(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 405 982 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
04.06.2025 Bulletin 2025/23

(21) Numéro de dépôt: **22789274.2**

(22) Date de dépôt: **20.09.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G21F 5/08 *(2006.01)* ***G21F 5/12*** *(2006.01)*

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G21F 5/08; G21F 5/12

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2022/051769

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2023/047051 (30.03.2023 Gazette 2023/13)

(54) **EMBALLAGE POUR LE TRANSPORT ET/OU L'ENTREPOSAGE D'UN ENSEMBLE DE MATIERES RADIOACTIVES, COMPRENANT UN AMORTISSEUR INTERNE EQUIPE DE TUBES D'AMORTISSEMENT**

VERPACKUNG ZUM TRANSPORT UND/ODER ZUR LAGERUNG EINES RADIOAKTIVEN MATERIALS MIT EINEM INTERNEN STOSSDÄMPFER MIT STOSSABSORBIERENDEN RÖHREN

PACKAGE FOR TRANSPORTING AND/OR STORING A SET OF RADIOACTIVE MATERIALS, COMPRISING AN INTERNAL SHOCK-ABSORBER PROVIDED WITH SHOCK-ABSORBING TUBES

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **21.09.2021 FR 2109932**

(43) Date de publication de la demande:
31.07.2024 Bulletin 2024/31

(73) Titulaire: **ORANO NUCLEAR PACKAGES AND SERVICES**
78180 Montigny-le-Bretonneux (FR)

(72) Inventeurs:
- **NALLET, Stéphane**
  78320 Le-Mesnil-Saint-Denis (FR)
- **COLLIN, Fabien**
  78990 Elancourt (FR)
- **GORE, Yohann**
  78114 Magny-Les-Hameaux (FR)
- **BOUYER, Emilie**
  78720 Dampierre-en-Yvelines (FR)
- **VALLENTIN, Christophe**
  91120 Palaiseau (FR)
- **MILET, Laurent**
  28170 Tremblay-les-Villages (FR)
- **BRION, Thomas**
  78360 Montesson (FR)
- **RIPERT, Hervé**
  75015 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Brevalex**
Tour Trinity
1 B Place de la Défense
92400 Courbevoie (FR)

(56) Documents cités:
DE-A1- 2 650 417
JP-A- 2018 165 553
US-A1- 2006 006 351

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 4 405 982 B1

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention se rapporte au domaine des colis de matières radioactives, comprenant un emballage ainsi qu'un ensemble renfermant des matières radioactives logé dans une enceinte de confinement définie par l'emballage. Cet ensemble de matières radioactives peut par exemple comprendre un ou plusieurs étuis étanches logeant des matières radioactives tels que des déchets, ou bien encore comprendre des assemblages de combustible nucléaire.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Un colis d'entreposage et/ou de transport de matières radioactives comporte généralement, en tant qu'enveloppe extérieure, un emballage présentant un corps latéral, un fond et un couvercle. Ces parties de l'emballage définissent une cavité, dite enceinte de confinement, pour le logement d'un ensemble renfermant des matières radioactives, par exemple un panier logeant des assemblages de combustible nucléaire, ou bien des étuis de déchets.

[0003] La démonstration de sûreté de l'emballage chargé de l'ensemble se fonde en particulier sur des épreuves réglementaires de chute. Pour le cas d'une chute axiale de 9 mètres, sur le capot amortisseur de tête recouvrant le couvercle de l'emballage, la masse totale de l'ensemble de matières radioactives appuie sur ce même couvercle lors de l'impact sur le sol. Lors de cette chute dite « chute axiale », des efforts très importants sont générés à retardement dans le système de fermeture du couvercle de l'emballage, sous l'effet de l'ensemble de matières radioactives logé dans l'enceinte de confinement. En particulier, les vis de fixation sont très sollicitées, et, sous certaines conditions, l'ensemble dans l'enceinte de confinement peut impacter le couvercle avec un effet particulièrement dommageable sur le système de fermeture.

[0004] Afin d'assurer l'étanchéité de l'emballage après la chute axiale, il peut donc s'avérer nécessaire de limiter les efforts transmis par l'ensemble de matières radioactives sur le couvercle, au moyen d'un système d'amortissement de chocs placé dans l'enceinte de confinement, entre le couvercle et cet ensemble de matières radioactives. Généralement, un tel système comporte au moins un dispositif d'amortissement déformable plastiquement, comme de la mousse métallique. Pour obtenir un écrasement optimal du dispositif d'amortissement, et donc pour dissiper au mieux l'énergie mécanique au travers de la déformation plastique du dispositif d'amortissement, de nombreuses solutions ont déjà été proposées dans les réalisations antérieures. Néanmoins, il subsiste un besoin d'amélioration de ces amortisseurs internes, de manière à offrir encore un meilleur compromis en matière d'encombrement, de coûts et de performances.

[0005] Le document US 2006/006351 A1 divulgue un emballage pour le transport et/ou l'entreposage d'un ensemble de matières radioactives selon le préambule de la revendication 1.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0006] Pour répondre à ce besoin, l'invention a pour objet un emballage pour le transport et/ou l'entreposage d'un ensemble de matières radioactives, l'emballage comprenant un corps latéral s'étendant autour d'un axe central longitudinal de l'emballage, ainsi qu'un fond et un couvercle amovible respectivement agencés aux extrémités axiales du corps latéral d'emballage, ce dernier délimitant, avec le fond et le couvercle amovible, une enceinte de confinement pour le logement de l'ensemble de matières radioactives, l'emballage comportant également un amortisseur interne logé dans l'enceinte de confinement et destiné à être agencé axialement entre le couvercle amovible et l'ensemble de matières radioactives.

[0007] Selon l'invention, l'amortisseur interne comporte une unique couche de tubes d'amortissement par déformation plastique, ou une pluralité de couches de tubes d'amortissement par déformation plastique, chaque couche étant agencée dans un plan de couche orthogonal à l'axe central longitudinal de l'emballage, les tubes d'amortissement présentant tous, au sein d'une même couche, une section annulaire ou sensiblement annulaire parmi au maximum trois sections de référence différentes, chaque tube s'étendant le long d'une ligne centrale longitudinale du tube et toutes les lignes centrales longitudinales des tubes d'une même couche étant inscrites dans le plan de couche de la couche concernée.

[0008] De plus, le nombre et le dimensionnement des tubes d'amortissement de chaque couche sont prévus de manière à ce qu'en vue axiale de l'emballage, le rapport entre d'une part la surface projetée cumulée de tous les tubes d'amortissement de la couche, et d'autre part la superficie définie intérieurement par le cercle fictif de plus petit dia mètre dans lequel sont circonscrits tous ces tubes d'amortissement, est supérieur à 0,2. Préférentiellement, ce rapport est supérieur à 0,25.

[0009] Enfin, au sein de chaque couche, en vue axiale de l'emballage, les tubes d'amortissement sont écartés transversalement les uns des autres de sorte que selon une direction transversale de chaque tube, ce dernier présente vis-à-vis de tout autre tube de la même couche, un écartement transversal minimal supérieur ou égal à 0,4 * Dext, où « Dext » correspond au diamètre extérieur du tube d'amortissement considéré. De préférence, l'écartement transversal est supérieur ou égal à 0,5 * Dext.

[0010] Tout d'abord, l'invention repose sur la mise en œuvre d'un amortisseur interne de conception simple et peu encombrante, à base de tubes facilement disponibles dans le commerce et à coûts peu élevés, tout en procurant des propriétés d'amortissement très perfor-

mantes en matières de contrainte d'écrasement, et de capacité d'absorption d'énergie par déformation plastique.

[0011] De plus, la densité élevée de tubes au sein de chaque couche contribue à l'obtention d'une contrainte d'écrasement homogène, surtout en combinaison avec un écartement transversal minimal prévu pour réduire fortement ou interdire les éventuelles interactions entre les tubes pendant leur déformation, qui s'apparente à une sorte d'ovalisation. A cet égard, il est noté que cet écartement transversal minimal est de préférence retenu de sorte qu'il ne se produise aucun contact entre les tubes adjacents d'une même couche pendant leur déformation, suite à une chute de l'emballage avec son couvercle amovible orienté vers l'avant. En rendant de la sorte les tubes d'une même couche indépendants les uns des autres, la qualification / certification de l'amortisseur interne peut se limiter à l'écrasement d'un nombre limité de tubes, à savoir à autant de tubes qu'il y a de sections de référence différentes mises en œuvre dans l'amortisseur (donc au maximum trois par couche, et plus préférentiellement, au maximum trois pour tout l'amortisseur interne). Cela rend la qualification largement moins coûteuse que lorsqu'elle doit concerner l'ensemble de l'amortisseur interne.

[0012] Grâce à l'emploi de tubes en tant qu'éléments d'amortissement par déformation plastique, il est avantageusement observé une courbe d'écrasement sans pic de flambement ou d'ondulation. Aucune opération de pré-écrasement n'est ainsi requise avant la mise en œuvre de ces tubes au sein de l'amortisseur interne.

[0013] En outre, la forme de tube ainsi que leurs extrémités ouvertes facilitent l'écoulement de l'eau et le séchage de l'amortisseur interne, et évite ainsi la mise en œuvre d'un caisson étanche dans lequel devrait être inséré cet amortisseur. Cette particularité contraste par conséquent avec d'autres solutions d'amortisseurs internes, comme celles basées sur l'utilisation de mousse métallique.

[0014] L'invention prévoit par ailleurs la mise en œuvre des caractéristiques optionnelles suivantes, prises isolément ou en combinaison.

[0015] De préférence, chaque tube d'amortissement présente un rapport, entre son épaisseur de paroi et son diamètre extérieur, compris entre 0,08 et 0,2, et plus préférentiellement compris entre 0,09 et 0,15.

[0016] De manière surprenante, il a été constaté que ce rapport de dimensions conduisait à des solutions exceptionnellement performantes permettant de conférer un encombrement modéré, tout en générant une contrainte d'écrasement compatible avec le système de fermeture ainsi qu'une grande capacité d'absorption d'énergie.

[0017] De préférence, au moins certains des tubes sont droits, avec leurs lignes centrales longitudinales correspondant à des axes de révolution de préférence tous parallèles entre eux et/ou confondus au sein d'une même couche.

[0018] Le parallélisme des tubes contribue à pouvoir augmenter la densité de tubes au sein de l'amortisseur interne, avec pour avantages la diminution de l'épaisseur de l'amortisseur, et encore une meilleure homogénéité de la contrainte d'écrasement de l'amortisseur.

[0019] Selon une autre possibilité, éventuellement combinable à la précédente, au moins certains des tubes sont en forme d'arc de cercle, et/ou des tores concentriques.

[0020] De préférence, les tubes d'amortissement présentant tous, au sein d'une même couche, une même section annulaire ou sensiblement annulaire. Cela facilite encore davantage la qualification / certification de l'amortisseur interne. Selon une possibilité, c'est la même section qui est retenue pour tous les tubes de toutes les couches, en cas de conception multicouches de l'amortisseur interne. Cette particularité s'applique également en cas de couche unique.

[0021] De préférence, tous les tubes d'amortissement présentent une section annulaire ou sensiblement annulaire dont le périmètre intérieur est circulaire. Il peut en être de même pour le périmètre extérieur, conduisant alors à une section dite annulaire. L'autre possibilité d'une section qui n'est pas strictement annulaire, mais sensiblement annulaire, se présente lorsque la surface extérieure du tube est pourvue par exemple d'un ou plusieurs méplats. Il est noté que cette surface extérieure peut par ailleurs être équipée d'un ou plusieurs tenons pour améliorer son maintien en cas de chute et faire en sorte que le tube se déforme comme souhaité sans se déplacer, et/ou équipée d'un ou plusieurs trous/mortaises traversant ou non l'épaisseur du tube. Néanmoins, même pourvu de ces éléments, chaque tube continue de présenter une section annulaire ou sensiblement annulaire.

[0022] De préférence, l'amortisseur interne comporte une plaque de répartition d'efforts agencée entre l'ensemble de matières radioactives et les tubes d'amortissement de la couche unique. Une telle plaque contribue à solliciter le couvercle de l'emballage de manière particulièrement homogène, en cas de chute du colis.

[0023] De préférence, en cas de conception multicouches, l'amortisseur interne comporte une plaque de répartition d'efforts agencée entre deux couches de tubes directement consécutives. Cela permet d'éviter les interactions entre les tubes de ces deux couches directement consécutives, et conduit avantageusement à un amortissement mieux maîtrisé en cas de chute du colis.

[0024] De préférence, au moins certains des tubes d'amortissement sont fixés à la plaque de répartition d'efforts par soudage.

[0025] De préférence, au moins certains des tubes d'amortissement présentent un assemblage tenon-mortaise avec la plaque de répartition d'efforts. Cela permet, d'une manière simple et sans avoir recours à une main d'œuvre qualifiée, de s'assurer du maintien en place des tubes et éviter qu'ils ripent durant leur déformation, en cas de chute de l'emballage, en particulier lors d'une

chute oblique.

[0026] De préférence, l'amortisseur interne est fixé sur le couvercle amovible de manière à être au contact d'une surface interne de ce couvercle, la fixation étant préférentiellement réalisée par soudure ou par des éléments vissés. Alternativement, l'amortisseur interne pourrait être placé librement entre ce même couvercle, et l'ensemble de matières radioactives.

[0027] De préférence, les tubes d'amortissement sont réalisés en acier inoxydable.

[0028] De préférence, au sein de l'amortisseur interne, certains tubes droits sont agencés coaxialement. Cela permet par exemple de former des lignes d'amortisseurs s'étendant localement sur une grande partie, voire sur la totalité ou presque de la largeur du couvercle amovible, tout en facilitant la réalisation de ces lignes en créant chacune d'elles avec des tubes de longueurs relativement faibles, et agencés bout-à-bout.

[0029] De préférence, le couvercle est monté sur une extrémité avant du corps latéral d'emballage à l'aide d'éléments vissés répartis à la périphérie du couvercle.

[0030] L'invention a également pour objet un colis comprenant un tel emballage, ainsi qu'un ensemble de matières radioactives logé dans l'enceinte de confinement de l'emballage. De préférence, l'ensemble de matières radioactives comprend un ou plusieurs étuis étanches logeant des matières radioactives, ou bien il comprend un panier de rangement logeant une pluralité d'assemblages de combustible nucléaire.

[0031] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront dans la description détaillée non limitative ci-dessous.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0032] Cette description sera faite au regard des dessins annexés parmi lesquels ;

[Fig. 1] représente une vue schématique en coupe axiale d'un colis selon un mode de réalisation préféré de la présente invention ;

[Fig. 2] représente une vue en coupe axiale d'une partie d'un amortisseur interne équipant l'emballage du colis montré sur la figure précédente, selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;

[Fig. 2A] est une vue en coupe similaire à celle de la figure 2, avec l'amortisseur interne se présentant dans sa configuration déformée plastiquement suite à une chute du colis ;

[Fig. 2B] est une vue similaire à celle de la figure 2, avec l'amortisseur représenté selon une alternative ;

[Fig. 3] est une vue en coupe prise le long de la ligne III-III de la figure 2 ;

[Fig. 4] est une vue similaire à celle de la figure 2, avec l'amortisseur représenté selon encore une autre alternative ;

[Fig. 5] est une vue similaire à celle de la figure 2, avec l'amortisseur se présentant sous la forme d'un autre mode de réalisation préféré de l'invention ;

[Fig. 6] est une vue similaire à celle de la figure 3, avec l'amortisseur représenté selon encore une autre alternative ;

[Fig. 7] est une vue axiale de dessus de l'amortisseur interne se présentant sous la forme d'un autre mode de réalisation préféré de l'invention ;

[Fig. 8] est une vue en coupe prise le long de la ligne VIII-VIII de la figure 7 ;

[Fig. 9] est une vue en perspective d'un tube d'amortissement par déformation plastique, selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;

[Fig. 10] est une vue partielle en coupe axiale de l'amortisseur interne équipé du tube de la figure 9 ;

[Fig. 11] montre une partie de l'amortisseur interne en coupe axiale, et sur laquelle ont été représentés des moyens de fixation du tube d'amortissement à la plaque de répartition d'efforts ;

[Fig. 12] est une vue en coupe prise le long de la ligne XII-XII de la figure 11 ;

[Fig. 13] est une vue en coupe axiale du couvercle d'emballage sur lequel est fixé l'amortisseur interne ;

[Fig. 14] est une vue en perspective de l'amortisseur interne montré sur la figure 13 ; et

[Fig. 15] est une vue en perspective du couvercle et de l'amortisseur interne montrés sur la figure 13.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0033] En référence tout d'abord à la figure 1, il est représenté un colis 100 d'entreposage et/ou de transport de matières radioactives, sous la forme d'un mode de réalisation préféré de la présente invention.

[0034] Le colis 100 comporte tout d'abord un emballage 1 pourvu d'un corps latéral 2, d'un fond 4 et d'un couvercle amovible 6 obturant une ouverture de l'emballage opposée au fond 4. L'emballage présente un axe central longitudinal 8 autour duquel s'étend le corps latéral 2, cet axe 8 traversant le couvercle 6 et le fond 4 respectivement agencés aux extrémités avant et arrière du corps latéral 2 d'emballage. Comme cela a été illustré schématiquement sur la figure 1, le fond 4 peut être réalisé d'un seul tenant avec le corps latéral d'emballage 2. Le couvercle 6 est quant à lui rapporté sur l'extrémité avant du corps latéral 2, correspondant à l'extrémité haute dans la position verticale de l'emballage représenté sur la figure 1. La fixation de ce couvercle 6 est préférentielle ment réalisée à l'aide d'éléments vissés 14, répartis à la périphérie du couvercle.

[0035] Le corps latéral 2, le couvercle 6 ainsi que le fond 4 délimitent une enceinte de confinement 10 servant au logement d'un ensemble de matières radioactives 12. Cet ensemble 12, également centré sur l'axe 8, comprend ici un étui étanche renfermant des déchets. Alternativement, il pourrait s'agir de plusieurs étuis placés dans l'enceinte de confinement 10, ou encore d'un panier de rangement logeant plusieurs assemblages de

combustible nucléaire.

[0036] Comme cela a été représenté en pointillés sur la figure 1, aux extrémités du colis considéré selon la direction de l'axe 8, l'emballage peut être équipé de capots amortisseurs 20 protégeant respectivement le couvercle 6 et le fond 4 de l'emballage. L'emballage 1 est également équipé d'un amortisseur interne 22 spécifique à l'invention, représenté uniquement schématiquement sur la figure 1. Cet amortisseur interne 22 est logé dans l'enceinte de confinement 12, axialement entre une surface interne 24 du couvercle 6, et une surface d'extrémité axiale 26 de l'ensemble de matières radioactives 12. De préférence, comme cela sera décrit ultérieurement, l'amortisseur interne 22 est fixé sur le couvercle 6 de manière à être au contact de la surface interne 24. La fixation s'effectue par exemple par soudure ou par éléments vissés. Dans d'autres réalisations, l'amortisseur interne 22 peut être fixé sur l'ensemble 12, ou encore agencé librement entre le couvercle 6 et ce même ensemble 12.

[0037] En référence à présent aux figures 2, 2A et 3, il est représenté l'amortisseur interne 22 selon un mode de réalisation préféré de l'invention. Dans ce mode de réalisation, l'amortisseur interne 22 comporte une unique couche C1 de tubes 30 d'amortissement par déformation plastique, ces tubes 30 étant préférentiellement réalisés en acier inoxydable. La couche unique C1 est agencée dans un plan de couche P1 orthogonal à l'axe central longitudinal 8. Ce plan P1 est parallèle à une plaque de répartition d'efforts 32 également orientée transversalement, et qui vient compléter l'amortisseur interne 22. La plaque 32 supporte les tubes 30 qui y sont fixés par exemple par soudage, de manière à être enserrés axialement entre la surface interne 24 du couvercle 6, et une surface d'appui de la plaque 32. Celle-ci se trouve ainsi agencée entre les tubes 30 et l'ensemble de matières radioactives 12.

[0038] Dans ce mode de réalisation, les tubes d'amortissement 30 de la couche unique C1 présentent tous une même section annulaire. Néanmoins, la couche C1 pourrait comporter jusqu'à trois différents types de tubes 30, présentant respectivement trois sections de référence distinctes. Un tel exemple est représenté sur la figure 4. Aux extrémités opposées de la couche C1, il est prévu deux tubes 30 présentant la même section annulaire correspondant à une première section de référence. Au centre, il est prévu un tube 30 présentant une section annulaire différente correspondant à une seconde section de référence, tandis que dans les deux espaces entre les tubes des extrémités et le tube du centre, il est respectivement prévu deux tubes 30 présentant une même section annulaire correspondant à une troisième section de référence. Bien entendu, le nombre et l'agencement de ces tubes 30 de formes différentes peuvent être modifiés en fonction des besoins rencontrés, l'un des objectifs étant d'adapter localement la contrainte d'écrasement du tube en fonction de la partie de l'ensemble 12 qui se trouve en regard.

[0039] Même si tous les tubes représentés sur la figure 4 présentent un même diamètre extérieur, il pourrait en être autrement. Ainsi, les tubes de la couche C1 pourraient aussi présenter trois sections annulaires différentes mais obtenues à l'aide de trois diamètres extérieurs différents. En particulier, cela permet de faire en sorte que la déformation de tous les tubes ne soit pas initiée au même instant, mais de manière séquencée pour une sollicitation plus progressive du système de fermeture en cas de chute. Cette configuration est applicable avec ou sans plaque de répartition, dans le cas d'une couche unique ou bien dans une conception multicouches qui sera présentée ci-après.

[0040] Dans le mode de réalisation des figures 2, 2A et 3, tous les tubes 30 sont de forme droite, et de longueurs identiques ou différentes. Chaque tube 30 s'étend le long d'une ligne centrale longitudinale 40 du tube, qui correspond ici à son axe de révolution. De plus, les axes 40 de tous les tubes 30 de la couche C1 sont inscrits dans le plan de couche P1, en étant également de préférence parallèles les uns aux autres et/ou confondus, de manière à augmenter le nombre de tubes au sein de l'amortisseur interne. Sur la figure 3, il est montré en effet que certains tubes 30 sont fixés parallèlement les uns aux autres sur la plaque de répartition 32, tandis que d'autres sont agencés coaxialement, en étant plus ou moins espacés les uns des autres.

[0041] Comme indiqué ci-dessus, tous les tubes 30 de la couche C1 sont de même type, en présentant une même section de référence. Cette section annulaire se matérialise par un périmètre extérieur circulaire de diamètre extérieur référencé « Dext », ainsi que par un périmètre intérieur circulaire de diamètre intérieur référencé « Dint ». Ces deux périmètres, centrés sur l'axe 8, restent identiques tout le long de chaque tube 30, la section de ce dernier étant constante. Localement, ces tubes 30 de section annulaire peuvent néanmoins être équipés de tenon(s) / trou(s) / mortaise(s) pour garantir le maintien de ces tubes au cours de leur écrasement en cas de chute du colis, comme cela sera détaillé ultérieurement.

[0042] L'une des particularités de l'invention réside dans le choix des tubes 30 comme éléments amortisseurs par déformation plastique, mais également dans le fait de les prévoir dans une quantité importante au sein de l'amortisseur interne, tout en les espaçant suffisamment les uns des autres afin d'éviter des interactions entre eux au cours de leur déformation.

[0043] Cela se traduit par une géométrie remplissant deux conditions spécifiques, la première portant globalement sur l'espace occupé par les tubes 30 au sein de la couche C1, et la seconde se rapportant à un écartement transversal minimal entre ces tubes 30.

[0044] Pour ce qui concerne la première condition, il est prévu que le nombre et le dimensionnement des tubes 30 de la couche C1 soient tels qu'en vue axiale de l'emballage, le rapport entre d'une part la surface projetée cumulée de tous les tubes 30, et d'autre part

la superficie définie intérieurement par le cercle fictif Cf1 de plus petit diamètre dans lequel sont circonscrits tous ces tubes, demeure supérieur à 0,2, voire supérieur à 0,25, ou encore supérieur à 0,3. La surface projetée cumulée des tubes 30 correspond à celle qui peut être déterminée à l'aide des contours extérieurs de ces tubes sur la figure 3, en raison du plan de coupe transversale III-III passant par les axes de révolution 40, et correspondant au plan de couche C1. Le cercle fictif Cf1 a également été représenté sur cette figure 3.

[0045] Pour ce qui concerne la seconde condition, il est prévu que qu'au sein de la couche C1, toujours en vue axiale de l'emballage comme sur la figure 3, les tubes 30 sont écartés transversalement les uns des autres de sorte que selon une direction transversale de chaque tube, ce dernier présente vis-à-vis de tout autre tube de la couche C1, un écartement transversal minimal « Emin » supérieur ou égal à 0,4 * Dext, où « Dext » correspond au diamètre extérieur du tube 30 considéré. Plus préférentiellement, cet écartement transversal minimal « Emin » est supérieur ou égal à 0,5 * Dext.

[0046] Grâce à cette valeur et en tenant compte du niveau de déformation maximal prévu pour les tubes 30 en cas de chute du colis, il est fait en sorte que ces tubes se déforment plastiquement sans entrer en contact avec les uns avec les autres. A cet égard, la figure 2B montre un cas de déformation complète des tubes 30 après la chute, suite à laquelle les deux tubes entièrement aplatis se sont donc étendus dans la direction transversale en rapport aux axes 40, sans pour autant entrer au contact l'un de l'autre. Bien entendu, lorsque la chute n'est pas censée conduire à une déformation totale des tubes comme sur la figure 2A, ces tubes 30 peuvent alors être davantage rapprochés les uns des autres au sein de l'amortisseur.

[0047] L'écartement transversal minimal prévu ci-dessus permet de s'assurer que tous les tubes 30 se déformeront de manière identique ou similaire en absorbant la même quantité d'énergie, et donc de procéder à une qualification / certification simplifiée portant sur seulement l'un de ces tubes, et non sur l'entièreté de l'amortisseur. Dans le cas de la figure 4 comprenant des tubes 30 de plusieurs types, mais parmi au maximum trois références distinctes seulement, c'est uniquement un tube de chaque type qui doit être qualifié/ certifié.

[0048] De préférence, chaque tube 30 présente un rapport, entre son épaisseur de paroi « E » et son diamètre extérieur « Dext », compris entre 0,08 et 0,2, et encore plus préférentiellement compris entre 0,09 et 0,15. De façon tout à fait imprévisible, il a été constaté que ce rapport permettait d'obtenir des performances exceptionnelles d'amortissement, un encombrement modéré, tout en proposant une contrainte d'écrasement compatible avec le système de fermeture ainsi qu'une grande capacité d'absorption d'énergie.

[0049] La figure 2B représente une alternative, dans laquelle chaque tube 30 de la couche C1 présente une section qui n'est plus strictement annulaire, mais sensiblement annulaire du fait que sa surface extérieure est pourvue de deux méplats 44. Chacun de ces deux méplats 44 s'étend parallèlement à l'axe 40 du tube, de préférence sur toute la longueur de ce tube. Ils sont destinés à former les surfaces de contact du tube avec respectivement la surface interne 24 du couvercle, et la surface d'appui de la plaque de répartition d'efforts 32. Il est à noter que dans cette configuration, le diamètre extérieur « Dext » du tube (de sa section sensiblement annulaire) doit être considéré comme le diamètre extérieur au niveau des parties circulaires non tronquées par les méplats 44.

[0050] Selon un autre mode de réalisation préféré de l'invention, représenté sur la figure 5, l'amortisseur interne 22 ne comprend plus une unique couche de tubes, mais plusieurs couches se succédant selon la direction de l'axe 8. Il s'agit ici de trois couches C1, C2, C3, mais le nombre pourrait être différent, sans sortir du cadre de l'invention. Chacune de ces couches présente une conception identique ou similaire à la couche unique qui vient d'être décrite dans le mode de réalisation précédent. L'une des particularités consiste ici à prévoir une plaque de répartition d'efforts 32 entre les couches directement consécutives. Ces plaques sont également orientées transversalement, et parallèles aux plans de couches P1, P2, P3 dans lesquels s'inscrivent respectivement les axes 40 des tubes 30 des couches C1, C2, C3. Dans ce mode de réalisation préféré, les axes des tubes 30 des 3 couches sont disposés parallèlement les uns aux autres, mais il pourrait en être autrement. Les axes des tubes d'une première couche pourraient par exemple être orientés perpendiculairement aux axes des tubes d'une seconde couche, etc.

[0051] Grâce aux plaques 32, il est avantageusement possible d'éviter les interactions entre les tubes 30 des différentes couches, ce qui engendre un amortissement mieux maîtrisé en cas de chute du colis, et donc une plus grande facilité de qualification / certification.

[0052] Bien entendu, dans la conception multicouches de la figure 5, une plaque de répartition 32 est également de préférence prévue entre l'ensemble de matières radioactives, et la couche de tubes se situant à l'extrémité de l'empilement, au plus proche de cet ensemble.

[0053] La figure 6 montre l'amortisseur 22 selon une alternative à la réalisation montrée sur la figure 3, dans laquelle les tubes 30 agencés parallèlement et coaxialement forment des lignes d'amortisseurs s'étendant localement sur une grande partie, voire sur la totalité ou presque de la largeur du couvercle 6. Dans cette alternative, pour former les lignes, les tubes coaxiaux 30 de faibles longueurs sont agencés bout-à-bout, avec des faibles jeux axiaux entre eux.

[0054] Selon encore un autre mode de réalisation préféré montré sur les figures 7 et 8, les tubes 30 ne sont plus droits, mais en forme de tores concentriques et coplanaires. Leurs lignes centrales longitudinales sont donc des cercles 40 tous inscrits dans le même plan P1. La forme et la disposition particulières des tubes 30 per-

mettent ici aussi d'atteindre une densité élevée de tubes au sein de la couche C1, tout en respectant l'écartement transversal minimal « Emin » entre les tores.

[0055] Les figure 9 et 10 montrent une particularité applicable à tous les modes de réalisation, ici avec un tube 30 de section sensiblement annulaire pourvue des méplats 44. Pour faciliter le maintien du tube 30 entre la plaque de répartition 32 et le couvercle 6, le méplat 44 qui coopère avec la surface d'appui de la plaque 32 est équipé d'un tenon 46, ici de forme sensiblement parallélépipédique, de préférence avec sa grande longueur orientée parallèlement à l'axe 40. En effet, ce tenon 46 est logé dans un trou / une mortaise 48 de forme complémentaire pratiqué dans la plaque de répartition d'efforts 32.

[0056] Cet agencement permet de manière simple, et sans avoir recours à une main d'œuvre qualifiée puisqu'elle ne nécessite pas de soudage, de garantir le maintien en place des tubes 30 et d'éviter qu'ils ne ripent durant leur déformation en cas de chute de l'emballage, en particulier lors d'une chute oblique. Bien entendu, plusieurs tenons 46 peuvent être prévus sur un même tube, sans sortir du cadre de l'invention. De même, le tenon 46 pourrait se trouver sur la plaque 32, et la mortaise 48 sur le tube 30. Un tel tube 30 est préférentiellement réalisé par usinage, de manière à laisser apparaitre les méplats 44, le diamètre intérieur « Dint », ainsi que le tenon 46 ou la mortaise 48.

[0057] Les figures 11 et 12 montrent une alternative pour la fixation des tubes 30. Dans le trou 48 de la plaque de répartition 32, il est logé un pion 50 qui est préférentiellement soudé à cette plaque, et qui fait saillie vers l'intérieur pour pénétrer dans un trou 52 réalisé dans l'épaisseur « E » du tube 30. Plusieurs assemblages de ce type peuvent être prévus le long du tube, comme cela est visible sur la figure 11 avec la représentation de deux pions 50 soudés sur la plaque 32.

[0058] Enfin, les figures 13 à 15 montrent un exemple de réalisation pour la fixation de la plaque de répartition 32, ici en forme de disque, sur le couvercle 6. A sa périphérie, la plaque 32 est équipée d'organes de raccordement 56 soudés sur le couvercle, et espacés circonférentiellement les uns des autres. Cela permet de faciliter le séchage de l'amortisseur interne 22 après que l'emballage ait été sorti de l'eau, puisque celle-ci peut s'évacuer par les extrémités préférentiellement ouvertes des tubes 30, puis par les espaces radiaux 58 définis entre les organes de raccordement 56.

[0059] Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme du métier à l'invention qui vient d'être décrite, uniquement à titre d'exemples non limitatifs et dont la portée est définie par les revendications annexées. En particulier, tous les modes de réalisation et alternatives décrits ci-dessus sont combinables entre eux.

Revendications

1. Emballage (1) pour le transport et/ou l'entreposage d'un ensemble (12) de matières radioactives, l'emballage comprenant un corps latéral (2) s'étendant autour d'un axe central longitudinal (8) de l'emballage, ainsi qu'un fond (4) et un couvercle amovible (6) respectivement agencés aux extrémités axiales du corps latéral d'emballage (2), ce dernier délimitant, avec le fond et le couvercle amovible, une enceinte de confinement (10) pour le logement de l'ensemble (12) de matières radioactives, l'emballage comportant également un amortisseur interne (22) logé dans l'enceinte de confinement (10) et destiné à être agencé axialement entre le couvercle amovible (6) et l'ensemble (12) de matières radioactives,

   caractérisé en ce que l'amortisseur interne (22) comporte une unique couche (C1) de tubes d'amortissement par déformation plastique, ou une pluralité de couches (C1, C2, C3) de tubes d'amortissement par déformation plastique, chaque couche étant agencée dans un plan de couche (P1, P2, P3) orthogonal à l'axe central longitudinal (8) de l'emballage, les tubes d'amortissement (30) présentant tous, au sein d'une même couche, une section annulaire ou sensiblement annulaire parmi au maximum trois sections de référence différentes, chaque tube (30) s'étendant le long d'une ligne centrale longitudinale (40) du tube et toutes les lignes centrales longitudinales (40) des tubes (30) d'une même couche (C1, C2, C3) étant inscrites dans le plan de couche (P1, P2, P3) de la couche concernée,
   en ce que le nombre et le dimensionnement des tubes d'amortissement (30) de chaque couche sont prévus de manière à ce qu'en vue axiale de l'emballage, le rapport entre d'une part la surface projetée cumulée de tous les tubes d'amortissement (30) de la couche, et d'autre part la superficie définie intérieurement par le cercle fictif (Cf1) de plus petit diamètre dans lequel sont circonscrits tous ces tubes d'amortissement (30), est supérieur à 0,2,
   et **en ce qu'**au sein de chaque couche(C1, C2, C3), en vue axiale de l'emballage, les tubes d'amortissement (30) sont écartés transversalement les uns des autres de sorte que selon une direction transversale de chaque tube, ce dernier présente vis-à-vis de tout autre tube (30) de la même couche, un écartement transversal minimal (Emin) supérieur ou égal à 0,4 * Dext, où « Dext » correspond au diamètre extérieur du tube d'amortissement (30) considéré.

2. Emballage selon la revendication 1, **caractérisé en**

ce que chaque tube d'amortissement (30) présente un rapport, entre son épaisseur de paroi (E) et son diamètre extérieur (Dext), compris entre 0,08 et 0,2, et plus préférentiellement compris entre 0,09 et 0,15.

3. Emballage selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**au moins certains des tubes (30) sont droits, avec leurs lignes centrales longitudinales (40) correspondant à des axes de révolution de préférence tous parallèles entre eux et/ou confondus au sein d'une même couche.

4. Emballage selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**au moins certains des tubes (30) sont en forme d'arc de cercle, et/ou des tores concentriques.

5. Emballage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les tubes d'amortissement (30) présentant tous, au sein d'une même couche, une même section annulaire ou sensiblement annulaire.

6. Emballage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** tous les tubes d'amortissement (30) présentent une section annulaire ou sensiblement annulaire dont le périmètre intérieur est circulaire.

7. Emballage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'amortisseur interne (22) comporte une plaque de répartition d'efforts (32) agencée entre l'ensemble (12) de matières radioactives et les tubes d'amortissement (30) de la couche unique (C1).

8. Emballage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'amortisseur interne (22) comporte une plaque de répartition d'efforts (32) agencée entre deux couches de tubes (C1, C2, C3) directement consécutives.

9. Emballage selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce qu'**au moins certains des tubes d'amortissement (30) sont fixés à la plaque de répartition d'efforts (32) par soudage.

10. Emballage selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce qu'**au moins certains des tubes d'amortissement (30) présentent un assemblage tenon-mortaise (46, 48) avec la plaque de répartition d'efforts (32).

11. Emballage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'amortisseur interne (22) est fixé sur le couvercle amovible (6) de manière à être au contact d'une surface interne (24) de ce couvercle, la fixation étant préférentiellement réalisée par soudure ou par des éléments vissés.

12. Emballage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les tubes d'amortissement (30) sont réalisés en acier inoxydable.

13. Emballage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au sein de l'amortisseur interne (22), certains tubes droits (30) sont agencés coaxialement.

14. Emballage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le couvercle (6) est monté sur une extrémité avant du corps latéral (2) d'emballage à l'aide d'éléments vissés (14) répartis à la périphérie du couvercle (6).

15. Colis (100) comprenant un emballage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, ainsi qu'un ensemble (12) de matières radioactives logé dans l'enceinte de confinement (10) de l'emballage.

16. Colis selon la revendication 15, caractérisé en ce l'ensemble (12) de matières radioactives comprend un ou plusieurs étuis étanches logeant des matières radioactives, ou bien il comprend un panier de rangement logeant une pluralité d'assemblages de combustible nucléaire.

Patentansprüche

1. Verpackung (1) zum Transport und/oder zur Lagerung einer Gruppe (12) radioaktiver Stoffe, wobei die Verpackung einen seitlichen Körper (2) umfasst, der sich um eine Längsmittelachse (8) der Verpackung erstreckt, sowie einen Boden (4) und einen abnehmbaren Deckel (6), die jeweils an den axialen Enden des seitlichen Verpackungskörpers (2) angeordnet sind, wobei letzterer zusammen mit dem Boden und dem abnehmbaren Deckel eine Einschlusskammer (10) zur Aufnahme der Gruppe (12) radioaktiver Stoffe abgrenzt, wobei die Verpackung ferner einen inneren Dämpfer (22) umfasst, der in der Einschlusskammer (10) untergebracht ist und axial zwischen dem abnehmbaren Deckel (6) und der Gruppe (12) radioaktiver Stoffe angeordnet sein soll,

dadurch gekennzeichnet, dass der innere Dämpfer (22) eine einzelne Schicht (C1) von plastischen Verformungsdämpfungsrohren oder eine Vielzahl von Schichten (C1, C2, C3) von plastischen Verformungsdämpfungsrohren aufweist, wobei jede Schicht in einer Schichtebene (P1, P2, P3) orthogonal zur Längsmittelachse (8) der Verpackung angeordnet ist, wobei

die Dämpfungsrohre (30) alle, innerhalb einer Schicht, einen ringförmigen oder im Wesentlichen ringförmigen Querschnitt aus höchstens drei verschiedenen Bezugsquerschnitten aufweisen, wobei sich jedes Rohr (30) entlang einer Längsmittellinie (40) des Rohrs erstreckt und alle Längsmittellinien (40) der Rohre (30) einer gleichen Schicht (C1, C2, C3) in die Schichtebene (P1, P2, P3) der betreffenden Schicht eingetragen sind,
dass die Anzahl und Dimensionierung der Dämpfungsrohre (30) jeder Schicht so vorgesehen sind, dass in axialer Sicht auf die Verpackung das Verhältnis zwischen einerseits der kumulierten projizierten Fläche aller Dämpfungsrohre (30) der Schicht und andererseits der durch den kleineren Durchmesser des fiktiven Kreises (Cf1), in dem alle diese Dämpfungsrohre (30) umschlossen sind, innen definierten Fläche, größer als 0,2 ist,
und dass innerhalb jeder Schicht (C1, C2, C3), in axialer Sicht der Verpackung, die Dämpfungsrohre (30) quer zueinander so versetzt sind, dass in einer Querrichtung jedes Rohrs dieses gegenüber jedem anderen Rohr (30) derselben Schicht einen minimalen Querabstand (Emin) größer oder gleich 0,4 * Dext aufweist, wobei "Dext" dem Außendurchmesser des betrachteten Dämpfungsrohrs (30) entspricht.

2. Verpackung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Dämpfungsrohr (30) ein Verhältnis zwischen seiner Wanddicke (E) und seinem Außendurchmesser (Dext) von 0,08 bis 0,2 und vorzugsweise von 0,09 bis 0,15 aufweist.

3. Verpackung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einige der Rohre (30) gerade sind, wobei ihre Längsmittellinien (40) Rotationsachsen entsprechen, die vorzugsweise alle parallel zueinander verlaufen und/oder innerhalb einer Schicht zusammenfallen.

4. Verpackung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einige der Rohre (30) kreisbogenförmig und/oder konzentrisch geformt sind.

5. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfungsrohre (30) alle innerhalb einer Schicht einen gleichen ringförmigen oder im Wesentlichen ringförmigen Querschnitt aufweisen.

6. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Dämpfungsrohre (30) einen ringförmigen oder im Wesentlichen ringförmigen Querschnitt aufweisen, dessen Innenumfang kreisförmig ist.

7. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Dämpfer (22) eine Kraftverteilungsplatte (32) aufweist, die zwischen der Gruppe (12) radioaktiver Stoffe und den Dämpfungsrohren (30) der einzelnen Schicht (C1) angeordnet ist.

8. Verpackung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Dämpfer (22) eine Kraftverteilungsplatte (32) aufweist, die zwischen zwei direkt aufeinanderfolgenden Rohrschichten (C1, C2, C3) angeordnet ist.

9. Verpackung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einige der Dämpfungsrohre (30) an der Kraftverteilungsplatte (32) durch Schweißen befestigt sind.

10. Verpackung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einige der Dämpfungsrohre (30) eine Zapfen-Mortar-Verbindung (46, 48) mit der Kraftverteilungsplatte (32) aufweisen.

11. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Dämpfer (22) so an dem abnehmbaren Deckel (6) befestigt ist, dass er mit einer inneren Oberfläche (24) dieses Deckels in Kontakt ist, wobei die Befestigung vorzugsweise durch Schweißen oder durch Schraubelemente erfolgt.

12. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfungsrohre (30) aus Edelstahl gefertigt sind.

13. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des inneren Dämpfers (22) bestimmte gerade Rohre (30) koaxial angeordnet sind.

14. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Deckel (6) an einem vorderen Ende des seitlichen Verpackungskörpers (2) mithilfe von am Umfang des Deckels (6) verteilten Schraubelementen (14) montiert ist.

15. Versandstück (100) umfassend eine Verpackung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche sowie eine Gruppe (12) radioaktiver Stoffe, die in der Einschlusskammer (10) der Verpackung untergebracht ist.

16. Versandstück nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gruppe (12) radioaktiver Stoffe

eine oder mehrere wasserdichte Hüllen umfasst, in denen radioaktive Stoffe untergebracht sind, oder dass sie einen Aufbewahrungskorb umfasst, in dem eine Vielzahl von Kernbrennstoffbaugruppen untergebracht sind.

Claims

1. Packaging (1) for transporting and/or storing a set (12) of radioactive materials, the packaging comprising a lateral body (2) extending about a longitudinal central axis (8) of the packaging, as well as a bottom (4) and a removable lid (6) respectively arranged at the axial ends of the lateral body (2) of the packaging, the latter delimiting, with the bottom and the removable lid, a containment chamber (10) for housing the set (12) of radioactive materials, the packaging also including an internal shock-absorber (22) housed in the containment chamber (10) and intended to be arranged axially between the removable lid (6) and the set (12) of radioactive materials,

   characterised in that the internal shock-absorber (22) includes a single layer (C1) of tubes for absorbing shocks by plastic deformation, or a plurality of layers (C1, C2, C3) of tubes for absorbing shocks by plastic deformation, each layer being arranged in a layer plane (P1, P2, P3) orthogonal to the longitudinal central axis (8) of the packaging, the shock-absorbing tubes (30) all having, within the same layer, an annular or substantially annular cross-section from at most three different reference cross-sections, each tube (30) extending along a longitudinal line (40) of the tube and all of the longitudinal central lines (40) of the tubes (30) of the same layer (C1, C2, C3) being inscribed in the layer plane (P1, P2, P3) of the layer concerned,
   in that the number and the dimensions of the shock-absorbing tubes (30) of each layer are provided such that, in an axial view of the packaging, the ratio between on the one hand the cumulative projected area of all of the shock-absorbing tubes (30) of the layer, and on the other hand the surface area defined internally by the notional circle (Cf1) of smallest diameter in which all of these shock-absorbing tubes (30) are circumscribed is greater than 0.2,
   and **in that** within each layer (C1, C2, C3), in axial view of the packaging, the shock-absorbing tubes (30) are transversally spaced apart from one another so that in a transverse direction of each tube, the latter has opposite any other tube (30) of the same layer, a minimum transverse spacing (Emin) greater than or equal to 0.4 * Dext, where "Dext" corresponds to the external diameter of the shock-absorbing tube (30) considered.

2. Packaging according to claim 1, **characterised in that** each shock-absorbing tube (30) has a ratio, between its wall thickness (E) and its external diameter (Dext), between 0.08 and 0.2, and more preferably between 0.09 and 0.15.

3. Packaging according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** at least some of the tubes (30) are straight, with their longitudinal central lines (40) corresponding to axes of revolution preferably all parallel with one another and/or combined within the same layer.

4. Packaging according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** at least some of the tubes (30) are in the shape of an arc of a circle, and/or of concentric tori.

5. Packaging according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the shock-absorbing tubes (30) all having, within the same layer, a same annular or substantially annular cross-section.

6. Packaging according to any one of the preceding claims, **characterised in that** all of the shock-absorbing tubes (30) have an annular or substantially annular cross-section the inner perimeter of which is circular.

7. Packaging according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the internal shock-absorber (22) includes a force distribution plate (32) arranged between the set (12) of radioactive materials and the shock-absorbing tubes (30) of the single layer (C1).

8. Packaging according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the internal shock-absorber (22) includes a force distribution plate (32) arranged between two directly consecutive layers of tubes (C1, C2, C3).

9. Packaging according to claim 7 or 8, **characterised in that** at least some of the shock-absorbing tubes (30) are attached to the force distribution plate (32) by welding.

10. Packaging according to any one of claims 7 to 9, **characterised in that** at least some of the shock-absorbing tubes (30) have a mortise and tenon assembly (46, 48) with the force distribution plate (32).

11. Packaging according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the internal shock-absorber (22) is attached on the removable lid (6) so as to be in contact with an inner surface (24) of this

lid, the attachment preferably being performed by welding or by screw elements.

12. Packaging according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the shock-absorbing tubes (30) are made of stainless steel.

13. Packaging according to any one of the preceding claims, **characterised in that** within the internal shock-absorber (22), certain straight tubes (30) are arranged coaxially.

14. Packaging according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the lid (6) is mounted on a front end of the lateral body (2) of the packaging using screw elements (14) distributed around the periphery of the lid (6).

15. Package (100) comprising a packaging (1) according to any one of the preceding claims, as well as a set (12) of radioactive materials housed in the containment chamber (10) of the packaging.

16. Package according to claim 15, **characterised in that** the set (12) of radioactive materials comprises one or more sealed canisters housing radioactive materials, or it comprises a storage basket housing a plurality of nuclear fuel assemblies.

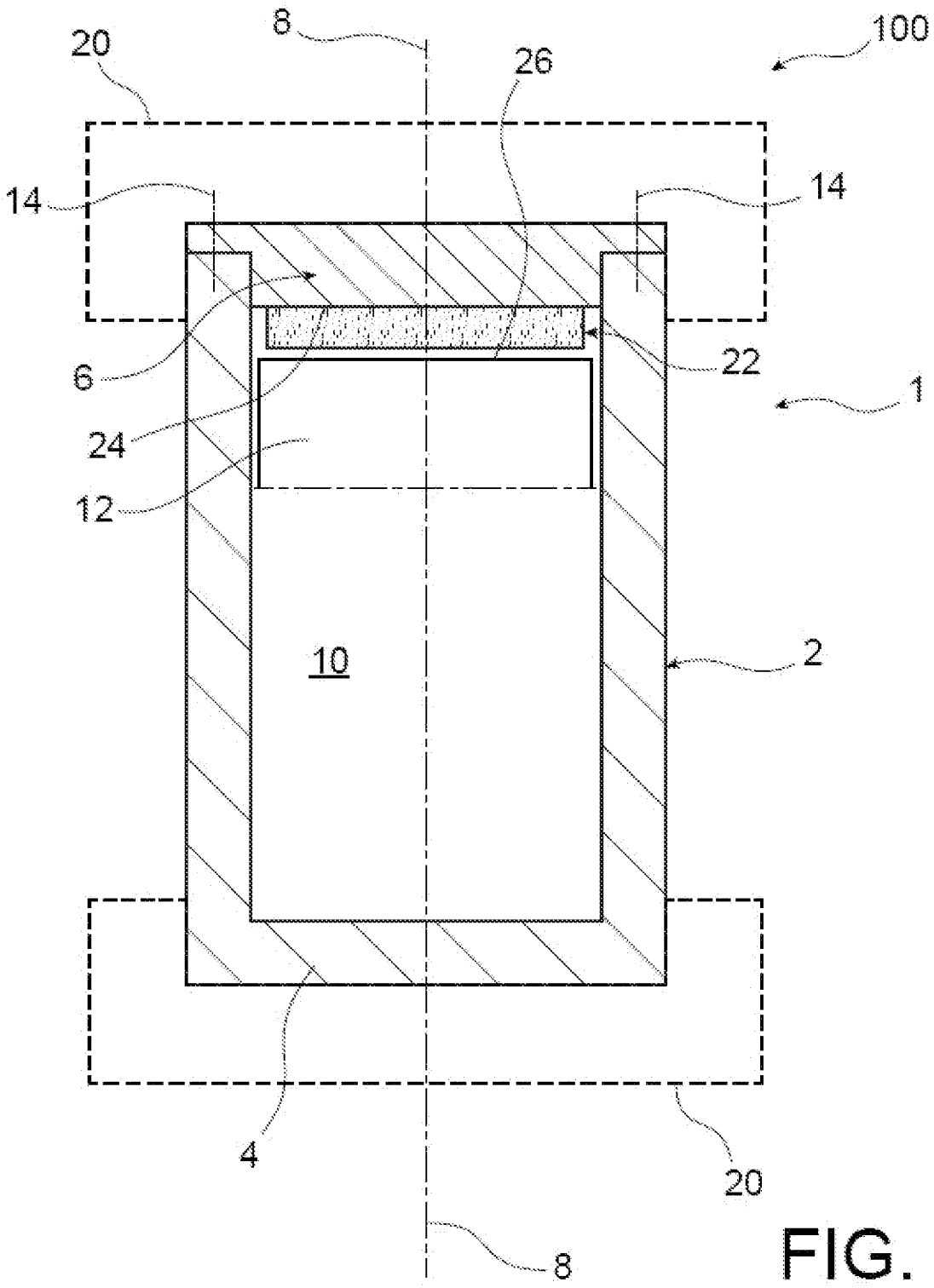

FIG. 1

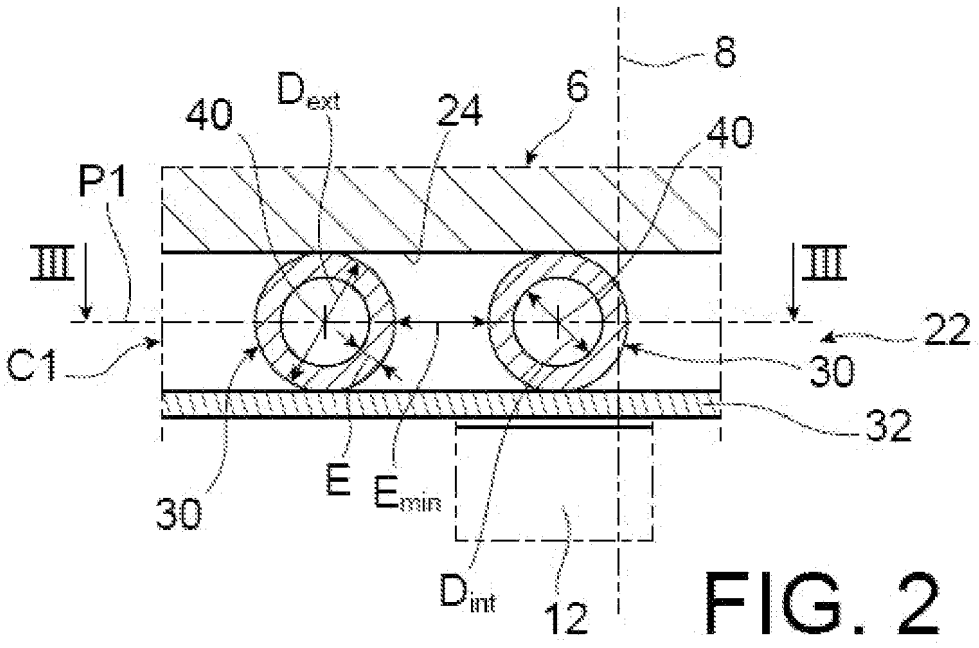
8
D_{ext}
40
24
6
40
P1
III
III
22
C1
30
32
E
E_{min}
30
D_{int}
12

FIG. 2

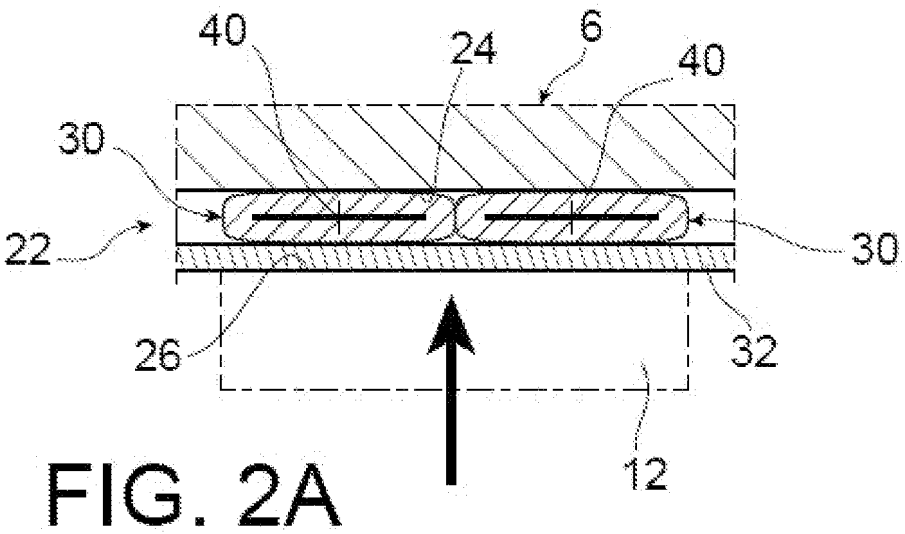
40
24
6
40
30
22
30
26
32
12

FIG. 2A

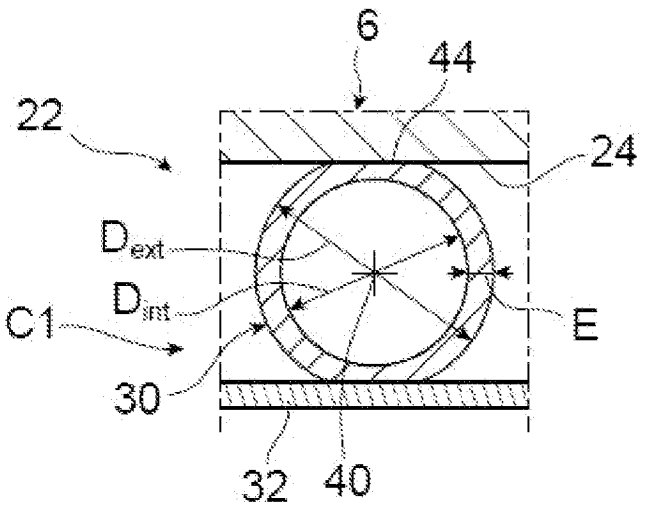

FIG. 2B

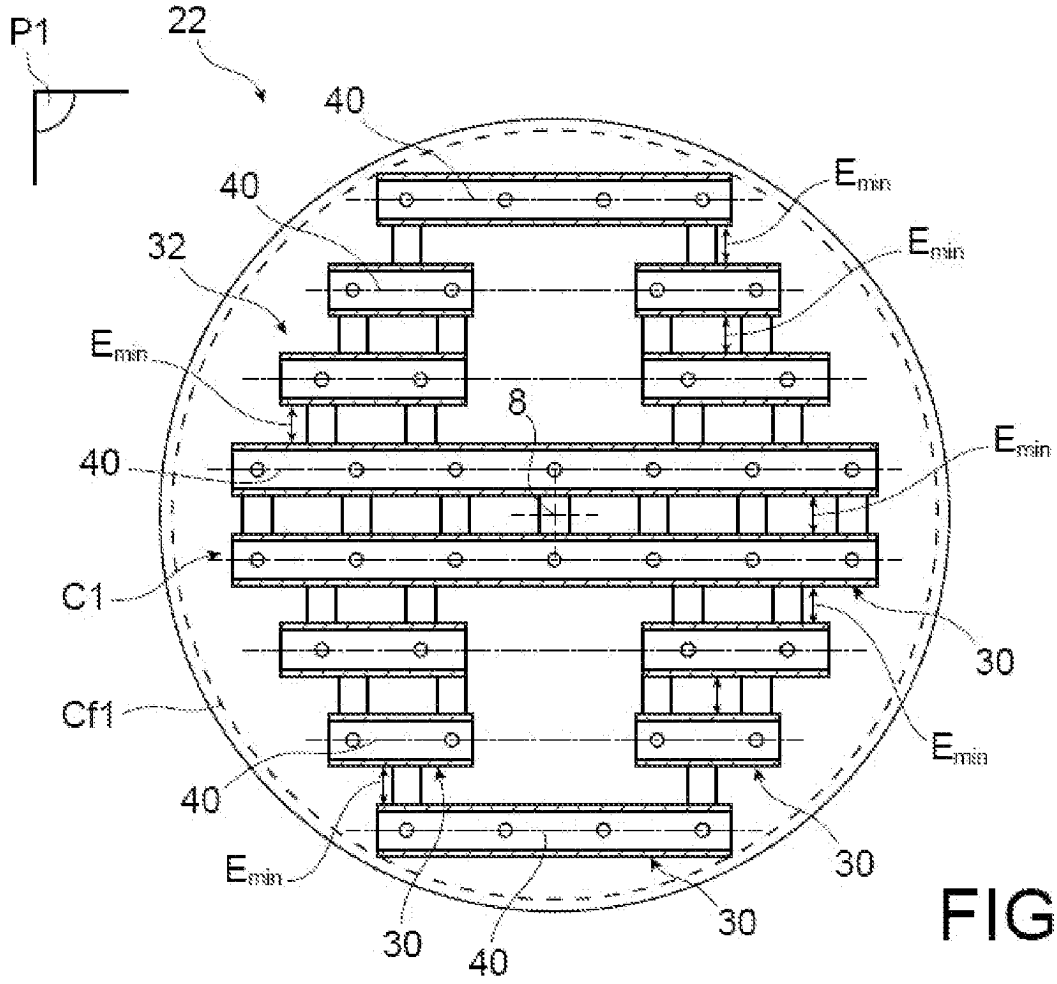
P1
22
40
40
32
E_{min}
E_{min}
E_{min}
8
40
E_{min}
C1
30
Cf1
E_{min}
40
E_{min}
30
30
30
40

FIG. 3

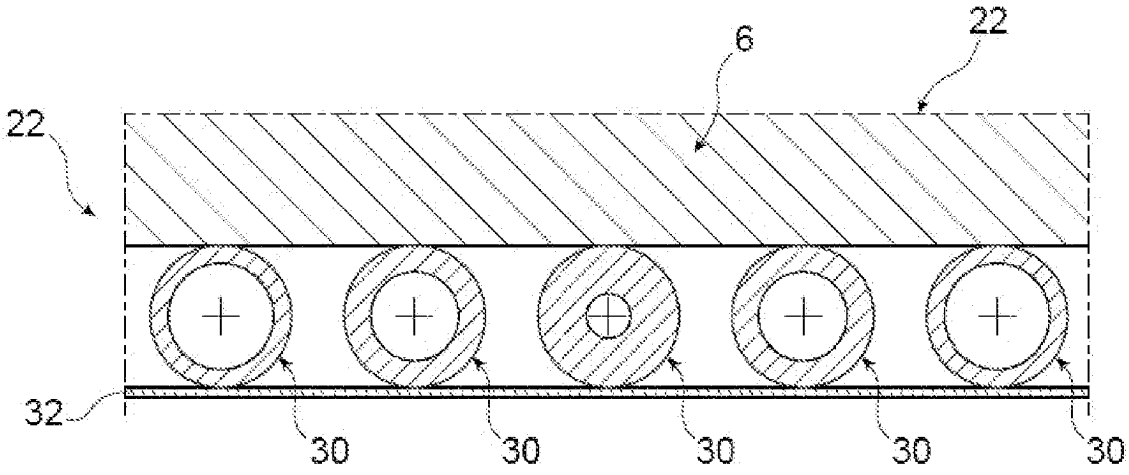
6
22
22
32
30
30
30
30
30

FIG. 4

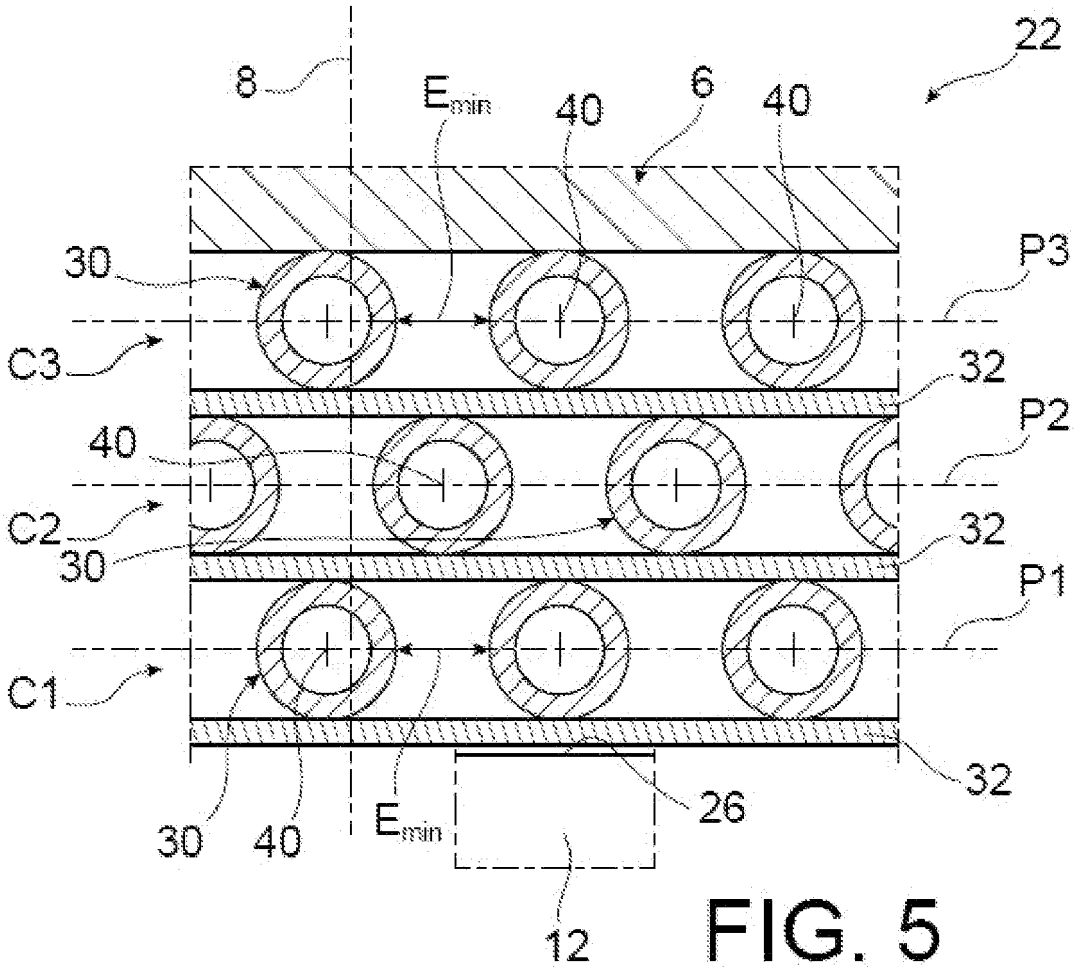

FIG. 5

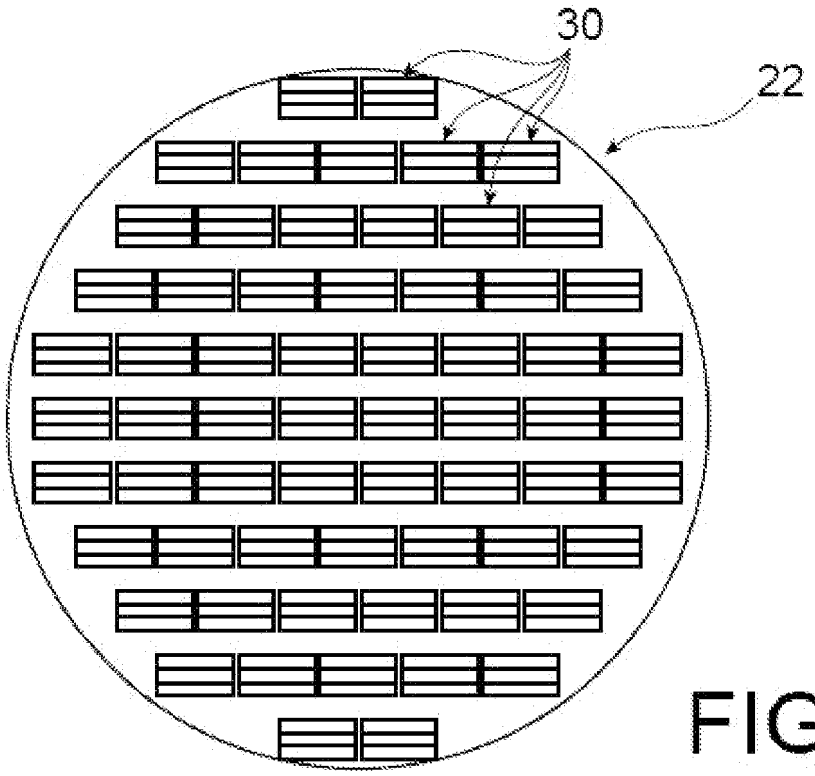

FIG. 6

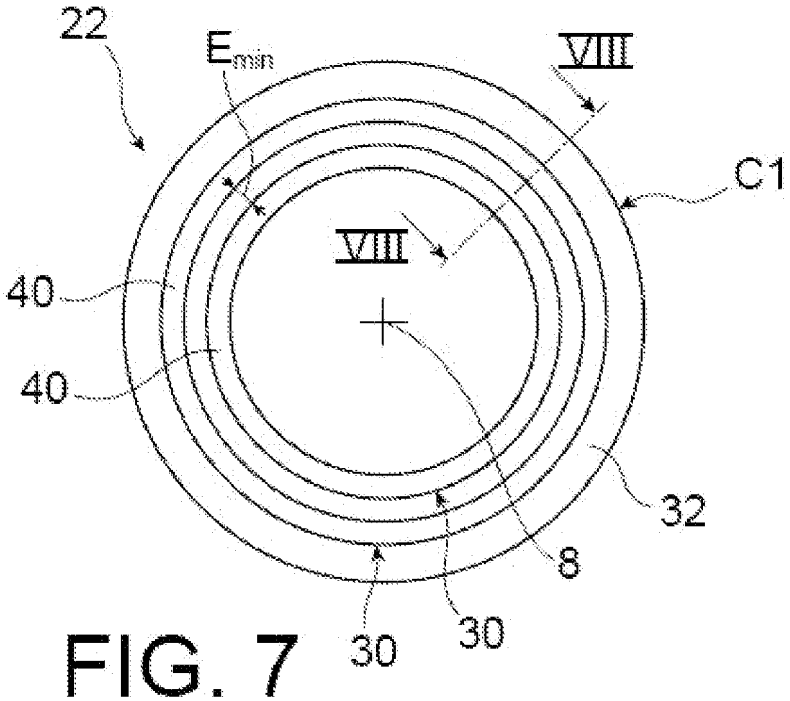

FIG. 7

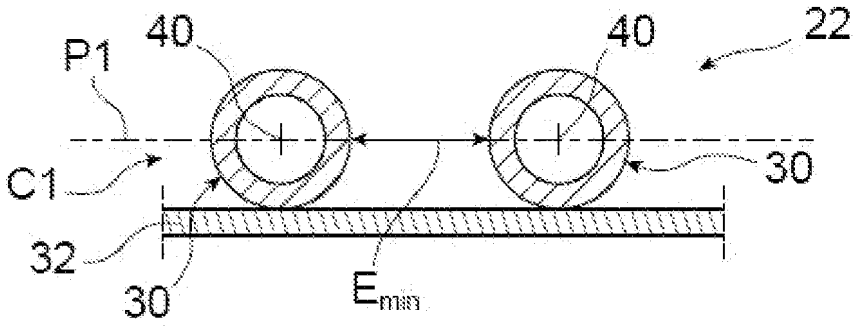

FIG. 8

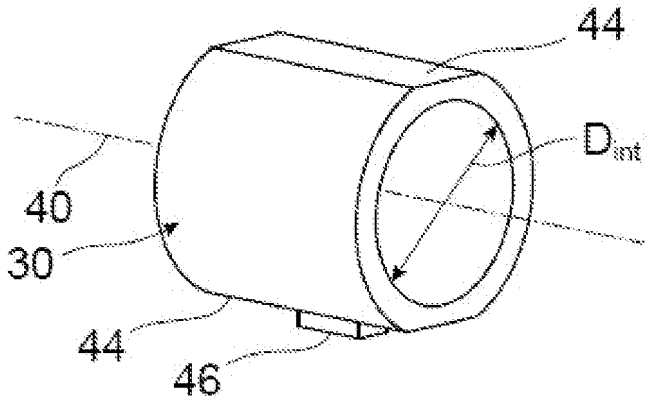

FIG. 9

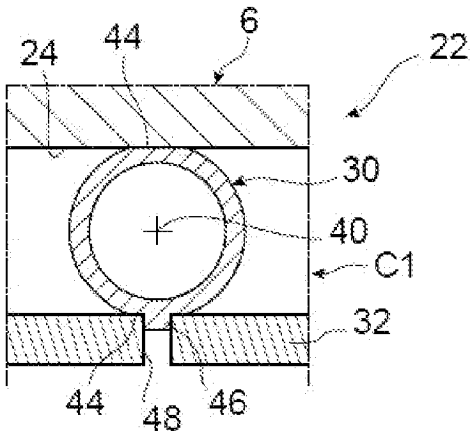

FIG. 10

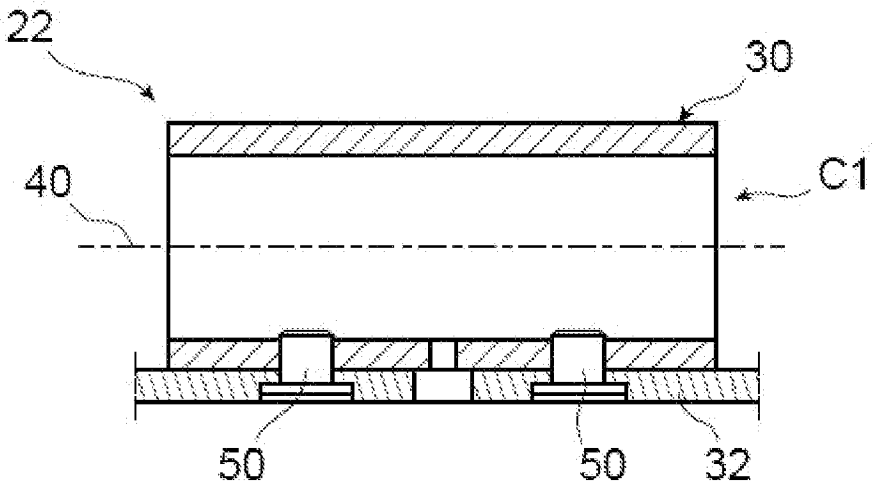

FIG. 11

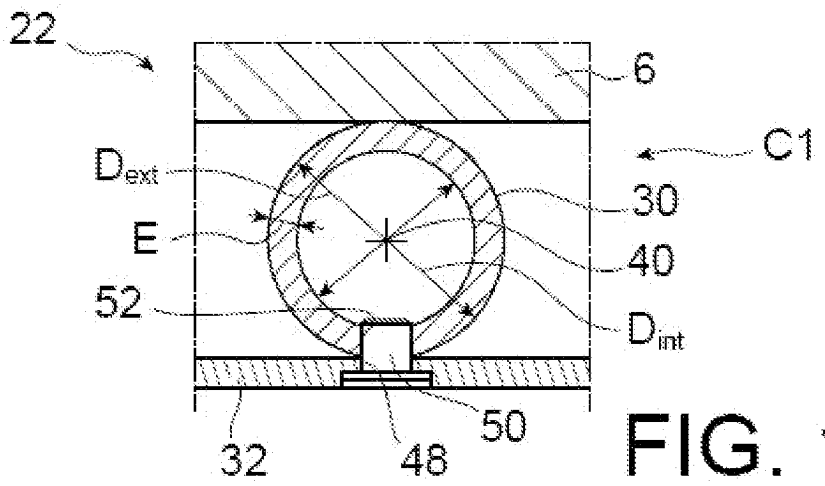

FIG. 12

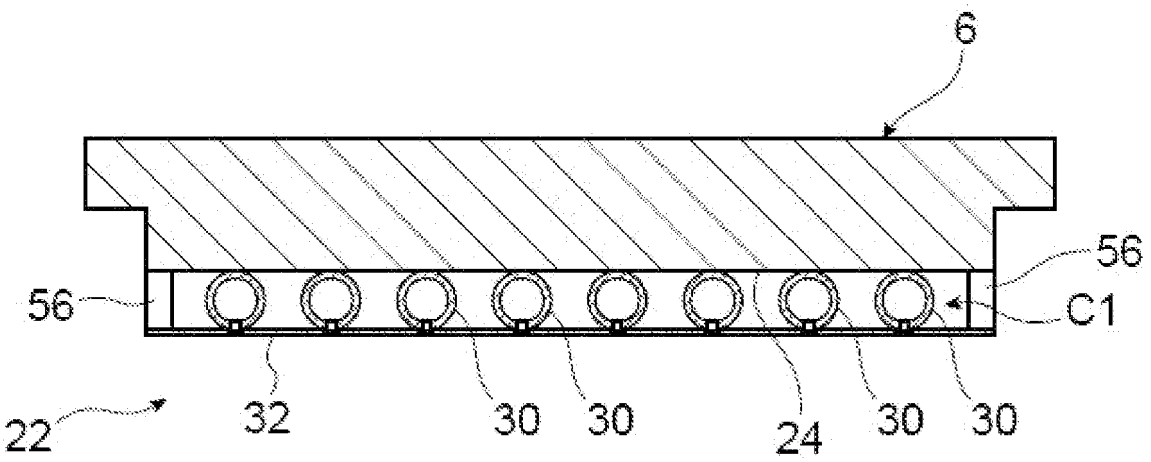

FIG. 13

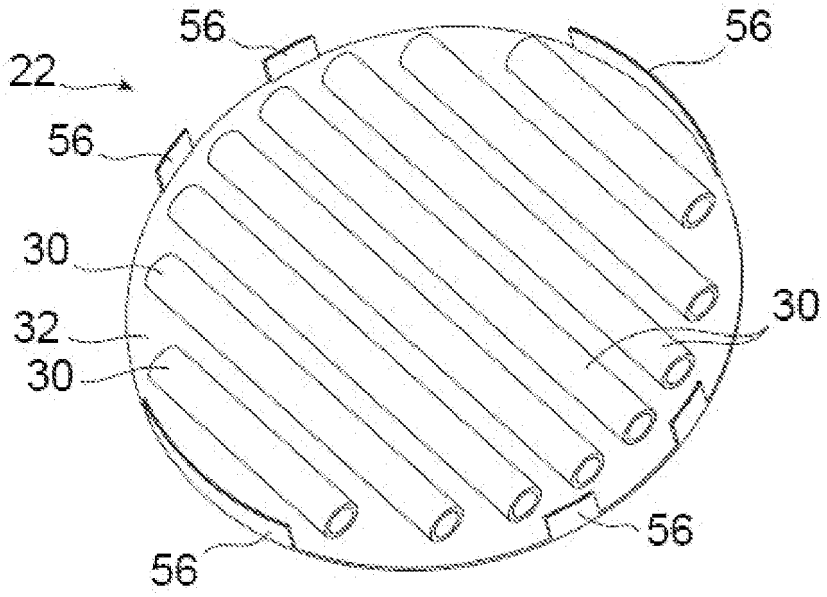

FIG. 14

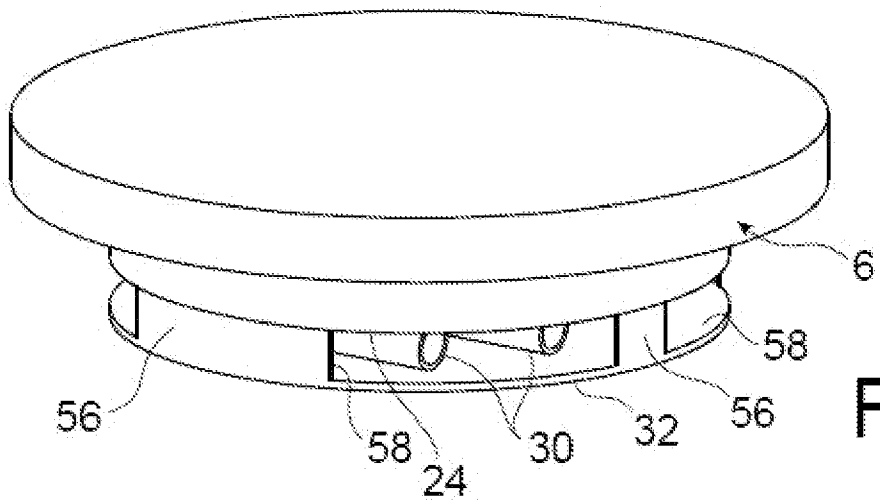

FIG. 15

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2006006351 A1 **[0005]**