

(19)



(11)

**EP 1 488 043 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**06.11.2013 Bulletin 2013/45**

(51) Int Cl.:  
**E04B 1/86 (2006.01) E01F 8/00 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **03738179.5**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2003/000881**

(22) Date de dépôt: **19.03.2003**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2003/078740 (25.09.2003 Gazette 2003/39)**

(54) **MUR ANTIBRUIT**

LÄRMMINDERNDE WAND

NOISE ABATEMENT WALL

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **19.03.2002 FR 0203404**

(43) Date de publication de la demande:  
**22.12.2004 Bulletin 2004/52**

(73) Titulaires:  
• **Ecole Polytechnique**  
**91128 Palaiseau Cedex (FR)**  
• **COLAS**  
**92653 Boulogne-Billancourt Cédex (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **SAPOVAL, Bernard**  
**F-75006 Paris (FR)**

• **FILOCHE, Marcel**  
**F-75020 Paris (FR)**  
• **CHAPPAT, Michel**  
**F-78130 Maurepas (FR)**  
• **PEYRARD, Didier**  
**F-69440 Mornant (FR)**

(74) Mandataire: **Michelet, Alain et al**  
**Cabinet HARLE et PHELIP**  
**14-16, rue Ballu**  
**75009 Paris (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 214 524 FR-A- 2 231 825**  
**FR-A- 2 712 902 US-A- 5 027 920**  
**US-A- 5 193 318**

**EP 1 488 043 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

**[0001]** La présente invention concerne un mur anti-bruit. Elle vise à limiter les effets du bruit, entre autres les bruits issus de divers modes de transport (routier, ferroviaire, aéroports). Ce dispositif antibruit peut être, disposé sur tout type d'infrastructure (mur, plafond, sol, tunnel, immeuble,...).

**[0002]** La solution consistant à couvrir certaines portions de routes ou d'autoroute n'est pas toujours possible. Souvent, on cherche à atténuer, voire supprimer, les effets du bruit par la construction sur les dépendances de la chaussée, de murs antibruit appelés également écrans acoustiques, le long de la voirie existante.

**[0003]** La conception de ces murs antibruit résulte de la prise en compte de la circulaire R/A 89.66 du 17 Mai 1989 qui en définit les exigences en termes de bruit, d'esthétisme et de coût.

**[0004]** D'une manière générale, il est connu que la méthode de dimensionnement de tels murs est basée sur le calcul des transmissions directes et sur le calcul de l'atténuation sonore par l'absorption, par réflexion et par diffraction.

**[0005]** Les panneaux absorbants se présentent généralement sous la forme d'un caisson dans lequel est placé un matériau absorbant tel que de la laine de roche, mousse d'argile, etc... alors que les panneaux de masquage sont constitués d'un mur dur tel que le verre, béton lissé etc...

**[0006]** La présente invention se situe dans le premier cas, c'est-à-dire dans le domaine des panneaux absorbants. Le dispositif proposé forme non seulement un écran pour le bruit mais permet également son absorption et diminue l'effet de réflexions multiples.

**[0007]** Le but de l'invention est d'améliorer les performances d'un mur antibruit à panneaux absorbants en proposant une nouvelle géométrie consistant entre autres à augmenter la surface d'interaction des ondes acoustiques avec un matériau partiellement absorbant.

**[0008]** L'invention se place dans le cadre des géométries dites fractales et des surfaces "remplissant" l'espace ("space filling surfaces"). En particulier, on cherche ici à réaliser un tel objet de manière pratique ce qui impose une restriction aux premiers ordres de fractalité.

**[0009]** On connaît par FR 2 231 825 et EP 0 214 524 des panneaux absorbants mais l'utilisation de la fractalité n'y est pas envisagée et dans le premier document des canaux sont établis entre les deux faces opposées du panneau, à travers son épaisseur.

**[0010]** A cet effet, l'invention concerne un dispositif d'absorption du bruit notamment routier et ferroviaire comprenant une base approximativement plane, des éléments en relief et/ou en creux comportant chacun au moins un évidement, ledit dispositif étant défini dans la revendication 1.

**[0011]** Selon l'invention, cette base révèle avec les éléments en relief et/ou en creux une configuration présentant une fractalité dans une gamme de longueurs com-

prise entre 1 cm et 50 cm, de dimension fractale supérieure à 2,5 permettant la localisation de certains modes acoustiques au voisinage desdits éléments.

**[0012]** Par dimension fractale D, on entend ici l'exposant moyen exprimant la mesure de la surface totale S(R) séparant l'air et le milieu absorbant et incluse dans une sphère de rayon R centrée sur cette surface de séparation, en fonction de ce rayon, sous la forme S(R) proportionnelle à R à la puissance D, ( $S(R) = k R^D$ ).

**[0013]** La présente invention concerne également les caractéristiques qui ressortiront au cours de la description qui va suivre et qui devront être considérées isolément ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- les éléments en relief sont des troncs de cônes;  
Un cône est un élément en relief dont la surface est générée par une droite passant par un point, appelé sommet, et prenant appui sur une courbe tracée dans un plan ne passant pas par ledit point. On appelle ici - tronc de cône - un cône qui a pour axe la droite reliant son sommet au centre de sa base mais qui est délimité à sa partie supérieure par l'intersection du cône avec un plan,
- les éléments en relief sont des troncs de pyramides.;  
Une pyramide est un polyèdre limité par une base plane en forme de polygone et des faces latérales constituées de triangles s'appuyant sur ce polygone ayant un sommet commun. La surface d'une telle pyramide est obtenue, ici, par une droite passant par un sommet et prenant appui sur une base polygonale, tracée dans un plan ne contenant pas le sommet. On appelle ici - tronc de pyramide - une pyramide qui a pour axe la droite reliant son sommet au centre de sa base mais qui est délimité à sa partie supérieure par l'intersection de la pyramide avec un plan, la forme pyramidale étant l'enveloppe extérieure générale de ces troncs de pyramides.
- la base des troncs de pyramides est rectangulaire;
- le plan délimitant la partie supérieure des éléments en relief fait un angle par rapport au plan passant par la base desdits éléments;
- les éléments en relief sont réalisés en un matériau phoniquement absorbant;

**[0014]** Théoriquement, tout matériau est phoniquement, partiellement absorbant. En pratique, il est toutefois usuel de classer les matériaux en deux catégories, respectivement non-absorbants et absorbants. Un matériau est dit non-absorbant lorsque l'absorption sonore pour une réflexion sur un mur dur constitué de ce matériau est inférieure à  $10^{-2}$  environ.

- les éléments en relief sont en béton-bois;
- les éléments en relief sont regroupés en caissons ayant une base plane sur laquelle sont formés les éléments en relief;
- les éléments en relief sont séparés par des évide-

- ments formés dans la base;
- les évidements sont des troncs de cône ouverts du coté de la partie supérieure de la base;
- un évidement et deux éléments en relief forment une maille élémentaire;
- le caisson est formé d'un arrangement périodique de la même maille élémentaire;
- le dispositif est constitué de plusieurs caissons formant un mur, les caissons ayant leurs bases parallèles à la surface du mur;
- les caissons sont disposés aléatoirement les uns par rapport aux autres;
- les éléments en relief sont des troncs de pyramides et les caissons sont regroupés par paires pour former une succession de pyramides inversées;
- le dispositif est constitué de plusieurs caissons formant un mur, les caissons ayant leurs bases respectivement soit parallèles, soit perpendiculaires à la surface du mur;
- des caissons orientés respectivement vers les deux faces du mur sont associés;
- des caissons sont associés, de haut en bas, dans l'ordre suivant en désignant par A, un caisson dont la base est perpendiculaire à la surface du mur et B, un caisson dont la base est parallèle à la surface du mur :  
ABAABA
- les caissons de type A sont répartis en deux catégories, respectivement,  $A_1$  et  $A_2$  perpendiculaires l'un à l'autre.

**[0015]** La description suivante donnée à titre d'exemple non limitatif fera mieux comprendre comment l'invention peut être réalisée. Elle est faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique en perspective d'un caisson mis en oeuvre dans un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une représentation schématique d'une coupe suivant l'axe A-A d'un caisson mis en oeuvre dans un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 est une vue du dessus du caisson de la figure 1 ;
- la figure 4 est une vue schématique d'un caisson mis en oeuvre dans un autre mode de réalisation de l'invention, formé par un arrangement périodique d'une même maille élémentaire ;
- la figure 5 représente schématiquement la maille élémentaire mise en oeuvre pour former le caisson de la figure 4 (fig. 5a), une vue en coupe suivant l'axe B-B de cette maille (fig. 5 b) et une vue en coupe suivant l'axe C-C de ladite maille (fig. 5 c);
- la figure 6 est une vue schématique d'un panneau formé à l'aide d'un ensemble de caissons de la figure 1 ayant leurs bases parallèles à la surface du panneau;
- la figure 7 est un schéma représentant les disposi-

tions relatives de caissons pour former un mur dans certains modes de réalisation de l'invention;

**[0016]** Le dispositif d'absorption de bruit selon l'invention met en oeuvre le concept d'amortissement des résonateurs acoustiques fractals. On entend ici par - objet fractal- un objet dont la géométrie peut être décrite par une dimension non entière. Cette approche vise à réaliser un objet phoniquement absorbant présentant des surfaces d'aire maximale dans un volume donné, i.e. un objet ayant une surface "remplissant" l'espace (space filling surface). Ceci est pris au sens où la surface totale comprise dans une sphère de rayon R centrée sur l'objet varie plus vite quand R augmente que le carré du rayon R. Un tel objet présente une géométrie très irrégulière ce qui permet la localisation des modes des ondes dans la gamme de fréquence du son, au voisinage des surfaces. La localisation de ces modes pour des fréquences données, c'est-à-dire leur concentration dans une région de l'espace proche des surfaces phoniquement absorbantes entraîne un suramortissement de ces modes. Ce suramortissement résulte de l'augmentation de l'amplitude des modes sur la surface absorbante. Il y a de la sorte "frottement" accru des modes des ondes contre le matériau absorbant. On distingue donc des modes - délocalisés - pour lesquelles l'absorption par ledit dispositif est amplifiée par l'accroissement considérable de la surface absorbante par rapport à une simple surface plane et des modes - localisés - pour lesquelles on observe un suramortissement, i.e. un amortissement venant s'ajouter à l'absorption déjà observée précédemment pour les modes délocalisés.

**[0017]** Le dispositif d'absorption de bruit selon l'invention comprend donc une base approximativement plane, des éléments 1 en relief et/ou en creux comportant chacun au moins un évidement ou échancrure 2. Selon l'invention, cette base révèle avec les éléments en relief et/ou en creux une configuration présentant une zone de fractalité comprise entre 1 cm et 50 cm, de dimension fractale supérieure à 2,5. Le dispositif présente avantageusement des tailles variables dans les plans parallèles au plan de la base, en fonction de leur distance audit plan de la base. Dans un mode de réalisation préféré, ces tailles et leurs variations sont au moins en partie irrégulières. On a ainsi réalisé un objet fractal au premier ordre d'approximation.

**[0018]** Dans un mode de réalisation, la surface des éléments 1 en relief et/ou en creux est générée par une droite passant par un sommet et prenant appui sur une ligne fermée contenue dans un plan ne passant pas par ledit sommet, lesdits éléments 1 étant tronqués dans leur partie supérieure 3 par un plan. La ligne fermée peut, par exemple, constituer une courbe ou un polygone. On appelle ici - base 4 - la surface circonscrite par la ligne fermée à partir de laquelle on compte perpendiculairement la hauteur de l'élément solide. Avantagusement, cette ligne fermée décrit le contour d'un moule à kouglof, i.e. elle comprend une succession d'arcs de cercle for-

mant une ligne fermée. Dans un premier mode de réalisation, les éléments 1 en relief sont des troncs de pyramides 1 tels que ceux représentés sur la figure 1. Le tronc de pyramide comporte une base 4, carrée, dont deux côtés 5 et 6 sont apparents sur le schéma en perspective de la figure 1 et une partie supérieure 3. Dans un deuxième mode de réalisation, les éléments 1 en relief sont des troncs de cônes.

**[0019]** Chacun des éléments 1 en relief est évidé, de telle sorte qu'il comporte un tronc de cône creux 2. Cet évidement 2 tronconique a la droite reliant le sommet de la pyramide au centre de sa base 4 comme axe 7. Les troncs de cône 2 sont ouverts du côté de la partie supérieure 3 des troncs de pyramides 1.

**[0020]** Une approche théorique a été développée pour expliquer l'amélioration des propriétés d'absorption du bruit par un dispositif composé d'une telle base approximativement plane et de tels éléments 1 en relief.

**[0021]** Cette théorie distingue deux types de mode, des modes localisés et des modes délocalisés. Pour ces derniers, l'accroissement du pouvoir d'absorption résulte de la " surface développée " du mur par rapport à sa surface projetée. La surface projetée du mur est celle généralement considérée et qui peut être définie comme étant la surface vue au plan macroscopique depuis la source sonore. Il s'agit de la surface occupée par le dispositif ou le mur.

**[0022]** La surface développée est le cumul de l'ensemble des surfaces, externe ou interne, du dispositif d'absorption en contact avec l'air, c'est-à-dire avec les ondes sonores.

**[0023]** Ainsi, cette surface développée sera, dans le cas où les éléments 1 en relief sont des troncs de pyramides, le résultat du cumul des surfaces des faces latérales des troncs de pyramides 1 et des surfaces internes aux troncs de cône creux 2.

**[0024]** Il a été constaté que l'absorption sonore obtenue avec un tel dispositif est alors proportionnelle au rapport  $S$  de la surface développée  $S_d$  à la surface projetée du mur  $S_m$ .

**[0025]** Pour les modes dits - localisés -, on observe une zone de localisation de l'onde sonore au voisinage de la structure absorbante, résultant de la présence d'irrégularités dans ladite structure. Cette onde subit donc un phénomène de frottement avec le matériau phoniquement absorbant ce qui induit un suramortissement de celle-ci. Ce suramortissement vient augmenter le pouvoir absorbant déjà observé pour les modes délocalisés.

**[0026]** Le pouvoir d'absorption par mètre carré moyen de surface projetée du dispositif et pour une fréquence  $\omega$  donnée du son, est augmenté par un facteur  $A(\omega)$  donné par la formule :

$$A(\omega) = (S_d / S_m) \times C(\omega)$$

où  $S_d$  et  $S_m$  sont respectivement la surface développée

et la surface projetée du mur et  $C(\omega)$  est le facteur de forme tel que :

$C(\omega) = 1$  pour des fréquences correspondant à des modes délocalisés, et  $C(\omega) > 1$  pour des fréquences correspondant à des modes localisés.

**[0027]** Ces explications théoriques qui conduisent aux mêmes réalisations pratiques, sont données ici pour permettre une meilleure compréhension de l'invention et de sa portée.

**[0028]** Dans la description suivante, nous considérons le cas où les éléments 1 en relief sont, selon un mode de réalisation préféré, des troncs de pyramides. L'invention ne saurait être limitée, cependant, à un tel mode de réalisation. Un autre mode de réalisation préféré de l'invention étant, par exemple, des troncs cônes.

**[0029]** Tels que représentés sur les figures 2 et 3, les troncs de pyramides 1 sont avantageusement réunis en caissons 9 susceptibles d'être utilisés, soit directement, soit par association de plusieurs d'entre eux, pour constituer un mur.

**[0030]** Les axes 7 de ces troncs de pyramides 1 sont avantageusement parallèles les uns aux autres et leurs bases 4 associées, de telle sorte à former une base 10 du caisson 9 qui soit plane. L'axe 7 des troncs de pyramides 1 peut être incliné d'un angle compris entre 0 et 5° par rapport à la normale au plan passant par la base 4 des éléments solides 1.

**[0031]** Le plan délimitant la partie supérieure 3 desdits troncs de pyramides 1 fait un angle par rapport au plan passant par la base 10 du caisson 9. Cet angle est avantageusement compris entre 2 et 10°. Dans un mode de réalisation préféré, cet angle vaut 6°.

**[0032]** Ces faibles valeurs pour l'angle assurent un décoffrage facile et sont donc adaptées aux contraintes d'une réalisation par moulage direct.

**[0033]** Avantageusement, la présence de ce plan incliné permet une variation des hauteurs des éléments 1 en relief et renforce ainsi les irrégularités du dispositif ce qui permet un élargissement de la gamme de fréquence pour laquelle est observée la localisation des modes des ondes et donc un suramortissement.

**[0034]** Les tailles des bases 4 carrées sont comprises entre 50 et 140 mm. Les hauteurs des troncs de pyramides 1 sont comprises entre 220 et 350 mm.

**[0035]** Dans un exemple de réalisation particulier (voir figure 3), un ensemble de  $5 \times 5 = 25$  troncs de pyramides 1 ayant chacun pour base 4 un carré de 90 mm de côté a été réalisé. La hauteur du tronc de pyramide 1 est de 240 mm.

**[0036]** Afin de permettre un décoffrage facile lors de la réalisation de ces caissons 9, un espacement de 30 mm est utilisé entre chaque tronc de pyramide 1.

**[0037]** Dans un autre mode de réalisation, les éléments 1 en relief formés sur la base 10 plane des caissons 9, sont séparés par des évidements 2 réalisées dans la base 10 qui constituent des éléments en creux. La présence de ces évidements améliore le pouvoir d'absorption du dispositif en augmentant avantageusement

la surface développée du caisson 9 par rapport à sa surface projetée. Ces évidements 2 sont, par exemple, des troncs de cône ouverts du côté de la partie supérieure de la base 10. Le caisson 9 peut de plus être formé par un arrangement périodique d'une même maille élémentaire 14. La Figure 4 montre un tel arrangement, dans un mode de réalisation préféré, offrant à la fois un fort pouvoir d'absorption et un décoffrage facile lors de la fabrication. Dans ce mode de réalisation, le rapport de la surface développée sur la surface projetée est de l'ordre de 10.

[0038] La Figure 5 montre schématiquement la maille élémentaire 14 en vue de dessus (fig. 5 a) utilisée pour obtenir l'arrangement périodique du caisson 9 de la figure 4. Cette maille élémentaire 14 a dans le plan supérieur 15 de la base 10 une surface carrée qui comprend un premier carré 16 de côté de longueur a comportant la base 17 ouverte d'un évidement en forme de tronc de cône 18 à base circulaire 17. La maille élémentaire 14 comprend également dans ce plan supérieur 15, un deuxième carré 19 de côté de longueur b avec  $b < a$ , et les bases 20-21 rectangulaires de deux éléments 1 en relief, ces éléments 1 étant des troncs de pyramides. Chacun des éléments 1 en relief est évidé, de telle sorte qu'il comporte un tronc de cône creux 2. Cet évidement 2 tronconique a la droite reliant le sommet de la pyramide au centre de sa base 20-21 comme axe. La Figure 5 b) montre une vue en coupe suivant l'axe B-B de cette maille élémentaire et la figure 5 c) montre cette maille élémentaire 14 en coupe suivant l'axe C-C.

[0039] La figure 6 représente un mode de réalisation d'un " mur de type 1 " 11 à l'aide d'un ensemble de caissons 9 ayant leurs bases 10 parallèles à la surface du " mur de type 1 " 11.

[0040] On entend par "mur de type 1 " 11, une partie plane rigide quadrangulaire comprenant un nombre de caissons limité, avantageusement 35. Ces " murs de type 1 " 11 peuvent être montés seuls pour constituer un mur antibruit ou venir se fixer sur un support préexistant (tunnels, bordures d'autoroutes,...).

[0041] Les caissons 9 peuvent être disposés aléatoirement les uns par rapport aux autres. Dans un mode de réalisation préféré, les caissons 9 sont regroupés par paires, de façon à former une succession de pyramides inversées.

[0042] La figure 7 représente un mode de réalisation optimisé d'un " mur de type 2 " 12 à l'aide d'un ensemble de caissons 9. Ce mur peut être regardé comme un objet fractal au deuxième ordre d'approximation.

[0043] Ce " mur de type 2 " 12 est approximativement perpendiculaire à la chaussée 13. Il est formé par l'association de caissons 9 classés en deux catégories, les caissons A désignés par  $9_A$  dont la base plane est perpendiculaire au plan général du mur 12, c'est-à-dire par exemple parallèle ou perpendiculaire à la chaussée 13, et les éléments  $9_B$  qui sont perpendiculaires aux éléments  $9_A$ .

[0044] Les éléments extrêmes en haut et en bas du

mur sont de préférence des éléments de type A, les éléments de type A et de type B sont avantageusement regroupés selon la succession A, B, A, A, B, A. Le motif intermédiaire A B étant répété autant de fois que nécessaire pour couvrir toute la hauteur du mur en fonction de la taille des caissons 9.

[0045] Dans un mode de réalisation préféré, l'une des tailles de la base 9 des caissons  $9_B$  que l'on appellera par exemple leur largeur, est la moitié de l'autre de leurs tailles, leur longueur.

[0046] Dans un autre mode de réalisation préféré, les caissons 9 de type A sont répartis en deux catégories, respectivement,  $A_1$  et  $A_2$  perpendiculaires l'un à l'autre. On réalise ainsi un mur de type 3 - objet fractal d'ordre trois d'approximation. On obtient alors un facteur cinq d'amortissement par rapport au mur de type 1.

[0047] On améliore l'absorption du dispositif de l'invention en le réalisant dans un matériau absorbant tel que, par exemple du béton-bois pour lequel il est connu que l'absorption sonore moyenne est de l'ordre de 0,5 à 0,7.

[0048] Il est bien connu que le béton-bois est le matériau réalisé avec des copeaux de bois liés entre eux par une matrice cimentaire. Le matériau bois utilisé est de type Epicéa ou Pin Douglas ayant avantageusement subi un traitement d'imputrescibilité. Pour un mètre cube de copeaux de bois, on utilise habituellement environ 410 Kg de ciment. Avantageusement, la proportion du nombre de copeaux de bois par rapport à la quantité de ciment mise en oeuvre pour réaliser la matrice cimentaire est adaptée pour modifier les dimensions moyennes des vides créés dans le béton et augmenter ainsi le pouvoir d'absorption du matériau absorbant.

[0049] Le béton poreux, le béton comportant des billes en argile expansée ou tout autre matériau absorbant alvéolaire peut également être mis en oeuvre.

[0050] Dans la description faite jusqu'ici, on s'est employé à la réalisation d'un mur 12 destiné à l'absorption du bruit produit sur un seul de ses côtés. Il pourrait être utile de prévoir un dispositif absorbant sur ses deux faces, ce qui permettrait en particulier de diminuer les bruits réfléchis par des immeubles par diffraction ou réflexions multiples, au voisinage d'une route.

[0051] Dans ce cas, le mur 12 sera réalisé par association de caissons 9 tournés vers la route d'une part, vers les immeubles d'autre part.

[0052] Ce dispositif d'absorption du bruit peut avantageusement être mis en oeuvre pour limiter la pollution sonore issue de divers modes de transport (routier, ferroviaire). Il peut être disposé sur tout type d'infrastructure (mur, plafond, sol, tunnel, immeuble,...).

[0053] Ce dispositif d'absorption du bruit est avantageusement anti-tag.

## 55 Revendications

1. Dispositif d'absorption du bruit, notamment routier et ferroviaire comprenant une base approximative-

- ment plane avec deux faces opposées, des éléments (1) en relief et/ou en creux comportant chacun au moins un évidement (2), l'évidement étant un tronc de cône (2) creux ayant pour axe (7) la droite reliant le sommet des éléments (1) en relief au centre de leur base (4), lesdits troncs de cône (2) étant ouverts du côté de la partie supérieure des éléments (1) en relief, **caractérisé en ce qu'il** ne comporte pas de communication entre ses deux faces à travers son épaisseur, et **en ce que** cette base révèle avec les éléments (1) en relief et/ou en creux une configuration présentant une fractalité dans une gamme de longueurs comprise entre 1 cm et 50 cm, de dimension fractale D supérieure à 2,5 permettant la localisation de modes, acoustiques, au voisinage desdits éléments (1), la dimension fractale D s'entendant comme l'exposant moyen exprimant la mesure de la surface totale S (R) séparant l'air et le milieu absorbant du dispositif et incluse dans une sphère de rayon R centrée sur cette surface de séparation, en fonction de ce rayon, sous la forme S (R) proportionnelle à R à la puissance D, soit  $S(R) = k R^D$ , le dispositif étant réalisé en un matériau phoniquement absorbant.
2. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les éléments (1) en relief sont des troncs de cônes.
  3. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les éléments (1) en relief sont des troncs de pyramides.
  4. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la base des troncs de pyramides est rectangulaire.
  5. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une des revendications 1 à 4. **caractérisé en ce que** le plan délimitant la partie supérieure (3) des éléments (1) en relief fait un angle par rapport au plan passant par la base (4) desdits éléments (1).
  6. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau phoniquement absorbant est du béton-bois.
  7. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les éléments (1) en relief sont regroupés en caissons (9) ayant une base plane (10) sur laquelle sont formés les éléments (1) en relief.
  8. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les éléments (1) en relief sont séparés par des évidements (2) formés dans la base (10).
  9. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les évidements (2) sont des troncs de cône (2) ouverts du côté de la partie supérieure de la base (10).
  10. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'un** évidement (2) et deux éléments (1) en relief forment une maille élémentaire.
  11. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le caisson est formé d'un arrangement périodique de la même maille élémentaire.
  12. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce qu'il** est constitué de plusieurs caissons (9) formant un mur (12), les caissons (9) ayant leurs bases (10) parallèles à la surface du mur (12).
  13. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** les caissons (9) sont disposés aléatoirement les uns par rapport aux autres.
  14. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les éléments (1) en relief sont des troncs de pyramides et les caissons (9) sont regroupés par paires pour former une succession de pyramides inversées.
  15. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'il** est constitué de plusieurs caissons (9) formant un mur (12), les caissons (9) ayant leurs bases (10) respectivement soit parallèles, soit perpendiculaires à la surface du mur (12).
  16. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 15. **caractérisé en ce que** des caissons (9) orientés respectivement vers les deux faces du mur (12) sont associés.
  17. Dispositif d'absorption du bruit selon les revendications 15 et 16, **caractérisé en ce que** des caissons (9) sont associés, de haut en bas, dans l'ordre suivant en désignant par A, un caisson (9A) dont la base (10) est perpendiculaire à la surface du mur (12) et B, un caisson (9B) dont la base (10) est parallèle à la surface du mur (12) :  
ABAABA
  18. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** les caissons (9) de type A sont répartis en deux catégories, respectivement. A1 et A2 perpendiculaires l'un à l'autre.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Minderung von Lärm, insbesondere Straßen- und Eisenbahnlärm, umfassend eine annähernd ebene Basis mit zwei gegenüberliegenden Seiten, reliefartige und/oder hohle Elemente (1), jeweils umfassend mindestens eine Ausnehmung (2), wobei die Ausnehmung ein hohler Kegelstumpf (2) ist, der als Achse (7) die Gerade hat, die die Spitze der reliefartigen Elemente (1) in der Mitte ihrer Basis (4) verbindet, wobei die Kegelstümpfe (2) auf der Seite des oberen Teils der reliefartigen Elemente (1) offen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie keine Verbindung zwischen ihren beiden Seiten über ihre Dicke umfasst, und dass diese Basis mit den reliefartigen und/oder hohlen Elementen (1) eine Konfiguration zeigt, die eine Fraktalität in einem Längenbereich zwischen 1 cm und 50 cm mit einer fraktalen Dimension D über 2,5, die die Lokalisierung von akustischen Modi ermöglicht, in der Nähe der Elemente (1) aufweist, wobei sich die fraktale Dimension D als mittlerer Exponent erstreckt, der das Maß der Gesamtfläche S(R) zwischen der Luft und dem absorbierenden Medium der Vorrichtung, eingeschlossen in einen Radienbereich R, der auf diese Trennfläche zentriert ist, in Abhängigkeit von diesem Radius in der Form  $S(R)$  proportional zu  $R$  zur Leistung D ausdrückt, nämlich  $S(R) = k R^D$ , wobei die Vorrichtung aus einem phonisch absorbierenden Material hergestellt ist.
2. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reliefartigen Elemente (1) Kegelstümpfe sind.
3. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reliefartigen Elemente (1) Pyramidenstümpfe sind.
4. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Basis der Pyramidenstümpfe rechteckig ist.
5. Vorrichtung zur Lärminderung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ebene, die den oberen Teil (3) der reliefartigen Elemente (1) begrenzt, einen Winkel mit der Ebene bildet, die durch die Basis (4) der Elemente (1) geht.
6. Vorrichtung zur Lärminderung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das phonisch absorbierende Material Beton-Holz ist.
7. Vorrichtung zur Lärminderung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reliefartigen Elemente (1) zu Kassetten (9) zusammengefasst sind, die eine ebene Basis (10) haben, auf der die reliefartigen Elemente (1) ausgebildet sind.
8. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reliefartigen Elemente (1) durch in der Basis (10) ausgebildete Ausnehmungen (2) getrennt sind.
9. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmungen (2) Kegelstümpfe (2) sind, die auf der Seite des oberen Teils der Basis (10) offen sind.
10. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ausnehmung (2) und zwei reliefartige Elemente (1) ein elementares Glied bilden.
11. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kassette von einer regelmäßigen Anordnung desselben elementaren Glieds gebildet ist.
12. Vorrichtung zur Lärminderung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie von mehreren Kassetten (9) gebildet ist, die eine Mauer (12) bilden, wobei die Kassetten (9) ihre jeweilige Basis (10) parallel zur Oberfläche der Mauer (12) haben.
13. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kassetten (9) zufällig zueinander angeordnet sind.
14. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reliefartigen Elemente (1) Pyramidenstümpfe sind und die Kassetten (9) paarweise zusammengefasst sind, um eine Aufeinanderfolge von umgekehrten Pyramiden zu bilden.
15. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie von mehreren Kassetten (9) gebildet ist, die eine Mauer (12) bilden, wobei die Kassetten (9) ihre jeweilige Basis (10) entweder parallel oder senkrecht zur Oberfläche der Mauer (12) haben.
16. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kassetten (9), die jeweils zur den beiden Seiten der Mauer (12) gerichtet sind, verbunden sind.
17. Vorrichtung zur Lärminderung nach den Ansprüchen 15 und 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** Kassetten (9) von oben nach unten in der folgenden Reihenfolge verbunden sind, wobei mit A eine Kassette (9A) bezeichnet ist, deren Basis (10) auf die

Oberfläche der Mauer (12) senkrecht steht, und mit B eine Kassette (9B), deren Basis (10) parallel zur Oberfläche der Mauer (12) ist:

ABAABA

18. Vorrichtung zur Lärminderung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kassetten (9) vom Typ A in zwei Kategorien, A1 bzw. A2 senkrecht zueinander, verteilt sind.

## Claims

1. A sound-absorbing device, notably for roads and railways including a substantially flat base with two opposite faces, embossed and/or hollow elements (1) each including at least one recess (2), the recess being is a hollow truncated cone (2) whose axis (7) is a straight line connecting the apex of the embossed elements at the centre of their base (4), said truncated cones (2) being open on an upper section side of the embossed elements (1), **characterised in that** it has no communication between its two faces through its thickness and **in that** this base reveals with the embossed and/or hollow elements (1) a configuration exhibiting a fractality over a length range comprised between 1 cm and 50 cm, of fractile size D greater than 2.5 enabling the localisation of acoustic modes, in the vicinity of said elements (1), the fractal size D being meant the average exponent expressing the measurement of the total surface area  $S(R)$  separating the air and the absorbing medium of the device and included in a sphere of radius R centered on this separation surface, in relation to this radius, in the form  $S(R)$  proportional to  $R$  at the power of D, i.e.  $S(R) = k R^D$ , the device being made of a phonically absorbing material.
2. A sound-absorbing device according to claim 1, **characterised in that** the embossed elements (1) are truncated cones.
3. A sound-absorbing device according to claim 1, **characterised in that** the embossed elements (1) are truncated pyramids.
4. A sound-absorbing device according to claim 3, **characterised in that** the base of the truncated pyramids are rectangular.
5. A sound-absorbing device according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the plane delineating the upper section (3) of the embossed elements (1) forms an angle with respect to a plane running through the base (4) of said elements (1).
6. A sound-absorbing device according to one of pre-

vious claims, **characterised in that** the phonically absorbing material is concrete-wood.

7. A sound-absorbing device according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the embossed elements (1) are grouped in caissons (9) having a flat base (10) whereon are formed the embossed elements (1).
8. A sound-absorbing device according to claim 7, **characterised in that** the embossed elements (1) are separated by recesses (2) formed in the base (10).
9. A sound-absorbing device according to claim 8, **characterised in that** the recesses (2) are truncated cones (2) open on the upper section side of the base (10).
10. A sound-absorbing device according to claim 8 or 9, **characterised in that** one recess (2) and two embossed elements (1) form an elementary mesh.
11. A sound-absorbing device according to claim 10, **characterised in that** the caisson is formed of a periodic arrangement of the same elementary mesh.
12. A sound-absorbing device according to one of claims 7 to 11, **characterised in that** it is composed of several caissons (9) forming a wall (12), the caissons (9) having their bases (10) parallel to the surface of the wall (12).
13. A sound-absorbing device according to claim 12, **characterised in that** the caissons (9) are arranged randomly with respect to one another.
14. A sound-absorbing device according to claim 13, **characterised in that** the embossed elements (1) are truncated pyramids and the caissons (9) are grouped in pairs to form a succession of reverted pyramids.
15. A sound-absorbing device according to claim 12, **characterised in that** it is composed of several caissons (9) forming a wall (12), the caissons (9) having their bases (10) respectively either parallel or perpendicular to the surface of the wall (12).
16. A sound-absorbing device according to claim 15, **characterised in that** caissons (9) directed respectively towards both faces of the wall (12) are associated.
17. A sound-absorbing device according to claims 15 and 16, **characterised in that** caissons (9) are associated, from top to bottom, in the following order by designating with the letter A, a caisson (9A)



whereof the base (10) is perpendicular to the surface of the wall (12) and B, a caisson (9B) whereof the base (10) is parallel to the surface of the wall (12):  
A BAABA

5

18. A sound-absorbing device according to claim 17, **characterised in that** the caissons (9) of type A are distributed in two categories, respectively, A1 and A2 perpendicular to one another.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

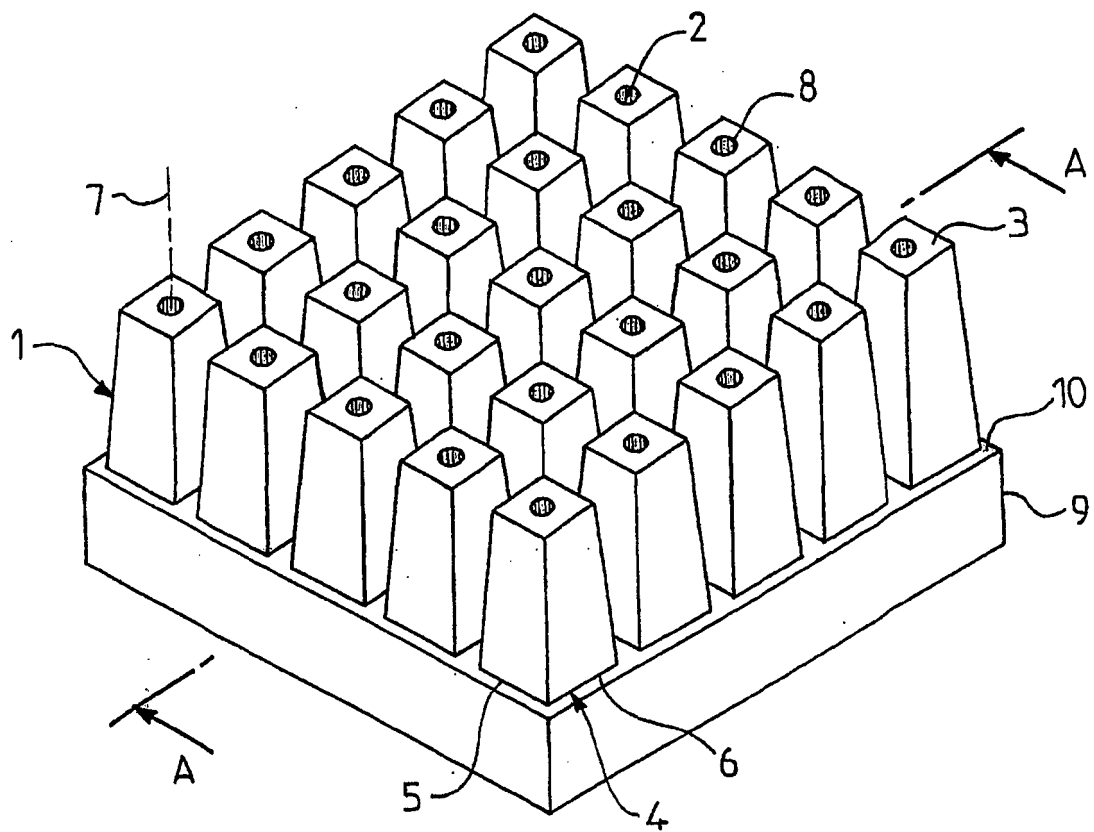


FIG.1

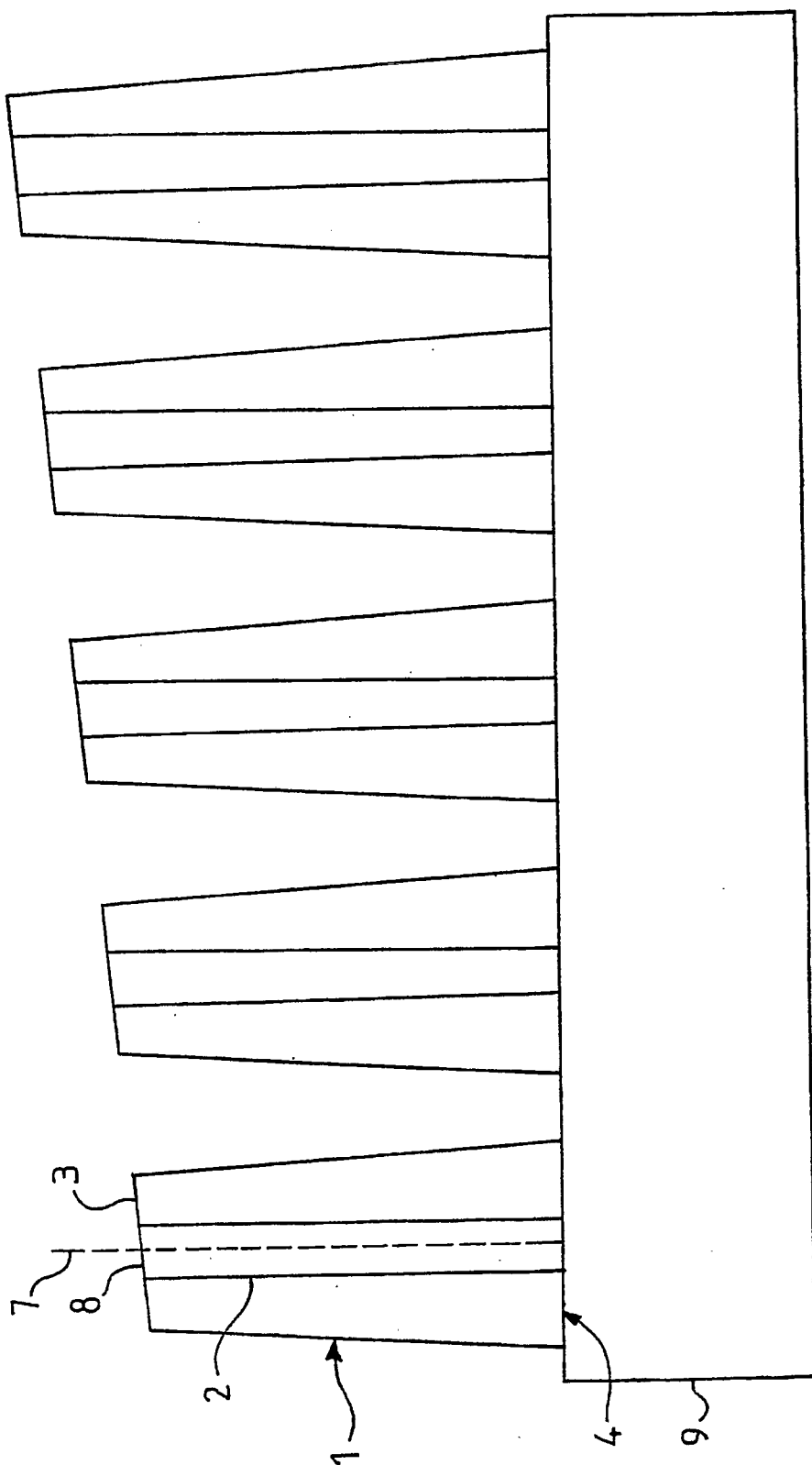


FIG. 2

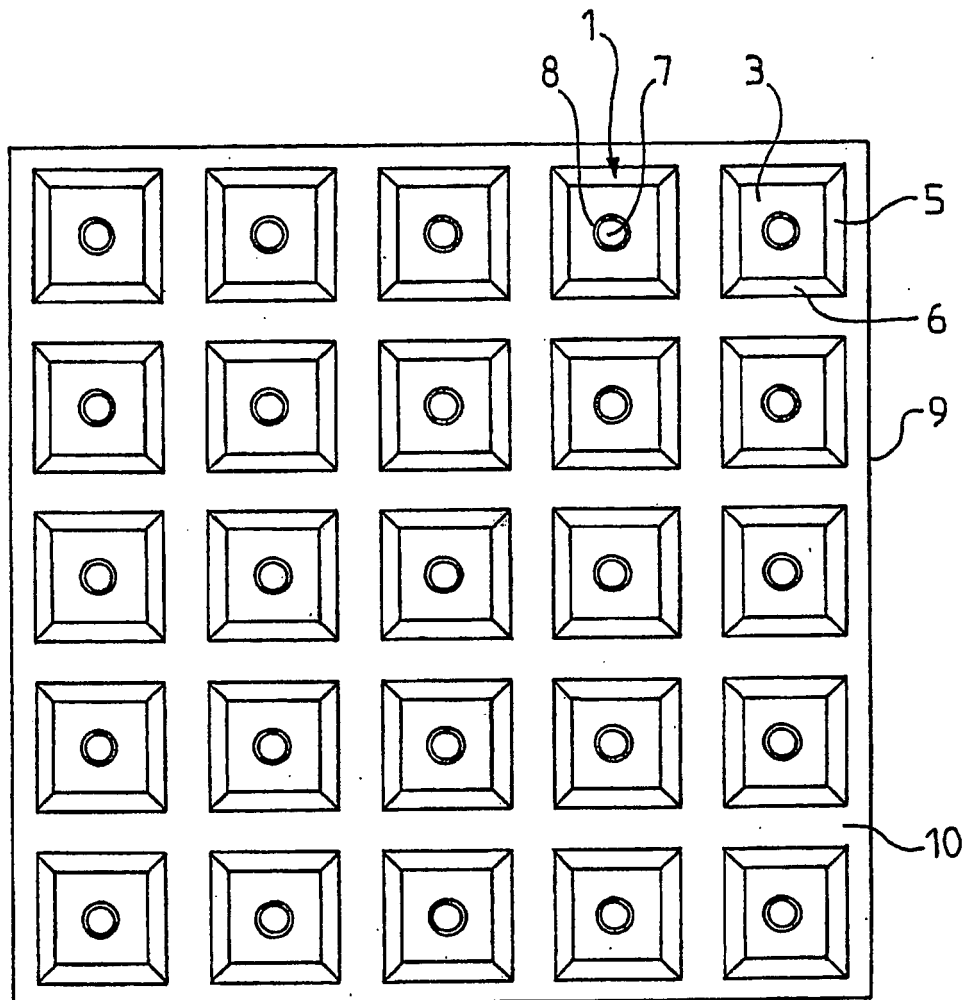


FIG. 3

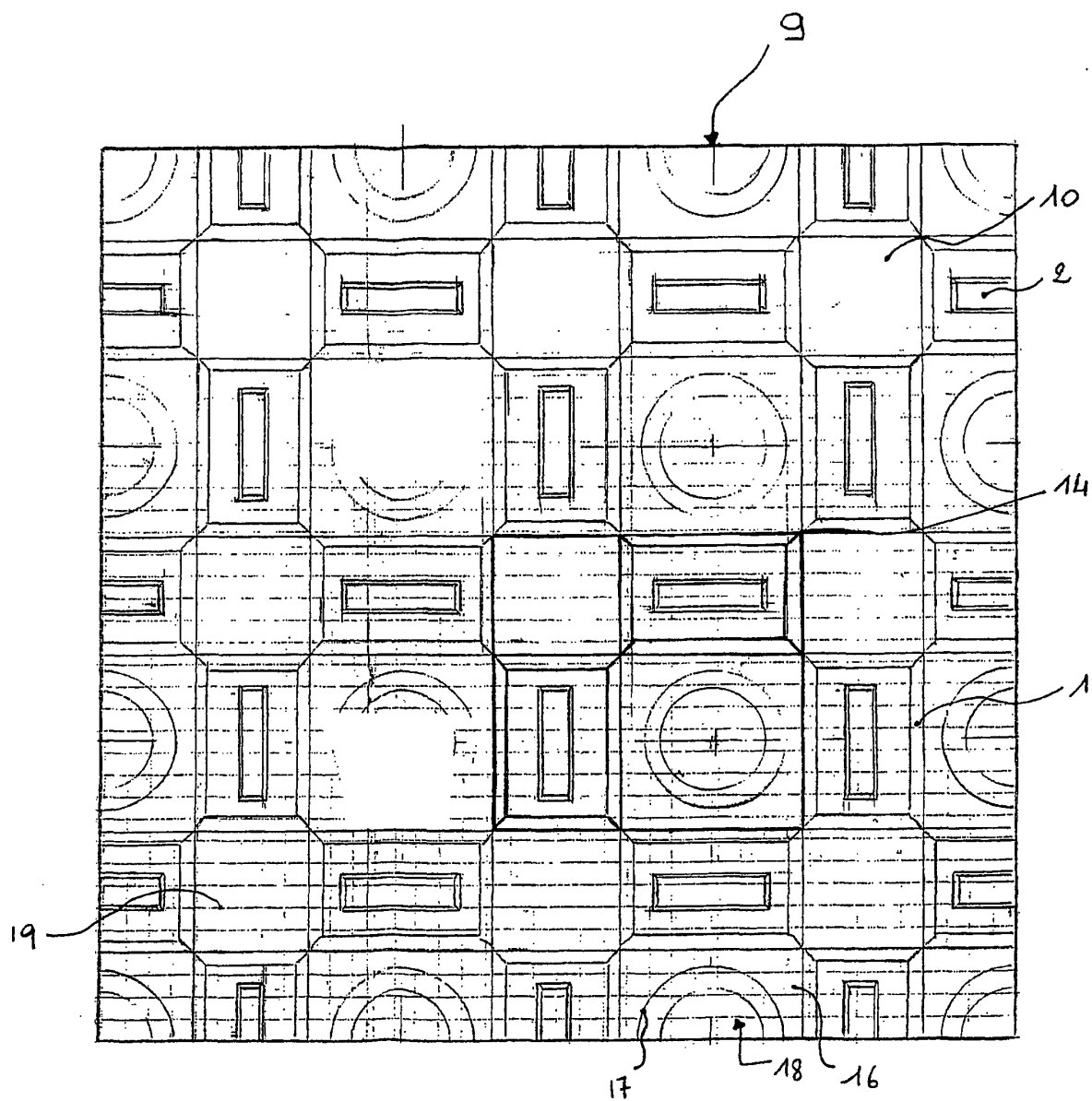


FIG. 4

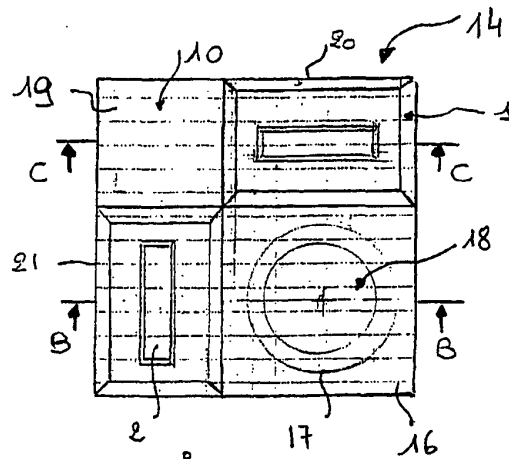


FIG. 5a

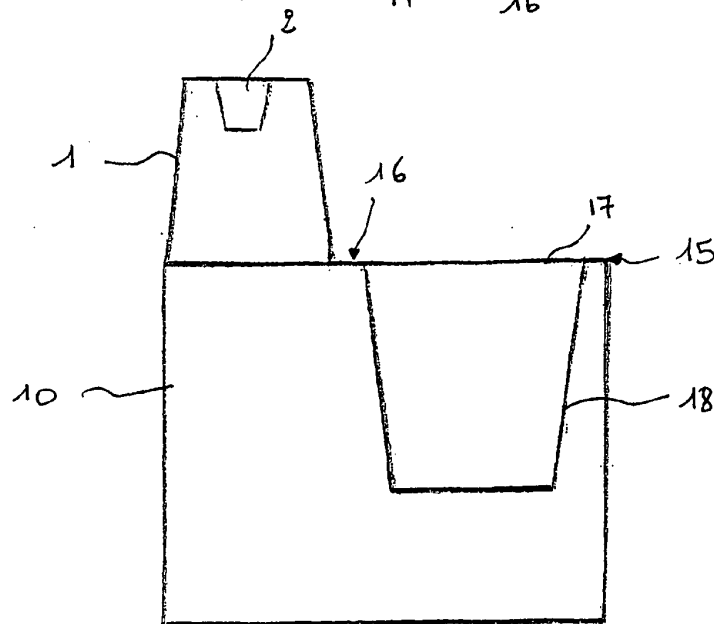


FIG. 5b

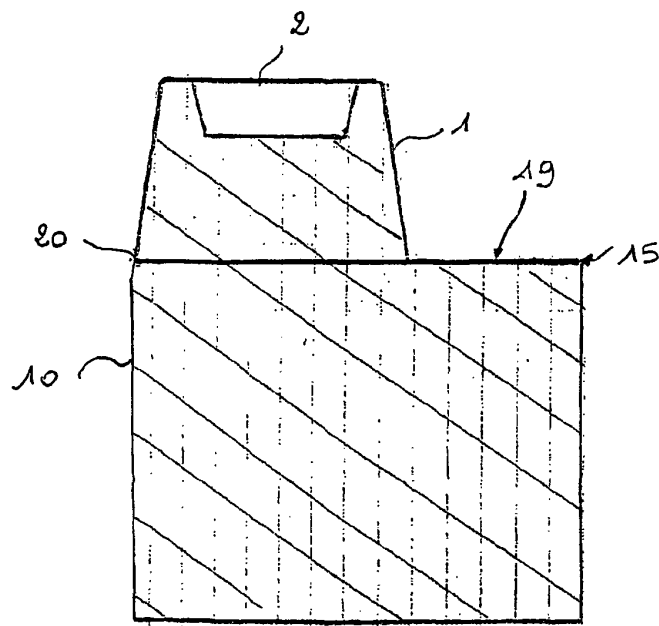
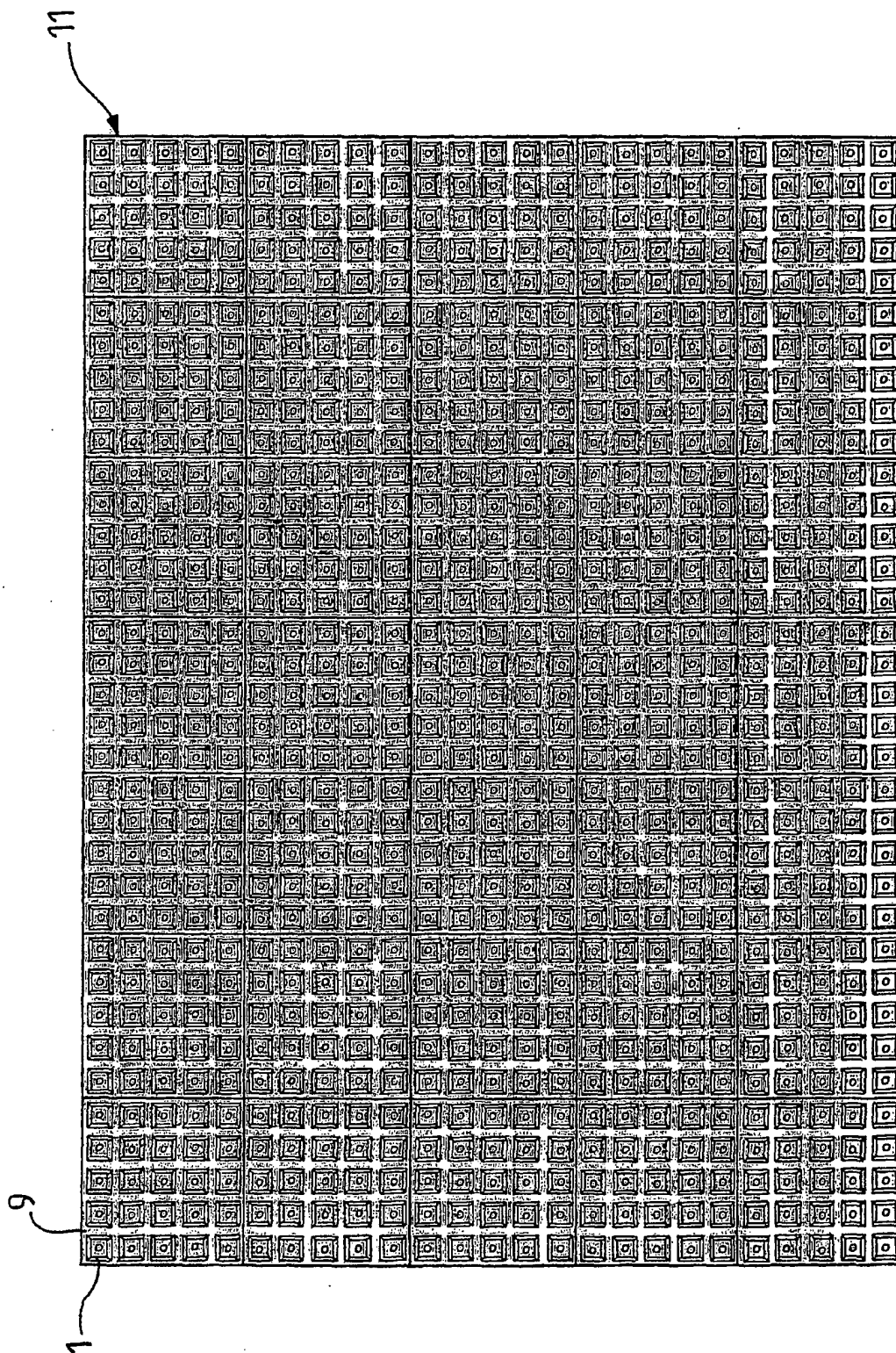


FIG. 5c

FIG. 5

FIG. 6



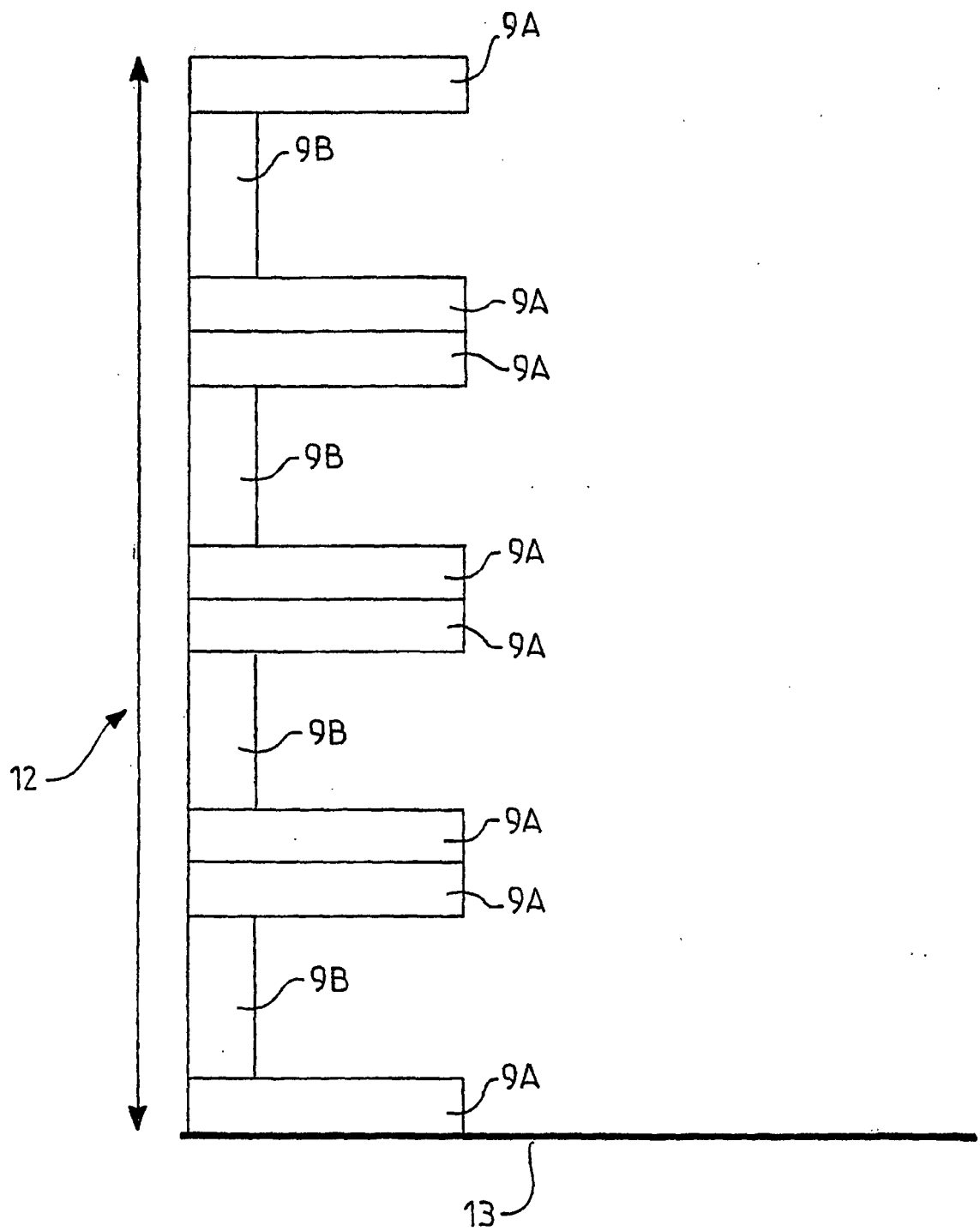


FIG. 7



**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**

- FR 2231825 [0009]
- EP 0214524 A [0009]