

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 19.03.02.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 26.09.03 Bulletin 03/39.

56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71) Demandeur(s) : *ECOLE POLYTECHNIQUE Etablissement public à caractère administratif — FR et COLAS — FR.*

72) Inventeur(s) : FAPOVAL BERNARD, FILOCHE  
MARCEL, CHAPPAT MICHEL et PEYRARD DIDIER.

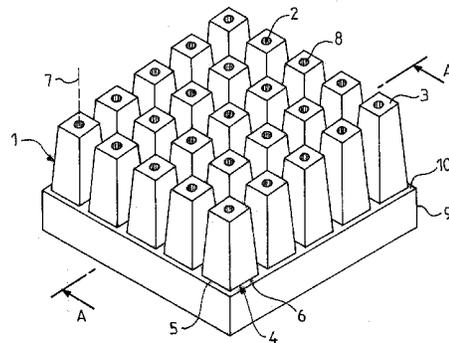
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET HARLE ET PHELIP.

54) MUR ANTIBRUIT.

57) La présente invention concerne un dispositif d'absorption du bruit.

Le dispositif comprend une base approximativement plane et des éléments (1) en relief comportant chacun au moins un évidement (2). Cette base révèle avec les éléments (1) en relief une configuration présentant une zone de fractalité comprise entre 2 cm et 50 cm, de dimension fractale supérieure à 2, 8 permettant la localisation des ondes dans la gamme de fréquence du son, au voisinage desdits éléments (1).



La présente invention concerne un mur antibruit. 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,...).

La solution consistant à couvrir certaines portions de routes ou d'autoroutes n'est pas toujours possible. Souvent, on cherche à atténuer, voire à 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.

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.

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 absorption, par réflexion et par diffraction.

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 verre, béton lissé, etc...

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 des réflexions multiples.

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.

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.

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 comportant chacun au moins un évidement.

5 Selon l'invention, cette base révèle avec les éléments en relief une configuration présentant une fractalité comprise entre 2 cm et 50 cm, de dimension fractale supérieure à 2,8 permettant la localisation de certains modes acoustiques au voisinage desdits éléments.

10 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 :

- il présente des tailles variables dans les plans parallèles au plan de la base, en fonction de leur distance audit plan de la base ;
- les tailles et leurs variations sont au moins en partie irrégulières ;
- 15 - la surface des éléments en relief 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 étant tronqués dans leur partie supérieure par un plan ;
- la ligne fermée décrit le contour d'un moule à kouglof ;
- 20 - 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

25 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

30 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

35 supérieure par l'intersection de la pyramide avec un plan, la forme

pyramidale étant l'enveloppe extérieure générale de ces troncs de pyramides.

- les éléments en relief ont des axes parallèles les uns aux autres ;
- l'évidement est un tronc de cône creux ayant pour axe, la droite  
5 reliant le sommet des éléments en relief au centre de leur base;
- les troncs de cône sont ouverts du côté de la partie supérieure des éléments en relief;
- l'évidement est un tronc de cône creux ayant un axe parallèle à la  
base desdits éléments ;
- 10 - les troncs de cône sont ouverts à leurs extrémités ;
- le plan délimitant la partie supérieure des éléments en relief fait un angle  $\varphi$  par rapport au plan passant par la base desdits éléments;
- les éléments en relief sont réalisés en un matériau phoniquement absorbant.

15 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  $10^{-2}$   
20 environ.

- les éléments en relief sont en béton-bois ;
- les éléments en relief sont recouverts d'un matériau phoniquement absorbant ;
- les éléments en relief sont regroupés en caissons ayant une base  
25 plane formée par les bases desdits éléments ;
- 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 ;
- 30 - 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  
35 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 :

A B A A B A

- les caissons de type A sont répartis en deux catégories, respectivement, A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> perpendiculaires l'un à l'autre.

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 œuvre dans certains modes 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 œuvre dans certains modes 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 panneau formé à l'aide d'un ensemble de caissons ayant leurs bases parallèles à la surface du panneau ;

- la figure 5 est un schéma représentant les dispositions relatives de caissons pour former un mur dans certains modes de réalisation de l'invention ;

Le dispositif d'absorption de bruit selon l'invention met en œuvre le concept d'amortissement des résonateurs acoustiques fractals. On entend ici par – objet fractal– un objet dont la géométrie peut être décrite par une taille 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 en quelque sorte « frottement » répétitif 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. L'invention visant à réaliser un tel objet de manière pratique pour l'application industrielle restreint celui-ci aux premiers ordres de fractalité.

Le dispositif d'absorption de bruit selon l'invention comprend donc une base approximativement plane, des éléments 1 en relief comportant chacun au moins un évidement ou échancrure 2, caractérisé en ce que cette base révèle avec les éléments en relief une configuration présentant une zone de fractalité comprise entre 2 cm et 50 cm, de dimension fractale supérieure à 2,8. 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.

Dans un mode de réalisation, la surface des éléments 1 en relief 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. Avantageusement, cette ligne fermée décrit le contour d'un moule à kouglof, i.e. elle comprend une succession d'arcs de cercle formant une ligne fermée. Dans un premier mode de réalisation, ces 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 second mode de réalisation, ces éléments 1 en relief sont des troncs de cônes.

Chacun des éléments 1 en relief est évidé, de telle sorte qu'il  
5 comporte un tronc de cône creux 2. Cet évidement 2 tronconique peut, dans un premier mode de réalisation, avoir la droite reliant le sommet de la pyramide au centre de sa base 4 comme axe 7 ou, dans un second mode de réalisation, avoir son axe 7 parallèle à la base 4 des éléments 1. Dans  
10 le premier mode de réalisation, les troncs de cône 2 sont ouverts du côté de la partie supérieure 3 des troncs de pyramides 1. Dans le second mode de réalisation, les troncs de cône 2 sont ouverts à leurs extrémités 8.

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  
15 en relief.

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  
20 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.

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-  
25 à-dire avec les ondes sonores.

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.

30 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  $S_m$ .

Pour les modes dits - localisés -, on observe une zone de  
localisation de l'onde sonore au voisinage de la structure absorbante,  
35 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 s'ajouter au pouvoir absorbant déjà observé pour les modes délocalisés.

- 5 Le pouvoir d'absorption  $A(\omega)$  pour une fréquence  $\omega$  donnée du son, du dispositif par mètre carré moyen de surface projetée est donnée par la formule :

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

- 10 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  $C(\omega) \neq 1$  pour des fréquences correspondant à des modes localisés.

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

Dans la description suivante, nous considérerons 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.

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.

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  $\theta$  compris entre 0 et 5° par rapport à la normale au plan passant par la base 4 des éléments solides 1.

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

Ces faibles valeurs pour l'angle  $\phi$  assurent un décoffrage facile et sont donc adaptées aux contraintes d'une réalisation par moulage direct.

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.

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.

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.

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.

La figure 4 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.

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,...).

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.

La figure 5 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.

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  $9_A$ .

5 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 A B étant répété autant de fois que nécessaire pour couvrir toute la hauteur du mur en fonction de la taille des caissons 9.

10 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.

15 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.

20 L'invention a été décrite jusqu'à présent en considérant l'utilisation de matériaux peu absorbants. On peut encore améliorer 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.

25 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.

L'argile expansée ou le béton poreux peuvent également être mis en œuvre.

30 Dans un autre mode de réalisation, le dispositif, selon l'invention, est recouvert d'un matériau phoniquement absorbant.

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.

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.

5 Ce dispositif d'absorption du bruit peut avantageusement être mis en œuvre 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,...).

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

## REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'absorption du bruit, notamment routier et ferroviaire comprenant une base approximativement plane, des éléments (1) en relief comportant chacun au moins un évidement (2), caractérisé en ce que cette  
5 base révèle avec les éléments (1) en relief une configuration présentant une fractalité dans une gamme de longueurs comprise entre 2 cm et 50 cm, de dimension fractale supérieure à 2,8 permettant la localisation de modes acoustiques, au voisinage desdits éléments (1).

2. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 1,  
10 caractérisé en ce qu'il présente des tailles variables dans les plans parallèles au plan de la base, en fonction de leur distance audit plan de la base.

3. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 2,  
15 caractérisé en ce que les tailles et leurs variations sont au moins en partie irrégulières.

4. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 2,  
caractérisé en ce que la surface des éléments (1) en relief 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  
20 étant tronqués dans leur partie supérieure (3) par un plan.

5. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 4,  
caractérisé en ce que la ligne fermée décrit le contour d'un moule à kouglof.

6. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 4,  
25 caractérisé en ce que les éléments (1) en relief sont des troncs de cônes.

7. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 4,  
caractérisé en ce que les éléments (1) en relief sont des troncs de pyramides.

8. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une quelconque des  
30 revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les éléments (1) en relief ont des axes (7) parallèles les uns aux autres.

9. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que l'évidement est un tronc de cône (2) creux ayant pour axe (7), la droite reliant le sommet des éléments  
35 (1) en relief au centre de leur base (4).

10. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 9, caractérisé en ce que les troncs de cône (2) sont ouverts du coté de la partie supérieure des éléments (1) en relief.

5 11. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'évidement est un tronc de cône (2) creux ayant un axe (7) parallèle à la base (4) desdits éléments (1).

10 12. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 11, caractérisé en ce que les troncs de cône (2) sont ouverts à leurs extrémités (8).

13. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le plan délimitant la partie supérieure (3) des éléments (1) en relief fait un angle  $\varphi$  par rapport au plan passant par la base (4) desdits éléments (1).

15 14. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que les éléments (1) en relief sont réalisés en un matériau phoniquement absorbant.

15. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 14, caractérisé en ce que les éléments (1) en relief sont en béton-bois.

20 16. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que les éléments (1) en relief sont recouverts d'un matériau phoniquement absorbant.

25 17. Dispositif d'absorption du bruit selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que les éléments (1) en relief sont regroupés en caissons (9) ayant une base plane (10) formée par les bases (4) desdits éléments (1).

30 18. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 17, 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).

19. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 17, caractérisé en ce que les caissons (9) sont disposés aléatoirement les uns par rapport aux autres.

35 20. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 19, 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.

21. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 17, 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).

22. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 21, caractérisé en ce que des caissons (9) orientés respectivement vers les deux faces du mur (12) sont associés.

23. Dispositif d'absorption du bruit selon les revendications 21 et 22, caractérisé en ce que des caissons (9) sont associés, de haut en bas, dans l'ordre suivant en désignant par A, un caisson ( $9_A$ ) dont la base (10) est perpendiculaire à la surface du mur (12) et B, un caisson ( $9_B$ ) dont la base (10) est parallèle à la surface du mur (12) :

A B A A B A

24. Dispositif d'absorption du bruit selon la revendication 23, caractérisé en ce que les caissons (9) de type A sont répartis en deux catégories, respectivement,  $A_1$  et  $A_2$  perpendiculaires l'un à l'autre.

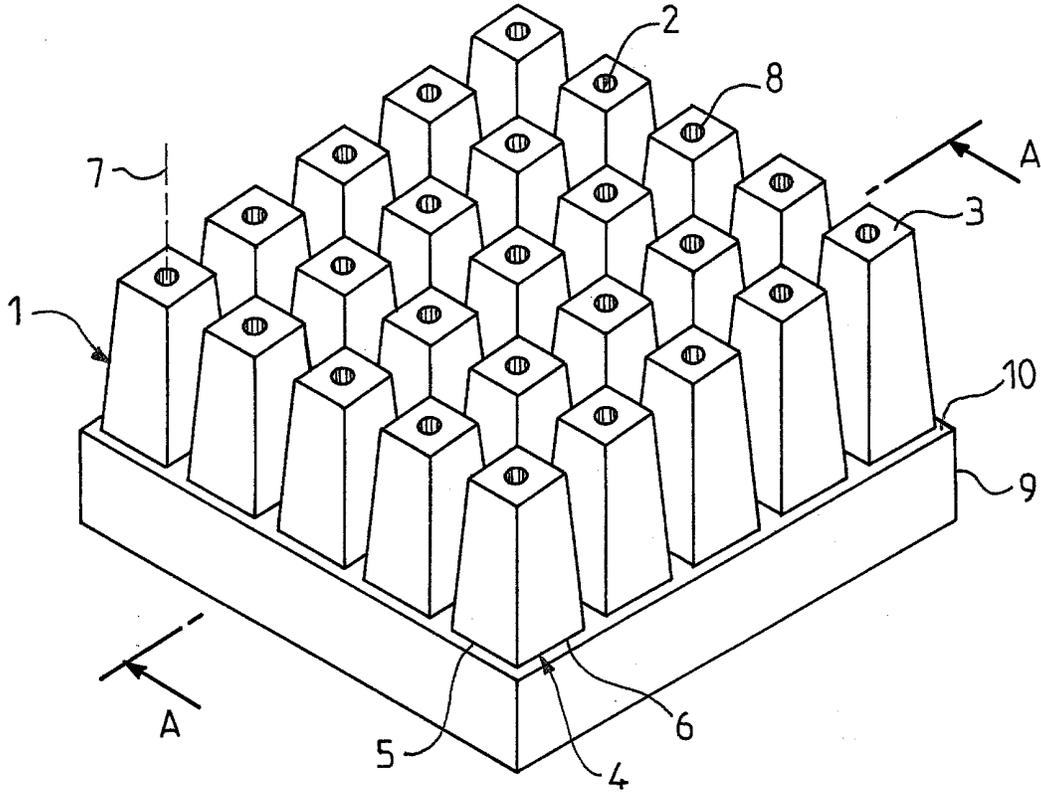


FIG.1

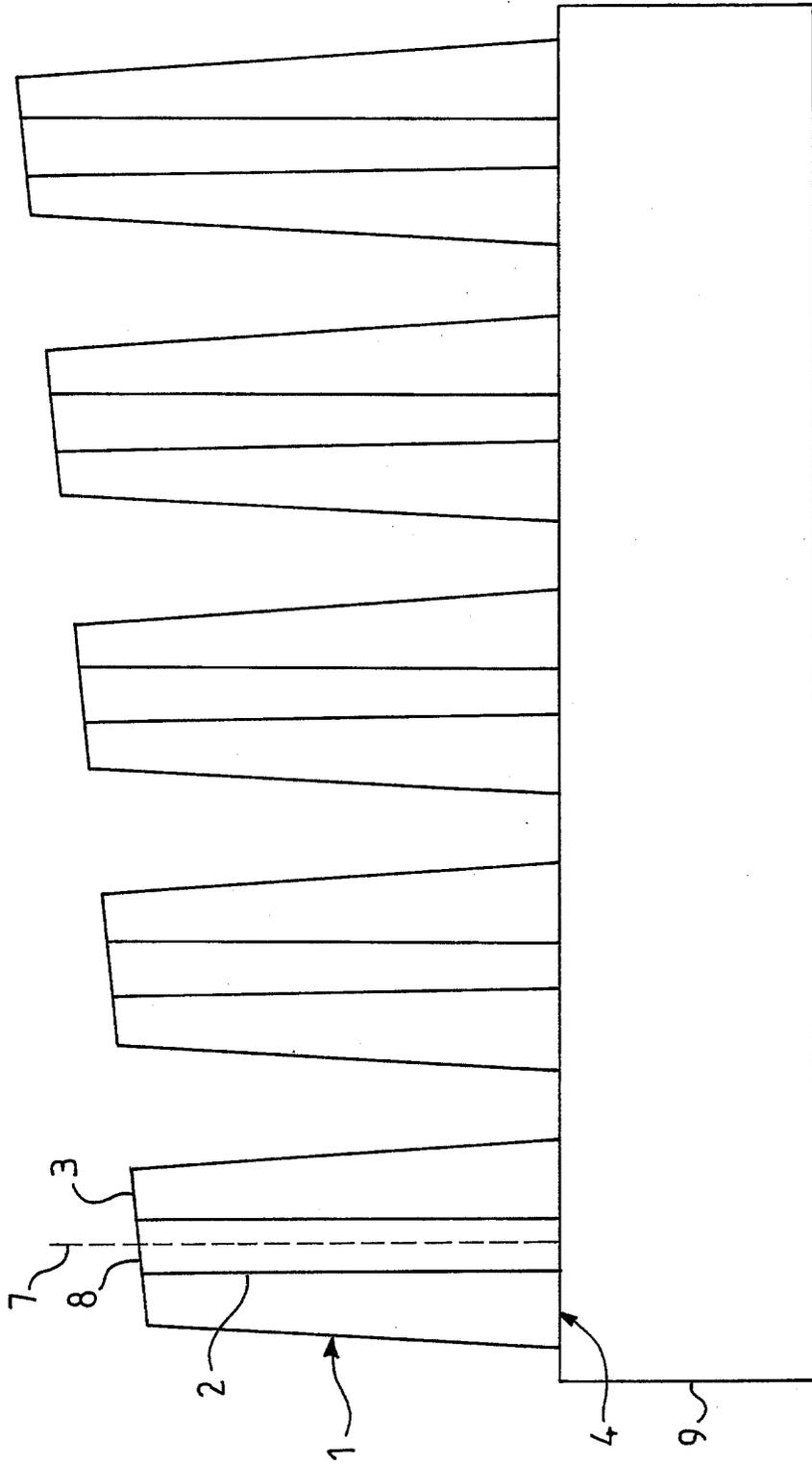


FIG. 2

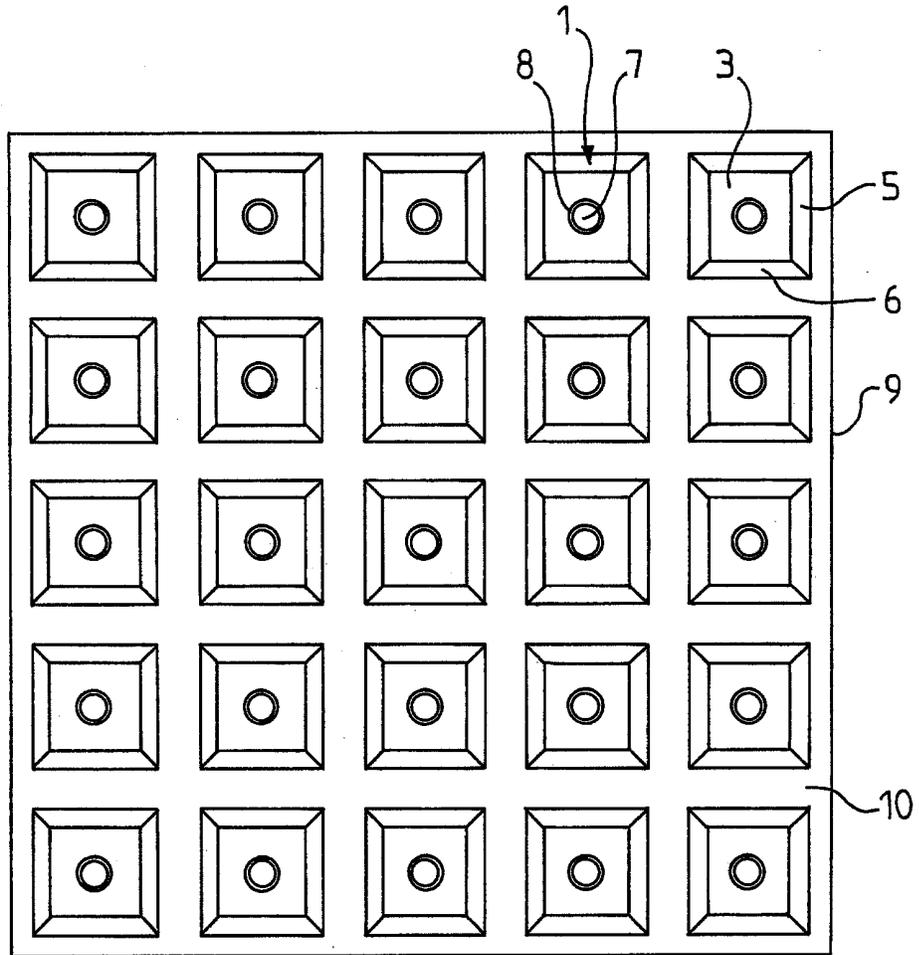
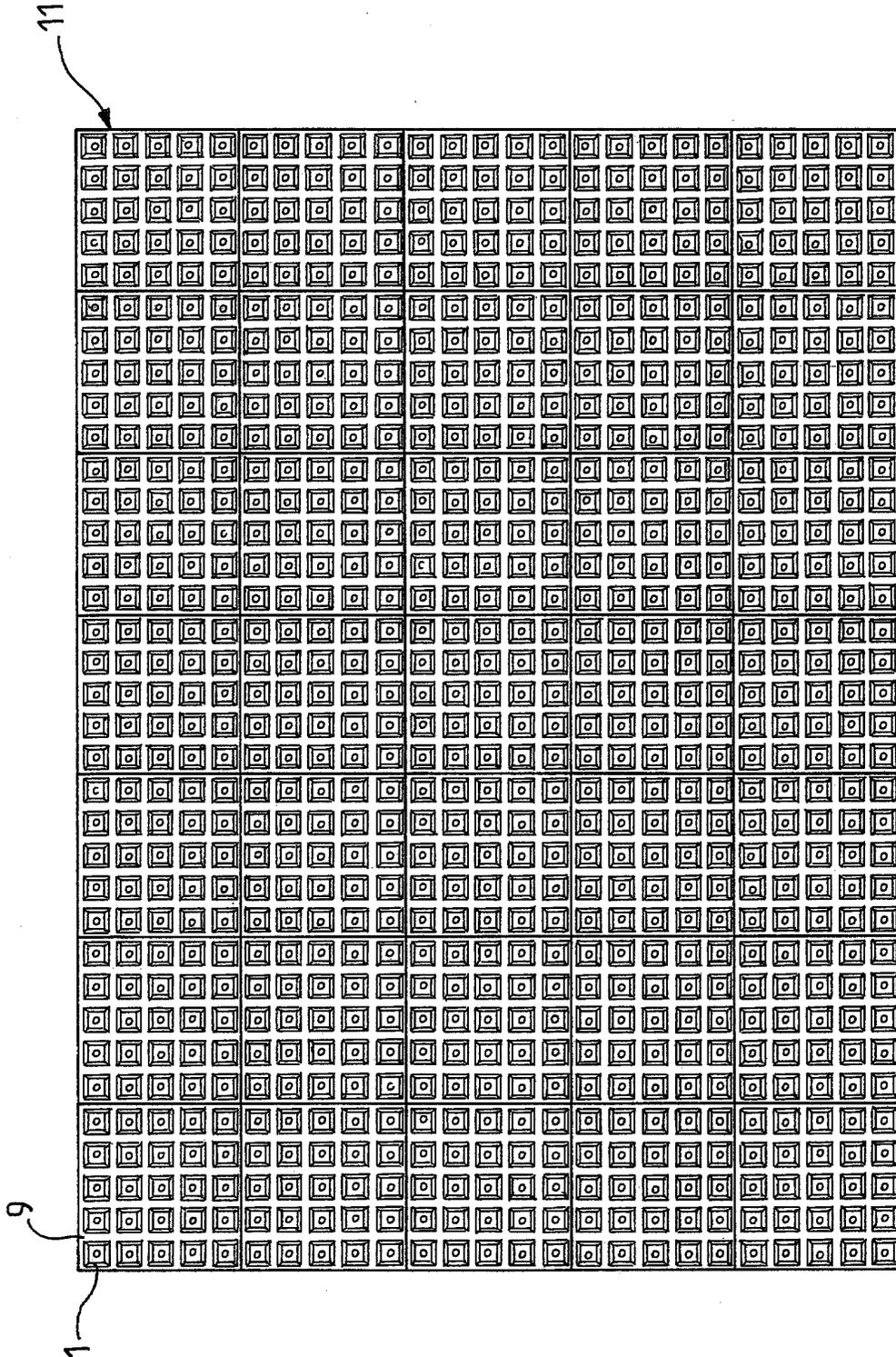


FIG. 3

FIG. 4



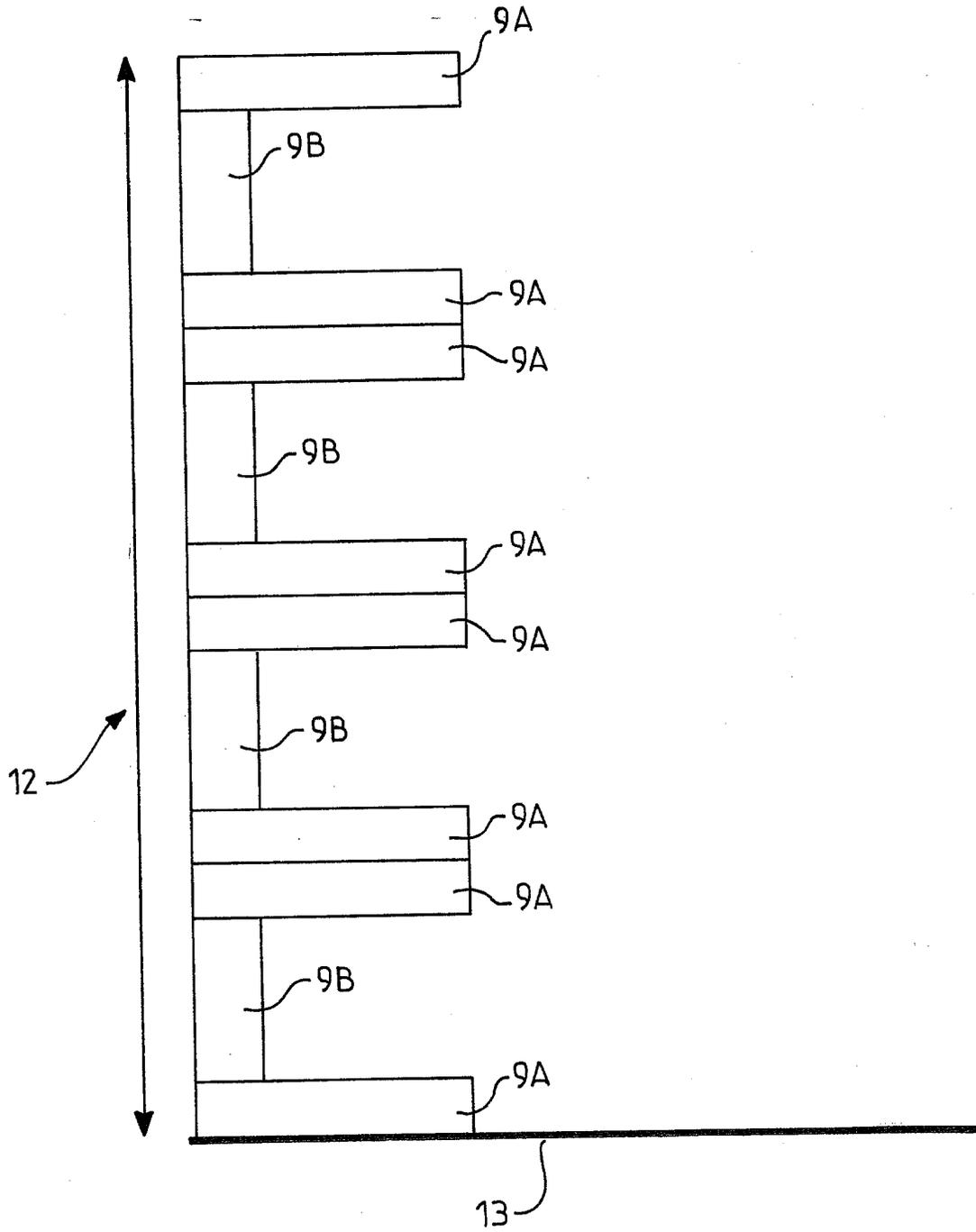


FIG. 5

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 617153  
FR 0203404

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	FR 2 231 825 A (SCHREPFFER RUDOLF) 27 décembre 1974 (1974-12-27) * le document en entier *	1-24	E01F8/00 G10K11/16
X	US 5 027 920 A (D ANTONIO PETER ET AL) 2 juillet 1991 (1991-07-02) * le document en entier *	1	
A		2-24	
X	US 5 193 318 A (D ANTONIO PETER ET AL) 16 mars 1993 (1993-03-16) * le document en entier *	1	
A		2-24	
A	FR 2 712 902 A (TUYAUX BONNA) 2 juin 1995 (1995-06-02) * le document en entier *	1-24	
A	EP 0 214 524 A (NUDLING FRANZ CARL BASALTWERKE) 18 mars 1987 (1987-03-18) * le document en entier *	1-24	
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)</b>
			E01F E04B
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		4 décembre 2002	Verveer, D
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0203404 FA 617153**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 04-12-2002  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2231825      A	27-12-1974	CH      567636 A5	15-10-1975
		BE      815692 A1	16-09-1974
		DE      2424642 A1	19-12-1974
		FR      2231825 A1	27-12-1974
		IT      1014756 B	30-04-1977
		NL      7407039 A	06-12-1974
		SE      7407328 A	05-12-1974
US 5027920      A	02-07-1991	US      4964486 A	23-10-1990
		CA      2027658 A1	07-05-1991
US 5193318      A	16-03-1993	AUCUN	
FR 2712902      A	02-06-1995	FR      2712902 A1	02-06-1995
EP 0214524      A	18-03-1987	DE      3530867 A1	05-03-1987
		AT      58195 T	15-11-1990
		DE      3675478 D1	13-12-1990
		EP      0214524 A1	18-03-1987