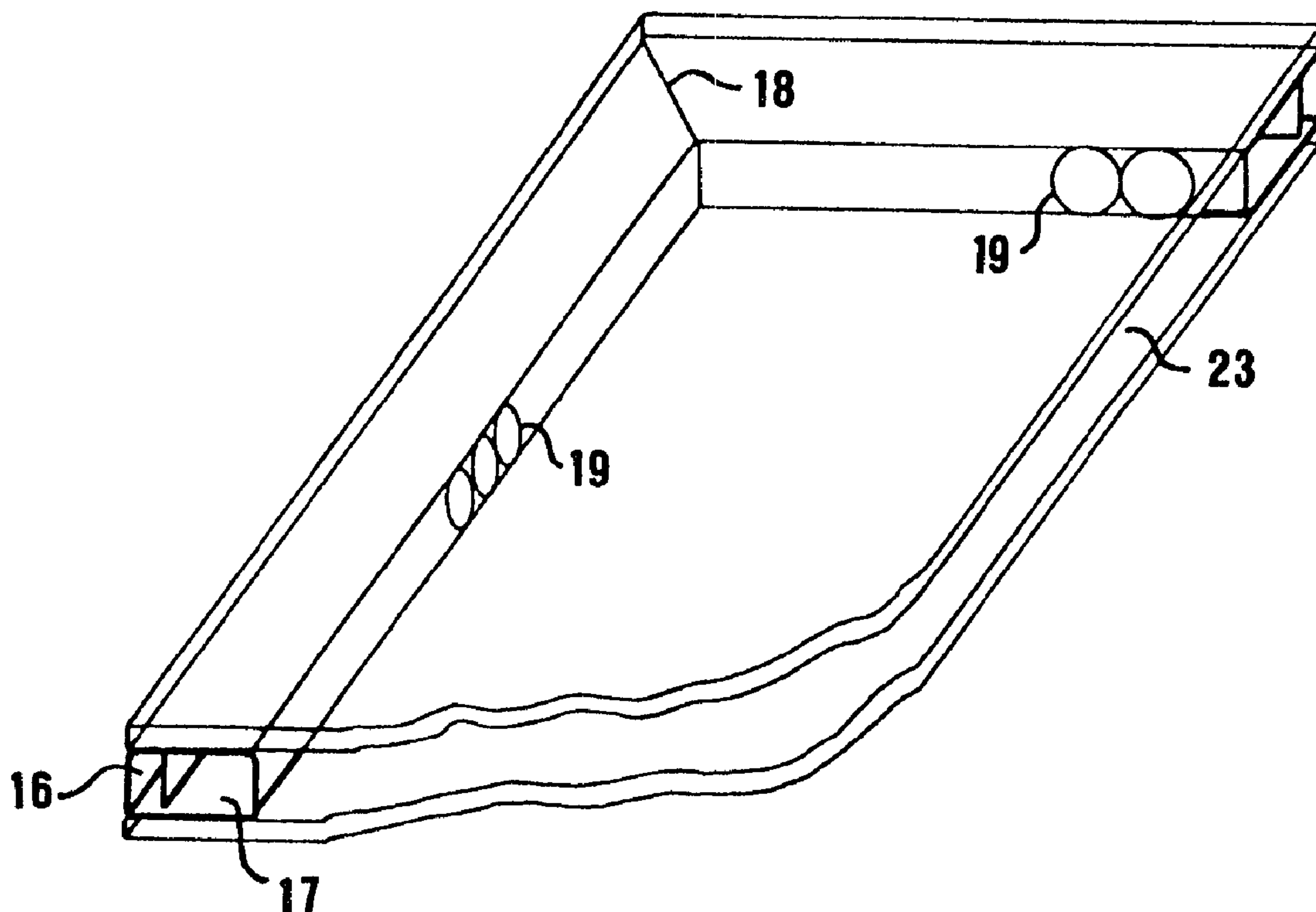




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1993/07/15  
(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1994/01/17  
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2005/06/21  
(30) Priorité/Priority: 1992/07/16 (92 08772) FR

(51) Cl.Int.<sup>5</sup>/Int.Cl.<sup>5</sup> E06B 3/24  
(72) Inventeurs/Inventors:  
HAMDI, MOHAMED ALI, FR;  
BOUHIOUI, HAMID, FR;  
REHFELD, MARC, FR  
(73) Propriétaire/Owner:  
SAINT GOBAIN VITRAGE INTERNATIONAL, FR  
(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : CAISSON ISOLANT ACOUSTIQUE  
(54) Title: ACOUSTICALLY INSULATED GLAZING UNIT



(57) Abrégé/Abstract:

Pour améliorer les performances d'isolation acoustique d'un caisson à faces parallèles tel qu'un vitrage isolant, on l'équipe d'un guide d'onde. De préférences, il est situé à la périphérie et communique avec l'espace du caisson par des orifices localisés 19 situés sur chacun des côtés.

## CAISSON ISOLANT ACOUSTIQUE

### ABREGE DESCRIPTIF

Pour améliorer les performances d'isolation acoustique d'un caisson à faces parallèles tel qu'un vitrage isolant, on l'équipe d'un guide d'onde.

De préférence, il est situé à la périphérie et communique avec l'espace du caisson par des orifices localisés 19 situés sur chacun des côtés.

5

## CAISSON ISOLANT ACOUSTIQUE

L'invention concerne l'isolation acoustique d'un  
10 caisson plan à parois multiples et plus particulièrement  
d'un vitrage isolant.

Les vitrage isolants, constitués de deux ou plusieurs  
feuilles de verre associées ensemble par l'intermédiaire  
d'un cadre intercalaire qui les maintient à une certaine  
15 distance l'une de l'autre en emprisonnant entre elles une  
lame de gaz, de l'air sec en général, sont utilisés dans la  
majorité des cas pour améliorer l'isolement thermique des  
locaux ou même éventuellement des véhicules de transport  
terrestre.

20 Les systèmes les plus courants utilisent des verres  
avec une épaisseur commune de 4 mm séparés par un espace  
compris entre 6 et 12 mm. Tels qu'ils sont, ces vitrages  
ont des performances acoustiques limitées, notablement in-  
férieures à celles d'un verre monolithique de même masse  
25 surfacique globale.

On dispose dans l'industrie de différents moyens pour  
améliorer les performances acoustiques des vitrages iso-  
lants. Le plus courant consiste à utiliser des verres  
d'épaisseurs fortes et différentes. Ce moyen a une effica-  
30 cité limitée, il accroît le poids du vitrage ce qui peut  
obliger à utiliser une fenêtre renforcée, par ailleurs,  
l'augmentation de coût n'est pas négligeable. Un autre  
moyen courant consiste à remplacer les verre monolithiques  
par des verres feuilletés. Ici, l'efficacité est limitée et  
35 l'accroissement du coût, supérieur au cas précédent.

Un moyen difficilement utilisable pour les vitrages  
destinés à équiper des fenêtres mais courant dans les  
cloisons intérieures ou dans les véhicules de chemin de fer  
consiste à accroître l'épaisseur de la lame d'air. Mais

c'est seulement pour des épaisseurs d'air de plusieurs centimètres (5 ou 6) que l'effet est sensible ce qui interdit de réaliser de telles variantes en vitrages isolants scellés.

5 Un moyen efficace réside dans l'utilisation de feuilletés spéciaux. C'est ainsi que la demande de brevet européen EP 100 701 B1 décrit un vitrage isolant comportant un ou deux éléments feuilletés dont la résine est "telle qu'un  
10 barreau de 9 cm de longueur et de 3 cm de largeur, constitué d'un verre feuilleté comprenant deux feuilles de verre de 4 mm d'épaisseur réunies par une couche de 2 mm de cette résine, ait une fréquence critique qui diffère au plus de 35 % de celle d'un barreau de verre ayant la même longueur, la même largeur et 4 mm d'épaisseur". Le principe de fonc-  
15 tionnement de ce type de vitrage basé sur une faible rigidité de la résine, indépendamment de son amortissement permet une très nette amélioration par rapport au vitrage feuilleté ordinaire mais le prix en est également sensiblement supérieur.

20 Le problème que l'invention se donne pour tâche de résoudre est de fournir un vitrage isolant fait de verres monolithiques usuels mais avec une performance améliorée, sans que le coût de fabrication et le poids augmentent trop.

25 L'invention se donne également pour tâche - plus généralement, de fournir une solution simple et bon marché au problème de l'isolation acoustique de caissons étanches à parois doubles ou multiples remplis de gaz et/ou d'air.

Aucune des solutions techniques évoquées précédemment  
30 dans le cas des vitrages n'utilise des vitrages isolants scellés faits de verres monolithiques usuels puisqu'elles proposent d'agir sur leurs épaisseurs ou sur leur nature (feuilletés normaux ou spéciaux). En revanche, certaines études ont proposé d'utiliser des plaques d'épaisseur  
35 standard et d'installer à la périphérie du caisson des résonateurs d'Helmholtz accordés sur la cavité du caisson (voir MASON and FAHY, Journal of Sound and Vibration, Vol 124 (2) page 367 à 379 Academic Press Ltd 1988). La demande de brevet WO-A-85 02640 propose ainsi un caisson avec une

isolation acoustique améliorée à certaines fréquences. Il comporte dans une de ses variantes des résonateurs sphériques localisés situés à l'extérieur du caisson et en communication avec le volume interne par des conduits de faible section. Ce système, puisqu'il est accordé sur une fréquence, agit surtout dans un domaine autour de celle-ci, mais, sur les autres fréquences, ou bien il n'agit que peu, ou même il agit négativement. Par ailleurs, le volume du résonateur doit être une fraction importante de celui de la cavité proprement dite - de l'ordre de 15 % - ce qui par exemple pour un vitrage de 1 m<sup>2</sup> avec une lame d'air de 12 mm d'épaisseur nécessite d'installer à la périphérie du vitrage plusieurs "bouteilles" dont la capacité totale est de près de 2 litres : cette solution n'est pas adaptée aux conditions habituelles de fabrication des vitrages isolants ni d'une manière générale, à l'isolation acoustique de caissons d'épaisseur comparable.

On connaît également une variante de résonateur dans laquelle la liaison résonateur-intérieur du caisson ne se fait pas par des tuyaux comme dans le cas général des résonateurs d'Helmoltz, mais par une liaison continue. La demande de brevet DE-A-34 01 996 propose ainsi un vitrage dont les verres ont des épaisseurs différentes et sont mécaniquement désolidarisés l'un de l'autre. A la périphérie du vitrage, on a réalisé une cavité de très grande section qui permet, en tenant compte de son volume et des caractéristiques de la fente continue qui la relie à l'intérieur du vitrage, d'accorder le résonateur pour améliorer l'isolation à une fréquence donnée.

On connaît également une variante des vitrages comportant un matériau périphérique absorbant dans lequel celui-ci est contenu dans un tube situé à l'intérieur du vitrage, à sa périphérie. La demande de brevet DE-A-27 48 223 propose que la liaison entre l'intérieur et l'extérieur du tube contenant le matériau absorbant se fasse par un canal étroit et de grande longueur qui s'étend d'un bout à l'autre du tube. Le principe de fonctionnement de ce type de vitrage est de provoquer l'amortissement des sons par un matériau absorbant approprié. Aucune variante sans matériau

absorbant n'est envisagée dans DE-A-27 48 223.

L'invention n'utilise pour améliorer les performances acoustique d'un caisson ni le principe des résonateurs d'Helmoltz situés à l'extérieur du caisson ni celui de l'absorption des sons par un matériau adapté situé entre les plaques, à la périphérie de l'espace interne.

L'invention propose un caisson comportant au moins une cavité plate constituée de deux plaques sensiblement parallèles assemblées à leur périphérie à l'aide d'un cadre intercalaire, la cavité étant remplie de gaz et/ou d'air, qui comporte un guide d'onde en communication avec la cavité par un ou par plusieurs orifices localisés, leur forme, leur section et leur position ainsi que la section du guide d'onde sont déterminés de manière à désaccorder les ondes acoustiques et mécaniques qui naissent, respectivement dans la cavité et sur les plaques lorsque le caisson est soumis à un champ acoustique incident.

Le désaccord entre ondes acoustiques et mécaniques est évalué par le calcul des coefficients de couplage énergétique entre les modes acoustiques et mécaniques et ce sont ces coefficients qui sont minimisés.

De préférence, le guide d'onde est placé à la périphérie de la cavité et il est refermé sur lui-même. Avantageusement, le caisson est polygonal.

Dans le cas où c'est un vitrage isolant avec comme plaques des feuilles de verre, le guide d'onde est intégré au cadre intercalaire du vitrage isolant. La réalisation préférée de l'invention comporte un guide d'onde et un cadre intercalaire qui sont constitués d'un profilé unique comportant deux compartiments en communication par une fente étroite sur toute leur longueur, le compartiment extérieur contenant le desséchant.

De préférence, le profilé constituant le guide d'onde et le cadre intercalaire est obtenu par pliage d'une tôle mince d'aluminium.

Une manière préférée de réaliser l'invention prévoit que les orifices de communication entre le guide d'onde et la cavité constituent chacun un ensemble dont la largeur est, au moins localement, voisine de celle du guide d'onde et

dont la longueur est comprise entre 2 et 25 % de la longueur du côté concerné et de préférence entre 2 et 5 %. Lorsque le vitrage est rectangulaire, les orifices sont de préférence situés au milieu des côtés et ils sont constitués d'une série de cercles équidistants.

La technique de l'invention telle qu'elle est dans sa variante la plus élaborée, vitrage isolant rectangulaire avec guide d'onde périphérique relié à la cavité par des ouvertures localisées le long du guide, permet d'améliorer sensiblement les performances acoustiques d'un vitrage traditionnel avec des moyens faciles à mettre en oeuvre et bon marché.

La description et les figures qui suivent permettront de comprendre l'invention et d'en apprécier les avantages.

15 Parmi les figures,

la figure 1 montre un exemple de réalisation d'un caisson selon l'invention,

la figure 2 présente un détail du même caisson,

la figure 3 représente un vitrage selon l'invention,

20 et la figure 4, la section du profilé constituant le cadre de ce même vitrage.

la figure 5 montre les résultats acoustiques d'un vitrage selon l'invention en comparaison avec le même vitrage non équipé du dispositif de l'invention.

25 Le principe de l'invention est le suivant : pour augmenter l'isolement acoustique d'un caisson fait de deux plaques parallèles, séparées par un espace faible et reliées à leur périphérie par un cadre, réalisant ainsi une cavité, on propose de réaliser sur la périphérie du caisson un guide d'onde de section (A) qui communique avec la lame  
30 d'air ou de gaz emprisonnée entre les deux parois, par l'intermédiaire d'ouvertures de section (s) placées à des endroits appropriés. Le rôle principal de ce guide d'onde étant de désaccorder les ondes acoustiques et mécaniques  
35 qui naissent respectivement dans la lame d'air ou de gaz et sur les parois lorsque le système caisson à double paroi est soumis à un champ acoustique incident.

Pour déterminer les caractéristiques géométriques optimales (A, s, et la position des ouvertures), on utilise

une méthode de calcul qui consiste à discrétiser la lame d'air ou de gaz et les parois par des éléments finis acoustiques et mécaniques. Les éléments finis acoustiques permettent de calculer de façon très précise la modification des modes acoustiques internes de la lame d'air par l'adjonction du guide d'onde, tandis que les éléments finis mécaniques permettent de calculer de façon aussi précise les modes propres des deux parois.

Pour tenir compte du couplage vibro-acoustique entre les parois et la lame de gaz ou d'air, on utilise une formulation mixte mise au point par l'équipe du Professeur HAMDI à l'Université de Technologie de Compiègne. Voir "Méthodes de discrétisation par éléments finis et éléments finis de frontière" par HAMDI in Rayonnement acoustique des structures, Eyrolles éditeur, Paris 1988. Cette formulation repose sur l'application du principe de Hamilton au système couplé fluide-structure, décrit en termes des composantes modales acoustiques et mécaniques qui constituent les inconnues du problème. L'avantage principal de cette formulation est de faire apparaître explicitement les coefficients de couplage énergétiques entre les modes acoustiques internes et les modes mécaniques des parois.

Le principe de la méthode consiste donc à rechercher les dimensions caractéristiques du guide d'onde de façon à minimiser les coefficients de couplage énergétique.

Pour calculer l'indice d'affaiblissement du système double paroi muni du guide d'onde, on utilise ensuite une méthode d'éléments finis de frontière, également mise au point par l'équipe de recherche du Professeur HAMDI, qui permet de calculer l'impédance de rayonnement des parois et l'indice d'affaiblissement du système à double paroi soumis à un champ acoustique d'ondes planes incidentes.

En résumé, la méthode est la suivante : à partir d'une structure de base donnée, par exemple un vitrage isolant comprenant deux plaques de verre de 4 mm d'épaisseur séparées par une lame d'air de 12 mm, on imagine un guide d'onde compatible avec les caractéristiques de la structure. Dans le cas d'un vitrage par exemple, on préférera en général le placer à la périphérie. Le calcul dicte les

éléments A, s et la position des ouvertures qui, a priori, donneront les meilleurs résultats tout en restant compatibles avec le produit final. (Ainsi pour un vitrage isolant, on évitera que le guide d'onde périphérique n'empiète trop  
5 profondément dans le champ de vision du vitrage. De même, toujours dans le cas d'un vitrage, on placera les ouvertures à des emplacements symétriques, de préférence aux milieux des côtés).

Le logiciel de calcul mis au point consiste en définitive à exécuter les 6 étapes suivantes :

1. Maillage par éléments finis de la lame de gaz ou d'air et des parois,
2. Calcul des modes vibratoires des parois,
3. Calcul des modes acoustiques de la lame de gaz ou  
15 d'air en absence et en présence du guide d'onde,
4. Calcul des coefficients de couplage énergétique entre les modes acoustiques et mécaniques. C'est à ce moment que l'on peut voir si le découplage se produit et pour  
20 quelles fréquences. Le but est en effet de provoquer une rupture d'impédance entre plaques et guide d'onde,
5. Calcul des matrices d'impédance de rayonnement acoustique des parois,
6. Calcul de l'indice d'affaiblissement du système double paroi.

25 Le résultat de cette modélisation du caisson matérialisé par la courbe de l'indice d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence permet de juger de l'effet fourni par le guide d'onde choisi. Le calcul permet de modifier de façon itérative un, deux ou trois des paramètres  
30 A, s et position des ouvertures qui définissent le guide de manière à améliorer l'indice d'affaiblissement, l'expérience permet alors de vérifier la validité du résultat acoustique du nouvel ensemble caisson - guide d'onde.

#### Exemple 1

35 La méthode précédente a été appliquée à un double vitrage 4(12)4 fait de deux plaques de verre flotté de 4 mm d'épaisseur séparées par une lame d'air de 12 mm et assemblées avec un cadre en aluminium rempli d'un desséchant (tamis moléculaire) et collées grâce à du butyl et du

polysulfure. Les dimensions du vitrage étaient 1,23 x 1,48 m<sup>2</sup>.

Les différentes étapes de la méthode décrite plus haut appliquées au vitrage ont fini par aboutir à la suite 5 d'approximations successives, à un produit représenté figures 1, et 2.

Il s'agissait de réaliser, à la périphérie du vitrage, un guide d'onde de section 240 mm<sup>2</sup> communiquant par huit orifices de liaison avec la cavité dont quatre, de section 10 54 mm<sup>2</sup> aux quatre coins du vitrage et quatre, de section 480 mm<sup>2</sup> aux milieux de ses côtés.

Sur la figure 1 on voit le vitrage 1 avec ses verres 2 et son profilé périphérique 3,

Sur la figure 2, on a représenté la colle 4 et le 15 desséchant 5. Tous ces éléments sont traditionnels. Le guide d'onde, lui est représenté en 6 sur les figures 1 et 2. Il est matérialisé par quatre parois : les surfaces internes 7 et 8 des verres, la paroi interne 9 du cadre intercalaire et pour la quatrième paroi, on a utilisé la face 20 externe 10 d'un profilé 11 identique au profilé du cadre. Ce profilé est collé entre les deux verres comme le profilé du cadre. Il est découpé en tronçons de longueur telle qu'ils laissent entre eux les orifices de liaisons définis plus haut, c'est-à-dire avec une surface de 54 mm<sup>2</sup> pour 25 l'orifice 12 des coins et de 480 mm<sup>2</sup> pour ceux 13 du milieu des côtés. Les profilés sont vides mais leurs extrémités sont bouchées.

Les mesures acoustiques expérimentales réalisées sur le prototype qu'on vient de décrire ont montré une amélioration 30 ration sensible des performances en comparaison avec un vitrage identique à l'exception du profilé 11 absent. Les résultats selon la norme française NF-S 31 051 étaient meilleurs de 3 dB(A) pour un bruit de route et selon la norme ISO 717 (R<sub>w</sub>), également de + 3 dB.

### 35 Exemple 2

Le vitrage du deuxième exemple a été réalisé dans les conditions d'une production industrielle de grande série.

On a réalisé par pliage de feuillard d'aluminium, un profilé destiné à constituer l'intercalaire d'un vitrage

isolant. Ce profilé a un double rôle, d'une part il doit jouer le rôle habituel d'un cadre de vitrage isolant et d'autre part, il incorpore également le guide d'onde de l'invention. La section du profilé est représentée figure 5 4. On voit en 16 le compartiment réservé au desséchant et à la fixation des coins aux quatre angles du vitrage. En 17 on a constitué le guide d'onde. On a choisi ici une section de  $150 \text{ mm}^2$ . Le prototype du vitrage a été réalisé avec des verres de 4 mm dans les mêmes dimensions que précédemment : 10  $1,23 \times 1,48 \text{ m}^2$ . En appliquant la méthode de l'invention, on a calculé les coefficients de couplage énergétiques entre les modes acoustiques et mécaniques puis, par le calcul, on a examiné comment le choix de la position, de la forme et de la section des ouvertures dans le profilé arrivait à 15 minimiser ces coefficients. La position retenue pour les ouvertures a été le milieu des quatre côtés du vitrage, les coins étant assemblés en biseau en 18, figure 3 sans être étanches. La forme des orifices a été arrêtée à une série de cercles 19 presque tangents les uns aux autres. Il est 20 important que leur diamètre soit voisin de l'épaisseur du profilé. Un autre critère d'importance est la longueur totale occupée par l'ensemble des cercles 19 aux milieux des côtés du vitrage. Celle-ci doit être d'au moins 2 % et au maximum de 25 % de la longueur du côté. L'optimisation a 25 fourni comme nombre d'ouvertures circulaires juxtaposées, le chiffre 4 aussi bien pour le côté de 1,23 m de longueur que pour celui de 1,48 m.

Le profilé représenté figure 4 possède une particularité intéressante : on l'a conçu avec un orifice de commu- 30 nication entre les deux chambres. La paroi de séparation 20 ne vient pas au contact de la paroi perpendiculaire 21 mis laisse un espace 22 de, par exemple, 0,2 mm libre. Ce passage permet au desséchant (non représenté) remplissant le compartiment 16 d'agir par l'intermédiaire du compartiment 35 17 et des ouvertures 19 sur l'espace interne 23 du vitrage isolant qu'il maintient toujours sec.

Des mesures acoustiques en vraie grandeur ont été effectuées sur le vitrage qu'on vient de décrire et, par comparaison, sur un vitrage de mêmes dimensions mais qui

n'était pas équipé du guide d'onde de l'invention.

Les essais étaient réalisés selon la norme ISO 140 dans deux chambres réverbérantes de volumes respectifs 62 et 86 m<sup>3</sup>.

5 Les résultats sont représentés figure 5. On voit en abscisse les fréquences (en kHz) et en ordonnée, les indices d'affaiblissement acoustique. La courbe 14 représente les résultats du vitrage isolant traditionnel 4(12)4 rempli d'air tandis que la courbe 15, montre ceux d'un vitrage de 10 mêmes dimensions, toujours en 4(12)4, mais avec le guide d'onde périphérique des figures 3 et 4. On constate qu'entre 200 Hz et 2500 Hz, le vitrage de l'invention est supérieur d'une valeur comprise entre 2 et 5 dB à un vitrage ordinaire. L'allure générale de la courbe montre que l'effet ne se manifeste pas à une fréquence localisée comme c'est le cas avec les résonateurs de Helmholtz mais sur une large bande du spectre audible.

A partir des courbes précédentes, on a calculé les valeurs globales de l'indice d'affaiblissement acoustique, 20 d'une part selon la norme française NF-S 31 051 (indice d'affaiblissement respectivement pour un bruit de route,  $R_{rte}$  et pour un bruit rose,  $R_{rose}$ ) et selon la norme ISO 717 ( $R_w$ ).

Les résultats étaient les suivants :

25

	4(12)4	4(12)4 + guide d'onde
$R_{rte}$	26,3	29,6
$R_{rose}$	29,5	32,1
$R_w$	30	33

30

35

Le guide d'onde produit parfaitement son effet en venant perturber le couplage que la lame d'air réalise habituellement entre la première et la deuxième plaque. La fonction du guide est de permettre à l'onde sonore de circuler, c'est pourquoi il est important que le nombre des orifices de communication entre la cavité et le guide ne soit pas trop important ce qui générerait cette libre circulation.

Les exemples 1 et 2 de réalisation des caissons de l'invention utilisent des plaques de verre transparent mais, bien évidemment, les résultats acoustiques ne sont pas dépendants de la nature de ce matériau. Des plaques de 5 tôle ou de n'importe quel autre matériau avec un module d'élasticité du même ordre aurait conduit à des résultats comparables.

Il ressort de ce qui précède que l'invention propose une solution inattendue et très éloignée non seulement des 10 systèmes qui agissent sur les plaques proprement dites (épaisseurs, ensembles feuilletés, résines spéciales) mais même de ceux qui agissent sur la cavité (résonateurs d'Helmholtz ou absorbants périphériques). Par rapport à ces autres traitements elle a l'avantage d'être bon marché, 15 facile à mettre en oeuvre dans l'industrie et esthétiquement discrète.

20

25

30

35

- 12 -

## REVENDICATIONS

1. Caisson comportant au moins une cavité plate constituée de deux plaques sensiblement parallèles  
5 assemblées à leur périphérie à l'aide d'un cadre intercalaire, la cavité étant remplie de l'un d'un gaz et d'air, caractérisé en ce que le caisson comporte un guide d'ondes placé à une périphérie de la cavité, ledit guide d'ondes étant polygonal et refermé sur lui-même, en  
10 communication avec la cavité par au moins un orifice de communication, ledit au moins un orifice de communication constituant un ensemble dont une longueur est comprise entre 2 et 25 % d'une longueur d'un côté concerné de la cavité et en ce qu'une section du guide d'ondes, une  
15 forme, une section et une position dudit au moins un orifice de communication sont déterminées de manière à désaccorder des ondes acoustiques et mécaniques qui naissent, respectivement dans la cavité et sur lesdites deux plaques lorsque le caisson est soumis à un champ  
20 acoustique incident.

2. Le caisson selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un désaccord entre les ondes acoustiques et mécaniques est évalué par un calcul de  
25 coefficients de couplage énergétique entre des modes acoustiques et mécaniques, lesdits coefficients étant minimisés.

3. Le caisson selon l'une quelconque des  
30 revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'une largeur dudit au moins un orifice de communication est, au moins localement, voisine de celle du guide d'ondes.

- 13 -

4. Le caisson selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le caisson est rectangulaire, ledit au moins un orifice de communication étant situé au milieu de côtés de la cavité et constitué d'une série de cercles équidistants.

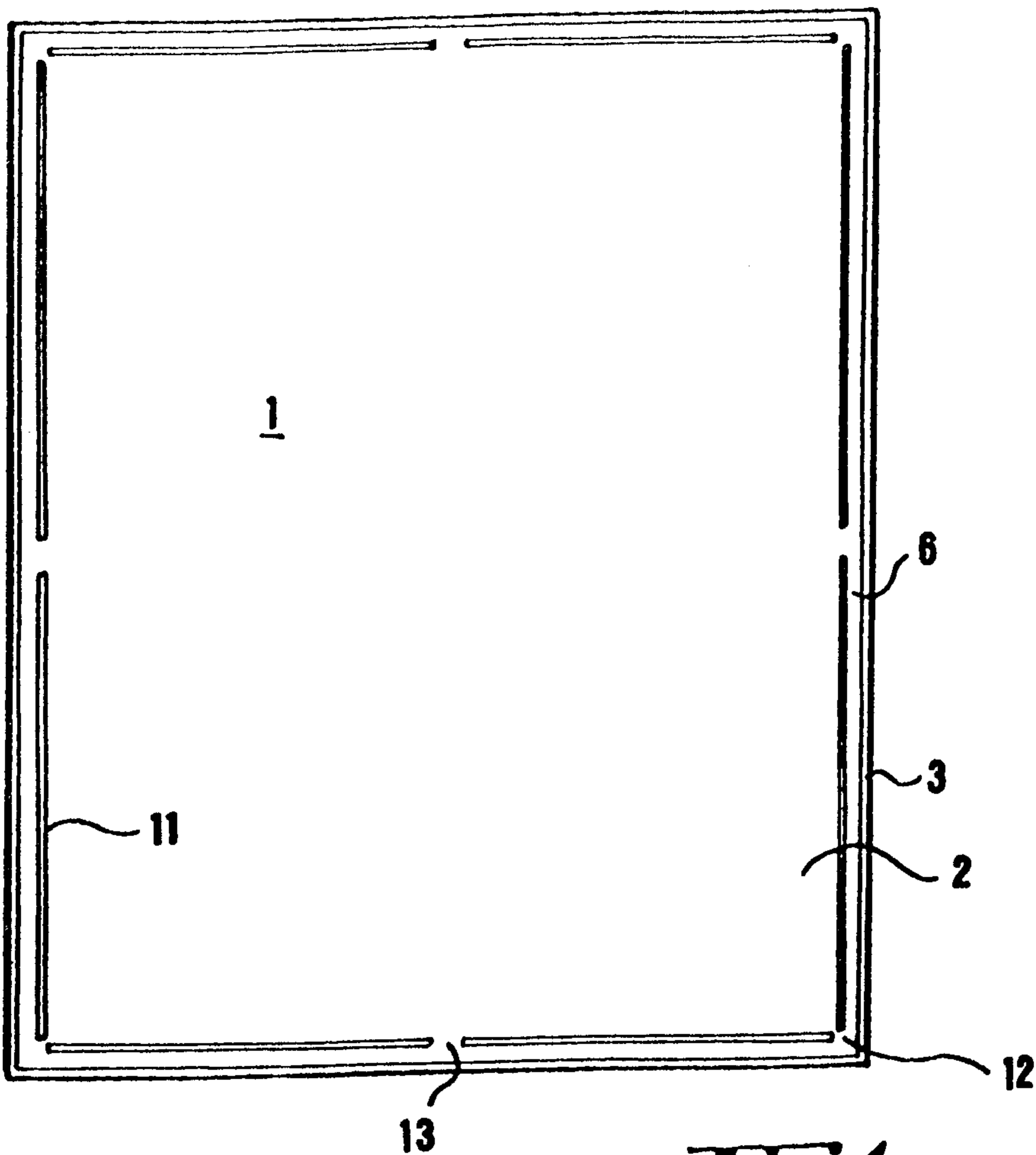
5. Le caisson selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le caisson est un vitrage isolant, les deux dites plaques étant des feuilles de verre, le guide d'ondes étant intégré au cadre intercalaire.

6. Le caisson selon la revendication 5, caractérisé en ce que le guide d'ondes et le cadre intercalaire sont constitués d'un profilé unique comportant deux compartiments en communication l'un avec l'autre, dont un compartiment extérieur, et en ce que ledit compartiment extérieur contient un desséchant.

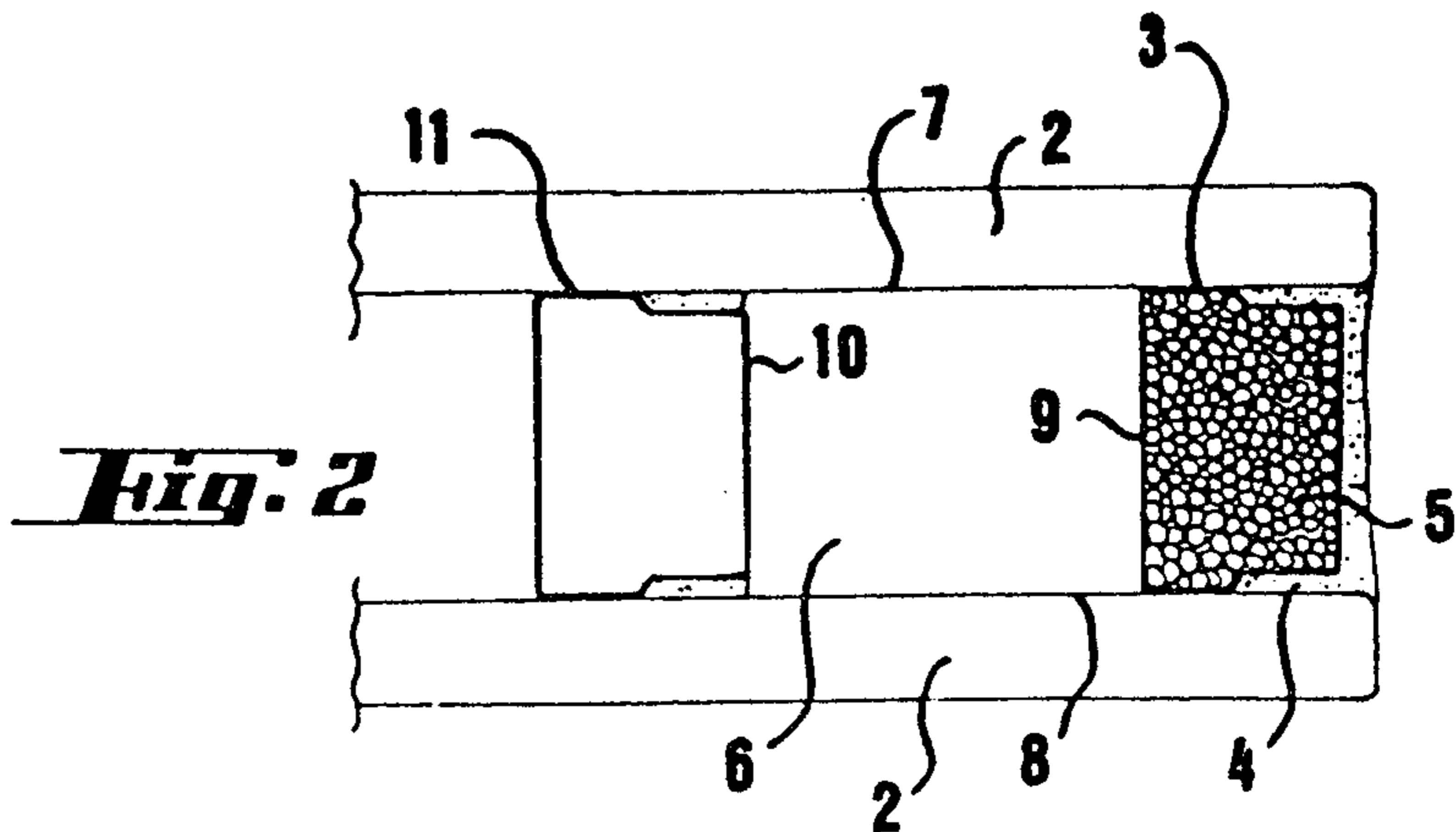
7. Le caisson selon la revendication 6, caractérisé en ce que la communication entre les deux compartiments se fait par une fente étroite sur au moins une partie d'une longueur du profilé.

8. Le caisson selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que le profilé est obtenu par pliage d'une tôle mince d'aluminium.

9. Le caisson selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ledit au moins un orifice de communication constitue un ensemble dont une longueur est comprise entre 2 et 5 % d'une longueur d'un côté concerné de la cavité.

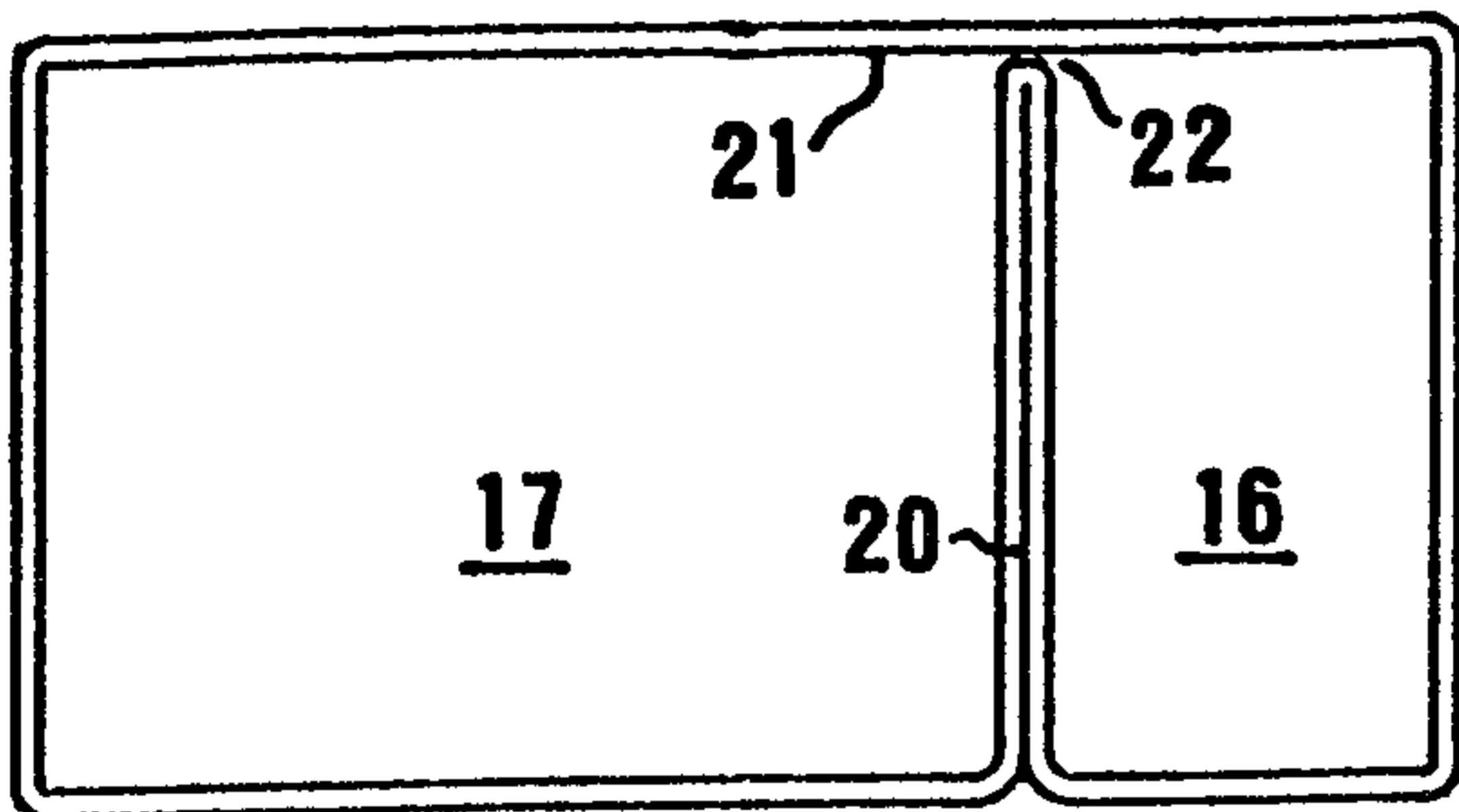
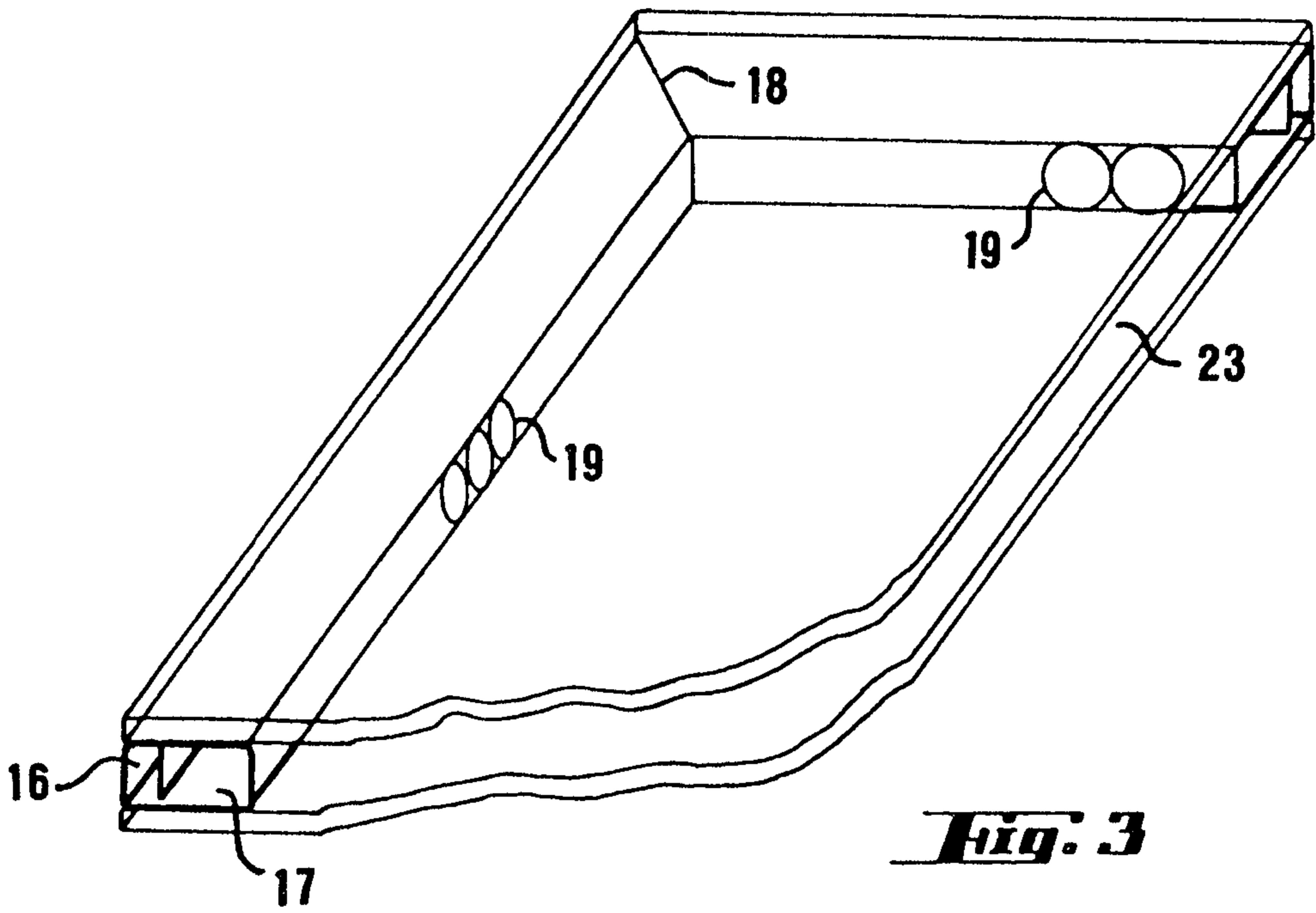


**Fig. 1**

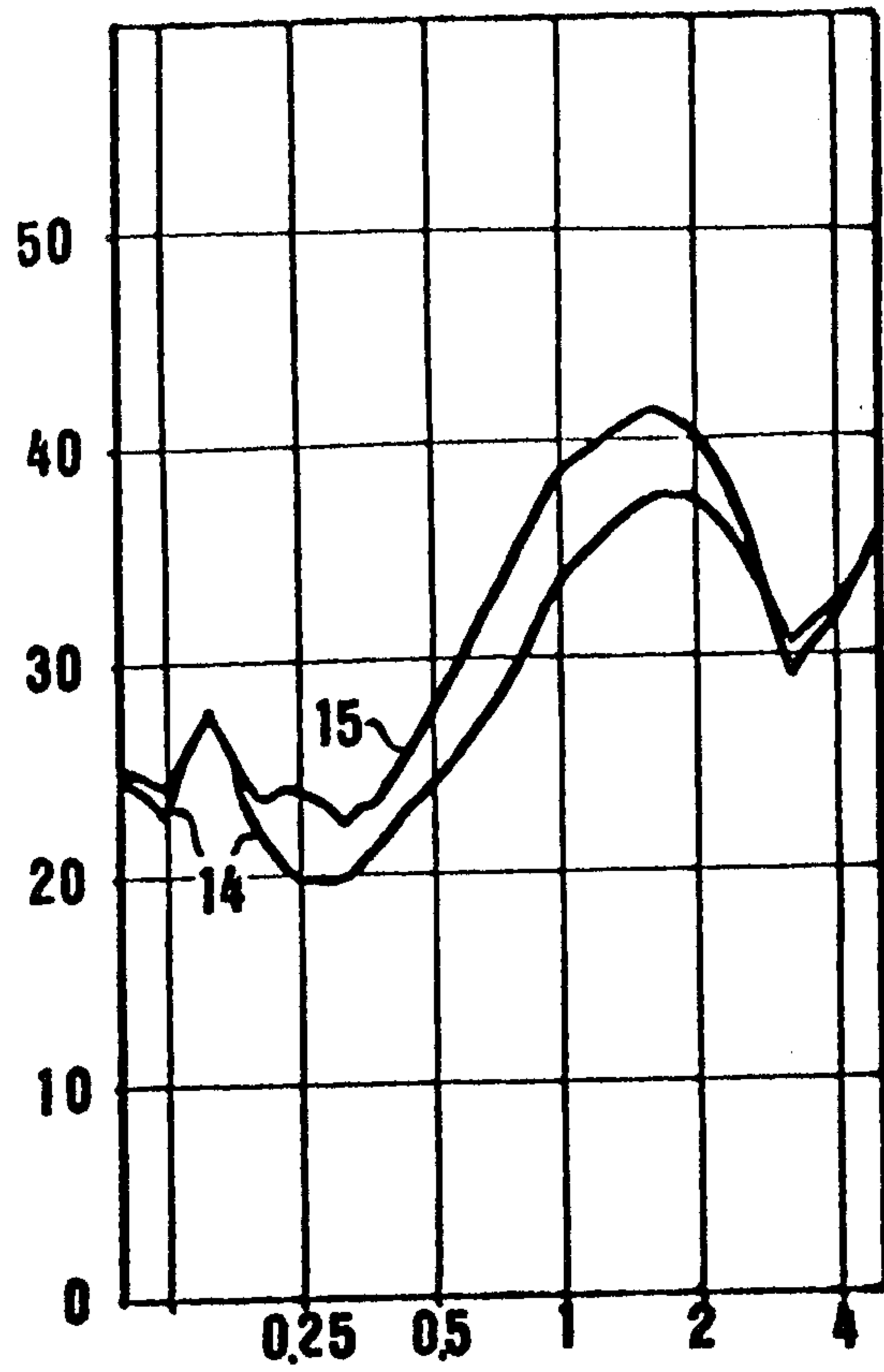


**Fig. 2**

*Goudreau, Sage, Dubuc & Huettenauer Walker*



*Joudean Sage Dubuc & Martinus Walker*

**Fig. 5**

*Goudreau Lage Dubue & Hertmann Walker*

