CH 637 498 A5

(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(51) Int. Cl.³: G 21 C 19/06
F 16 L 3/22

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) FASCICULE DU BREVET A5

(11) 637 498

(21) Numéro de la demande: 5962/80

(22) Date de dépôt: 06.08.1980

(30) Priorité(s): 07.08.1979 FR 79 20239

(24) Brevet délivré le: 29.07.1983

(45) Fascicule du brevet publié le: 29.07.1983

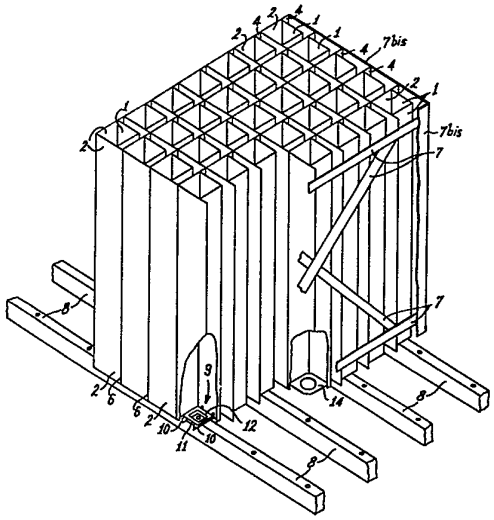
(73) Titulaire(s):
Raymond Jacques Schlumpf, Brunehaut-Hollain (BE)

(72) Inventeur(s):
Raymond Jacques Schlumpf, Brunehaut-Hollain (BE)

(74) Mandataire:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG, Patentanwälte, Basel

(54) Râtelier de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles nucléaires.

(57) Le râtelier consiste en un assemblage de cellules composées chacune d'une ou plusieurs tôles pliées (1, 2) et/ou soudées de manière à former un tuyau ayant des parois disposées suivant une surface prismatique, ces tôles (1, 2) s'écartant cependant vers l'extérieur de la surface prismatique à proximité d'au moins deux arêtes de cette dernière, en formant à ces endroits des rebords (4) auxquels sont fixées des cellules voisines.



REVENDICATIONS

1. Râtelier de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles nucléaires de section polygonale ou circulaire, composé de plusieurs cellules de stockage, consistant en des tuyaux ayant une section adaptée à celle desdits assemblages, placées les unes à côté des autres suivant une disposition régulière, un espacement étant ménagé entre les parois des cellules voisines, chaque cellule étant composée d'une ou de plusieurs tôles rectangulaires pliées et/ou soudées de manière à former un tuyau ayant des parois disposées suivant une surface prismatique ou cylindrique et étant munie, à sa partie inférieure, d'une assise (8, 14) pouvant supporter un assemblage d'éléments combustibles nucléaires, caractérisé en ce que les tôles qui forment les cellules s'écartent vers l'extérieur de ladite surface prismatique ou cylindrique en au moins deux endroits de son pourtour, en formant à ces endroits des rebords (4, 26) contre lesquels sont appliquées et fixées des cellules voisines, l'ensemble des cellules, directement assemblées entre elles, sans interposition d'entretoises ou de pièces de raccordement ou d'arrimage, formant une structure autoportante qui peut être disposée dans une enceinte de stockage.

2. Râtelier de stockage suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites cellules sont faites pour contenir des assemblages d'éléments combustibles nucléaires de section polygonale, chaque cellule consistant en un tuyau ayant des parois disposées suivant les faces latérales d'un prisme.

3. Râtelier de stockage suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'un ou plusieurs desdits rebords dont sont munies les cellules sont situés chacun le long d'une arête verticale où deux pans de tôle qui forment des faces voisines d'une cellule sont raccordés par soudure, un de ces pans de tôle formant un desdits rebords en se prolongeant, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

4. Râtelier de stockage suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'un ou plusieurs desdits rebords dont sont munies les cellules sont situés chacun à la jonction de deux faces voisines d'une cellule, formées par deux pans de tôle raccordés par soudure, un premier pan de tôle (2, 16) se prolongeant au-delà de l'arête de ladite surface prismatique jusqu'à une cellule voisine, le bord du deuxième pan de tôle (31, 34) étant plié vers l'extérieur de la cellule, rejoignant ainsi le bord du premier pan de tôle, les bords des deux pans de tôle étant raccordés par soudure (33, 36).

5. Râtelier de stockage suivant l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'un ou plusieurs desdits rebords dont sont munies les cellules sont situés chacun à la jonction de deux faces voisines d'une cellule, formées par le pliage d'une même tôle, la zone de jonction entre ces deux faces voisines comportant un lobe (22, 26) dirigé vers l'extérieur de la cellule jusqu'à une cellule voisine.

6. Râtelier de stockage suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites cellules sont faites pour contenir des assemblages d'éléments combustibles nucléaires de section carrée, chaque cellule consistant en un tuyau ayant des parois disposées suivant les faces latérales d'un prisme droit à base carrée.

7. Râtelier de stockage suivant la revendication 6, caractérisé en ce que chaque cellule est composée de deux cornières de tôle (15, et 16) assemblées entre elles par soudure, chacune de ces deux cornières ayant une paire d'ailes d'égale longueur, une des deux cornières ayant toutefois des ailes plus longues que celles de l'autre cornière, ces ailes les plus longues se prolongeant ainsi, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

8. Râtelier de stockage suivant la revendication 6, caractérisé en ce que chaque cellule est composée de deux cornières de tôle identiques (18), assemblées entre elles par soudure et ayant chacune une aile plus longue que l'autre, ces ailes les plus longues se prolongeant ainsi, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

9. Râtelier de stockage suivant l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que chacune desdites cornières est formée par pliage d'une tôle rectangulaire, la zone de jonction entre les deux ailes de chaque cornière comportant un lobe (17, 19) dirigé vers l'extérieur de la cellule.

10. Râtelier de stockage suivant la revendication 6, caractérisé en ce que chaque cellule est composée d'un profilé de tôle (21) ayant une section en forme de U, formant trois faces de ladite cellule, les zones de jonction entre ces faces comportant un lobe (22) dirigé vers l'extérieur de la cellule jusqu'à une cellule voisine, et d'une tôle plane (23) soudée entre les ailes dudit profilé en U, formant la quatrième face de ladite cellule, chaque aile du profilé en U se prolongeant, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

11. Râtelier de stockage suivant la revendication 6, caractérisé en ce que chaque cellule est composée d'une seule tôle (25) pliée de manière à former les quatre faces de la cellule, chaque zone de pliage comportant un lobe (26) dirigé vers l'extérieur de la cellule jusqu'à une ou plusieurs cellules voisines, la soudure (3) étant faite à une des arêtes verticales de la cellule, un des deux pans de tôle raccordés par cette soudure se prolongeant, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

12. Râtelier de stockage suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les cellules qui le composent sont faites de tôles en acier inoxydable au bore.

13. Râtelier de stockage suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les cellules qui le composent sont faites de tôles en acier inoxydable recouvertes d'une couche d'un composé neutrophage.

14. Râtelier de stockage suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que des plaques, feuilles ou écrans analogues, faits en un matériau neutrophage, sont placés dans les espaces entre les parois de cellules voisines ou dans certains de ces espaces.

La présente invention concerne un râtelier de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles nucléaires.

Il est bien connu que les réacteurs nucléaires contiennent des assemblages d'éléments combustibles disposés dans la cuve du réacteur suivant une configuration appropriée. Les éléments combustibles sont généralement des tubes d'acier remplis de pastilles du combustible nucléaire proprement dit. Ces éléments combustibles, qui ont habituellement un diamètre compris entre 0,6 et 2 cm et une longueur comprise entre 2 et 5,5 m, sont groupés en des assemblages qui comprennent généralement au moins plusieurs dizaines d'éléments combustibles disposés en faisceau, parallèlement les uns aux autres. Les assemblages d'éléments combustibles se présentent habituellement, dans leur ensemble, comme des structures prismatiques à section carrée ou hexagonale.

On sait également qu'après une certaine période de fonctionnement du réacteur le combustible irradié doit en être retiré pour être remplacé par du combustible neuf.

Ce combustible usé est fortement radioactif et produit une chaleur considérable. Il contient en effet une quantité résiduelle du matériau combustible initial et, également, de nombreux produits de fission radioactifs.

Il importe dès lors de disposer d'une installation de stockage appropriée pour entreposer les assemblages d'éléments combustibles qui ont été retirés du réacteur, jusqu'à ce qu'ils soient soit réutilisés, soit évacués de la centrale vers un lieu d'entreposage définitif ou vers un autre lieu de stockage.

Plusieurs types d'installation de stockage ont déjà été proposés et utilisés à ce jour.

En règle générale, une telle installation consiste en un ou plusieurs râteliers déposés dans une enceinte adéquate (par exemple dans une piscine remplie d'eau déminéralisée ou d'eau boriquée, ou dans une enceinte refroidie par circulation d'un gaz ou d'un autre fluide approprié). Le râtelier est composé de cellules pouvant

chacune recevoir et maintenir un assemblage d'éléments combustibles. L'eau joue à la fois le rôle d'agent de refroidissement et de blindage antiradiation. Le composé de bore qui peut être dissous dans l'eau de la piscine sert de «poison neutronique» absorbant les neutrons.

On connaît notamment un râtelier de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles (assemblages de section carrée) dans lequel chaque cellule est simplement constituée par quatre cornières disposées aux quatre coins de la cellule; toutes les cornières que comporte le râtelier sont maintenues en place en étant assemblées à une série de traverses disposées entre les cellules.

On connaît également un râtelier de stockage composé de tubes d'acier dont la section correspond à la forme des assemblages d'éléments combustibles qu'ils doivent contenir, ces tubes d'acier étant entretoisés et solidarisés entre eux en étant fixés, par leurs parties supérieures et inférieures, à des plaques régulièrement espacées et pourvues de trous de dimensions appropriées.

D'autres types de râteliers de stockage sont composés de tubes d'acier analogues aux précédents, entretoisés et réunis les uns aux autres en étant fixés à des traverses métalliques disposées en divers endroits entre les rangées de cellules.

On notera que dans tous ces râteliers de stockage les cellules sont espacées les unes des autres. Il importe en effet de veiller à ce que les assemblages d'éléments combustibles soient séparés par une distance suffisante pour éviter un agencement critique du combustible nucléaire.

Il est vrai qu'on a également décrit des râteliers de stockage formés de cellules de stockage adjacentes disposées en damier. Toutefois, dans de telles installations de stockage, les assemblages d'éléments combustibles usés ne peuvent être entreposés que dans une cellule sur deux.

En fait, les installations de stockage d'assemblages d'éléments combustibles usés doivent répondre à de nombreux critères très sévères, concernant notamment leur robustesse et la précision de leurs dimensions, la sécurité et la facilité de leur emploi. Ces critères, imposés par les maîtres d'œuvre, tendant d'ailleurs à devenir de plus en plus sévères.

La présente invention a pour but de réaliser un râtelier de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles qui répond de manière optimale à ces divers critères et qui permet, en particulier, de réduire l'encombrement des installations de stockage, tout en évitant la criticité des assemblages d'éléments combustibles.

Un autre but de l'invention est de réaliser un râtelier de stockage conçu de manière telle que le blindage neutronique entre cellules voisines peut être aisément modifié en fonction de la réactivité des assemblages combustibles qui y sont stockés.

Un autre but de l'invention est de réaliser un râtelier de stockage suffisamment robuste pour résister notamment à des séismes, chutes d'avions, tornades et missiles, ce râtelier ne comportant cependant pas de traverses entre les rangées de cellules, cette structure de râtelier permettant notamment d'insérer, de manière simple et efficace, des éléments de blindage neutronique entre les cellules voisines.

Suivant une forme d'exécution préférée, on peut réaliser un râtelier pour le stockage à très haute densité en construisant les parois des cellules elles-mêmes en un matériau constituant un bon blindage neutronique, tel que, notamment, des tôles faites en un acier ayant une teneur en matériau neutrophage (par exemple le bore ou le cadmium) assez élevée ou des tôles d'acier revêtues d'une couche de composé neutrophage comme, par exemple, le carbure de bore.

L'invention vise donc essentiellement à réaliser un râtelier de stockage qui répond simultanément et de manière optimale aux divers objectifs énumérés ci-dessus.

La présente invention a pour objet un râtelier de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles nucléaires de section polygonale ou circulaire, composé de plusieurs cellules de stockage consistant en des tuyaux ayant une section adaptée à celle desdits assemblages, placées les unes à côté des autres suivant une disposition régulière, un espacement étant ménagé entre les parois des cellules voisines, chaque cellule étant composée d'une ou de plusieurs tôles rectangulaires pliées et/ou soudées de manière à former un tuyau ayant des parois disposées suivant une surface prismatique ou cylindrique et étant munie, à sa partie inférieure, d'une assise pouvant supporter un assemblage d'éléments combustibles nucléaires, les tôles qui forment les cellules s'écartant vers l'extérieur de ladite surface prismatique ou cylindrique en au moins deux endroits de son pourtour, en formant à ces endroits des rebords contre lesquels sont appliquées et fixées des cellules voisines. L'ensemble des cellules, directement assemblées entre elles sans interposition d'entretoises ou de pièces de raccordement ou d'arrimage, forme une structure autoportante qui peut être disposée dans une enceinte de stockage.

De manière plus particulière, lesdites cellules sont faites pour contenir des assemblages d'éléments combustibles nucléaires de section polygonale; chaque cellule consiste alors en un tuyau ayant des parois disposées suivant les faces latérales d'un prisme.

Un ou plusieurs des rebords dont sont munies les cellules peuvent être situés chacun le long d'une arête verticale où deux pans de tôle qui forment des faces voisines d'une cellule sont raccordés par soudure, un de ces pans de tôle formant un desdits rebords en se prolongeant, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

Un ou plusieurs des rebords dont sont munies les cellules peuvent être situés chacun à la jonction de deux faces voisines d'une cellule, formées par deux pans de tôle raccordés par soudure, un premier pan de tôle se prolongeant au-delà de l'arête de ladite surface prismatique jusqu'à une cellule voisine, le bord du deuxième pan de tôle étant plié vers l'extérieur de la cellule, rejoignant ainsi le bord du premier pan de tôle, les bords des deux pans de tôle étant raccordés par soudure.

Un ou plusieurs des rebords dont sont munies les cellules peuvent également être situés chacun à la jonction de deux faces voisines d'une cellule, formées par le pliage d'une même tôle, la zone de jonction entre ces deux faces voisines comportant un lobe dirigé vers l'extérieur de la cellule jusqu'à une cellule voisine.

L'invention s'applique notamment à des râteliers de stockage composés de cellules qui sont faites pour contenir des assemblages d'éléments combustibles nucléaires de section carrée. Dans ce cas, chaque cellule consiste en un tuyau ayant des parois disposées suivant les faces latérales d'un prisme droit à base carrée.

Selon une forme particulière de l'invention, ces cellules de section carrée sont composées chacune de deux cornières de tôle assemblées entre elles par soudure, chacune de ces deux cornières ayant une paire d'ailes d'égale longueur, une des deux cornières ayant toutefois des ailes plus longues que celles de l'autre cornière; ces ailes les plus longues se prolongent ainsi, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

Ces cellules de section carrée peuvent également être composées chacune de deux cornières de tôle identiques, assemblées entre elles par soudure, ces cornières ayant chacune une aile plus longue que l'autre; ces ailes les plus longues se prolongent, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

Lorsque, comme décrit ci-dessus, les cellules sont composées chacune de deux cornières de tôle (identiques ou différentes), chacune de ces cornières peut être obtenue par pliage à angle droit d'une seule tôle rectangulaire.

Chacune de ces cornières peut cependant être formée également en assemblant par soudure deux tôles planes; cette méthode pour former les cornières peut éventuellement être utilisée lorsqu'on emploie des tôles d'acier qui ne supportent pas d'être pliées suivant un petit rayon de courbure.

Chacune de ces cornières peut cependant également être réalisée en pliant une tôle rectangulaire de manière que la zone de jonction entre les deux ailes de la cornière comporte un lobe dirigé vers l'extérieur.

Selon une forme particulière de l'invention, chaque cellule de section carrée est composée d'un profilé de tôle ayant une section en forme de U, formant trois faces de la cellule, les zones de jonction

entre ces faces comportant un lobe dirigé vers l'extérieur de la cellule jusqu'à une cellule voisine, et d'une tôle plane soudée entre les ailes libres dudit profilé en U, formant la quatrième face de la cellule, chaque aile du profilé en U se prolongeant, au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

Ces cellules de section carrée peuvent également être composées chacune d'une seule tôle pliée de manière à former les quatre faces de la cellule, chaque zone de pliage comportant un lobe dirigé vers l'extérieur de la cellule jusqu'à une cellule voisine, la soudure étant faite à une des arêtes verticales de la cellule, un des deux pans de tôle raccordés par cette soudure se prolongeant au-delà de la ligne de soudure, jusqu'à une cellule voisine.

Divers types de tôle d'acier peuvent être utilisés pour réaliser les râteliers de stockage suivant l'invention.

Un des avantages importants fournis par l'invention réside dans le fait qu'elle permet d'utiliser des tôles qui ne supportent pas d'être pliées suivant un petit rayon de courbure. Cela permet en particulier d'utiliser des tôles d'acier ayant une teneur en bore assez élevée (par exemple entre 0,8 et 1,5%); de telles tôles sont très avantageuses comme blindage neutronique.

On peut également utiliser des tôles d'acier inoxydable recouvertes d'une couche de composé de bore, comme par exemple le carbure de bore. Le recouvrement des tôles peut se faire suivant des techniques connues en soi et peut être fait avant ou après le pliage des tôles. Lorsque le recouvrement des tôles est effectué avant leur pliage, il est généralement nécessaire de plier les tôles suivant un rayon de courbure assez grand (d'où la nécessité de former un lobe dans la zone de pliage).

L'invention permet de réaliser des râteliers de stockage à très haute densité, surtout lorsque les cellules sont faites de tôles d'acier au bore ou de tôles d'acier revêtues de bore. La présente invention permet d'ailleurs de réaliser des râteliers de stockage dans lesquels l'espacement entre les cellules est encore davantage réduit. La structure des râteliers de stockage suivant l'invention permet en effet de placer un blindage neutronique additionnel dans les espaces entre les parois de cellules voisines. De cette manière, on peut éviter la criticité des assemblages, même si l'intervalle entre les cellules est très réduit. Divers types de matériaux de blindage, connus en soi, peuvent être utilisés pour former le blindage additionnel. La plupart de ces matériaux de blindage ont une forte teneur en bore. Le bore (principalement l'isotope ^{10}B) est en effet très intéressant car il a un haut pouvoir d'absorption des neutrons.

Pour former un blindage neutronique additionnel entre les cellules, on peut utiliser notamment des plaques rigides, telles que des plaques en carbure de bore fritté ou des tôles en acier à forte teneur en bore, ou des tôles recouvertes de carbure de bore. On peut également utiliser d'autres matériaux connus et notamment des feuilles souples composites, réalisées par la cuisson d'un agglomérat de fibres de verre et de carbure de bore. On connaît également des feuilles de Néoprène chargé de carbure de bore, entièrement revêtues de feuilles d'acier inoxydable.

Les plaques ou feuilles constituant le blindage additionnel peuvent être fixées, dans les espaces entre les cellules, par tout moyen connu. Une manière de procéder très avantageuse consiste à accrocher le haut de ces plaques ou feuilles aux extrémités supérieures des rebords dont sont munies les cellules.

Les plaques ou feuilles qui forment le blindage additionnel peuvent éventuellement être fixées à demeure.

En général, il est cependant préférable que les plaques ou feuilles formant le blindage additionnel soient fixées de manière amovible. De cette manière, on peut à volonté remplacer un type de blindage par un autre ou modifier, selon les besoins, la disposition des plaques de blindage dans le râtelier. Il est en effet à noter qu'il n'est pas toujours nécessaire de placer des plaques de blindage dans tous les intervalles entre les cellules. Le nombre et la disposition des plaques de blindage peuvent être modifiés en fonction de la réactivité des assemblages d'éléments combustibles entreposés, et cette réactivité dépend du type d'assemblage. La fixation amovible des plaques de blindage permet de ne les placer qu'aux endroits où elles sont nécessaires, ce qui est très avantageux car les matériaux de blindage sont fort coûteux.

Suivant un mode de réalisation particulier et très avantageux, les plaques ou feuilles de blindage additionnel sont fixées de manière amovible, mais un dispositif spécial est prévu pour que leur manipulation ne soit possible qu'à l'aide d'un outil (ou élément d'outil) qui n'est détenu que par l'agence d'inspection responsable de la sécurité. D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, de quelques formes de réalisation particulières de l'invention, référence étant faite aux dessins annexés, dans lesquels:

la fig. 1 est une vue en perspective cavalière (avec arrachements) d'un râtelier de stockage suivant l'invention;

la fig. 2 est une vue en plan du même râtelier;

la fig. 3 est une vue de détail, à plus grande échelle, montrant la structure de la partie supérieure des cellules de stockage du râtelier montré à la fig. 1;

la fig. 4 montre, à grande échelle, la structure d'une assise montée dans la partie inférieure d'une cellule et fixée sur un longeron d'ancrage du râtelier; ce détail de construction est montré en coupe verticale, suivant la ligne IV-IV de la fig. 2;

la fig. 5 est une vue schématique en plan d'une cellule de stockage du râtelier montré à la fig. 1, cette cellule étant représentée sans la partie évasée qu'elle comporte à sa partie supérieure et sans l'assise qui est fixée à sa partie inférieure;

la fig. 6 est une coupe horizontale (suivant la ligne VI-VI de la fig. 7) d'une autre cellule de stockage conforme à l'invention;

la fig. 7 est une coupe verticale interrompue (suivant la ligne VII-VII de la fig. 6) de la cellule montrée à la fig. 6;

les fig. 8 à 10 montrent respectivement trois autres formes de cellules de stockage suivant l'invention, ces cellules étant représentées de manière analogue à celle de la fig. 5;

la fig. 11 est une vue schématique en plan montrant la manière dont des cellules du type illustré à la fig. 6 sont assemblées pour former un râtelier;

la fig. 12 montre de manière analogue un assemblage de cellules du type illustré à la fig. 10;

la fig. 13 montre un détail de construction d'une cellule qui peut être considérée comme une variante de celle de la fig. 5, et

la fig. 14 montre un détail de construction suivant une variante des cellules montrées aux fig. 6 à 10.

Sur toutes ces figures, des éléments identiques ou analogues sont désignés par les mêmes chiffres de référence.

Le râtelier de stockage montré aux fig. 1 et 2 est composé de cellules de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles nucléaires de section carrée.

Comme montré aux fig. 1 et 5, chacune de ces cellules est composée d'une première cornière de tôle 1 et d'une seconde cornière de tôle 2. Les cornières 1 et 2 ont chacune une paire d'ailes d'égale longueur, mais les ailes de la cornière 2 sont plus longues que celles de la cornière 1. Ces cornières 1 et 2 sont réunies entre elles par des soudures 3, de manière à former un tuyau de section carrée. Les ailes de la cornière 2 se prolongent au-delà de la ligne de soudure 3 en formant ainsi, à l'extérieur de la cellule, deux rebords désignés par le chiffre de référence 4. C'est évidemment la longueur des ailes de la cornière 1 qui détermine la largeur des parois latérales de la cellule, tandis que la longueur des rebords 4 (différence entre la longueur d'une aile de la cornière 2 et la longueur d'une aile de la cornière 1) détermine l'intervalle entre les cellules voisines.

Chacune des cornières 1 et 2 est formée par pliage à angle droit d'une tôle rectangulaire en acier. L'épaisseur de la tôle sera, par exemple, de l'ordre de 5 mm. Le pliage de ces tôles est généralement fait suivant un rayon de courbure très petit (généralement de l'ordre de quelques millimètres). Ce rayon de courbure est en fait dépendant de la section des assemblages combustibles qui doivent être entreposés dans les cellules. La nécessité de plier les tôles suivant un rayon

de courbure très petit impose l'utilisation de tôles faites en acier assez malléable.

Comme montré à la fig. 3, chaque cellule comporte à son extrémité supérieure une partie évasée 5, formée de quatre petites bandes de tôle soudées contre le bord supérieur des cornières 1 et 2. Ces quatre petites bandes de tôle, raccordées entre elles par soudure, sont inclinées, par rapport à la verticale, vers l'extérieur de la cellule. La partie évasée 5 est destinée à faciliter l'introduction des assemblages d'éléments combustibles dans les cellules. Dans un but de simplification, la partie évasée 5 des cellules n'est pas montrée à la fig. 1.

Le râtelier de stockage est réalisé en assemblant par des soudures 6 des cellules, disposées côte à côte suivant la même orientation, en plusieurs rangées successives. Chaque soudure 6 raccorde l'extrémité d'un rebord 4 avec l'arête de la cornière 2 d'une cellule voisine. On comprendra que cet assemblage se fait cellule après cellule et rangée après rangée, de manière à toujours avoir accès, lors de l'assemblage, aux endroits où doivent être faites les soudures 6.

Lorsqu'un râtelier complet est ainsi réalisé, deux de ses faces latérales sont formées par des ailes de cornières 2, soudées dans le prolongement les unes des autres.

Le long des deux autres faces latérales du râtelier, des rebords 4 dépassent des parois de cellule formées par des cornières 1. Pour renforcer la rigidité du râtelier, ces rebords 4 peuvent être raccordés entre eux par des traverses métalliques 7 ou par des tôles 7bis auxquelles ils sont soudés. Les fig. 1 et 2 montrent en même temps ces deux variantes de réalisation.

Le râtelier de stockage repose et est ancré sur des longerons 8 qui sont eux-mêmes ancrés sur le fond de la piscine de stockage.

On remarquera que, dans l'exemple de réalisation montré aux fig. 1 et 2, seule une rangée de cellules sur deux repose sur un longeron 8.

Chaque cellule est munie, à sa partie inférieure, d'une assise pouvant supporter un assemblage d'éléments combustibles. Ces assises sont cependant de deux types différents.

Parmi les cellules qui reposent directement sur un longeron 8, certaines sont munies d'une assise qui permet en même temps d'ancrer la cellule sur le longeron 8; de telles assises sont désignées, dans leur ensemble, par le chiffre de référence 9.

Cette assise 9 comporte deux lattes d'acier 10 disposées parallèlement l'une à l'autre, et soudées par leurs extrémités à la partie inférieure de deux parois opposées de la cellule. Entre ces lattes 10 et perpendiculairement à celles-ci sont soudées deux lattes d'acier 11 plus courtes. Les deux lattes 10 et les deux lattes 11 forment ensemble un cadre qui sert d'appui à une pièce d'ancrage 12 qui a la forme d'une cuvette à fond plat pourvue, à sa partie supérieure, d'un rebord horizontal qui est dirigé vers l'extérieur. Le fond de cette cuvette repose sur un longeron 8 et est ancré contre celui-ci au moyen d'une grosse vis 13 passant par un trou ménagé au centre de la pièce d'ancrage 12 et s'engageant dans un trou fileté du longeron 8. Le rebord de la partie supérieure de la pièce d'ancrage 12 est au contact de la partie supérieure du cadre formé par les lattes 10 et 11, sans toutefois exercer une pression sur ce cadre. Ce montage assure un très bon ancrage du râtelier sur les longerons 8, tout en permettant un léger déplacement horizontal dudit cadre par rapport à la pièce d'ancrage 12, rendant ainsi possible la dilatation thermique du râtelier.

Certaines des cellules qui reposent directement sur un longeron 8, et toutes les cellules qui ne se trouvent pas à la verticale d'un longeron 8, sont munies, à leur partie inférieure, d'une assise 14 qui consiste en une pièce de grosse tôle, de forme octagonale, munie en son centre d'une grande ouverture circulaire. Cette assise 14 est soudée, par quatre de ses côtés, aux parois de la cellule. La forme et la disposition de l'assise 14 sont montrées avec plus de détails aux fig. 6 et 7 (qui montrent cependant une cellule d'un autre type).

Le râtelier montré aux fig. 1 et 2 est de construction très robuste. On remarquera pourtant que ce râtelier ne comporte pas de traverses entre les rangées de cellules. De ce fait, les intervalles entre cellules voisines restent entièrement libres, ce qui permet d'y introduire des plaques ou feuilles de blindage additionnel (comme il a été expliqué plus haut). Ces plaques ou feuilles de blindage additionnel sont de préférence accrochées à la partie supérieure des rebords 4 qui relient les cellules entre elles.

Un râtelier de stockage tel qu'illustré aux fig. 1 à 5 ne peut normalement être réalisé qu'en utilisant, pour la construction des cellules, des tôles assez malléables. En fait, on peut également réaliser un tel râtelier avec des tôles plus fragiles, si les cornières 1 et 2 sont formées en assemblant par soudage deux tôles planes.

Lorsqu'on désire construire un râtelier avec des tôles peu malléables (notamment avec des tôles d'acier à teneur élevée en bore), il est généralement préférable de le réaliser suivant d'autres formes d'exécution de l'invention, et notamment suivant celles illustrées aux fig. 6 à 12.

Les fig. 6 et 7 montrent une cellule de stockage qui, dans son ensemble, est assez semblable à la cellule montrée à la fig. 5. Cette cellule de stockage (fig. 6 et 7) consiste essentiellement en un tuyau formé par l'assemblage (par des soudures 3) de deux profilés de tôle 15 et 16. Ces profilés 15 et 16 sont assez semblables aux cornières 1 et 2. Chaque profilé 15 ou 16 est formé par pliage d'une tôle rectangulaire, et comporte deux ailes d'égale longueur disposées perpendiculairement l'une à l'autre. Toutefois, la zone de jonction entre ces deux ailes comporte un lobe 17 dirigé vers l'extérieur de la cellule. Cette forme en lobe permet de plier la tôle suivant un grand rayon de courbure, tout en ménageant à l'intérieur de la cellule l'espace nécessaire pour l'assemblage d'éléments combustibles à entreposer. On peut considérer que chaque lobe 17 contourne en quelque sorte une arête verticale de l'assemblage d'éléments combustibles.

Quant au reste, les râteliers construits avec de telles cellules (fig. 6 et 7) sont en tout point semblables au râtelier montré aux fig. 1 à 4.

La fig. 11 montre schématiquement comment de telles cellules (fig. 6 et 7) sont assemblées entre elles pour former un râtelier. On peut voir que cet assemblage est analogue à celui des cellules (fig. 5) qui composent le râtelier montré aux fig. 1 et 2.

La fig. 8 montre schématiquement une cellule de stockage qui consiste essentiellement en un tuyau formé par l'assemblage (par des soudures 3) de deux profilés de tôle 18 identiques. Chaque profilé 18 est formé par pliage d'une tôle rectangulaire et comporte deux ailes de longueur inégale, disposées perpendiculairement l'une à l'autre. La zone de jonction entre ces deux ailes comporte un lobe 19 dirigé vers l'extérieur de la cellule. L'aile la plus longue de chaque profilé 18 se prolonge au-delà de la ligne de soudure 3, formant à l'extérieur de la cellule un rebord 20.

Des cellules comme celle montrée à la fig. 8 peuvent être assemblées entre elles (par soudure) en disposant les cellules de telle manière que chaque petite aile d'une cellule se trouve en face d'une grande aile d'une cellule voisine.

La fig. 9 montre schématiquement une cellule de stockage composée a) d'un profilé de tôle 21 ayant une section en U, formant trois faces latérales de la cellule, les zones de jonction entre ces faces comportant un lobe 22 dirigé vers l'extérieur de la cellule, et b) d'une tôle plane 23 (formant la quatrième face de la cellule) fixée par des soudures 3 entre les ailes du profilé de tôle 21. Chaque aile du profilé 21 se prolonge au-delà d'une ligne de soudure 3, en formant à l'extérieur de la cellule un rebord 24.

Des cellules comme celle montrée à la fig. 9 peuvent être assemblées entre elles (par soudure) en orientant les cellules de telle manière que chaque cellule soit tournée de 90° par rapport à chaque cellule voisine.

La fig. 10 montre schématiquement une cellule composée d'une seule tôle 25 pliée et soudée de manière à former les quatre faces de la cellule. Chaque zone de pliage comporte un lobe 26 dirigé vers l'extérieur de la cellule. La soudure 3 est faite à une des arêtes verticales de la cellule. Un des deux pans de tôle raccordés par cette soudure 3 se prolonge au-delà de la ligne de soudure, en formant à l'extérieur de la cellule un rebord 27.

La fig. 12 montre schématiquement comment de telles cellules (fig. 10) sont assemblées entre elles pour former un râtelier de stockage. Les cellules sont d'abord assemblées par paires, au moyen de soudures 28 et 29. Les paires de cellules sont alors assemblées entre elles par des soudures 30.

La fig. 13 montre un détail de construction d'une cellule de stockage qui peut être considérée comme une variante de celle montrée à la fig. 5. Suivant cette variante de construction, la cellule est composée d'une première cornière 2 (identique à la cornière 2 de la cellule montrée à la fig. 5) et d'une seconde cornière 31, analogue à la cornière 1 de la cellule montrée à la fig. 5 mais comportant un rebord à angle droit 32 dirigé vers l'extérieur de la cellule. L'extrémité de ce rebord 32 rejoint l'extrémité de l'aile de la cornière 2. Les deux bords de tôle sont raccordés par une soudure 33. Cette soudure 33 peut simultanément raccorder ce rebord de la cellule à une arête de la cellule voisine.

La fig. 14 montre un détail de construction d'une cellule de stockage qui peut être considérée comme une variante de celle montrée à la fig. 6. Suivant cette variante de construction, la cellule est composée d'une première cornière 16 (identique à la cornière 16 de la cellule montrée à la fig. 6) et d'une seconde cornière 34, analogue à la cornière 15 de la cellule montrée à la fig. 6 mais comportant à l'extrémité de chacune de ses ailes un pli à grand rayon de courbure 35 dirigé vers l'extérieur de la cellule. L'extrémité de chaque aile de la cornière 34 rejoint ainsi l'extrémité d'une aile de la cornière 16. Les deux bords de tôle sont raccordés par une soudure 36. Cette soudure 36 peut simultanément raccorder ce rebord de la cellule au lobe 17 de la cornière 16 de la cellule voisine.

On comprendra que des cellules analogues à celles montrées aux fig. 8 à 10 peuvent également être réalisées suivant la variante de construction illustrée à la fig. 14.

Il doit être entendu que les fig. 13 et 14 ne sont que des vues fragmentaires (en plan) et ne montrent que l'extrémité d'une aile de cornière (31 ou 34) raccordée à l'extrémité d'une aile de l'autre cornière (2 ou 16).

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux formes d'exécution particulières qui ont été décrites ci-dessus à titre d'exemples non limitatifs, et de nombreuses modifications peuvent y être apportées sans sortir du cadre de l'invention.

Il est à noter, en particulier, que les traverses métalliques 7 ou les tôles 7bis qui sont montrées à la fig. 1 sont des éléments non indispensables qui peuvent être omis pour la plupart des râteliers conformes à l'invention.

D'autre part, les pièces d'ancrage 12 montrées aux fig. 1 et 2 ne sont indiquées qu'à titre d'exemple et des systèmes d'ancrage différents peuvent également être utilisés. Suivant un mode d'exécution particulier, le râtelier suivant l'invention n'est d'ailleurs pas ancré sur le fond de la piscine de stockage, mais repose seulement sur des pièces d'appui qui assurent un espacement entre la partie inférieure des cellules et le fond de la piscine. Dans ce cas, on peut assurer la retenue aux déplacements latéraux par tout système connu en soi, par exemple des amortisseurs montés entre les faces latérales du râtelier et les parois latérales de la piscine.

Il importe également de noter que l'invention a été décrite plus particulièrement en se référant à des râteliers pour le stockage d'assemblages d'éléments combustibles de section carrée. La présente invention couvre cependant également des râteliers de stockage pour des assemblages d'éléments combustibles ayant une autre section polygonale (par exemple triangulaire ou hexagonale). De tels râteliers peuvent être réalisés suivant l'invention de manière analogue à ce qui est décrit ci-dessus.

637498
3 feuilles N° 1

Fig.3.

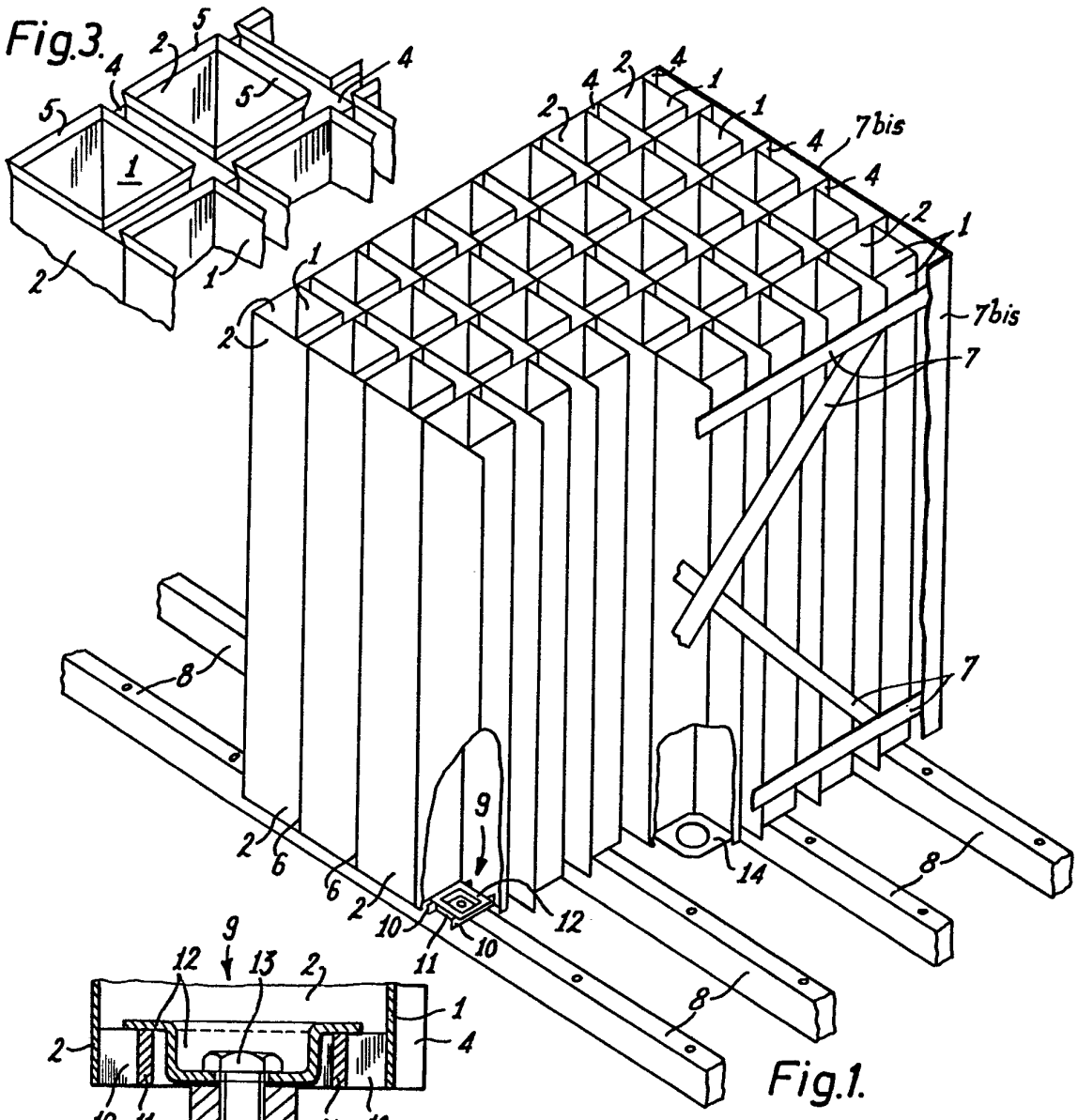


Fig.1.

Fig.4.

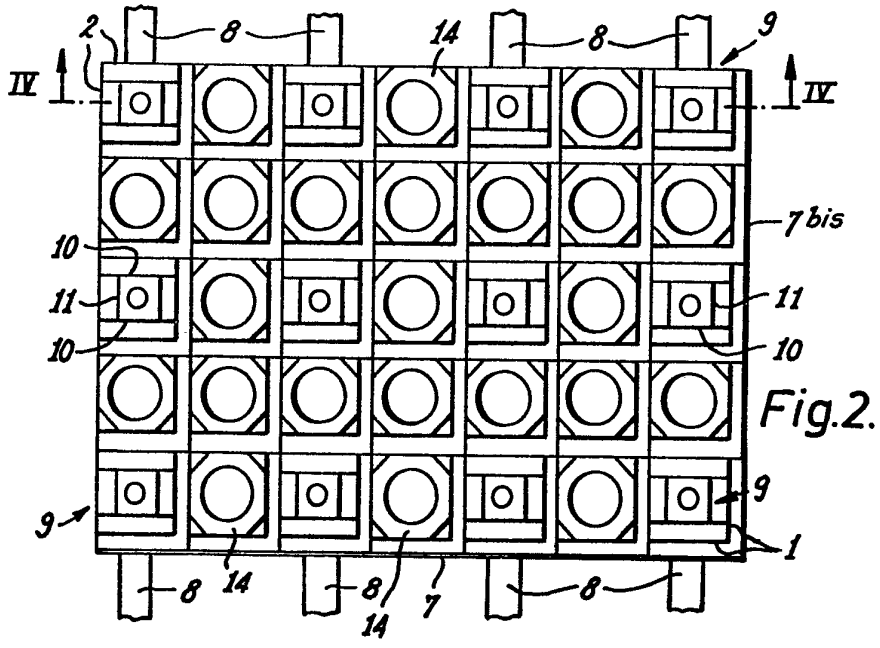


Fig.2.

637498
3 feuilles N° 2

Fig.5.

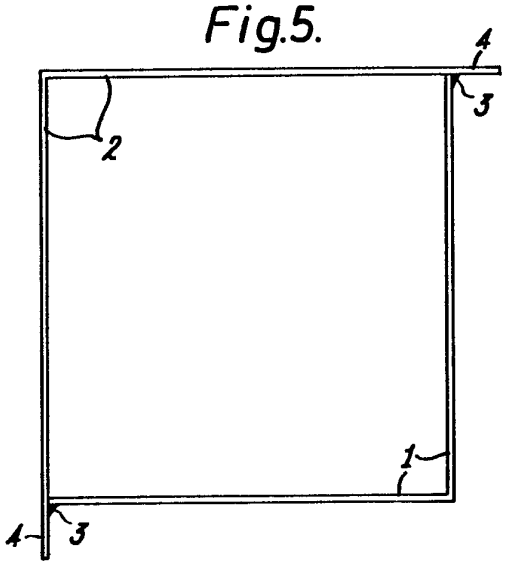
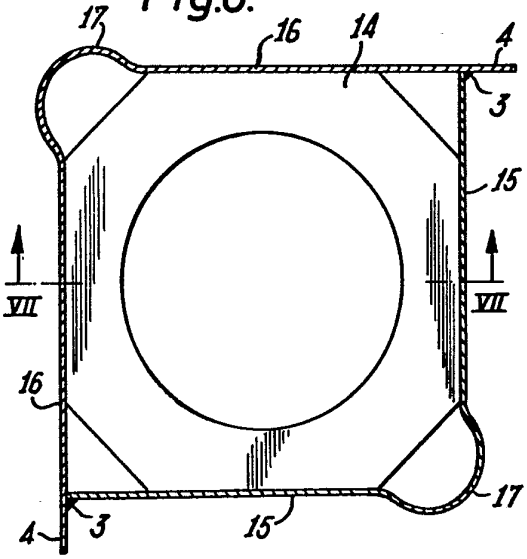


Fig.6.



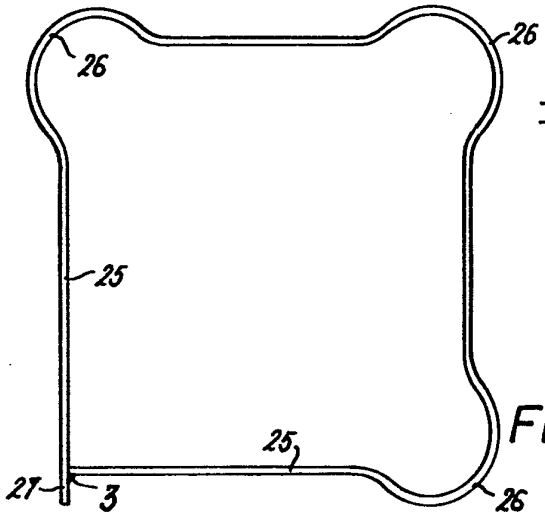


Fig.10.

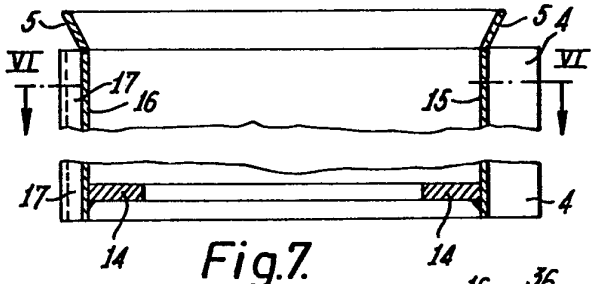


Fig.7.

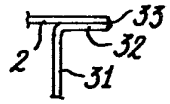


Fig.13.

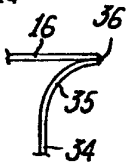


Fig.14.

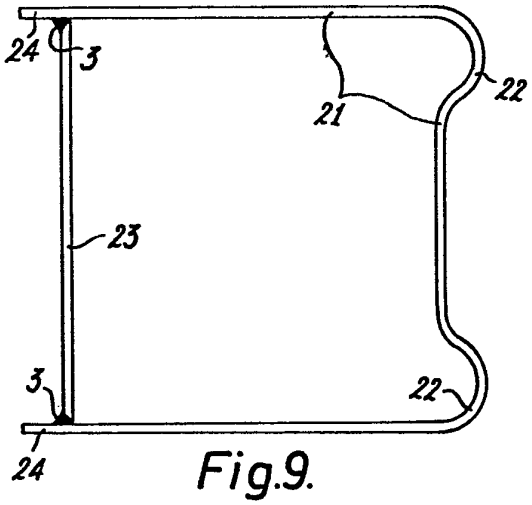


Fig.9.

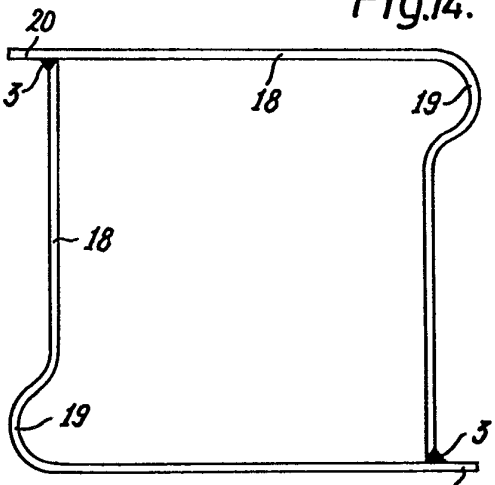
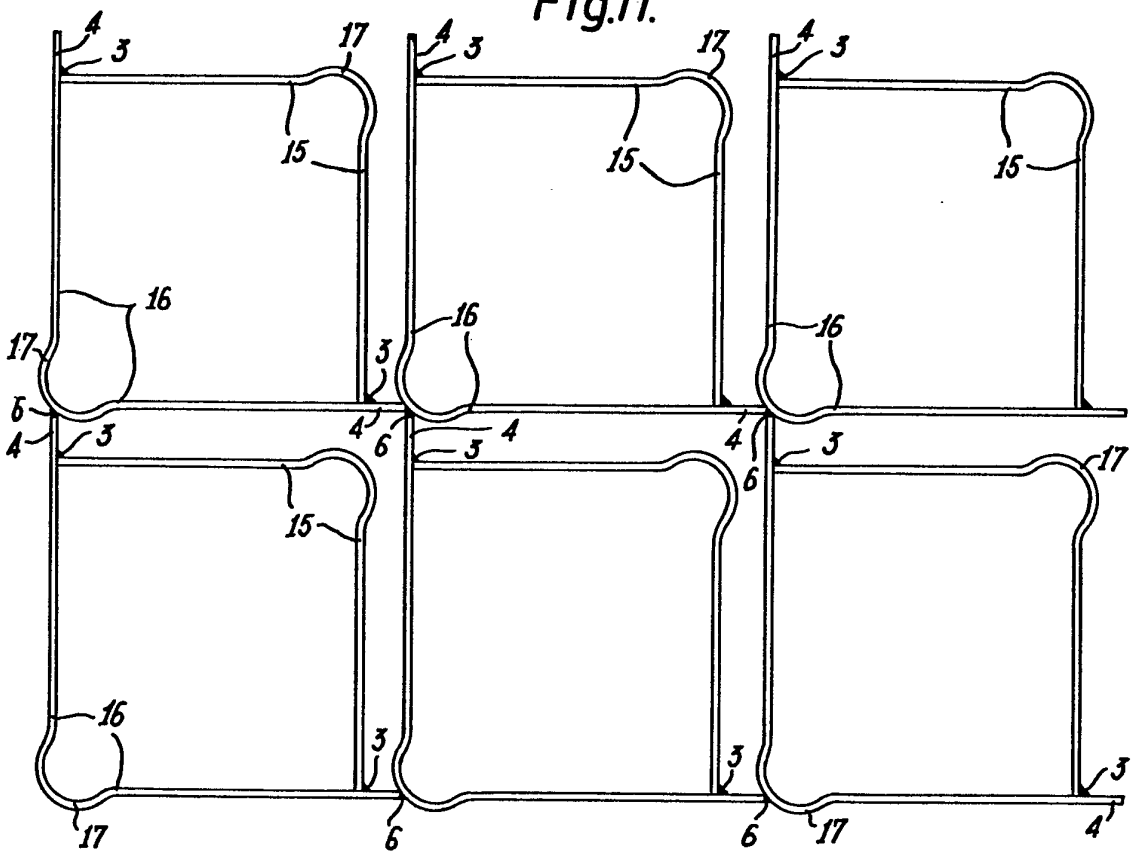


Fig.8.

637498
3 feuilles N° 3

Fig.11.



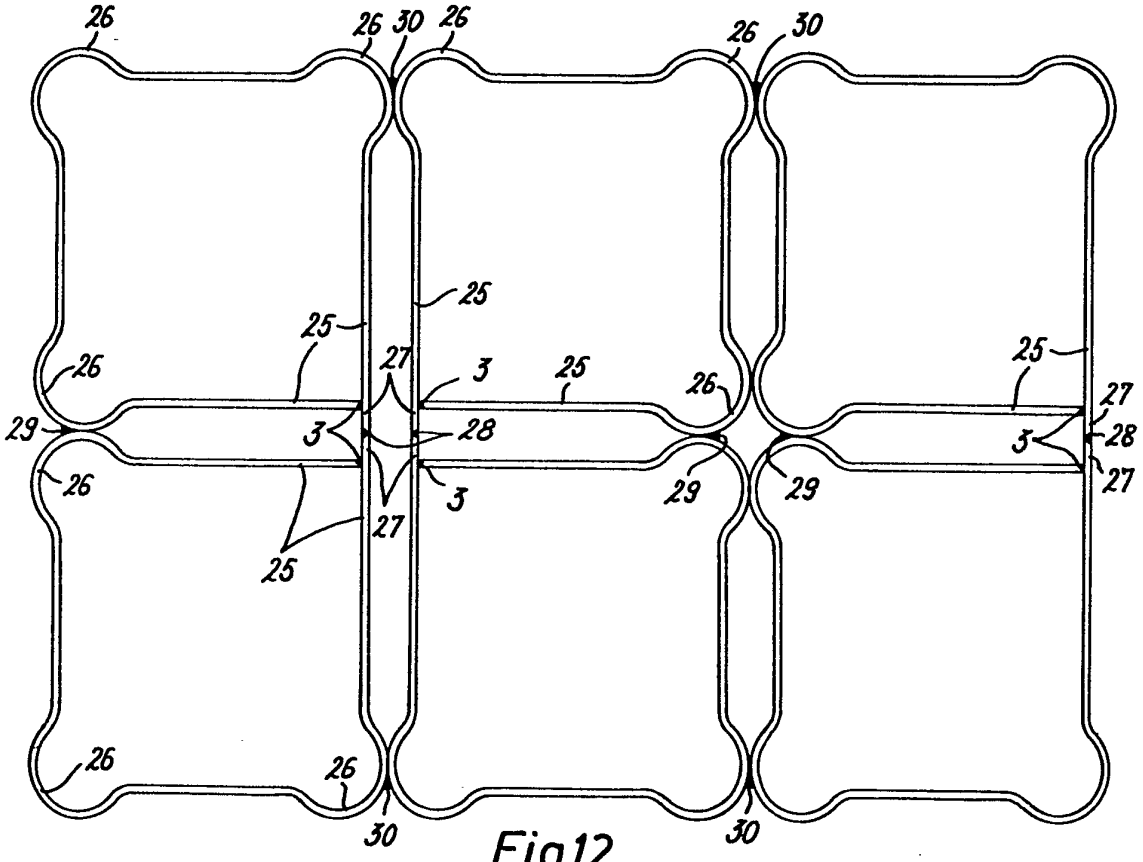


Fig.12.