

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 82 05645

⑮ Réacteur nucléaire à neutrons rapides.

⑯ Classification internationale (Int. Cl.³). G 21 C 15/24.

⑰ Date de dépôt..... 1^{er} avril 1982.

⑱ ⑲ ⑳ Priorité revendiquée :

㉑ Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 40 du 7-10-1983.

㉒ Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, établissement de caractère scientifique, technique et industriel. — FR.

㉓ Invention de : Joël Guidez, Pierre Le Coz et Charley Renaux.

㉔ Titulaire : *Idem* ㉒

㉕ Mandataire : Brevatome,
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention se rapporte à un réacteur nucléaire à neutrons rapides du type comprenant une cuve principale remplie de métal liquide et obturée à sa partie supérieure par une dalle de fermeture, le coeur du réacteur fixé à la cuve par l'intermédiaire d'un sommier d'alimentation et/ou d'une structure de supportage, au moins un échangeur de chaleur entre le métal liquide et un fluide secondaire, et au moins une pompe suspendue à la dalle et plongeant dans le métal liquide sortant de l'échangeur pour le réinjecter dans le sommier d'alimentation par au moins une conduite de refoulement.

Les réacteurs nucléaires à neutrons rapides de ce type sont dits intégrés, car l'ensemble du circuit primaire du réacteur se trouve confiné à l'intérieur de la cuve principale. Dans ce type de réacteur, les pompes et les échangeurs sont suspendus à la dalle et disposés verticalement dans la cuve. De plus, ils sont généralement répartis alternativement autour de l'axe commun de la cuve principale et du coeur du réacteur. Le métal liquide chaud (généralement du sodium) sortant du coeur du réacteur pénètre dans les échangeurs pour y transférer une partie de sa chaleur au fluide secondaire (généralement du sodium liquide). Le métal liquide refroidi sortant des échangeurs est alors repris par les pompes de circulation qui le renvoient dans le sommier d'alimentation et de supportage du coeur.

En variante, les échangeurs et les pompes peuvent être associés pour former un certain nombre de composants uniques pompe/échangeur régulièrement répartis autour de l'axe commun de la cuve et du coeur.

Dans tous les cas, les pompes comprennent à leur partie inférieure un diffuseur définissant un ori-

fice de refoulement qui communique avec le sommier par une ou plusieurs conduites de refoulement.

Les pompes ou les ensembles pompe/échangeur doivent pouvoir être démontés lorsqu'une intervention est nécessaire sur ces composants, alors que le sommier supportant le coeur est solidaire de la cuve. Il est donc nécessaire de prévoir une liaison démontable entre ces composants et le sommier. Au niveau de cette liaison, et compte tenu des contraintes thermiques et mécaniques auxquelles sont soumis les différents organes du réacteur selon les régimes de fonctionnement de celui-ci, il peut exister à certains régimes un décalage entre les pièces à raccorder.

Pour compenser ce décalage, il a été proposé dans le brevet français n° 75 03748 au nom du Commissariat à l'Energie Atomique de suspendre les pompes primaires à la dalle de fermeture au moyen d'un dispositif de liaison élastique permettant à l'axe de la pompe de s'incliner légèrement par rapport à la verticale et de relier le diffuseur de chaque pompe à la conduite de refoulement correspondante par un système rotulant.

Toutefois, si ce système permet bien de résoudre le problème posé, il présente l'inconvénient de rendre sensiblement plus complexe la suspension de la pompe par la dalle. Il en résulte notamment que les opérations de montage et de démontage des pompes sont plus délicates à effectuer. De plus, la liaison élastique entre la pompe et la dalle de fermeture rend particulièrement délicate l'obtention d'une bonne étanchéité entre ces deux éléments. Enfin, il est à noter que l'anneau élastique assurant la suspension de la pompe dans ce dispositif connu présente une fiabilité relativement limitée, compte tenu des contraintes de fatigue auxquelles il est soumis.

La présente invention a précisément pour objet un réacteur nucléaire à neutrons rapides de type

intégré permettant de résoudre le problème de la liaison entre la pompe amovible et le sommier fixe tout en ne présentant pas les inconvénients des dispositifs connus de la technique antérieure.

5 A cet effet, le réacteur nucléaire à neutrons rapides du type défini précédemment est caractérisé en ce que la conduite de refoulement comporte une manchette sensiblement verticale suspendue à la partie inférieure de la pompe par une liaison à cardan et dont
10 l'extrémité inférieure coulisse librement par rapport à une partie de la conduite fixée sur le sommier, des moyens d'étanchéité étant prévus, d'une part, entre la manchette et la pompe et, d'autre part, entre la manchette et l'autre partie de la conduite.

15 Grâce à cette configuration, la pompe peut être suspendue à la dalle de fermeture par les moyens classiques dont l'efficacité et la fiabilité sont bien connues. De plus, le décalage entre la pompe et la partie de la conduite de refoulement fixée au sommier est
20 compensé grâce à la manchette reliée à la pompe par une liaison à cardan et coulissant librement par rapport à la partie fixe de la conduite. Il faut noter en outre que la liaison à cardan permet de démonter la manchette en même temps que la pompe et d'assurer un centrage
25 correct de la manchette par rapport à la partie fixe de la conduite de refoulement, lorsque cet ensemble est remis en place.

 Conformément à un mode de réalisation préféré de l'invention, la pompe comprend à sa partie inférieure
30 un diffuseur définissant un orifice de refoulement qui communique avec la manchette, et la partie de la conduite fixée sur le sommier comprend une sphère de refoulement définissant à son extrémité supérieure un orifice d'entrée qui communique avec la manchette.

35 De préférence, la liaison à cardan comprend une couronne de cardan articulée par un premier axe sur

l'extrémité inférieure du diffuseur de la pompe et par un deuxième axe orthogonal au premier sur l'extrémité supérieure de la manchette.

5 Selon une première variante de réalisation, la couronne de cardan est alors disposée à l'extérieur du diffuseur et reliée à celui-ci par deux pions alignés définissant le premier axe, la manchette comprenant une partie disposée à l'extérieur de la couronne de cardan et reliée à celle-ci par deux pions alignés
10 définissant le deuxième axe, et une partie disposée à l'intérieur du diffuseur, les moyens d'étanchéité correspondants étant placés entre cette dernière partie et le diffuseur.

15 Selon une autre variante de réalisation, la couronne de cardan est disposée à l'intérieur du diffuseur et reliée à celui-ci par deux pions alignés définissant le premier axe, la manchette comprenant une partie disposée à l'intérieur de la couronne de cardan et reliée à celle-ci par deux pions alignés définissant
20 le deuxième axe, et une partie disposée à l'extérieur du diffuseur, les moyens d'étanchéité correspondants étant placés entre cette dernière partie et le diffuseur.

On décrira maintenant, à titre d'exemple non
25 limitatif, un mode de réalisation préféré de l'invention en se référant aux dessins annexés dans lesquels :
- la figure 1 est une vue schématique, en coupe axiale d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides dans lequel la liaison entre la pompe et le sommier est réalisée au moyen d'une liaison à cardan conformément à
30 l'invention,
- la figure 2 est une vue en coupe partielle, à plus grande échelle, de la manchette reliant l'orifice d'entrée de la sphère de refoulement au diffuseur de
35 la pompe, dans le réacteur de la figure 1, et

- la figure 3 représente respectivement sur sa partie gauche et sur sa partie droite deux autres variantes de réalisation de la liaison à cardan par laquelle la manchette est suspendue au diffuseur de la pompe.

5 Sur la figure 1, la référence 10 désigne le coeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides comportant une partie centrale active 12 entourée par une couverture fertile latérale 14. Le coeur 10 repose sur un sommier d'alimentation rigide 16, lui-même supporté
10 par une structure de supportage ou platelage 18 fixé à son tour en 20 à la cuve principale 22 dans laquelle est disposé le coeur 10.

La cuve principale 22, de forme cylindrique à axe vertical, contient un certain volume de métal liquide 24, tel que du sodium, dans lequel est immergé le
15 coeur, ce métal liquide permettant d'extraire de la partie active 12 du coeur la chaleur dégagée par la réaction de fission du combustible nucléaire. Le sodium liquide 24 est surmonté d'une atmosphère 26 de gaz neutre de couverture tel que de l'argon.

20 La cuve principale 22 est entourée extérieurement par une cuve de sécurité 28 coaxiale à la cuve 22, les deux cuves 22 et 28 étant suspendues par leurs extrémités supérieures sous une dalle de fermeture 30 à
25 paroi épaisse en béton. La dalle 30 est horizontale et repose par son rebord périphérique sur un épaulement circulaire prévu dans un caisson 32, également en béton, formant enceinte de protection. Ce caisson 32 délimite avec la dalle de fermeture 30 une cavité 34 à
30 l'intérieur de laquelle sont disposées les cuves 22 et 28.

La dalle de fermeture 30 comporte, au-dessus du coeur 10, un orifice central 36 dans lequel est monté un système de bouchons tournants 38 autorisant l'accès
35 au coeur du réacteur pour la manutention du combus-

tible nucléaire. La dalle 30 comporte de plus des ouvertures périphériques 40 par lesquelles sont suspendus alternativement des échangeurs de chaleur 42 et des pompes de circulation 44 régulièrement répartis autour du coeur du réacteur.

5 Le sodium 24 contenu dans la cuve 22 du réacteur est séparé en une zone relativement chaude 24a située au-dessus du coeur du réacteur et une zone annulaire relativement froide 24b par une cuve interne 46
10 doublée, dans le mode de réalisation représenté, par un baffle 48 délimitant une zone intermédiaire 24c dont le sodium, quasi statique, joue le rôle d'écran thermique.

Les échangeurs 42 comportent des fenêtres d'entrée 50 situées dans la zone relativement chaude
15 24a et des fenêtres de sortie 52 situées dans la zone relativement froide 24b. Le sodium relativement chaud de la zone 24a est refroidi par échange de chaleur avec le fluide secondaire dans les échangeurs 42 avant de ressortir dans la zone 24b par les fenêtres 52. Le sodium
20 relativement froid de cette zone 24b est ensuite aspiré par les pompes 44 à travers des fenêtres d'admission 54 disposées à l'intérieur d'une jupe d'aspiration 45. Les pompes 44 réinjectent alors le sodium dans le sommier 16 par des conduites de refoulement 56.

25 Conformément à l'invention, ces conduites de refoulement comprennent une manchette verticale 58 reliée à l'extrémité inférieure de la pompe 44 par une liaison à cardan 60, une sphère de refoulement 62 placée à l'extrémité inférieure de la manchette 58 et des
30 conduites 64 reliant la sphère 62 au sommier 16. La sphère 62 et les conduites 64 permettent d'assurer une alimentation en sodium plus homogène dans le sommier.

De façon plus précise, les conduites 64 ainsi que la sphère 62 sont reliées fixement au sommier 16 et
35 au platelage 18, alors que la manchette 58 est reliée

par la liaison à cardan 60 à la pompe amovible 44. Comme le montre plus précisément la figure 2, entre l'extrémité inférieure de la manchette 58 et l'orifice d'entrée 72 formé à la partie supérieure de la sphère 62 est prévue une liaison coulissante permettant le dé-
5 montage de l'ensemble pompe 44-manchette 58.

Conformément à l'invention, l'ensemble constitué par la manchette 58, la liaison à cardan 60 et la liaison coulissante 66 permet de compenser un éventuel
10 décalage entre l'orifice de refoulement 68 formé à l'extrémité inférieure de la pompe 44 et l'orifice d'entrée 72 de la sphère de refoulement 62.

On voit en particulier sur la figure 2 que l'orifice de refoulement 68 formé à l'extrémité infé-
15 rieur du diffuseur 70 de la pompe 44 est normalement disposé au-dessus de l'orifice d'entrée 72 de la sphère de refoulement 62 et que ces deux orifices 68 et 72 sont circulaires et définissent deux axes verticaux ap-
proximativement alignés mais qui peuvent être décalés
20 l'un par rapport à l'autre pour les raisons mentionnées précédemment.

Les orifices 68 et 72 communiquent par la manchette 58 dont la surface interne 74 est disposée respectivement dans le prolongement de chacun de ces
25 orifices.

A son extrémité inférieure et au-delà de l'orifice de refoulement 68, le diffuseur 70 comporte une couronne de plus grand diamètre 76 dans laquelle vient se loger une bride 78 formée à l'extrémité supé-
30 rieur de la manchette 58. Cette bride 78 porte des moyens d'étanchéité à contact libre tels que des segments 80 venant engager la surface interne de la couronne 76. La couronne 76 du diffuseur est entourée par une couronne de cardan 82 montée pivotante sur la cou-
35 ronne 76 autour d'un axe horizontal XX' perpendiculaire au plan de la figure 2. Cet axe XX' est matérialisé par

deux pions alignés 84 portés par la couronne 76 et pénétrant dans des trous circulaires 86 formés dans la couronne de cardan 82.

5 La liaison à cardan 60 entre le manchon 58 et le diffuseur 70 est complétée par deux pattes 88 du manchon 58, par lesquelles ce dernier est relié de façon pivotante à la couronne de cardan 82 autour d'un axe horizontal YY' perpendiculaire à l'axe XX' et disposé dans le même plan horizontal que ce dernier. Comme
10 l'axe XX', l'axe YY' est matérialisé par deux pions alignés 90 portés par les pattes 88 et pénétrant dans des trous circulaires 92 formés dans la couronne de cardan 82.

15 Bien entendu, les pattes 88 par lesquelles la manchette 58 est articulée sur la couronne 82 pourraient être remplacées par une couronne tronconique sans sortir du cadre de l'invention.

On comprend que la liaison à cardan 60 ainsi réalisée autorise une inclinaison de l'axe de la manchette 58 par rapport à l'axe vertical de l'orifice de refoulement 68 du diffuseur. Un éventuel décalage entre les axes verticaux des orifices 68 et 72 se trouve ainsi automatiquement compensé.

25 Pour tenir compte d'une éventuelle inclinaison de l'axe de la manchette 58 par rapport à la verticale autorisée conformément à l'invention par la liaison à cardan 60, on a vu que l'extrémité inférieure de cette manchette est reliée par une liaison coulissante 66 à l'extrémité supérieure de la sphère de refoulement 62.
30

De façon plus précise, on voit toujours en se référant à la figure 2 que la sphère de refoulement 62 se prolonge à sa partie supérieure, au-dessus de l'orifice d'entrée 72, par une couronne de plus grand diamètre 94, elle-même prolongée par une bride 96 sur la
35

qu'elle est fixée une pièce 98 dans laquelle est reçue de façon coulissante l'extrémité inférieure de la manchette 58. La bride 96 porte elle-même à sa périphérie externe une virole 100 s'étendant pratiquement sur toute la hauteur comprise entre l'extrémité supérieure de la pièce 98 et l'orifice 72.

La pièce 98 est recouverte ou constituée d'un matériau résistant à l'usure due à son frottement contre la manchette 58 et évitant tout grippage entre ces deux pièces. Elle comprend une bride 102 par laquelle elle est fixée sur la bride 96 par exemple au moyen de boulons 104, une couronne inférieure 106 dont la face externe coopère de façon étanche avec la face interne de la couronne 94 par des joints d'étanchéité 108, et une partie supérieure tubulaire 110 dont l'extrémité supérieure est évasée pour une raison qui apparaîtra par la suite.

L'extrémité inférieure 112 de la manchette 58 comporte des moyens d'étanchéité par contact libre tels que des segments 114 qui coopèrent avec la surface interne de la couronne 106. La manchette 58 porte également, au niveau de l'extrémité inférieure de la partie tubulaire 110, un renflement annulaire 116 reçu dans une partie évidée 118 de la partie 110, de façon à autoriser un certain débattement angulaire au niveau de la liaison coulissante 66. En combinaison avec la partie tubulaire 110 dont l'extrémité supérieure est évasée, le renflement 116 assure le centrage de l'extrémité inférieure de la manchette 58 par rapport à l'orifice d'entrée 72 de la sphère de refoulement lors du montage de l'ensemble constitué par la pompe et par la manchette 58 qu'elle supporte.

Bien entendu, on comprend que les segments 80 et 114 assurant l'étanchéité par contact libre, d'une part, entre la manchette 58 et le diffuseur 70 et,

d'autre part, entre la manchette et la sphère de refoulement 62 peuvent être remplacés par tout moyen d'étanchéité équivalent tel que des couronnes à labyrinthe ou des bourrelets annulaires. Il est à noter que ce type
5 d'étanchéité n'entrave ni le débattement autour des axes XX' et YY' de la liaison à cardan 60, ni le coulissement de la manchette 58 par rapport à la sphère de refoulement 62.

On a représenté sur la figure 3 une variante
10 de réalisation de la liaison à cardan 60 entre le diffuseur 70 et la manchette 58. Cette variante se distingue essentiellement de celle qui a été décrite précédemment en se référant à la figure 2 par le fait que la couronne de cardan 82 n'est plus disposée à l'extérieur
15 de la couronne 76 du diffuseur, mais à l'intérieur de celle-ci.

On voit sur la figure 3 que dans ce cas, la manchette 58 est accrochée directement par son extrémité supérieure à la couronne 82 au moyen de deux pions alignés tels que le pion 90' sur la partie droite de la
20 figure 3. Ces pions 90' peuvent être portés par un renflement formé à l'extrémité supérieure de la manchette 58 et reçus dans des trous circulaires 92' formés dans la couronne à cardan 82, pour définir l'axe de pivotement
25 YY' .

Par ailleurs, cette couronne est toujours articulée sur la couronne 76 du diffuseur 70 autour d'un axe horizontal XX' perpendiculaire à l'axe YY' défini par les pions 90'. Ce second axe est matérialisé par
30 deux pions alignés tels que le pion 84' représenté sur la partie gauche de la figure 3, ces pions pouvant par exemple être solidaires de la couronne 82 et pénétrer dans des trous 86' formés dans la couronne 76.

Dans la variante de réalisation de la figure
35 3, l'étanchéité par contact libre ne peut plus être

réalisée entre l'extrémité supérieure de la manchette 58 et la couronne 76 du diffuseur. Cette étanchéité est donc obtenue à l'extérieur de la couronne 76 du diffuseur, à l'aide de moyens d'étanchéité par contact libre tel que des segments 80' disposés entre la surface externe de la couronne 76 et la surface interne d'une virole tronconique 88' solidaire de la manchette 58.

5 Sur la partie droite de la figure 3, on a représenté le cas où les segments 80' sont portés par la couronne 76 du diffuseur et viennent en contact avec la surface interne de la virole 88', alors qu'au contraire, sur la partie gauche de la figure 3, on a représenté le cas où les segments 80' sont portés par cette virole 88' et viennent en contact avec la surface externe de la couronne 76 du diffuseur.

10 De préférence, on prévoit dans la variante de réalisation de la figure 3 de réaliser des trous d'écoulement 120 de faible section de passage dans la manchette 58 à proximité de sa liaison avec la virole 88'. La section des trous 120 est suffisante pour permettre l'écoulement du sodium liquide contenu entre la virole 88' et la manchette 58 lorsque l'ensemble constitué par la pompe et par la manchette doit être sorti de la cuve. A cet effet, on peut alors maintenir cet ensemble immobile pendant un certain temps, de telle sorte que cet espace soit placé légèrement au-dessus du niveau libre de sodium contenu dans la cuve, afin de laisser au sodium contenu dans cet espace le temps de s'échapper.

25 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit à titre d'exemple mais en couvre toutes les variantes. Ainsi, on comprendra notamment que la liaison à cardan entre le diffuseur et la manchette pourrait être obtenue par tout autre moyen connu différent des variantes de réa-

30

35

lisation décrites précédemment. De façon comparable, la sphère de refoulement 62 et les conduites 64 associées à une même pompe pourraient être remplacées par une seule conduite reliant la manchette selon l'invention au sommier d'alimentation du coeur, cette conduite présentant alors un orifice d'entrée d'axe vertical comparable à l'orifice 72 de la sphère.

REVENDEICATIONS

1. Réacteur nucléaire à neutrons rapides, comprenant une cuve principale (22) remplie de métal liquide (24) et obturée à sa partie supérieure par une dalle de fermeture (30), le coeur (10) du réacteur fixé à la cuve par l'intermédiaire d'un sommier d'alimentation (16) et/ou d'une structure de supportage (18), au moins un échangeur de chaleur (42) entre le métal liquide et un fluide secondaire, et au moins une pompe (44) suspendue à la dalle et plongeant dans le métal liquide sortant de l'échangeur pour le réinjecter dans le sommier d'alimentation par au moins une conduite de refoulement (56), caractérisé en ce que la conduite de refoulement comporte une manchette (58) sensiblement verticale suspendue à la partie inférieure de la pompe (44) par une liaison à cardan (60) et dont l'extrémité inférieure coulisse librement par rapport à une partie (62, 64) de la conduite fixée sur le sommier, des moyens d'étanchéité (80, 114) étant prévus, d'une part, entre la manchette et la pompe et d'autre part, entre la manchette et la partie de la conduite fixée sur le sommier.

2. Réacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pompe (44) comprend à sa partie inférieure un diffuseur (70) définissant un orifice de refoulement (68) qui communique avec la manchette (58), et en ce que la partie de la conduite fixée sur le sommier comprend une sphère de refoulement (62) définissant à son extrémité supérieure un orifice d'entrée (72) qui communique avec la manchette.

3. Réacteur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la liaison à cardan (60) comprend une couronne de cardan (82) arti-

culée par un premier axe (XX') sur l'extrémité inférieure du diffuseur de la pompe et par un deuxième axe (YY') orthogonal au premier sur l'extrémité supérieure de la manchette.

5 4. Réacteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la couronne de cardan (82) est disposée à l'extérieur du diffuseur (70) et reliée à celui-ci par deux pions alignés (84) définissant le premier
10 axe (XX'), la manchette (58) comprenant une partie (88) disposée à l'extérieur de la couronne de cardan et reliée à celle-ci par deux pions alignés (90) définissant le deuxième axe (YY'), et une partie (78) disposée à l'intérieur du diffuseur, les moyens d'étanchéité (80) correspondants étant placés entre cette dernière partie
15 et le diffuseur.

 5. Réacteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la couronne de cardan (82) est disposée à l'intérieur du diffuseur (70) et reliée à celui-ci par deux pions alignés (84') définissant le premier
20 axe (XX'), la manchette (58) comprenant une partie disposée à l'intérieur de la couronne de cardan et reliée à celle-ci par deux pions alignés (90') définissant le deuxième axe (YY'), et une partie (88') disposée à l'extérieur du diffuseur, les moyens d'étanchéité (80')
25 correspondants étant placés entre cette dernière partie et le diffuseur.

FIG. 1





