

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
13 août 2020 (13.08.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/161197 A2

(51) Classification internationale des brevets :
G21C 11/08 (2006.01) G21D 1/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2020/052889

(22) Date de dépôt international :
05 février 2020 (05.02.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1901223 07 février 2019 (07.02.2019) FR

(71) Déposant : FRAMATOME [FR/FR] ; 1 place Jean Millier
Tour Areva, 92400 COURBEVOIE (FR).

(72) Inventeur : MEDDAH, Ismael ; 16 rue Théophraste Re-
naudot, 75015 PARIS (FR).

(74) Mandataire : BLOT, Philippe et al. ; 2, place d'Estienne
d'Orves, 75441 PARIS CEDEX 09 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,

MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),
européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES,
FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès
réception de ce rapport (règle 48.2(g))

(54) Title: THERMAL INSULATION ELEMENT, AND ASSEMBLY COMPRISING SUCH AN ELEMENT

(54) Titre : ÉLÉMENT D'ISOLATION THERMIQUE ET ENSEMBLE COMPRENANT UN TEL ÉLÉMENT

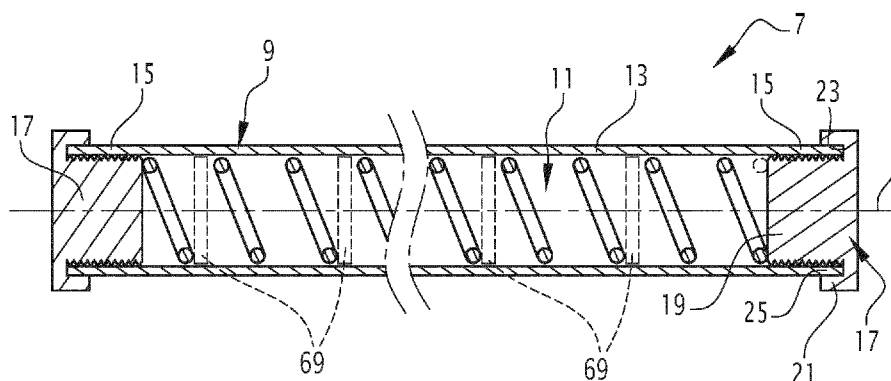


FIG. 2

(57) Abstract: The thermal insulation element (7) comprises: - a substantially air-tight longitudinal flexible tube (9) made of metal; - an elastic member (11) that is made of metal and is placed inside the tube (9).

(57) Abrégé : L'élément d'isolation thermique (7) comprend : - un tube flexible (9) longitudinal en métal, sensiblement étanche à l'air; - un organe élastique (11), en métal, disposé à l'intérieur du tube (9).



WO 2020/161197 A2

TITRE : Elément d'isolation thermique et ensemble comprenant un tel élément

L'invention concerne en général l'isolation thermique des équipements d'un réacteur nucléaire.

Dans un réacteur nucléaire, les équipements émettant de la chaleur, notamment les équipements sous pression, sont isolés thermiquement.

Ainsi, dans un réacteur à eau pressurisée, les principaux équipements du circuit primaire sont revêtus extérieurement d'éléments d'isolation thermique. Ces éléments peuvent être en fibres de verre.

Toutefois, dans le cas d'un accident entraînant une rupture de tuyauterie, les fibres de verre peuvent être entraînées par le fluide primaire.

Certains réacteurs nucléaires sont équipés d'un circuit de recirculation, permettant de collecter le fluide ruisselant dans l'enceinte où est logée la cuve du réacteur, et de recycler ce fluide pour le refroidissement du réacteur. Ce circuit comporte des pompes, dont l'aspiration est protégée par des filtres.

Les fibres de verre entraînées par le liquide présentent le défaut de pouvoir colmater les filtres, et ainsi gêner ou empêcher le fonctionnement du circuit de recirculation en cas d'accident.

Les autorités de sûreté imposent aux exploitants de centrales d'apporter la démonstration de la robustesse du système de filtration en cas d'accident.

La réponse la plus économique et la mieux acceptée par les autorités de sûreté est d'éliminer toutes les fibres de l'isolation thermique du circuit primaire.

Il est possible de calorifuger les équipements en utilisant des cassettes désignées sous le sigle RMI (*Reflective Metallic Insulation ou Isolation Métallique Réflective en français*). Ces cassettes comportent un boîtier adapté à la forme de l'équipement à isoler thermiquement. Des feuilles métalliques sont placées à l'intérieur du boîtier, de manière à créer des poches d'air dans le volume interne. Les feuilles permettent de garantir que l'air à l'intérieur du boîtier est stagnant, et ainsi de réduire les pertes thermiques par convection. Par ailleurs, les feuilles sont agencées de telle sorte que les chemins de fuite par conduction pour la chaleur sont les plus longs possibles. Les feuilles sont polies, pour minimiser les pertes thermiques radiatives.

De telles cassettes permettent une excellente isolation thermique pour les équipements de formes simples. Toutefois, elles ne sont pas adaptées pour calorifuger les zones d'un équipement dont la géométrie est complexe.

La figure 1 illustre le fond inférieur 3 d'un pressuriseur 1 d'un réacteur nucléaire à eau sous pression. Le fond inférieur 3 est traversé par une pluralité de cannes chauffantes verticales 5. Ces cannes 5 sont proches les unes des autres, de telle sorte qu'il est extrêmement difficile d'isoler thermiquement le fond 3 à l'aide de cassettes métalliques.

D'autres équipements sont également difficiles à calorifuger à l'aide de cassettes métalliques : les pompes de circulation primaires, les portions de conduit portant des piquages ou d'autres accessoires saillants, etc...

Dans ce contexte, l'invention vise à proposer une solution permettant d'isoler thermiquement des équipements générateurs de chaleur ayant des zones de géométrie complexe.

A cette fin, l'invention porte selon un premier aspect sur un élément d'isolation thermique comprenant :

- un tube flexible longitudinal en métal, sensiblement étanche à l'air ;
- un organe élastique, en métal, disposé à l'intérieur du tube.

L'élément d'isolation thermique de l'invention est donc flexible, et peut épouser des formes complexes. Du fait de son élasticité, il peut s'insérer facilement dans des espaces étroits et obturés hermétiquement cet espace, limitant ainsi les pertes thermiques par convection.

Cet élément d'isolation thermique est entièrement métallique, et ne comporte pas de fibres minérales susceptibles de colmater les filtres placés à l'aspiration des circuits de recirculation du réacteur nucléaire. Il est beaucoup moins coûteux qu'une cassette dont les dimensions seraient adaptées pour venir épouser la géométrie complexe de certaines zones d'un équipement.

L'élément d'isolation thermique offre d'excellentes performances thermiques, du fait que l'air situé à l'intérieur du tube forme une couche d'isolant thermique.

L'élément d'isolation thermique peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- l'organe élastique est un ressort ;
- le ressort est un ressort hélicoïdal, d'axe central longitudinal ;
- le ressort hélicoïdal est fait d'un fil métallique creux ;
- l'organe élastique s'étend sensiblement sur toute la longueur longitudinale du tube ;
- l'organe élastique présente transversalement une section externe complémentaire d'une section interne du tube ;

3

- le tube comprend une enveloppe tubulaire longitudinale présentant au moins une extrémité longitudinale ouverte, et au moins un bouchon métallique rapporté sur l'enveloppe tubulaire et fermant de manière étanche l'au moins une extrémité longitudinale ouverte ;

5

- l'enveloppe tubulaire est en un matériau textile à fibres métalliques ;
- l'enveloppe tubulaire est polie vers l'intérieur du tube et/ou vers l'extérieur du tube ;
- des cloisons sont réparties longitudinalement le long du tube, à l'intérieur du tube.

10

Selon un second aspect, l'invention porte sur un ensemble comprenant :

- un équipement émetteur de chaleur d'un réacteur nucléaire;
- une cassette métallique d'isolation thermique, isolant thermiquement l'équipement émetteur de chaleur, un espace subsistant entre la cassette et une partie de l'équipement émetteur de chaleur;
- au moins un élément d'isolation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, agencé dans ledit espace.

15

L'ensemble peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

20

- l'au moins un élément d'isolation thermique est comprimé transversalement entre la cassette et ladite partie de l'équipement émetteur de chaleur ;
- une pluralité d'éléments d'isolation thermique tels que décrits plus haut sont agencés dans ledit espace et sont comprimés transversalement les uns contre les autres ;

25

- les éléments d'isolation thermiques sont agencés en plusieurs couches superposées les unes aux autres ;
- les éléments d'isolation thermiques délimitent entre eux des poches d'air à sections transversales fermées ;

30

- l'espace délimité entre la cassette et ladite partie de l'équipement émetteur de chaleur présente une ouverture, un couvercle étant rapporté sur la cassette et/ou ladite partie de l'équipement émetteur de chaleur et fermant l'ouverture;
- l'équipement émetteur de chaleur est un fond inférieur de pressuriseur ou une pompe de circulation de fluide primaire.

35

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

[Fig 1] la figure 1 est une vue en section axiale du fond du pressuriseur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression ;

[Fig 2] la figure 2 est une vue en coupe longitudinale d'un élément d'isolation thermique conforme à l'invention ;

[Fig 3] la figure 3 est une vue agrandie d'une extrémité de l'élément d'isolation thermique ;

[Fig 4] la figure 4 est une représentation schématique montrant un tronçon de l'élément d'isolation thermique de la figure 2, comprimé entre une cassette et un équipement d'un réacteur nucléaire ;

[Fig 5] la figure 5 est une représentation schématique montrant plusieurs éléments d'isolation thermique remplissant un espace subsistant entre une cassette et un équipement de réacteur nucléaire ;

[Fig 6] [Fig 7] [Fig 8] [Fig 9] les figures 6 à 9 sont des représentations schématiques montrant l'agencement d'éléments d'isolation thermique selon l'invention pour calorifuger des zones de géométrie complexe d'un réacteur nucléaire.

L'élément 7 représenté sur la figure 2 est destiné à isoler thermiquement des équipements émettant de la chaleur.

Il est destiné à être utilisé typiquement pour l'isolation thermique des équipements du circuit primaire d'un réacteur nucléaire. En variante, il est prévu pour l'isolation thermique d'autres équipements d'un réacteur nucléaire ou encore d'équipements n'appartenant pas à un réacteur nucléaire.

L'élément d'isolation thermique 7 comprend :

- un tube 9 flexible longitudinal en métal, sensiblement étanche à l'air ;
- un organe élastique 11 en métal, disposé à l'intérieur du tube 9.

Le tube 9 comprend une enveloppe tubulaire 13 longitudinale présentant au moins une extrémité longitudinale 15 ouverte, et au moins un bouchon métallique 17 rapporté sur l'enveloppe tubulaire 13. L'au moins un bouchon métallique 17 ferme de manière étanche l'au moins une extrémité longitudinale 15.

Typiquement, les deux extrémités longitudinales 15 de l'enveloppe tubulaire 13 sont ouvertes, et un bouchon métallique 17 est rapporté sur l'enveloppe tubulaire 13 et ferme de manière étanche chaque extrémité longitudinale 15.

Au repos, l'enveloppe tubulaire 13 présente une section transversale externe sensiblement circulaire.

On entend par section transversale ou direction transversale une section ou une direction perpendiculaire à la ligne centrale L du tube.

L'enveloppe tubulaire 13 est de préférence en un matériau textile à fibres métalliques.

La fonction de l'enveloppe tubulaire 13 est de confiner l'air à l'intérieur de l'élément d'isolation thermique, de telle sorte que celui-ci soit stagnant lors d'une montée en température. Les pertes thermiques par convection sont ainsi limitées.

En conséquence, il est préférable que l'enveloppe tubulaire 13 présente un bon degré d'étanchéité à l'air. Toutefois, il n'est pas nécessaire que l'étanchéité à l'air soit parfaite.

L'enveloppe tubulaire 13 est par exemple en acier inoxydable, et présente une épaisseur d'environ 1 mm.

L'enveloppe tubulaire 13 est typiquement polie vers l'intérieur du tube et/ou vers l'extérieur du tube. Les surfaces intérieure et/ou extérieure polies permettent de limiter les pertes thermiques radiatives.

Le ou chaque bouchon 17 est de tout type adapté.

Il est de préférence en acier inoxydable.

Une fois en place, le ou les bouchons 17 permettent de fermer de manière hermétique le volume interne du tube.

Le ou chaque bouchon 17 est fixé à l'enveloppe tubulaire par coopération de forme avec l'extrémité correspondante de l'enveloppe tubulaire 13.

Par exemple, le bouchon 17 comporte une partie centrale 19, engagée en force dans l'extrémité longitudinale 15 correspondante. La partie centrale 19 est pleine (figure 2) ou creuse (figure 3).

Un contact étanche est ainsi créé entre la surface externe de la partie centrale 19 et la surface interne de l'extrémité longitudinale 15.

Selon un exemple de réalisation, le bouchon 17 comporte une collerette externe 21, entourant la partie centrale 19. Une rainure circulaire 23 est ménagée entre la collerette 21 et la partie centrale 19. Le bord libre 25 de l'enveloppe tubulaire 13 est engagé dans la rainure circulaire 23. Il est pincé entre la collerette 21 et la partie centrale 19. Ceci contribue à l'étanchéité de la liaison entre le bouchon 17 et l'enveloppe tubulaire 13.

L'organe élastique 11 est typiquement un ressort.

Plus précisément, l'organe élastique 11 est un ressort hélicoïdal, d'axe central longitudinal. Le ressort hélicoïdal est fait d'un fil métallique de diamètre de l'ordre de 3 mm.

Avantageusement, ce fil métallique est creux (figure 3).

L'organe élastique 11 est typiquement en acier inoxydable. Il présente un diamètre compris entre 10 et 100 mm, typiquement compris entre 10 et 30 mm, par exemple valant 15 ou 20 mm.

L'organe élastique 11 présente transversalement une section externe complémentaire de la section transversale interne du tube 9.

L'organe élastique 11 est conçu pour que sa raideur axiale soit la plus faible possible, afin que l'élément d'isolation thermique 1 puisse être courbé facilement. Il est conçu de manière à présenter transversalement une raideur intermédiaire, pour pouvoir être déformé par pression transversale dans une certaine limite.

L'organe élastique 11 s'étend sensiblement sur toute la longueur longitudinale du tube 9.

L'élément d'isolation thermique 7 est avantageusement utilisé au sein d'un ensemble comprenant, comme le montre la figure 4 :

- un équipement émetteur de chaleur 27 d'un réacteur nucléaire ;
- une cassette métallique 29 d'isolation thermique, isolant thermiquement l'équipement émetteur de chaleur 27, un espace 31 subsistant entre la cassette 29 et une partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur 27.

L'élément d'isolation thermique 7 est agencé dans ledit espace 31.

Seule une petite partie de l'équipement 27 et une petite partie de la cassette métallique 29 sont représentées sur la figure 4. Seul un tronçon de l'élément d'isolation thermique 7 est représenté sur la figure 4.

La partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur 27 délimitant l'espace 31 est typiquement une partie de géométrie complexe. De ce fait, la cassette 29 ne peut pas s'adapter exactement contre cette partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur 27.

On voit sur la figure 4 que l'élément d'isolation thermique 7 est comprimé transversalement entre la cassette 29 et la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur. Ceci est possible par déformation transversale de l'organe élastique 11, et par déformation transversale du tube flexible 9.

La surface extérieure du tube flexible 9 est en contact à la fois avec la cassette 29 et avec la partie 30 de forme complexe de l'équipement émetteur de chaleur.

Du fait de la présence de l'élément d'isolation thermique 7, les transferts thermiques par convection sont extrêmement réduits dans l'espace 31. L'élément 7 réduit également les transferts thermiques radiatifs.

En fonction de la taille et de la forme de l'espace 31, il est dans certains cas avantageux de disposer une pluralité d'éléments d'isolation thermique 7 dans l'espace 31.

7

Une telle situation est représentée par exemple sur la figure 5.

Les éléments d'isolation thermique 7 sont comprimés transversalement les uns contre les autres. Ils sont également comprimés contre la cassette 29 et contre la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur 27.

5 Par exemple, ils sont agencés en plusieurs couches 33, les couches 33 étant superposées les unes aux autres.

Dans une même couche 33, les éléments d'isolation thermique 7 sont agencés parallèlement les uns aux autres, et sont placés transversalement les uns contre les autres.

10 Les éléments d'isolation thermique 7 délimitent ainsi entre eux des poches d'air 35. Ces poches d'air 35, considérées en section transversale, sont à contour fermé.

D'autres poches d'air 35 sont formées entre les éléments d'isolation thermique 7 et la cassette 29, ou entre les éléments d'isolation thermique 7 et la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur.

15 L'air contenu dans les poches 35 est stagnant même lors d'une montée en température, ce qui contribue à l'isolation thermique de l'équipement 27.

Quand l'espace 31 délimité entre la cassette 29 et la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur présente une ouverture 37, comme représenté sur la figure 5, un couvercle 39 est avantageusement rapporté sur la cassette 29 et/ou sur la partie 30
20 de l'équipement émetteur de chaleur. Ce couvercle 39 ferme l'ouverture 37, de préférence de manière étanche. Il contribue à comprimer les éléments d'isolation thermique 7 les uns contre les autres, et également à comprimer les éléments 7 contre la cassette 29 ou la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur.

L'utilisation de l'élément d'isolation thermique 7 dans ce cas offre de multiples
25 avantages.

L'organe élastique 11 force le contact entre le tube flexible 9 et la cassette 29 ou la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur. Il autorise une déformation de l'élément d'isolation thermique. Il permet à l'élément d'isolation thermique 7 de s'adapter à des géométries complexes.

30 Le tube flexible 9 emprisonne une quantité d'air à l'intérieur de l'élément d'isolation thermique 7, ce qui confère à celui-ci un pouvoir calorifugeant relativement élevé. Sa souplesse permet un bon contact avec les autres éléments d'isolation thermique 7, avec la cassette 29 ou avec la partie 30 de l'élément émetteur de chaleur.

La souplesse du tube flexible 9 permet également d'adapter la forme de l'élément d'isolation thermique 7 à la géométrie de la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur.

L'utilisation d'un bouchon 17 rapporté sur l'enveloppe tubulaire 13 permet de mettre en place le bouchon 17 sur site. En d'autres termes, il est possible d'assembler les différents composants de l'élément d'isolation thermique 7 sur site, au moment de la mise en place sur l'élément émetteur de chaleur 27. L'opérateur glisse l'organe élastique 11 dans le tube flexible 9, et obture ensuite le tube flexible 9 à une ou deux extrémités longitudinales 15, à l'aide de bouchons 17.

Alternativement, une bobine de l'élément d'isolation thermique 7 est acheminée sur site. L'opérateur obture dans un premier temps avec un bouchon l'extrémité libre de la bobine, déroule la longueur nécessaire pour calfeutrer la zone, découpe à la scie ou au chalumeau la bonne longueur et enfin obture l'extrémité découpée avec un autre bouchon.

Dans la configuration de la figure 5, les éléments d'isolation thermique 7 permettent une excellente isolation thermique de la partie 30 de l'équipement émetteur de chaleur.

L'air à l'intérieur de chaque élément d'isolation thermique 7 est stagnant même lors d'une montée en température, et contribue fortement aux performances d'isolation thermique. De même, l'air piégé dans les poches 35 est stagnant lui aussi, et contribue également aux performances d'isolation thermique.

Les surfaces polies des enveloppes tubulaires 13 limitent les transferts thermiques radiatifs.

Les transferts thermiques par convection sont empêchés, du fait que l'espace 31 est divisé en plusieurs espaces clos, dans lesquels l'air stagne.

Les transferts thermiques par conduction sont également drastiquement réduits, du fait de la longueur et de la complexité du chemin à parcourir par la chaleur depuis l'équipement émetteur de chaleur 27 jusqu'à l'extérieur.

Un exemple d'application est illustré sur la figure 6. Dans cet exemple, l'équipement émetteur de chaleur 27 porte sur sa surface externe 41 un plot 43. Le plot 43 comporte une base sensiblement cylindrique 45, et une partie supérieure 47 elle aussi cylindrique, de diamètre plus faible que la base 45. La base 45 et la partie supérieure 47 sont raccordées l'une à l'autre par une partie intermédiaire tronconique 49. La base 45 est raccordée à la surface externe 41 par un congé 51.

La cassette 29 isolant thermiquement l'équipement 27 présente un passage cylindrique 53 dans lequel est engagé le plot 43. L'espace 31 est délimité entre le plot 43 et la surface interne du passage 53.

Plusieurs éléments d'isolation thermique 7 sont agencés en cercle dans l'espace 31, autour du plot 43.

Ces éléments 7 sont comprimés entre la surface externe du plot 43 et la surface interne du passage 53.

Un autre exemple d'utilisation des éléments d'isolation thermique 7 est illustré sur la figure 7.

Dans ce cas, l'élément émetteur de chaleur 27 est un conduit portant un piquage coudé 55. Le piquage 55 comporte ainsi un premier tronçon 57 piqué sensiblement radialement à l'axe du conduit, un second tronçon 59 sensiblement parallèle à l'axe du conduit, et un coude 61 raccordant les premier et second tronçons 57, 59 l'un à l'autre. La cassette 29 présente un passage 63, traversé par le premier tronçon 57. Le coude 61 et le second tronçon 59 sont situés en dehors du passage 63.

Une coque 65 formant un couvercle est placée au-dessus du passage 63, autour du coude 61 et du second tronçon 59. Un grand nombre d'éléments d'isolation thermique 7 sont placés en plusieurs couches 33 superposées, dans le passage 63 et à l'intérieur de la coque 65. Ces éléments 7 remplissent entièrement le passage 63 et la coque 65.

Les figures 8 et 9 illustrent comment les éléments d'isolation thermique 7 de l'invention sont utilisés pour calorifuger le fond inférieur 3 d'un pressuriseur de réacteur nucléaire à eau pressurisée.

Ce pressuriseur est du type représenté sur la figure 1.

La figure 8 est une vue de dessous du fond inférieur 3, seul un quart de ce fond étant représenté. On voit sur la figure 8 que les cannes chauffantes 5 sont agencées en plusieurs cercles concentriques, autour du piquage 67 raccordant le pressuriseur 1 au circuit primaire.

Une première série d'éléments d'isolation thermique 7 sont agencés circonférentiellement, autour du piquage 67. Ces éléments 7 sont disposés entre les cercles occupés par les cannes chauffantes 5, comme illustré sur la figure 8.

Par ailleurs, d'autres éléments d'isolation thermique 7 sont disposés autour de chaque canne chauffante 5, comme illustré sur la figure 9.

Selon d'autres exemples d'application, l'équipement émetteur de chaleur 27 est une pompe assurant la circulation du fluide primaire dans une boucle du circuit

primaire, entre la cuve et le générateur de vapeur ou la turbine, ou une tuyauterie véhiculant le fluide primaire, ou un couvercle de cuve avec ses multiples adaptateurs de lignes de commandes, ou une vanne véhiculant un fluide à haute température.

Ainsi, il a été décrit plus haut que les éléments d'isolation thermique 7 étaient principalement utilisés pour isoler thermiquement des interstices laissés entre des cassettes et des zones de géométrie complexe d'équipements émetteurs de chaleur du réacteur nucléaire.

Toutefois, comme illustré sur les figures 8 et 9, les éléments 7 peuvent aussi être utilisés indépendamment des cassettes 29. En d'autres termes, des équipements d'un réacteur nucléaire peuvent être isolés thermiquement en utilisant seulement les éléments d'isolation thermique 7, et sans utiliser de cassette.

Selon une autre variante, les éléments d'isolation thermique 7 peuvent être placés dans une cassette, et la cassette être utilisée pour isoler thermiquement un équipement émetteur de chaleur ayant une forme régulière.

Il a été décrit plus haut que le tube flexible 9 de l'élément d'isolation thermique est de section circulaire. En variante, ce tube 9 présente une section transversale externe non circulaire. Cette section est par exemple ovale, elliptique, rectangulaire, etc...

La forme circulaire, ovale ou elliptique est particulièrement avantageuse, du fait que la zone de contact entre l'élément d'isolation thermique et les autres structures est une ligne. Ceci permet de réduire les pertes thermiques par conduction.

Selon une variante de réalisation, des cloisons 69 sont réparties longitudinalement le long du tube 9, à l'intérieur du tube 9. Les cloisons 69 sont représentées en traits interrompus sur la figure 2.

Les cloisons 69 sont disposées entre deux spires de l'organe élastique 11, et sont maintenues en position par le tube 9.

Elles sont placées à intervalles réguliers longitudinalement.

Ces cloisons sont par exemple des disques métalliques.

Les cloisons 69 bloquent toutes les convections qui pourraient se développer à l'intérieur du tube 9 dans le cas où l'élément 7 présente une longueur importante.

REVENDICATIONS

1. Élément d'isolation thermique (7) comprenant :

- un tube flexible (9) longitudinal en métal, sensiblement étanche à l'air ;
- un organe élastique (11), en métal, disposé à l'intérieur du tube (9).

2. Élément d'isolation thermique selon la revendication 1, dans lequel l'organe élastique (11) est un ressort.

3. Élément d'isolation thermique selon la revendication 2, dans lequel le ressort est un ressort hélicoïdal, d'axe central longitudinal.

4. Élément d'isolation thermique selon la revendication 3, dans lequel le ressort hélicoïdal est fait d'un fil métallique creux.

5. Élément d'isolation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'organe élastique (11) s'étend sensiblement sur toute la longueur longitudinale du tube (9).

6. Élément d'isolation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'organe élastique (11) présente transversalement une section externe complémentaire d'une section interne du tube (9).

7. Élément d'isolation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le tube (9) comprend une enveloppe tubulaire (13) longitudinale présentant au moins une extrémité longitudinale (15) ouverte, et au moins un bouchon (17) métallique rapporté sur l'enveloppe tubulaire (13) et fermant de manière étanche l'au moins une extrémité longitudinale (15) ouverte.

8. Élément d'isolation thermique selon la revendication 7, dans lequel l'enveloppe tubulaire (13) est en un matériau textile à fibres métalliques.

9. Élément d'isolation thermique selon la revendication 7 ou 8, dans lequel l'enveloppe tubulaire (13) est polie vers l'intérieur du tube (9) et/ou vers l'extérieur du tube (9).

10. Élément d'isolation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel des cloisons (69) sont réparties longitudinalement le long du tube, à l'intérieur du tube (7).

11. Ensemble comprenant :

- un équipement émetteur de chaleur (27) d'un réacteur nucléaire;
- une cassette métallique (29) d'isolation thermique, isolant thermiquement l'équipement émetteur de chaleur (27), un espace (31) subsistant entre la cassette (29) et une partie (30) de l'équipement émetteur de chaleur (27);

- au moins un élément d'isolation thermique (7) selon l'une quelconque des revendications précédentes, agencé dans ledit espace (31).

12. Ensemble selon la revendication 11, dans lequel l'au moins un élément d'isolation thermique (7) est comprimé transversalement entre la cassette (29) et ladite partie (30) de l'équipement émetteur de chaleur (27).

13. Ensemble selon la revendication 11 ou 12, dans lequel une pluralité d'éléments d'isolation thermique (7) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 sont agencés dans ledit espace (31) et sont comprimés transversalement les uns contre les autres.

14. Ensemble selon la revendication 13, dans lequel les éléments d'isolation thermiques (7) sont agencés en plusieurs couches (33) superposées les unes aux autres.

15. Ensemble selon la revendication 13 ou 14, dans lequel les éléments d'isolation thermiques (7) délimitent entre eux des poches d'air (35) à sections transversales fermées.

16. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, dans lequel l'espace (31) délimité entre la cassette (29) et ladite partie (30) de l'équipement émetteur de chaleur (27) présente une ouverture (37), un couvercle (39) étant rapporté sur la cassette (29) et/ou ladite partie (30) de l'équipement émetteur de chaleur (27) et fermant l'ouverture (37).

17. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, dans lequel l'équipement émetteur de chaleur (27) est un fond inférieur (3) de pressuriseur (1) ou une pompe de circulation de fluide primaire.

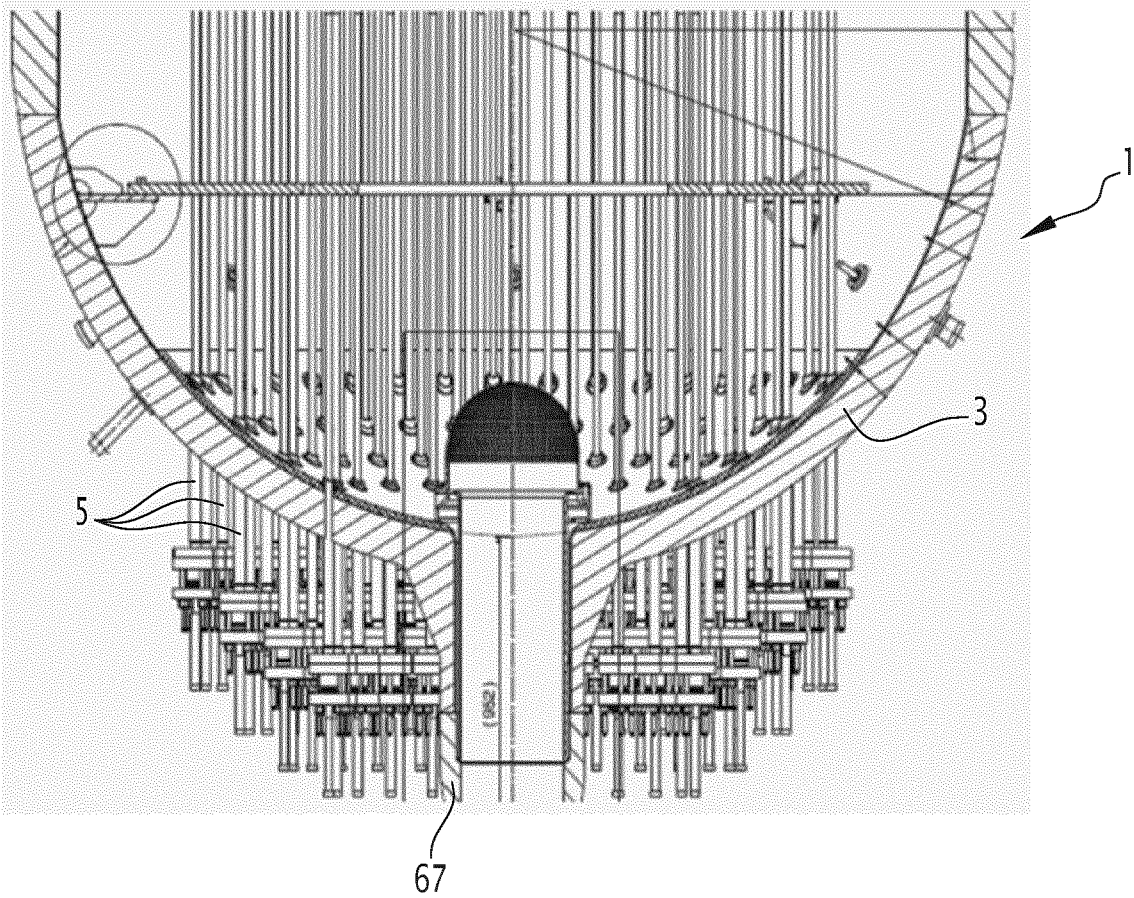


FIG.1

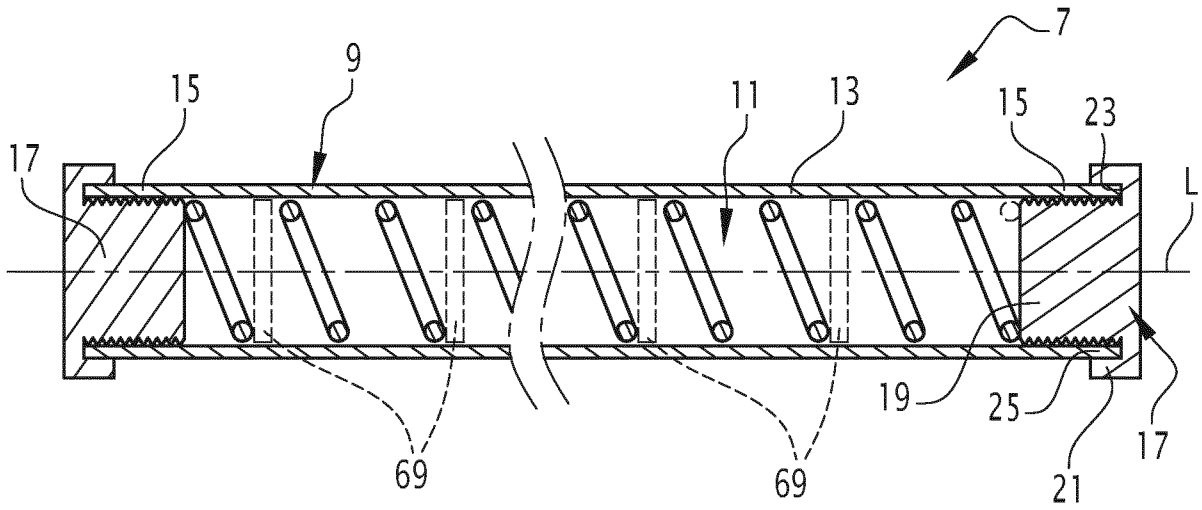


FIG.2

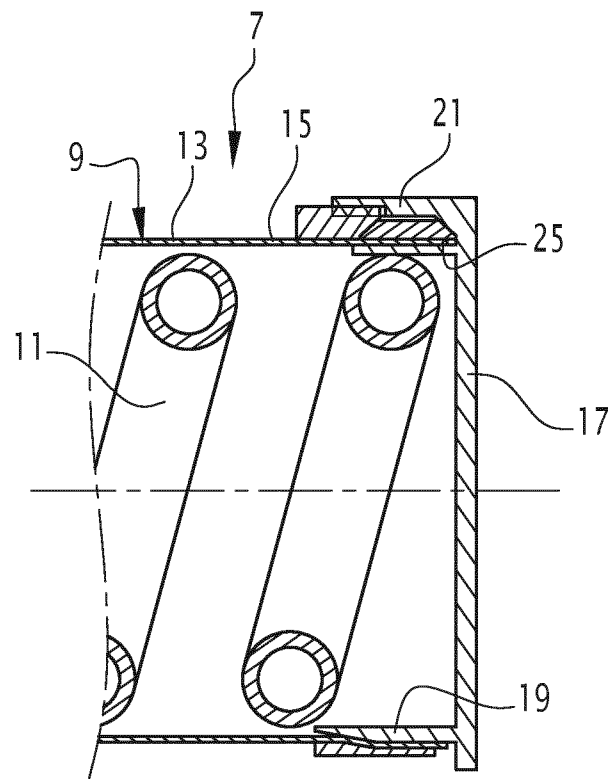


FIG.3

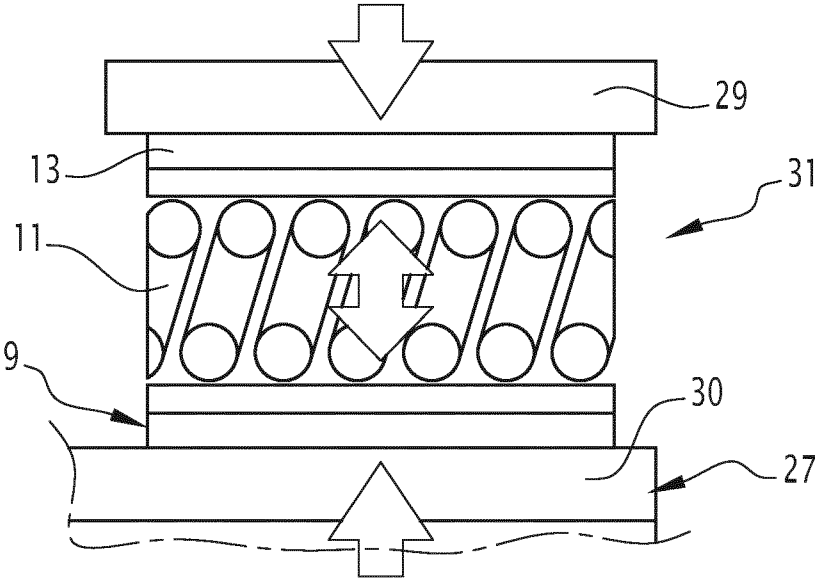


FIG.4

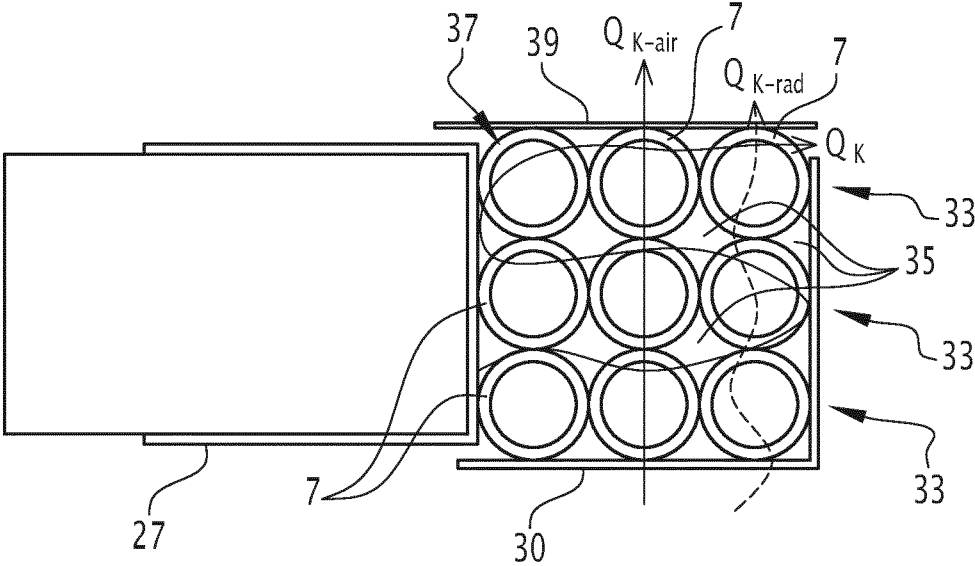


FIG.5

6/9

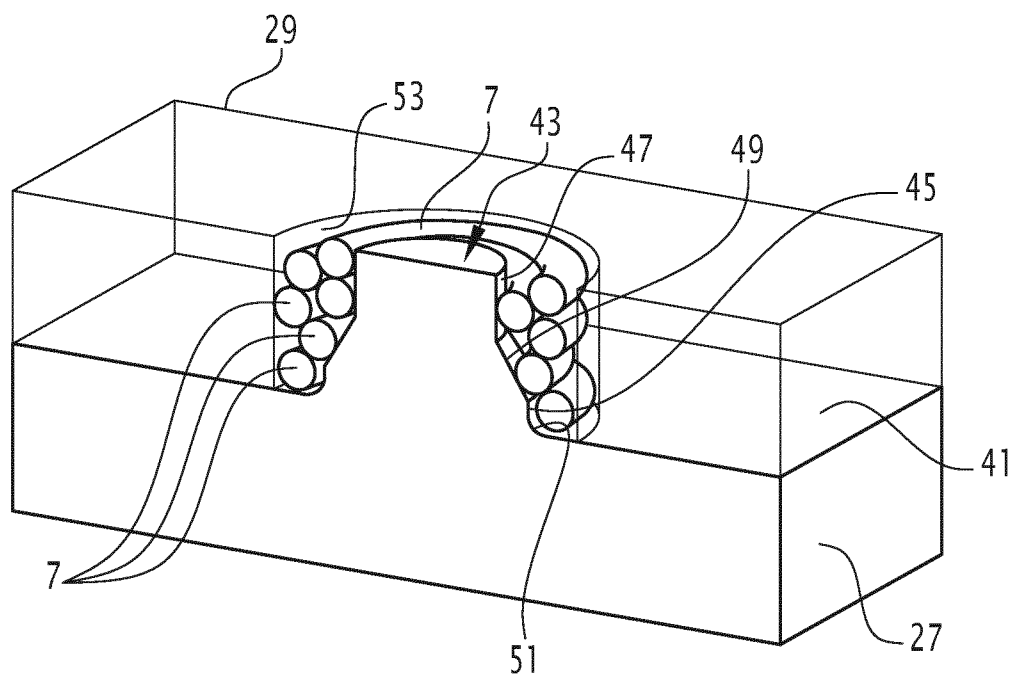


FIG. 6

7/9

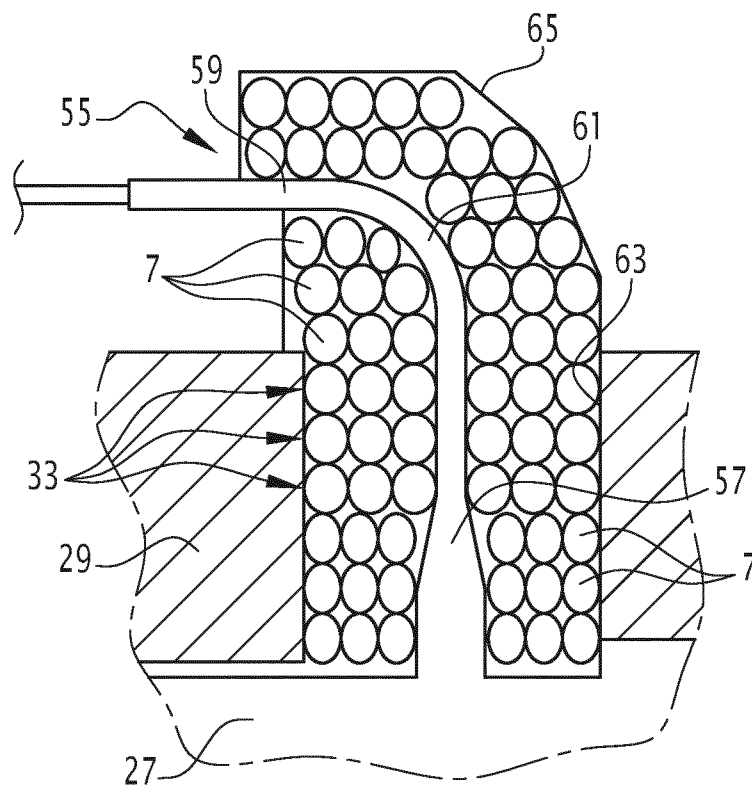


FIG.7

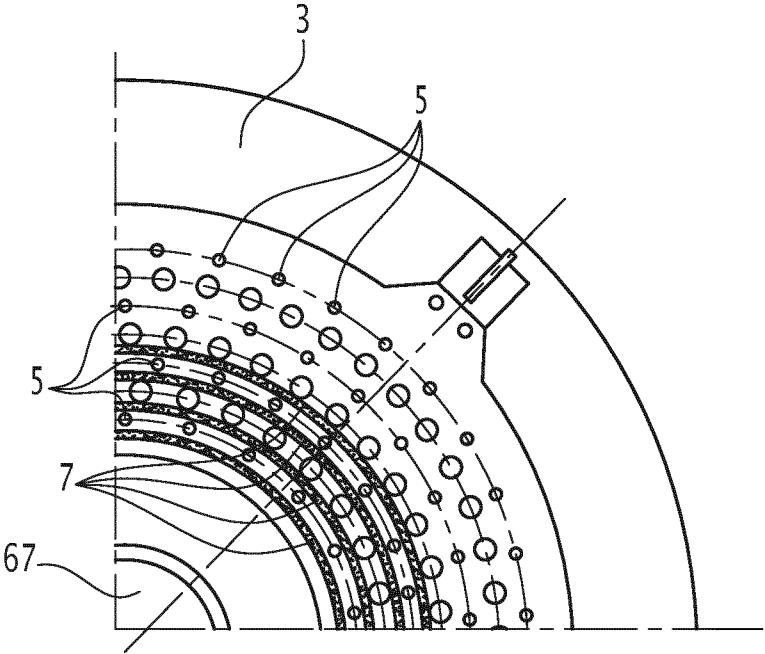


FIG. 8

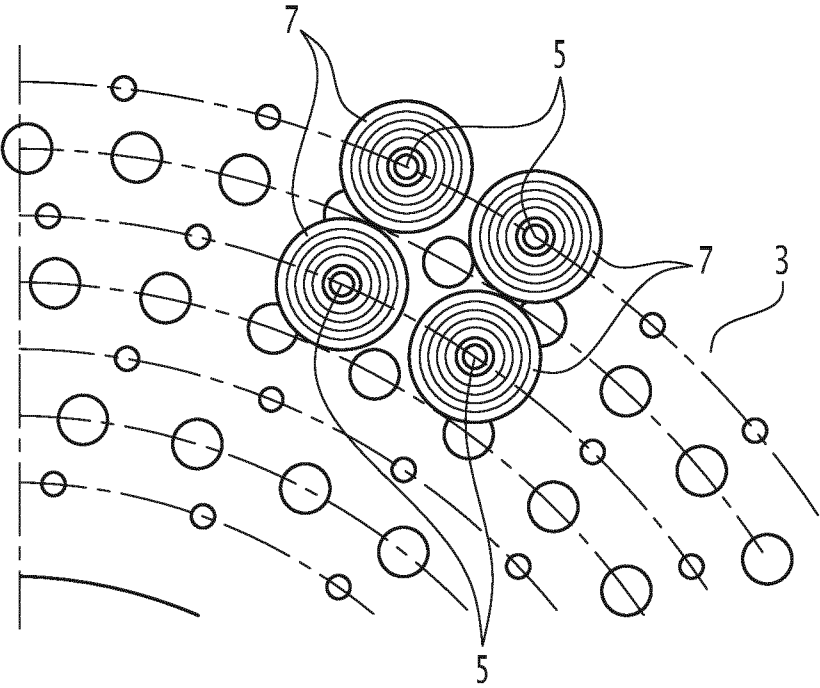


FIG.9