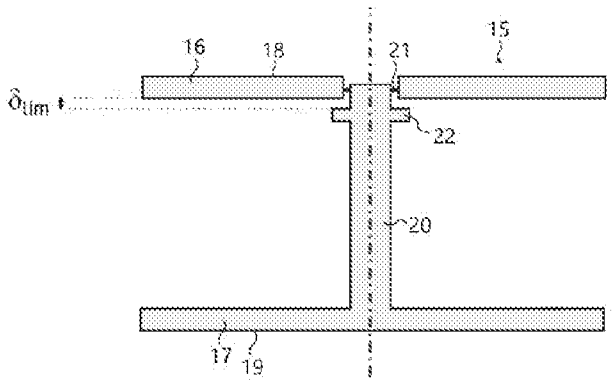
[Fig. 14]



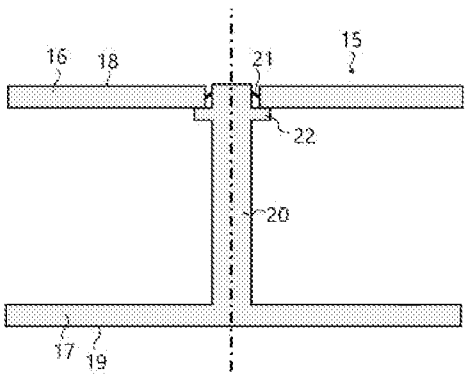
[Fig. 15]



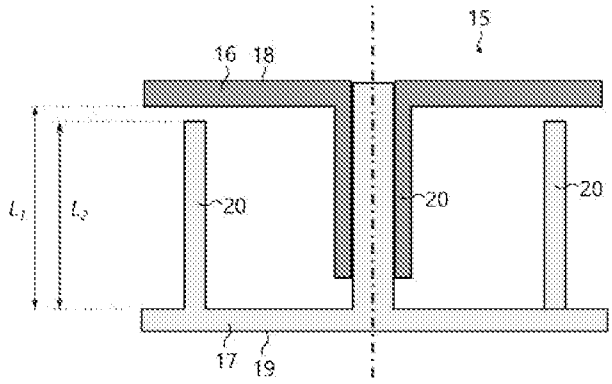
[Fig. 16]



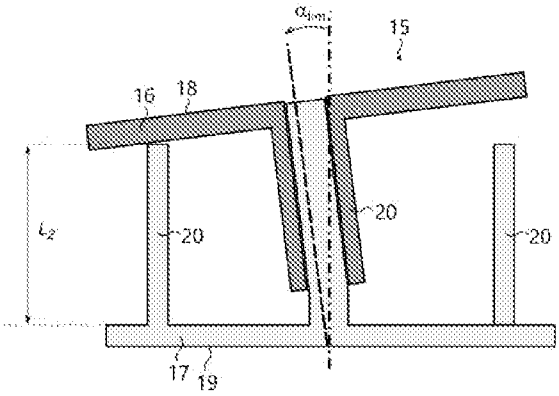
[Fig. 17]



[Fig. 18]



[Fig. 19]



[Fig. 20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/069184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04C 2/36(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)

E04C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2021331457 A1 (TAKE KOICHI [JP] ET AL) 28 October 2021 (2021-10-28) paragraphs [0058] - [0059]; figure 11	1-7,10-12,15-18
A	FR 3087459 A1 (VION FABRICE [FR]) 24 April 2020 (2020-04-24) paragraphs [0003] - [0006]	1-18
A	US 2010078985 A1 (MAHONEY JAMES F [US] ET AL) 01 April 2010 (2010-04-01) paragraphs [0060] - [0062]; figure 4	1-18

☐ 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
27 September 2024	**08 October 2024**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands (Kingdom of the)** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Saretta, Guido** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/069184

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2021331457 A1	28 October 2021	CN 111418002 A	14 July 2020
		EP 3680893 A1	15 July 2020
		JP 6558617 B1	14 August 2019
		JP 2020076937 A	21 May 2020
		KR 20200054913 A	20 May 2020
		US 2021331457 A1	28 October 2021
		WO 2020095475 A1	14 May 2020
FR 3087459 A1	24 April 2020	FR 3087459 A1	24 April 2020
		FR 3087460 A1	24 April 2020
US 2010078985 A1	01 April 2010	DK 2283190 T3	08 February 2021
		EP 2283190 A2	16 February 2011
		EP 2283192 A2	16 February 2011
		US 2009255205 A1	15 October 2009
		US 2010078985 A1	01 April 2010
		US 2013264856 A1	10 October 2013
		US 2013284357 A1	31 October 2013
		US 2013291480 A1	07 November 2013
		US 2013333854 A1	19 December 2013
		WO 2009121011 A2	01 October 2009
		WO 2009121016 A2	01 October 2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2024/069184

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. E04C2/36
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)
E04C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2021/331457 A1 (TAKE KOICHI [JP] ET AL) 28 octobre 2021 (2021-10-28) alinéas [0058] - [0059]; figure 11 -----	1-7, 10-12, 15-18
A	FR 3 087 459 A1 (VION FABRICE [FR]) 24 avril 2020 (2020-04-24) alinéas [0003] - [0006] -----	1-18
A	US 2010/078985 A1 (MAHONEY JAMES F [US] ET AL) 1 avril 2010 (2010-04-01) alinéas [0060] - [0062]; figure 4 -----	1-18

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
27 septembre 2024	08/10/2024

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	Saretta, Guido

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2024/069184

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2021331457 A1	28-10-2021	CN 111418002 A	14-07-2020
		EP 3680893 A1	15-07-2020
		JP 6558617 B1	14-08-2019
		JP 2020076937 A	21-05-2020
		KR 20200054913 A	20-05-2020
		US 2021331457 A1	28-10-2021
		WO 2020095475 A1	14-05-2020
FR 3087459 A1	24-04-2020	FR 3087459 A1	24-04-2020
		FR 3087460 A1	24-04-2020
US 2010078985 A1	01-04-2010	DK 2283190 T3	08-02-2021
		EP 2283190 A2	16-02-2011
		EP 2283192 A2	16-02-2011
		US 2009255205 A1	15-10-2009
		US 2010078985 A1	01-04-2010
		US 2013264856 A1	10-10-2013
		US 2013284357 A1	31-10-2013
		US 2013291480 A1	07-11-2013
		US 2013333854 A1	19-12-2013
		WO 2009121011 A2	01-10-2009
		WO 2009121016 A2	01-10-2009