

(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
9 juillet 2009 (09.07.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/083677 A2

(51) Classification internationale des brevets :
G21C 1/03 (2006.01) **G21C 15/24** (2006.01)
G21C 1/32 (2006.01) **G21C 1/02** (2006.01)

(71) **Déposant** (pour tous les États désignés sauf US) : **AREVA**
NP [FR/FR]; Tour AREVA, 1 place de la Coupole, F-92400
Courbevoie (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/052240

(72) **Inventeur; et**

(75) **Inventeur/Déposant** (pour US seulement) : **CROS, Alain**
[FR/FR]; Espace Emeraude Bat B, 12 Impasse Saint Eu-
sebe, F-69003 Lyon (FR).

(22) Date de dépôt international :
8 décembre 2008 (08.12.2008)

(74) **Mandataire** : **LEBKIRI, Alexandre**; Cabinet Camus
Lebkiri, 39, rue de Châteaudun, F-75009 Paris (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR0760409 28 décembre 2007 (28.12.2007) FR

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: FAST BREEDER REACTOR

(54) Titre : REACTEUR NUCLEAIRE A NEUTRONS RAPIDES

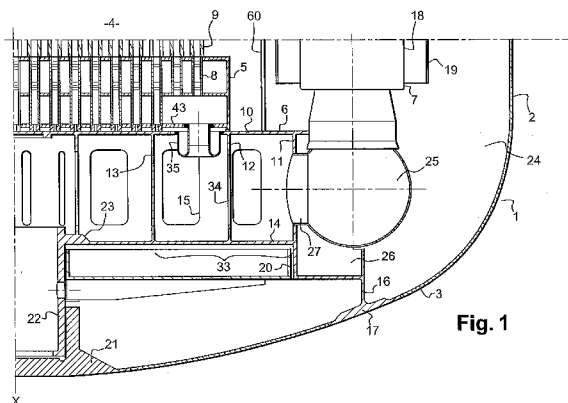


Fig. 1

(57) **Abstract**: The present invention relates to a fast breeder reactor (FBR) of integrated type, cooled by a liquid metal such as sodium. This FBR comprises a main vessel (1) containing a core (4) made of fuel assemblies (9) able to be cooled by a coolant, an element for supporting the said core, known as a diagrid (5), an element for supporting the diagrid (5), known as a decking (6), and a pump (7) for circulating the coolant. The pump (7) comprises a vertical body (18) and a delivery capacity (25) communicating with the lower part of the vertical body (18). The delivery capacity (25) secured to the decking (6) is in communication with the external side wall (11) of the decking (6) via a substantially cylindrical spool piece (27) secured to the decking (6) and to the delivery capacity (25) such that the coolant flows from the delivery capacity (25) towards the inside of the decking (6), the said reactor comprising means adapted to the differential expansion of the two structures (35) to supply the diagrid (5) with coolant from inside the decking (6).

(57) **Abrégé** : La présente invention concerne un réacteur nucléaire à neutrons rapides (RNR) de type intégré à refroidissement par un métal liquide tel que le sodium. Ce RNR comporte une cuve principale (1) renfermant un cœur (4) composé d'assemblages combustibles (9) aptes à être refroidi par un fluide caloporteur, un élément de support dudit cœur appelé sommier (5), un élément de support du

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/083677 A2



LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

sommier (5) appelé platelage (6) et une pompe (7) pour la mise en circulation du fluide caloporteur. La pompe (7) comporte un corps vertical (18) et une capacité de refoulement (25) communiquant avec la partie inférieure du corps vertical (18). La capacité de refoulement (25) solidaire du platelage (6) est en communication avec la paroi latérale externe (11) du platelage (6) par l'intermédiaire d'une manchette (27) de forme sensiblement cylindrique solidaire du platelage (6) et de la capacité de refoulement (25) de sorte que le fluide caloporteur circule de la capacité de refoulement (25) vers l'intérieur du platelage (6), ledit réacteur comportant des moyens adaptés aux dilatations différentielles des 2 structures (35) pour alimenter le sommier (5) en liquide caloporteur provenant de l'intérieur du platelage (6).

Réacteur nucléaire à neutrons rapides

La présente invention concerne un réacteur nucléaire à neutrons rapides (RNR) de type intégré à refroidissement par un métal liquide tel que le sodium.

Dans le cadre du Forum International Génération IV les réacteurs nucléaires à neutrons rapides connaissent aujourd'hui un net regain d'intérêt. Les RNR tirent d'abord leur énergie du plutonium. Leur cœur, constitué de plutonium et d'uranium naturel, a une double fonction :

- produire de la chaleur (fission du plutonium) convertie ensuite en électricité ;
- 10 - transformer l'uranium naturel ou appauvri (peu fissile) en plutonium (fissile). Les RNR sont qualifiés de « régénérateur » ou de « surrégénérateur » s'ils produisent plus de plutonium qu'ils n'en consomment.

Outre cette double fonction, des recherches sont menées afin d'utiliser ce type de réacteur pour « brûler » des déchets radioactifs à vie 15 longue, transuraniens et actinides, et les transformer en éléments radioactifs à vie courte.

Un RNR est refroidi par un fluide caloporteur constitué par un métal liquide tel que le sodium. Le sodium, à l'état liquide, est un remarquable 20 fluide de refroidissement, grâce notamment à sa température d'ébullition élevée.

De façon connue, le circuit primaire d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides est formé par :

- une cuve principale renfermant le cœur du réacteur muni des assemblages combustibles;
- 25 - des pompes primaires de mise en circulation du fluide de refroidissement et ;
- des échangeurs de chaleur intermédiaires destinés à transmettre la chaleur du fluide de refroidissement du réacteur réchauffé au contact du cœur à un fluide secondaire.
- 30

Traditionnellement le supportage du cœur est assuré par deux structures distinctes permettant de dissocier les fonctions de supportage et d'alimentation en sodium du cœur :

- une première structure mécano-soudée en pression (typiquement 6 bars) appelée sommier dans laquelle sont positionnés les pieds des assemblages combustibles et qui est alimenté en sodium froid (400°C) par des tuyauteries primaires venant des pompes primaires ;
- une seconde structure mécano-soudée appelé platelage sur lequel le sommier vient en appui.

Les RNR sont répartis suivant deux configurations différentes, caractérisant le mode du circuit primaire :

- les RNR intégrés pour lesquels les pompes primaires et les échangeurs sont entièrement contenus à l'intérieur de la cuve principale renfermant le cœur et sont plongés dans le fluide de refroidissement de ladite cuve principale à travers la dalle de fermeture de cette cuve ;
- les RNR dits « à boucles » pour lesquels les pompes primaires et les échangeurs de chaleur intermédiaires sont placés dans des cuves dédiées à l'extérieur de la cuve principale du réacteur qui ne contient plus que le cœur et la structure interne, la cuve principale et la cuve composant étant reliées par des tuyauteries primaires.

La présente invention concerne uniquement les RNR intégrés.

Dans les RNR intégrés, les pompes primaires comportent un corps de forme globalement cylindrique disposé verticalement et supporté à sa partie supérieure par la dalle du réacteur fermant la cuve. Le corps de la pompe est en communication, à sa partie inférieure, avec une capacité de refoulement qui est généralement de forme sphérique. Cette capacité sphérique est reliée à deux tuyauteries de refoulement qui débouchent à leur extrémité opposée à l'extrémité reliée à la capacité sphérique, dans le sommier supportant le cœur du réacteur. Le métal liquide qui est aspiré par la pompe au niveau d'ouïes traversant l'enveloppe de son corps vertical est refoulé dans la capacité sphérique puis réparti dans les tuyauteries de refoulement pour être réinjecté sous les assemblages du cœur. Les tuyauteries latérales de

refoulement sont soudées dans la virole externe du sommier : elles sont relativement longues, de l'ordre de 4m dans le cas du projet « EFR » (European Fast Reactor), généralement coudées et reliées à la capacité sphérique par le biais de piquages soudés de part et d'autre du plan radial des sphères. La sphère de refoulement est par ailleurs reliée physiquement au
5 platelage qui doit reprendre les poussées hydrodynamiques appliquées à la sphère et venant du sodium de la pompe (de l'ordre de 150 Tonnes).

Ce type de liaison pompe-sommier présente quelques inconvénients.

Ainsi, la liaison pompe-sommier est une liaison relativement souple et
10 fortement sollicitée lors de régimes transitoires, notamment lorsque le sodium du collecteur froid (typiquement à 400°C) devient chaud (bouffée chaude à 500°C entraînant une stratification due au repli de débit). Un tel régime thermique particulier génère des déplacements différentiels entre les trois structures (Sphère, sommier et platelage) qui sollicitent fortement les
15 tuyauteries de refoulement. Une tuyauterie de plusieurs mètres peut entraîner des déplacements différentiels de plusieurs dizaines de millimètres.

Ces sollicitations à caractères cycliques (environ 200 prévus sur 60 ans) touchent plus particulièrement les zones de piquage tuyauterie/sphère et tuyauterie/sommier qui comportent généralement des soudures au niveau
20 de ces liaisons.

Cette disposition constructive est donc susceptible d'entraîner une rupture de la liaison pompe-sommier.

En cas de défaut de mode commun, une rupture de deux liaisons pompe-sommier pourrait entraîner une sous-alimentation du cœur et un
25 risque d'accident.

Dans ce contexte, la présente invention vise à fournir un réacteur nucléaire à neutrons rapides de type intégré permettant de réduire considérablement les risques de rupture de la liaison pompe-sommier.

A cette fin, l'invention propose un réacteur nucléaire à neutrons rapides de type intégré comportant une cuve principale renfermant :
30

- un cœur composé d'assemblages combustibles aptes à être refroidis par un fluide caloporteur,
- un élément de support dudit cœur appelé sommier,

- un élément de support dudit sommier appelé platelage,
- une pompe pour la mise en circulation dudit fluide caloporteur comportant :
 - o un corps vertical,
 - 5 o une capacité de refoulement communiquant avec la partie inférieure dudit corps vertical,

ledit réacteur étant **caractérisé en ce que** ladite capacité de refoulement est en communication avec la paroi latérale externe dudit platelage par l'intermédiaire d'une manchette de forme sensiblement cylindrique solidaire dudit platelage et de ladite capacité de refoulement de sorte que ledit fluide caloporteur circule de ladite capacité de refoulement vers l'intérieur dudit platelage, ledit réacteur comportant des moyens pour alimenter ledit sommier en liquide caloporteur provenant de l'intérieur dudit platelage. .

Grâce à l'invention, on supprime les tuyauteries de liaison entre le sommier et la sphère de refoulement : le platelage fait ici office de boîtier d'alimentation du sommier en sodium froid. La disposition constructive selon l'invention permet d'acheminer le sodium froid issu des pompes jusqu'au sommier en passant par le platelage. On peut ainsi utiliser une manchette courte (présentant typiquement une longueur de l'ordre de 500 mm pour un réacteur de 1500 MWe et de préférence égale à 440 mm), solidaire de la sphère et du platelage de sorte que les déplacements différentiels soient extrêmement réduits.

En outre, la manchette peut être une manchette usinée à partir d'une ébauche forgée monobloc de sorte qu'elle ne présente pas de soudure dans les zones de transition avec la sphère et avec le platelage qui sont le siège de concentrations de contraintes. En d'autres termes, on peut éloigner les soudures permettant la liaison platelage-manchette et la liaison manchette-sphère des zones habituellement fortement sollicitées.

Par ailleurs, selon l'invention, le sommier n'a plus de piquages latéraux et radiaux sur ses cotés, permettant de fait une simplification de sa structure et améliorant sa stabilité dimensionnelle. Cette stabilité dimensionnelle est favorisée notamment par la réduction de son diamètre due à l'alimentation du sommier en sodium par le dessous évitant ainsi un collec-

teur périphérique d'alimentation nécessaire dans les solutions de l'art antérieur pour minimiser la perte de charge et les risques vibratoires dus à l'impact du jet de sodium sur les chandelles.

De plus, la disposition selon l'invention permet d'avoir le choix de ne pas souder la partie inférieure ou redan de la cuve interne (délimitant une zone de la cuve principale, appelée collecteur chaud, recevant le sodium chaud sortant du cœur et une zone, appelée collecteur froid, recevant le sodium refroidi) sur le sommier comme c'est le cas sur le réacteur EFR. Ce choix n'était pas envisageable dans les dispositions de l'art antérieur sauf à utiliser des soufflets de traversée étanches déformables dans la cuve interne (cas du réacteur Superphénix), l'utilisation de ces soufflets compliquerait la disposition constructive de la zone et nécessiterait des réalisations de soufflets par des procédés nécessitant un lourd travail de R&D pour être acceptable au sens du code de construction. Dans un réacteur selon l'invention, la partie inférieure de la cuve interne peut être soudée directement au platelage sans soufflet.

On libère ainsi le sommier de toutes contraintes fonctionnelles autres que sa fonction propre d'alimentation du cœur.

Le réacteur nucléaire selon l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- ladite manchette est une pièce forgée monobloc usinée ;
- ladite manchette est soudée à ladite paroi latérale dudit platelage et à ladite capacité de refoulement, ladite manchette comportant une partie centrale et deux extrémités de part et d'autre de ladite partie centrale en saillie vers l'extérieur et soudées respectivement sur une ouverture de ladite paroi latérale externe dudit platelage et sur une ouverture de ladite capacité de refoulement ;
- lesdites deux extrémités sont usinées pour présenter la forme respective de ladite paroi latérale externe dudit platelage et de ladite capacité de refoulement de sorte qu'elles s'intègrent respectivement dans la continuité de ladite paroi latérale externe et de ladite capacité de refoulement ;

- ledit platelage comporte un collecteur annulaire étanche apte à recevoir ledit fluide caloporteur ;
- ledit collecteur annulaire est formé par une pluralité de viroles concentriques ;
- 5 - lesdits moyens pour alimenter ledit sommier en liquide caloporteur sont équirépartis autour dudit collecteur annulaire ;
- ledit platelage comporte une plaque supérieure et ledit sommier comporte une plaque inférieure, lesdites plaques supérieure et inférieure étant munies d'orifices en vis-à-vis, lesdits moyens pour alimenter ledit sommier en liquide caloporteur étant formés par des
10 manchettes, chacune desdites manchettes étant soudée auxdites plaques inférieure et supérieure via lesdits orifices ;
- chacune desdites manchettes comporte une partie centrale de passage du fluide caloporteur de forme sensiblement cylindrique d'axe vertical formée par une virole supérieure et une virole inférieure soudées ;
15
- chacune desdites manchettes comporte :
 - o une partie basse formant sensiblement une moitié de tore ;
 - o une partie externe formée par une virole de diamètre supérieure au diamètre de ladite partie centrale de la manchette et
20 concentrique avec celle-ci, ladite partie basse assurant la continuité entre ladite partie centrale et ladite partie externe ;
- l'extrémité supérieure de ladite partie externe est soudée à ladite plaque supérieure dudit platelage et l'extrémité supérieure de ladite
25 partie centrale est soudée à ladite plaque inférieure dudit sommier ;
- ladite manchette est formée par deux pièces soudées entre elles :
 - o une première pièce comportant :
 - ladite partie basse formant sensiblement une moitié de
30 tore ;
 - ladite partie externe ;
 - la partie inférieure de ladite partie centrale de passage du fluide caloporteur ;

- une deuxième pièce comportant la partie supérieure de ladite partie centrale de passage du fluide caloporteur ;
- lesdites première et deuxième pièces sont soudées bout à bout ;
- ledit platelage comporte une plaque supérieure et ledit sommier comporte une plaque inférieure, lesdites plaques supérieure et inférieure étant munies d'orifices en vis-à-vis, lesdits moyens pour alimenter ledit sommier en liquide caloporteur étant formés par des systèmes à labyrinthes, chacun desdits systèmes comportant:
 - une partie femelle de forme sensiblement cylindrique d'axe vertical fixée au dit platelage et engagée à l'intérieur d'un desdits orifices de ladite plaque supérieure ;
 - une partie male de forme sensiblement cylindrique d'axe vertical engagée dans la partie femelle de sorte que l'interface entre la paroi interne de ladite partie femelle et la paroi externe de ladite partie male forme une interface à labyrinthes ;
- un jeu vertical est prévu de sorte que ladite partie male est apte à coulisser verticalement dans la partie femelle ;
- ladite partie male comporte une extrémité supérieure posée sur ledit sommier par l'intermédiaire d'une pièce support, l'interface entre ladite pièce support et ladite extrémité supérieure étant du type liaison rotule et formant une interface à labyrinthes ;
- le réacteur selon l'invention comporte une cuve interne délimitant une zone de la cuve principale recevant du liquide chaud sortant du cœur et une zone recevant du liquide refroidi, ladite cuve interne comportant une partie inférieure directement fixée au dit platelage ;
- ladite capacité de refoulement est soudée en partie basse au dit platelage via des raidisseurs intégrés au dit platelage.

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

- la figure 1 représente une vue simplifiée en coupe par un plan vertical de la partie inférieure de la cuve principale d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides de type intégré selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue agrandie de la manchette de liaison entre la sphère de refoulement et le platelage telle que représentée en figure 1;
- la figure 3 illustre un premier mode de réalisation des moyens pour
5 alimenter le sommier en sodium provenant du platelage dans un réacteur selon l'invention ;
- la figure 4 représente les deux pièces formant les moyens d'alimentation tels qu'illustrés en figure 3.
- la figure 5 illustre un second mode de réalisation des moyens pour
10 alimenter le sommier en sodium provenant du platelage dans un réacteur selon l'invention.

la figure 1 représente une vue simplifiée en coupe par un plan vertical de la partie inférieure d'une cuve principale 1 d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides de type intégré selon l'invention

- 15 La cuve principale 1 présente une paroi latérale 2 de forme cylindrique d'axe de symétrie X et un fond bombé 3.

La cuve principale 1 comporte :

- un cœur 4 refroidi par un fluide caloporteur à métal liquide tel que du sodium;
- 20 - un sommier 5 comportant une plaque inférieure 43;
- un platelage 6;
- une pompe primaire 7 (seule la partie inférieure est représentée);
- une cuve interne 60 (seule la partie inférieure est représentée) ;
- une virole d'appui 16.

- 25 Le sommier 4 est une structure mécanosoudée comportant des chandelles 8.

Le cœur 2 est formé par des assemblages combustibles 9 dont la partie inférieure ou pied est engagée dans les chandelles 8 du sommier 4.

- 30 Le platelage 6 est une structure mécanosoudée qui comporte notamment:

- une pluralité de viroles concentriques dont :
 - o une paroi latérale externe 11 formée par une virole ;
 - o une seconde virole 12 intérieure à la paroi latérale externe 11;

- une troisième virole 13 intérieure à la seconde virole 12;
- un plateau supérieure 10, appelée semelle supérieure;
- un plateau inférieure 14, appelée semelle inférieure ;
- des voiles radiaux 15 formant des entretoises de rigidification de la structure du platelage pour limiter la flèche de ce dernier et de fixation des semelles inférieure et supérieure 10 et 14;

Le platelage 6 repose sur le fond 3 de la cuve 1 par l'intermédiaire de la virole d'appui 16 (sur laquelle le platelage 6 est soudé) venant en contact avec une partie renforcée 17 du fond 3.

- 10 Le sommier 5 est en appui sur le platelage 6 par l'intermédiaire de l'extrémité de la virole externe du sommier 5 qui repose sur la semelle supérieure 10.

Le platelage 6 comporte en outre un récupérateur 20 suspendu à la virole externe 11. Ce récupérateur 20 est destiné à recevoir les débris du cœur en fusion à la suite d'un accident grave ayant provoqué une élévation
15 suffisante de la température.

La partie centrale sphérique du fond 3 de cuve présente un trou d'axe X dans lequel on vient rapporter et souder une pièce forgée 21, dite pièce de réception du pivot 22. Cette pièce 21 usinée comporte un alésage cylindrique.
20

Le platelage 6 comporte en sa partie centrale basse, un pivot 22 réalisé sous forme d'une virole cylindrique qui vient se loger dans l'alésage 21. La semelle inférieure 14 est usinée en son centre et le pivot 22 est soudé sur la semelle inférieure 14 via une collerette renforcée 23. Le pivot 22
25 forme un pivot de positionnement du platelage 6 et de reprise des efforts en séisme. On notera qu'il existe un jeu de quelques millimètres (typiquement entre 1 et 20 mm) entre le fond de la pièce de réception 21 et l'extrémité inférieure du pivot central 22 lorsque le platelage 6 repose sur la virole d'appui 16 de sorte que le pivot 22 reste légèrement au-dessus du fond de la pièce
30 de réception 21. En cas d'effondrement du platelage 6, l'extrémité inférieure du pivot 22 viendrait donc en appui sur le fond de la pièce de réception 21. Cette disposition constructive procure donc un appui de secours de la partie centrale.

La pompe 7 comporte un corps vertical 18 de forme globalement cylindrique, placé à l'intérieur d'une cheminée 19, renfermant les éléments actifs de la pompe 7 et comportant des ouïes non représentées d'aspiration du sodium liquide dans la cheminée 19. Dans le type de réacteur à neutrons rapides dont la construction est prévue dans l'avenir, la cuve 1 renferme trois pompes 7 identiques placées dans une zone annulaire à la périphérie de la cuve 1.

La partie supérieure du corps 18 de la pompe 7 non représentée sur la figure 1 traverse la dalle horizontale du réacteur fermant la cuve 1 et se trouve fixée à cette dalle qui assure la suspension de la pompe.

La partie inférieure ou redan de la cuve interne 60 est soudée directement sur le platelage 6 : la cuve interne permet de délimiter une zone 24, dite collecteur froid, dans laquelle se rassemble le sodium liquide refroidi après passage dans des échangeurs de chaleur intermédiaires non représentés plongeant dans la cuve et assurant le réchauffement de sodium liquide secondaire en utilisant la chaleur prélevée par le sodium liquide primaire dans le cœur 4 du réacteur. On notera que, dans un réacteur selon l'invention, le redan de la cuve interne 60 peut être soudé directement au platelage 6 sans utiliser de soufflet (dispositif de traversée étanche déformable placé dans la cuve interne).

La cheminée 19 de la pompe 7 qui communique avec le collecteur froid 24 est également remplie de sodium liquide refroidi dont la pompe 7 assure la réinjection dans le cœur 4 selon une disposition constructive que nous allons décrire dans ce qui suit.

La pompe 7 comporte une capacité sphérique 25 de refoulement, ou sphère de refoulement, dans laquelle débouche la partie inférieure du corps 18 de la pompe 7.

Le platelage 6 comporte deux voiles ou raidisseurs 26 (un seul est représenté sur la figure 1) parallèles (typiquement espacés d'environ 1000mm) situés au droit des sphères et disposés sensiblement radialement par rapport aux viroles du platelage 6. La sphère 25 est soudée en partie basse au platelage 6 via les deux voiles 26. La sphère 25 est donc totalement solidaire du platelage 6.

Le platelage 6 comporte par ailleurs une manchette 27 (d'un diamètre typiquement de l'ordre de 1200mm) de raccordement du platelage 6 avec la sphère 25. Cette manchette 27 est représentée en vue agrandie sur la figure 2.

5 La manchette 27 est une manchette courte (i.e. présentant une longueur dans le plan de coupe de l'ordre de 500 mm, de préférence égale à 440mm) : elle comporte une partie centrale cylindrique 28 et deux extrémités 29 et 30 de part et d'autre de la partie centrale en saillie vers l'extérieur du cylindre. Le fait d'utiliser une courte manchette 27 avec la sphère de refoulement 25 totalement solidaire du platelage 6 permet de réduire considérablement les déplacements différentiels. La manchette 27 est obtenue à partir d'une ébauche forgée monobloc axisymétrique usinée. Les extrémités 29 et 30 sont usinées de façon à ce que la manchette 27 soit parfaitement intégrée à la virole latérale externe 11 du platelage via l'extrémité 29 et à la sphère 25 via l'extrémité 30. En d'autres termes, l'extrémité 30 présente une amorce conique ou sphérique qui va venir s'intégrer parfaitement (i.e. sans aspérité visible après soudage) dans la sphère 25 dans laquelle une ouverture est prévue à cet effet. L'extrémité 30 est soudée à la sphère 25. De même, l'extrémité 29 présente une amorce en « selle de cheval » qui va venir s'intégrer parfaitement dans la virole latérale externe 11 du platelage 6 dans laquelle une ouverture est prévue à cet effet. Les soudures respectives des extrémités 29 et 30 à la virole 11 et à la sphère 25 sont situées hors de la zone de transition siège de concentrations de contraintes, les parties les plus sollicitées se situant au niveau des zones 31 et 32 situées exactement entre la partie centrale 28 et les extrémités 29 et 30. Dans les systèmes selon l'art antérieur, les tuyauteries de refoulement piquées sur les sphères et sur le sommier présentaient une soudure directement située dans les zones de contraintes les plus élevées. Chacune des trois sphères disposées dans la cuve aura donc une manchette d'alimentation du platelage (i.e. trois manchettes dans le platelage). L'absence de soudures et la réduction sensibles des déplacements différentiels entraîne une diminution considérable des sollicitations cycliques dans les zones de forte discontinuités et donc du risque de rupture de la liaison.

La zone annulaire 33 formée par les trois viroles concentriques 11, 12 et 13 et fermée sur le dessus par la semelle supérieure 10 et par le dessous par la semelle inférieure 14, constitue un caisson ou collecteur étanche et dimensionné pour supporter, en plus des chargements mécaniques usuels (poids, poussées hydrodynamiques des pompes, efforts dus aux séismes), une pression de l'ordre de 5-6 bars correspondant au sodium sous pression provenant de la pompe 7. La virole intermédiaire 12 est munie d'une ouverture 34. Ce caisson 33 reçoit les trois manchettes provenant des trois sphères de refoulement et va permettre l'alimentation du sommier : le sodium liquide est refoulé par la pompe 7 vers le collecteur 33 par l'intermédiaire de la sphère 25 puis est transféré au sommier 5 via des moyens 35 pour alimenter le sommier 5 en sodium provenant de l'intérieur du collecteur 33 : nous allons détailler ces moyens 35 dans ce qui suit.

La figure 3 représente une vue agrandie des moyens 35 pour alimenter le sommier en sodium provenant du platelage.

La semelle supérieure 10 du platelage et la plaque inférieure 43 du sommier sont munies d'orifices en vis-à-vis aptes à recevoir les moyens 35.

Les moyens 35 sont formés par une manchette souple 35 comportant une virole centrale 36 (ayant un diamètre de l'ordre de 500mm) de passage du fluide caloporteur (représenté par une flèche), de forme sensiblement cylindrique, formée par une virole supérieure 37 et une virole inférieure 38 soudées, par exemple par un procédé de soudage orbital.

La manchette 35 comporte en outre:

- une partie basse 39 formant sensiblement une moitié de tore ;
- une partie externe 40 formée par une virole de diamètre supérieure à la virole centrale 36 et concentrique avec celle-ci, la partie basse torique 39 assurant la continuité entre la virole centrale 36 et la partie externe 40.

Pratiquement, comme le montre la figure 4 illustrant la réalisation de la manchette 35 avant soudage, la manchette comporte deux pièces :

- une première pièce 41 comportant :
 - o la partie basse torique 39;
 - o la virole externe 40;
 - o la virole inférieure 38 ;

- une deuxième pièce 42 comportant la virole supérieure 37.

On accoste ces deux pièces 41 et 42 qui sont ensuite soudées bout à bout par soudage orbital.

L'extrémité supérieure de la virole externe 40 est soudée via une contre-bride 44 sur la semelle supérieure 10 du platelage dans l'orifice prévu à cet effet.

L'extrémité supérieure de la virole supérieure 37 est soudée via une contre-bride 45 sur la plaque inférieure 43 du sommier dans l'orifice prévu à cet effet.

L'utilisation d'une structure en « doigt de gant » formée par la partie basse torique 39 et la virole externe 40 confère à la manchette 35 une certaine souplesse permettant de s'accommoder des déplacements différentiels entre le sommier 5 et le platelage 6 (typiquement de l'ordre de quelques mm en cas de régimes transitoires sévères).

En référence à la figure 1, la manchette 35 est située entre la seconde virole 12 et la troisième virole 13 du platelage 6.

Le réacteur selon l'invention comporte, à titre d'exemple, 18 manchettes souples équiréparties autour de la zone annulaire située entre la seconde virole 12 et la troisième virole 13 du platelage.

Le mode de réalisation des moyens 35 décrit ci-dessus implique une soudure réalisée sur site des pièces 41 et 42 qui pourrait nécessiter une inspection en service.

La figure 5 illustre un second mode de réalisation de moyens 35' pour alimenter le sommier en sodium provenant du platelage dans un réacteur selon l'invention et permettant de s'affranchir d'une soudure site (avec un gain éventuel en temps lors d'une campagne d'inspection en service).

De même que pour les moyens 35 représentés en figure 1 et 3, les moyens 35' sont situés entre la seconde virole et la troisième virole du platelage.

La semelle supérieure 10 du platelage et la plaque inférieure 43 du sommier sont munies d'orifices en vis-à-vis aptes à recevoir les moyens 35'.

Ces moyens 35' pour alimenter le sommier en liquide caloporteur sont formés par un système à labyrinthes comportant:

- une partie femelle 46 de forme sensiblement cylindrique engagée à l'intérieur de l'orifice prévu à cet effet dans la semelle supérieure 10 (cette partie femelle 46 comporte une collerette 48 boulonnée sur la semelle supérieure 10);

5 - une partie male 47 de forme sensiblement cylindrique engagée dans la partie femelle 46.

Un jeu vertical est prévu de sorte que la partie male 47 puisse coulisser verticalement dans la partie femelle 46 : il peut en effet y avoir des déplacements (de très faible amplitude) entre le sommier et le platelage et ce jeu permet à la partie male 47 de suivre ces déplacements.

L'interface 49 entre la paroi interne de la partie femelle 46 et la paroi externe de la partie male 47 forme une interface à labyrinthes, c'est-à-dire une succession de chambres et d'étranglement permettant de diminuer la pression du sodium circulant dans cette interface. On conçoit dès lors que la totalité du sodium liquide ne va pas passer du collecteur au sommier, la présence de ce labyrinthe entraînant des micro-fuites de sodium : ces micro-fuites peuvent être avantageusement utilisées pour compléter le circuit de refroidissement de la cuve principale.

Une contre-bride 50 est boulonnée sur la semelle supérieure 43 du sommier. Une pièce support 51 est en appui sur cette contre-bride 50.

La partie male 47 comporte une extrémité supérieure 53 posée sur la pièce support 51, l'interface 54 entre la pièce support 51 et l'extrémité supérieure 53 étant du type liaison rotule ; cette interface 54 forme également une interface à labyrinthes assurant des micro-fuites de sodium.

25 Lors de certains chocs chauds, il peut se produire des déformations du type « mise en banane » soit du sommier soit du platelage ; la liaison rotule permet de suivre ces déformations.

L'extrémité supérieure 53 est simplement posée sur la pièce support 51, l'effet de fond étant toujours favorable au plaquage de la pièce male 47. Pour plus de sécurité, en particulier en cas de séisme, l'extrémité supérieure 53 est toutefois maintenue par un dispositif anti-envol 52, pour éviter les risques de déboîtement des pièces 51 et 53.

On notera que l'interface entre la pièce support 51 et la contre-bride 50 forme également une interface à labyrinthes.

De façon connue, les labyrinthes peuvent être obtenus par usinage.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit.

On notera que les dimensions données dans la description sont fournies à titre indicatif pour un réacteur d'une puissance de 1500 MWe et sont évidemment susceptibles de varier en fonction de la puissance du réacteur.

Par ailleurs, la capacité de refoulement peut avoir une forme différente de celle d'une sphère.

REVENDICATIONS

1. Réacteur nucléaire à neutrons rapides de type intégré comportant une cuve principale (1) renfermant :

- un cœur (4) composé d'assemblages combustibles (9) aptes à être refroidi par un fluide caloporteur,
- un élément de support dudit cœur (4) appelé sommier (5),
- un élément de support dudit sommier (5) appelé platelage (6),
- une pompe (7) pour la mise en circulation dudit fluide caloporteur comportant :

- o un corps vertical (18),
- o une capacité de refoulement (25) communiquant avec la partie inférieure dudit corps vertical (18),

ledit réacteur étant **caractérisé en ce que** ladite capacité de refoulement (25) est en communication avec la paroi latérale externe (11) dudit platelage (6) par l'intermédiaire d'une manchette (27) de forme sensiblement cylindrique solidaire dudit platelage (6) et de ladite capacité de refoulement (25) de sorte que ledit fluide caloporteur circule de ladite capacité de refoulement (25) vers l'intérieur dudit platelage (6), ledit réacteur comportant des moyens (35) pour alimenter ledit sommier (5) en liquide caloporteur provenant de l'intérieur dudit platelage (6).

2. Réacteur nucléaire selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite manchette (27) est une pièce forgée monobloc usinée.

3. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que ladite manchette (27) est soudée à ladite paroi latérale dudit platelage (11) et à ladite capacité de refoulement (25), ladite manchette (27) comportant une partie centrale (28) et deux extrémités (29, 30) de part et d'autre de ladite partie centrale (28) en saillie vers l'extérieur et soudées respectivement sur une ouverture de ladite paroi latérale externe (11) dudit platelage (6) et sur une ouverture de ladite capacité de refoulement (25).

4. Réacteur nucléaire selon la revendication précédente caractérisé en ce que lesdites deux extrémités (29, 30) sont usinées pour présenter la forme respective de ladite paroi latérale externe (11) dudit platelage (6) et de

ladite capacité de refoulement (25) de sorte qu'elles s'intègrent respectivement dans la continuité de ladite paroi latérale externe (11) et de ladite capacité de refoulement (25).

5 5. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit platelage (6) comporte un collecteur annulaire (33) étanche apte à recevoir ledit fluide caloporteur.

6. Réacteur nucléaire selon la revendication précédente caractérisé en ce que ledit collecteur annulaire (33) est formé par une pluralité de viroles concentriques (11, 12, 13).

10 7. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications 5 ou 6 caractérisé en ce que lesdits moyens (35, 35') pour alimenter ledit sommier (5) en liquide caloporteur sont équirépartis autour dudit collecteur annulaire (33).

8. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit platelage (6) comporte une plaque supérieure (10) et ledit sommier (5) comporte une plaque inférieure (43), lesdites plaques supérieure et inférieure (10, 43) étant munies d'orifices en vis-à-vis, lesdits moyens (35) pour alimenter ledit sommier (5) en liquide caloporteur étant formés par des manchettes (35), chacune desdites manchettes étant soudée auxdites plaques inférieure et supérieure (10, 43) via lesdits orifices.

20 9. Réacteur nucléaire selon la revendication précédente caractérisé en ce que chacune desdites manchettes (35) comporte une partie centrale (36) de passage du fluide caloporteur de forme sensiblement cylindrique d'axe vertical formée par une virole supérieure (37) et une virole inférieure (38) soudées.

25 10. Réacteur nucléaire selon la revendication précédente caractérisé en ce que chacune desdites manchettes (35) comporte :

- une partie basse (39) formant sensiblement une moitié de tore ;
 - une partie externe (40) formée par une virole de diamètre supérieure au diamètre de ladite partie centrale (36) de la manchette (35) et concentrique avec celle-ci, ladite partie basse (39) assurant la continuité entre
- 30 ladite partie centrale (36) et ladite partie externe (40).

11. Réacteur nucléaire selon la revendication précédente caractérisé en ce que l'extrémité supérieure de ladite partie externe (40) est soudée à

ladite plaque supérieure (10) dudit platelage et l'extrémité supérieure de ladite partie centrale (36) est soudée à ladite plaque inférieure (43) dudit sommier.

12. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications 10 ou 11 caractérisé en ce que ladite manchette (35) est formée par deux pièces soudées entre elles :

- une première pièce (41) comportant :
 - o ladite partie basse (39) formant sensiblement une moitié de tore ;
 - o ladite partie externe (40);
 - o la partie inférieure (38) de ladite partie centrale (36) de passage du fluide caloporteur ;
- une deuxième pièce (42) comportant la partie supérieure (37) de ladite partie centrale (36) de passage du fluide caloporteur.

13. Réacteur nucléaire selon la revendication précédente caractérisé en ce que lesdites première (41) et deuxième pièces (42) sont soudées bout à bout.

14. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que ledit platelage comporte une plaque supérieure (10) et ledit sommier comporte une plaque inférieure (43), lesdites plaques supérieure et inférieure étant munies d'orifices en vis-à-vis, lesdits moyens (35') pour alimenter ledit sommier en liquide caloporteur étant formés par des systèmes à labyrinthes, chacun desdits systèmes comportant:

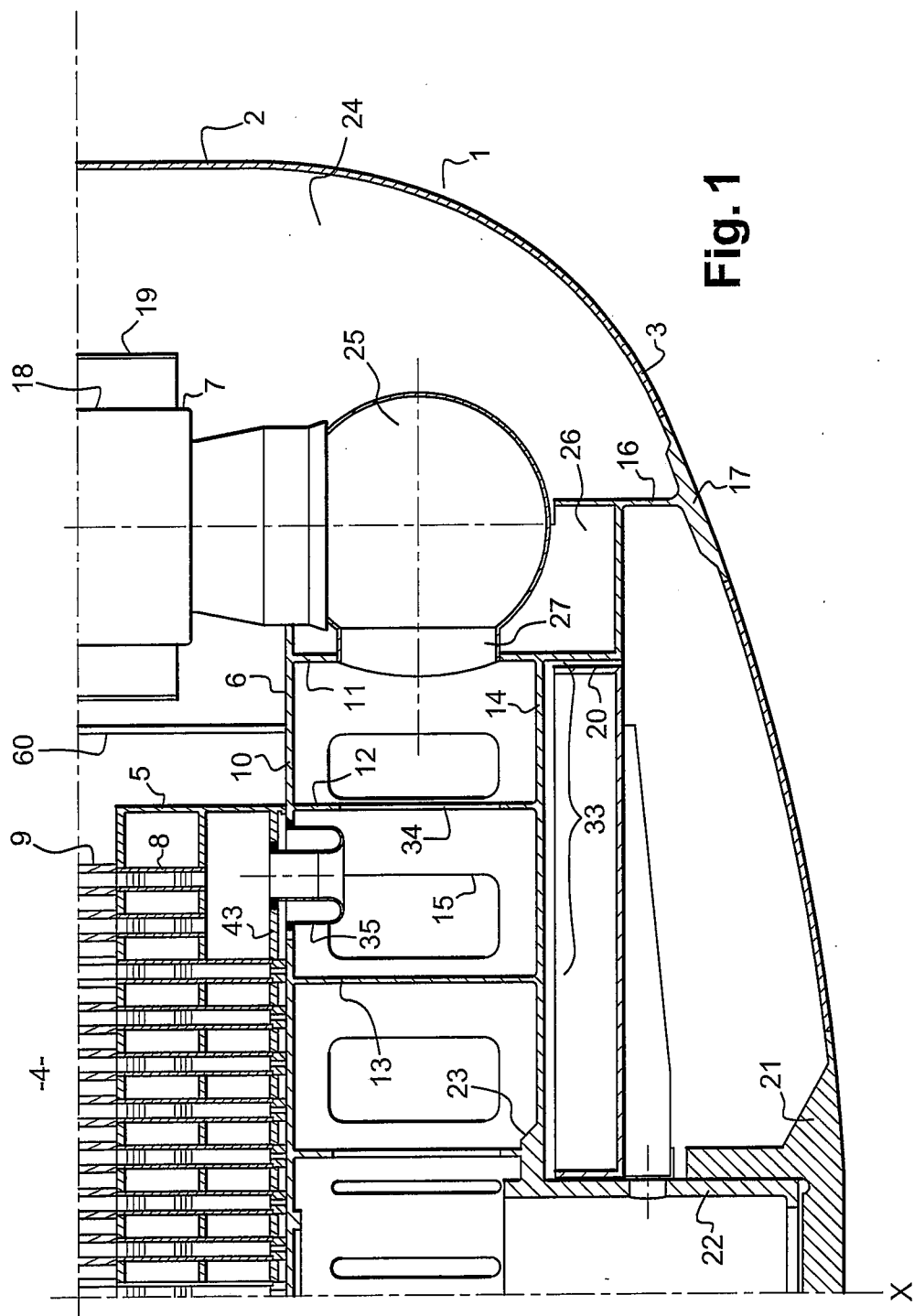
- une partie femelle (46) de forme sensiblement cylindrique d'axe vertical fixée au dit platelage et engagée à l'intérieur d'un desdits orifices de ladite plaque supérieure (10);
- une partie male (47) de forme sensiblement cylindrique d'axe vertical engagée dans ladite partie femelle (46) de sorte que l'interface (49) entre la paroi interne de ladite partie femelle et la paroi externe de ladite partie male forme une interface à labyrinthes.

15. Réacteur nucléaire selon la revendication précédente caractérisé en ce qu'un jeu vertical est prévu de sorte que ladite partie male (47) est apte à coulisser verticalement dans la partie femelle (46).

16. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications 14 ou 15 caractérisé en ce que ladite partie male (47) comporte une extrémité supérieure (53) posée sur ledit sommier par l'intermédiaire d'une pièce support (51), l'interface (54) entre ladite pièce support et ladite extrémité supérieure étant
5 du type liaison rotule et formant une interface à labyrinthes.

17. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte une cuve interne (60) délimitant une zone de la cuve principale recevant du liquide chaud sortant du cœur et une zone recevant du liquide refroidi, ladite cuve interne (60) comportant une partie
10 inférieure directement fixée au dit platelage (6).

18. Réacteur nucléaire selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que ladite capacité de refoulement (25) est soudée en partie basse au dit platelage via des raidisseurs (26) intégrés au dit platelage.



2 / 3

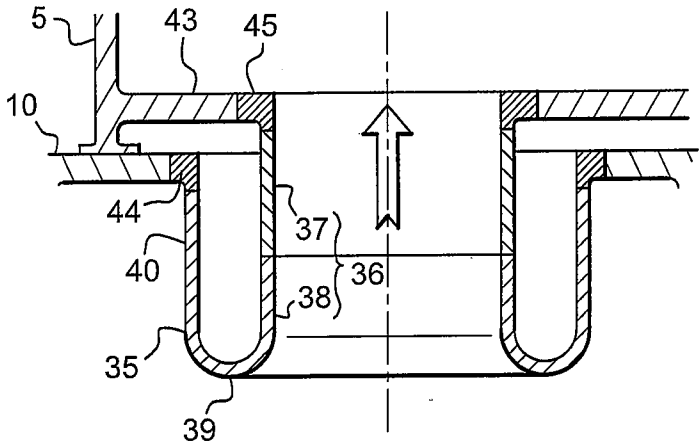


Fig. 3

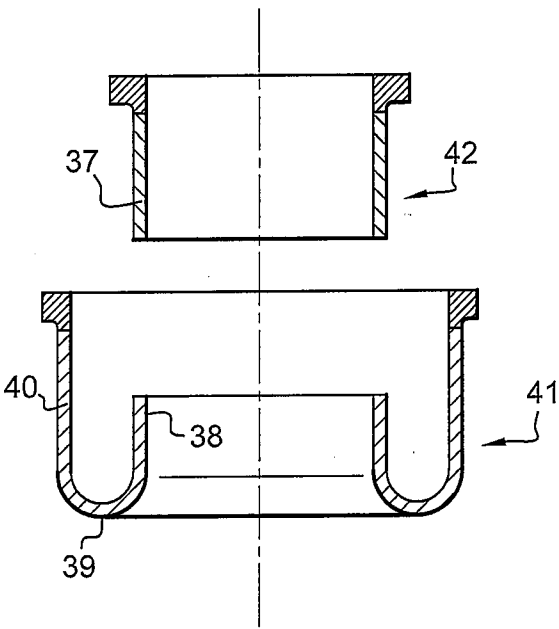


Fig. 4

3 / 3

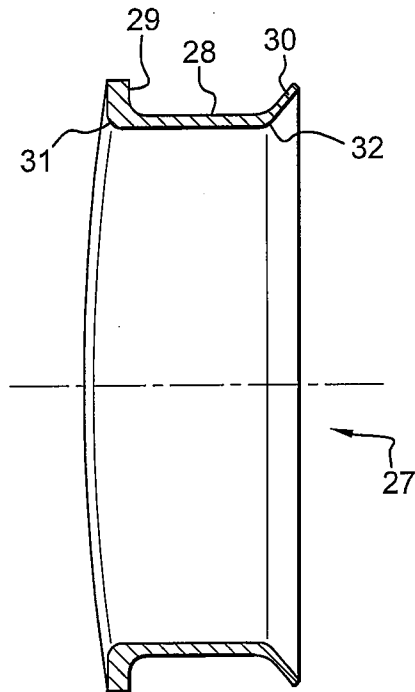


Fig. 2

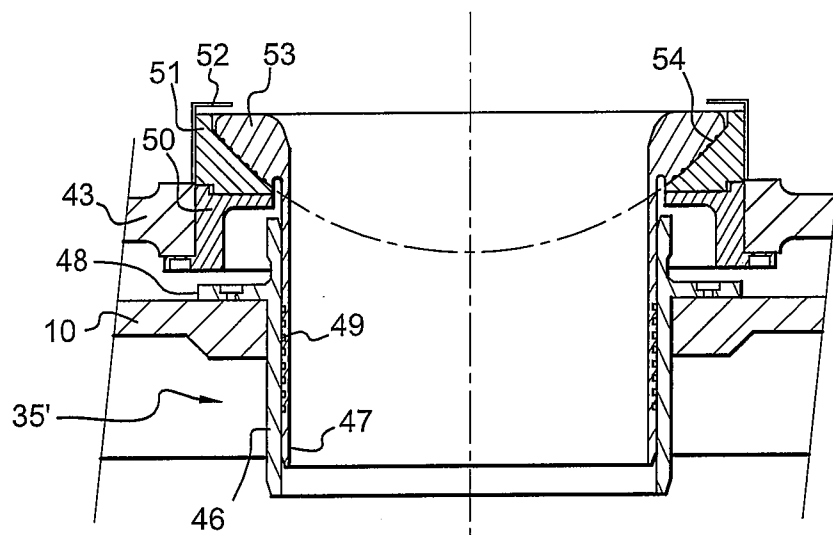


Fig. 5