



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 065 922  
A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 82400929.4

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: F 04 D 29/10

(22) Date de dépôt: 19.05.82

(30) Priorité: 21.05.81 FR 8110128

(71) Demandeur: Framatome  
Tour Fiat 1 place de la Coupole  
F-92400 Courbevoie(FR)

(43) Date de publication de la demande:  
01.12.82 Bulletin 82/48

(72) Inventeur: Bonhomme, Nicolaas  
104 rue Saint-Jean  
F-95300 Pontoise(FR)

(84) Etats contractants désignés:  
BE CH DE FR GB IT LI

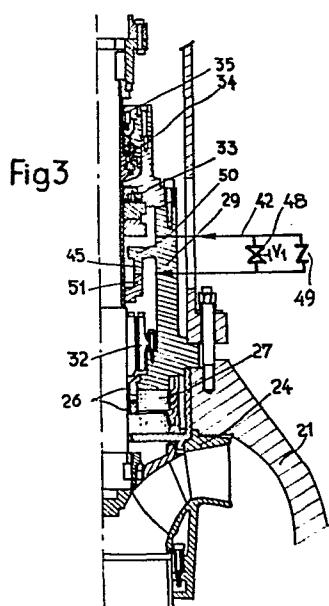
(74) Mandataire: Bouget, Lucien et al,  
CREUSOT-LOIRE 15 rue Pasquier  
F-75383 Paris Cedex 08(FR)

(54) Dispositif d'étanchéité de l'arbre d'entraînement d'une pompe pour fluide à haute pression.

(57) L'invention concerne un dispositif d'étanchéité de l'arbre d'entraînement (27) d'une pompe pour fluide à haute pression.

Il comporte un ensemble de joints (33, 34, 35) dont l'un au moins (33) est un joint hydrostatique. Entre le joint (33) et l'espace intérieur de la volute (21) est disposé un joint auxiliaire (45) du type mécanique. Le joint (45) sépare deux chambres et . Les deux chambres et peuvent être mises en communication ou isolées par une canalisation sur laquelle est disposée une vanne (48).

L'invention s'applique, en particulier, aux pompes primaires d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.



EP 0 065 922 A1

"Dispositif d'étanchéité de l'arbre d'entrainement d'une pompe pour fluide à haute pression"

L'invention concerne un dispositif d'étanchéité de l'arbre d'entrainement d'une pompe pour fluide à haute pression.

Dans les réacteurs nucléaires à eau sous pression, le circuit de refroidissement du cœur du réacteur, ou circuit primaire, comporte au moins deux boucles de refroidissement comportant chacune un générateur de vapeur et une pompe primaire.

Les pompes primaires sont constituées par une volute à l'intérieur de laquelle tourne une roue à aubes fixée rigidement à l'extrémité inférieure d'un arbre d'entrainement relié à un moteur.

10 L'étanchéité le long de l'arbre d'entrainement est assurée par un ensemble de joints disposés dans un espace annulaire compris entre l'arbre et un boîtier qui entoure cet arbre depuis sa sortie de la volute jusqu'au moteur d'entrainement.

15 Le dispositif d'étanchéité de l'arbre d'entrainement des pompes primaires est généralement constitué de trois joints comportant une partie fixe solidaire du boîtier et une partie mobile solidaire de l'arbre.

20 Les surfaces en regard de ces éléments d'étanchéité sont soit en contact frottant, le joint est alors de type mécanique, soit séparées par une couche de fluide en circulation entre les surfaces du joint, le joint est alors du type hydrostatique.

Les joints de type mécanique sont généralement utilisés pour assurer l'étanchéité entre deux zones dont les pressions ne sont pas trop différentes, alors que les joints hydrostatiques peuvent être utilisés dans le cas d'une très grande différence de pression de part et d'autre du joint.

25 Dans le cas des pompes primaires, l'eau mise en circulation par la pompe est à une pression très élevée, de l'ordre de 150 bars. Le joint disposé le plus en amont sur l'arbre d'entrainement, c'est-à-dire le plus près de la partie interne de la pompe, est donc un joint hydrostatique qui permet une chute de pression importante entre sa partie amont et sa partie aval, alors que les joints disposés en aval sont généralement des joints de type mécanique.

30 Un circuit d'alimentation en eau froide sous haute pression permet d'amener dans l'espace annulaire limité par le boîtier, à l'amont du joint hydrostatique, de l'eau dont une partie est refoulée vers la volute de la pompe et dont une autre partie fournit le courant de fuite du joint

hydrostatique. Après être passée par le joint hydrostatique, cette eau sert également au refroidissement des joints mécaniques.

Un joint hydrostatique tel qu'utilisé sur les pompes primaires comme joint amont a par exemple été décrit dans les brevets français 5 1.435.568 et 2.049.690.

Pour qu'un tel joint hydrostatique puisse fonctionner correctement, c'est-à-dire sans que les éléments disposés en vis à vis limitant la fuite viennent en contact, il faut que la chute de pression à travers ce joint hydrostatique, appelée  $\Delta p$ , soit supérieure à une certaine limite.

10 Dans le cas des pompes primaires utilisées actuellement, cette limite de pression est de l'ordre de 14 bars.

Dans le cas du fonctionnement normal du réacteur nucléaire, l'eau de refroidissement du réacteur est à une pression de l'ordre de 150 bars et l'eau froide injectée en amont du joint hydrostatique est à une 15 pression un peu supérieure, si bien que la chute de pression à travers le joint hydrostatique est très élevée et généralement voisine de 150 bars. Le bon fonctionnement du joint hydrostatique est alors assuré.

Il n'en est plus de même lorsque la pression du circuit primaire diminue par exemple dans le cas d'un arrêt du réacteur, puisqu'on est amené à diminuer la pression d'injection de l'eau froide lorsque la pression du circuit primaire diminue. Il faut en effet équilibrer les débits injectés dans la volute et dans le joint et ces débits dépendent de la pression du circuit primaire.

En deçà d'une certaine valeur de la pression dans le circuit primaire la pression d'injection en amont du joint hydrostatique n'est plus suffisante pour assurer un tel  $\Delta P$  supérieur à 14 bars et le joint hydrostatique ne peut plus fonctionner correctement.

Dans le cas des pompes primaires utilisées dans les réacteurs nucléaires à eau sous pression actuellement en service, on considère que la 30 pression minimale du fluide primaire en deçà de laquelle on ne peut plus faire fonctionner le joint hydrostatique est de l'ordre de 26 bars.

Lors de l'arrêt d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, il est nécessaire de laisser en fonctionnement au moins une pompe primaire pour permettre la circulation du fluide primaire et assurer un bon refroidissement.

En fin de refroidissement, on est en présence d'eau à 26 bars et à une température de 70°C. A cette température, on ne peut plus maintenir la pression de 26 bars par utilisation de l'équilibre liquide/vapeur dans

le pressuriseur du réacteur et on est obligé d'utiliser des pompes de charge d'un circuit auxiliaire pour maintenir la pression.

Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif d'étanchéité de l'arbre d'entrainement d'une pompe pour fluide à haute pression comportant suivant la longueur de cet arbre un ensemble de joints dont l'un au moins est du type hydrostatique à fuite de liquide entre deux éléments limitant cette fuite reliés l'un à l'arbre et l'autre à un boîtier entourant l'arbre et ménageant un espace annulaire autour de celui-ci, ce joint disposé le plus en amont, c'est-à-dire vers l'intérieur de la pompe, nécessitant, pour son fonctionnement, une différence de pression suffisante entre la partie de l'espace annulaire qui se trouve à l'amont du joint, formant une chambre en communication avec la partie interne de la pompe et la partie de cet espace annulaire qui se trouve à l'aval du joint, cette chambre étant alimentée en fluide sous une haute pression, par un circuit d'alimentation, le dispositif d'étanchéité devant permettre un maintien en fonctionnement de la pompe, même si la pression du fluide dont on effectue le pompage atteint des valeurs faibles, par exemple inférieures à 26 bars.

Dans ce but, le dispositif d'étanchéité suivant l'invention comporte en outre :

- un joint auxiliaire du type mécanique dont les pièces frottantes en regard sont liées, l'une à l'arbre et l'autre au boîtier, disposé dans la chambre, à l'amont de l'arrivée de fluide sous pression, séparant cette chambre en une partie amont et une partie aval,
- et une canalisation disposée entre la partie amont et la partie aval de la chambre, sur laquelle est placée une vanne permettant d'isoler ou de mettre en communication les deux parties de la chambre.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, une pompe primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression équipée d'un dispositif d'étanchéité suivant l'invention.

La figure 1 représente dans une vue en perspective éclatée, une pompe primaire suivant l'art antérieur.

La figure 2 représente de façon schématique le dispositif d'étanchéité suivant l'invention.

La figure 3 représente dans une demi-vue en coupe par un plan vertical de symétrie, la partie supérieure d'une pompe primaire pour réacteur nucléaire comportant un dispositif d'étanchéité suivant l'invention.

Sur la figure 1 on voit une pompe comportant un corps de pompe ou volute 1 percée d'une ouverture d'aspiration 2 et d'une ouverture de refoulement 3.

A l'intérieur de cette volute est disposé un diffuseur 4 à l'intérieur duquel tourne la roue à aubes 5 solidaire de l'arbre d'entraînement 7 relié au moteur d'entraînement de la pompe non représenté.

La partie supérieure du corps de pompe comporte une bride d'accouplement 8 permettant de relier la pompe à son groupe moteur.

L'arbre 7 est entouré d'un boîtier 9 qui ménage autour de celui-ci un espace annulaire 10.

A sa partie supérieure le boîtier 9 comporte une bride 12 de raccordement au moteur d'entraînement de la pompe.

Dans l'espace annulaire 10 sont disposés des joints 14 permettant d'assurer l'étanchéité le long de l'arbre 7.

L'arbre 7 porte à son extrémité pénétrant dans la volute la roue à aubes 5 et sort de cette volute au niveau d'un joint labyrinthe 16 au niveau duquel est également placée une barrière thermique 17 parcourue par un serpentin de refroidissement. L'arbre 7 passe ensuite dans un palier 15 assurant son maintien et son guidage.

Le joint 14 disposé le plus en amont, c'est-à-dire vers l'intérieur de la pompe, et donc placé le plus près du palier 15, est du type hydrostatique, de l'eau froide sous une pression légèrement supérieure à la pression de l'eau dans la pompe étant injectée par des tubulures d'injection 19, dans l'espace annulaire 10 dans lequel sont placés les joints d'étanchéité.

Sur la figure 2, on voit une représentation schématique du dispositif d'étanchéité associé à une pompe primaire du même type que la pompe représentée à la figure 1.

A l'intérieur de la volute 21 de cette pompe comportant une ouverture d'aspiration 22 et une ouverture de refoulement 23, la roue à aubes 25 solidaire de l'extrémité de l'arbre 27 est mise en rotation par l'intermédiaire de cet arbre. A sa sortie de la volute 21, l'arbre passe dans un ensemble de deux joints à labyrinthe 26 eux-mêmes entourés par la barrière thermique 28 parcourue par un serpentin 29 alimenté en eau de refroidissement.

L'arbre 27 traverse alors l'espace annulaire 30 délimité par un boîtier disposé autour de l'arbre suivant toute sa longueur jusqu'à son raccordement avec le moteur d'entraînement 31.

A l'intérieur de cet espace annulaire sont disposés le palier 32 permettant le guidage de l'arbre et les joints 33, 34 et 35.

Le premier joint 33 disposé en amont est du type hydrostatique à fuite de liquide entre sa partie tournante liée à l'arbre 27 et sa partie fixe liée au boitier.

Les joints 34 et 35 sont du type mécanique comportant deux parties frottantes dont l'une est solidaire de l'arbre et l'autre du boitier.

Un circuit d'alimentation en eau froide sous pression 36 permet d'amener cette eau froide à une pression légèrement supérieure à la pression de l'eau mise en circulation par la pompe, dans l'espace annulaire 30, en amont du joint 33.

La pression de cette eau froide est réglée grâce à une vanne de dérivation 38 et à une pompe de charge 40 placée en dérivation sur la conduite principale du circuit 26. Un manomètre 39 permet de vérifier la pression dans le circuit 36. Des conduites 41, 42 et 43 permettent de recycler l'eau récupérée à l'aval du joint 33 dans le circuit d'alimentation 36.

Le dispositif d'étanchéité suivant l'invention comporte de plus un joint auxiliaire 45 disposé en amont du joint hydrostatique 33 dans la partie de l'espace annulaire 30 constituant une chambre 46 en communication avec la partie interne de la volute 41, par l'intermédiaire des joints labyrinthiques 26.

Le joint auxiliaire 45 est un joint mécanique à surfaces frottantes qui sépare la chambre 46 en deux parties, 46a située à l'amont du joint 45 et 46b situé à l'aval du joint 45 et à l'amont du joint 33.

Une conduite 47 permet de joindre les deux parties 46a et 46b de la chambre 46. Une vanne 48 est disposée sur la canalisation 47 pour isoler ou mettre en communication les deux parties de la chambre 46.

Un clapet 49 est placé en dérivation par rapport à la vanne 48.

En se reportant à la figure 3, on retrouve les mêmes éléments que ceux représentés sur la figure 2 et avec les mêmes repères, la pompe primaire étant du même type que la pompe représentée sur la figure 1.

Sur la figure 3, le circuit 36 n'a cependant pas été représenté pour éviter de compliquer la représentation.

Le joint auxiliaire 45 est constitué d'une partie fixe 50 solidaire du boitier 29 et d'une partie mobile 51 solidaire de l'arbre 27, dont les surfaces disposées en vis à vis sont en contact frottant.

Le joint hydrostatique 33 consiste en une garniture flottante et une garniture tournante séparées par un film d'eau à fuite contrôlée.

L'épaisseur du film d'eau (eau filtrée et injectée en amont du joint 33 dans la chambre 46b par le circuit 36) est régulée par le profil géométrique des parties actives en fonction de la pression dans la chambre 46b. La fuite d'eau de ce joint 33 est évacuée en partie à travers le joint 5 34 et le reste vers le circuit 36 par la conduite 41 (figure 2).

On va maintenant décrire, en se référant aux figures 2 et 3, le fonctionnement du dispositif d'étanchéité suivant l'invention.

Pendant le fonctionnement normal de la pompe, le réacteur nucléaire étant en service, celle-ci provoque la circulation de l'eau du circuit 10 primaire qui est à une pression de l'ordre de 150 bars et à une température supérieure à 300°C. La vanne 48 disposée sur la conduite 47 mettant en communication les deux parties de la chambre 46 est ouverte. De l'eau froide est amenée par le circuit 36 dans la partie 46b de la chambre, à une pression un peu supérieure à la pression du circuit primaire. La mise en communication des deux parties 46a et 46b de la chambre 46 par la conduite 47 15 produit un équilibrage de pression entre ces deux parties de la chambre, si bien que la différence de pression à travers le joint auxiliaire 45 est négligeable. On peut donc prévoir un contact frottant entre les surfaces en regard du joint 45, avec une pression d'application faible si bien que l'usure de ce joint est très limitée. D'autre part, le joint 45 est refroidi 20 par l'eau du circuit 36 et travaille à température modérée.

Le dispositif d'étanchéité fonctionne alors comme les dispositifs de l'art antérieur, la différence de pression à travers le joint hydrostatique 33 étant pratiquement égale à la surpression du circuit primaire.

25 Lors d'un arrêt du réacteur, la pression du circuit primaire peut s'abaisser jusqu'à une valeur faible, par exemple inférieure à 26 bars. Pour maintenir la pompe en état de marche, il suffit alors de fermer la vanne 48 et de régler le débit et la pression de l'eau froide injectée par le circuit 36, en agissant sur la vanne 38 et la pompe 39, de façon à maintenir une 30 pression suffisante dans la chambre 46b délimitée par le joint hydrostatique 33 et par le joint auxiliaire 45. De préférence, on choisira cette pression égale à 26 bars de façon à être juste au-dessus du seuil minimal du  $\Delta p$  permettant le fonctionnement du joint 33.

Dans ces conditions, la différence de pression entre la chambre 35 46b soumise à une pression voisine de 26 bars et la chambre 46a soumise à une pression voisine de celle du circuit primaire est au plus égale à 26 bars, si bien que la chute de pression de part et d'autre du joint 45 est au plus égale à cette valeur.

Ceci est compatible avec un fonctionnement du joint 45 dans de bonnes conditions.

Dans tous les cas, les joints à surfaces frottantes du dispositif d'étanchéité représenté aux figures 2 et 3 fonctionnent dans de bonnes 5 conditions car les chutes de pression de part et d'autre de ces joints sont faibles et la circulation de l'eau venant en contact avec ces joints permet la lubrification des surfaces frottantes. Le joint 45 est refroidi et lubrifié par l'eau injectée par le circuit 36 alors que les joints 34 et 35 sont refroidis et lubrifiés par une partie de l'eau traversant le joint 33. 10 Cette eau permettant le refroidissement et la lubrification est finalement recyclée par les conduites 41, 42 et 43.

Le clapet 49 placé en dérivation par rapport à la vanne 48 est conçu pour rester fermé tant que la pression dans la chambre 46a est inférieure à la pression dans la chambre 46b. Ce clapet ne s'ouvre que dans le 15 cas d'une surpression dans la chambre 46a par rapport à la chambre 46b. Pendant le fonctionnement normal du réacteur, ce clapet reste donc fermé puisque le circuit 36 introduit de l'eau en légère surpression par rapport à l'eau du circuit primaire.

Lors d'un arrêt du réacteur, la pression étant amenée à une valeur 20 faible dans le circuit primaire et la vanne 48 étant fermée, s'il se produit une avarie sur le circuit d'alimentation 36, la pression dans la chambre 46a devient supérieure à la pression dans la chambre 46b qui n'est plus alimentée et le clapet 49 s'ouvre, si bien que l'eau du circuit primaire refroidie par la barrière thermique 28 peut pénétrer dans la chambre 46b 25 et assurer la fonction de refroidissement et de lubrification des joints à surfaces frottantes en remplacement de l'eau froide injectée par le circuit 36.

On voit donc qu'un avantage du dispositif suivant l'invention est de permettre le fonctionnement des pompes primaires d'un réacteur nucléaire 30 à basse pression. Pendant les phases d'arrêt du réacteur il devient possible de continuer à faire circuler l'eau du circuit primaire sans recourir à des moyens auxiliaires pour maintenir sa pression au-dessus de 26 bars.

D'autre part le circuit de refroidissement du réacteur qui permet d'abaisser la température et la pression du circuit primaire au cours 35 des phases de mise en arrêt à froid du réacteur peut être utilisé à des pressions inférieures à 26 bars ce qui n'était pas possible antérieurement puisqu'une circulation de l'eau primaire doit être maintenue pendant les phases de mise à l'arrêt.

Il en résulte que ce circuit de refroidissement pourra être utilisé jusqu'aux phases ultimes de l'arrêt à froid du réacteur.

Mais l'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui vient d'être décrit elle en comporte au contraire toutes les variantes.

5 C'est ainsi qu'au joint hydrostatique disposé en amont du dispositif d'étanchéité peuvent être associés des joints d'un type quelconque et que le nombre de ces joints n'est pas limité.

On peut également imaginer l'utilisation d'un dispositif d'étanchéité suivant l'invention dans le cas d'une pompe pour fluide à haute  
10 pression différente d'une pompe de circulation de l'eau du circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

REVENDICATIONS

1.- Dispositif d'étanchéité de l'arbre d'entrainement (27) d'une pompe pour fluide à haute pression comportant, suivant la longueur de l'arbre (27) un ensemble de joints (33, 34, 35) dont l'un au moins (33) est du type hydrostatique à fuite de liquide entre deux éléments limitant cette fuite reliés l'un à l'arbre (27) et l'autre à un boitier entourant l'arbre (27) et ménageant un espace annulaire (30) autour de celui-ci, ce joint (33) disposé le plus en amont, c'est-à-dire vers l'intérieur de la pompe, nécessitant pour son fonctionnement, une différence de pression suffisante entre la partie de l'espace annulaire (30) qui se trouve en amont du joint (33), formant une chambre (46) en communication avec la partie interne de la pompe et la partie de cet espace annulaire qui se trouve à l'aval du joint (33), cette chambre (46) étant alimentée en fluide sous une haute pression, par un circuit d'alimentation (36) caractérisé par le fait qu'il comporte en outre :

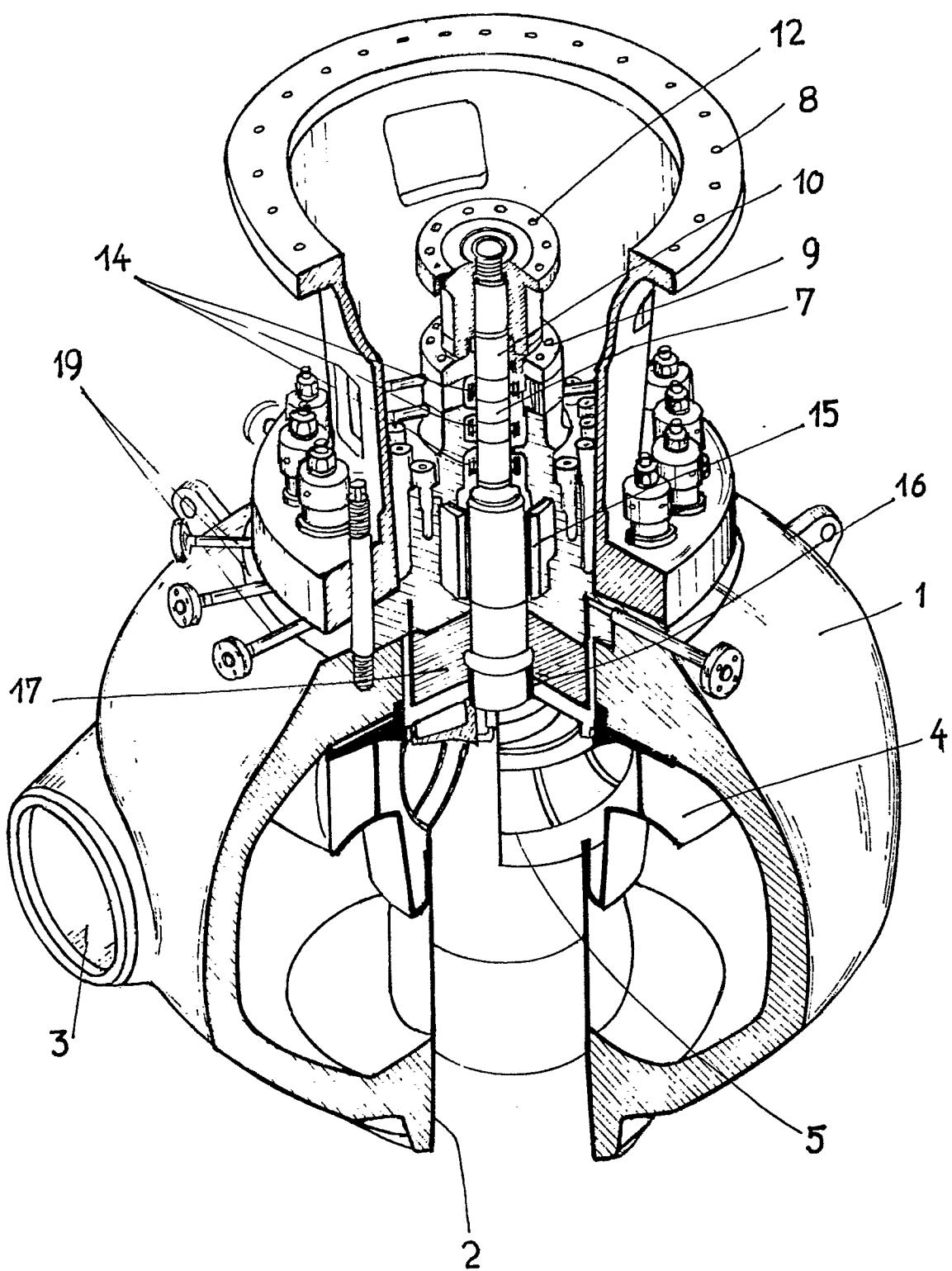
- un joint auxiliaire (45) du type mécanique dont les pièces en regard sont liées l'une à l'arbre (27) et l'autre au boitier, disposé dans la chambre (46), en amont de l'arrivée de fluide sous pression, séparant cette chambre en une partie amont (46a) et une partie aval (46b),
- 20 - et une canalisation (47) disposée entre la partie amont et la partie aval de la chambre, sur laquelle est placée une vanne (48) permettant d'isoler ou de mettre en communication les deux parties (46a et 46b) de la chambre.

2.- Dispositif d'étanchéité suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'un clapet (49) est placé en dérivation par rapport à la vanne (48) permettant l'isolation ou la mise en communication des deux parties (46a et 46b) de la chambre (46), ce clapet (49) étant conçu pour s'ouvrir lorsque la pression dans la partie (46a) de la chambre située en amont est supérieure à la pression dans la partie (46b) de la chambre située en aval du joint auxiliaire (45).

3.- Dispositif d'étanchéité suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans le cas d'une pompe de circulation de l'eau primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, comportant depuis la pompe jusqu'au moteur d'entrainement de celle-ci une barrière thermique (28), un palier (32), un joint hydrostatique (33), un premier joint mécanique à surfaces frottantes (34) et un second joint mécanique à surfaces frottantes (35) caractérisé par le fait qu'il comporte en outre un joint mécanique à surfaces frottantes (45) intercalé entre la barrière thermique (28) et le palier (32) qui constitue le joint auxiliaire.

1/2

Fig 1



2/2

Fig3

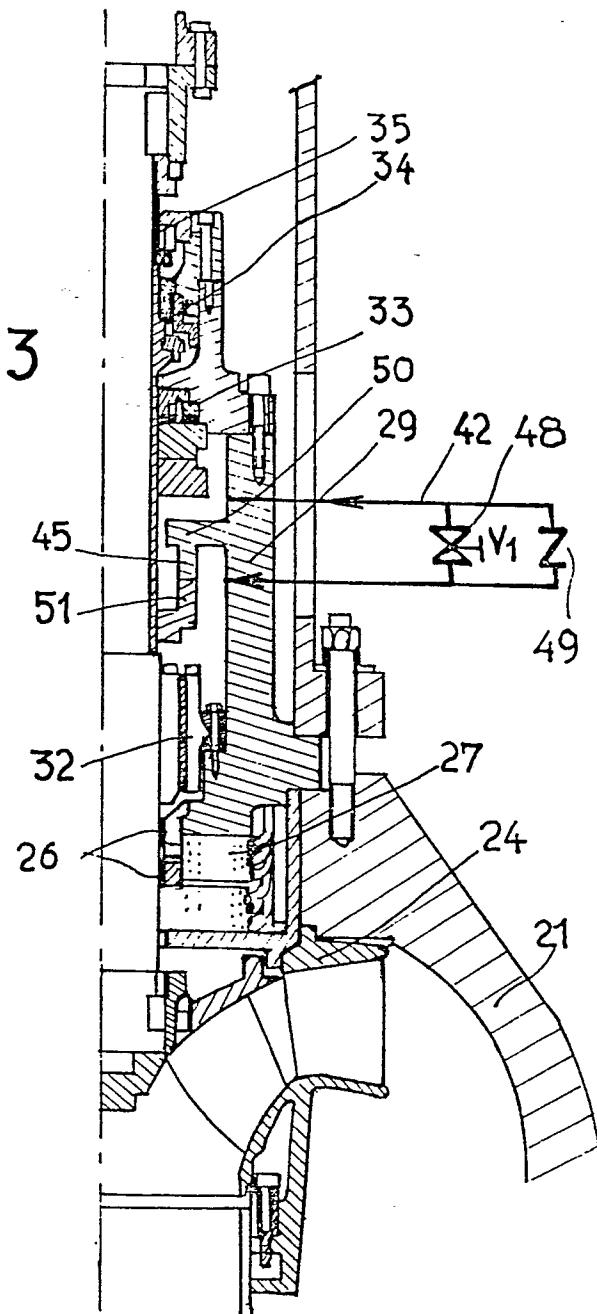
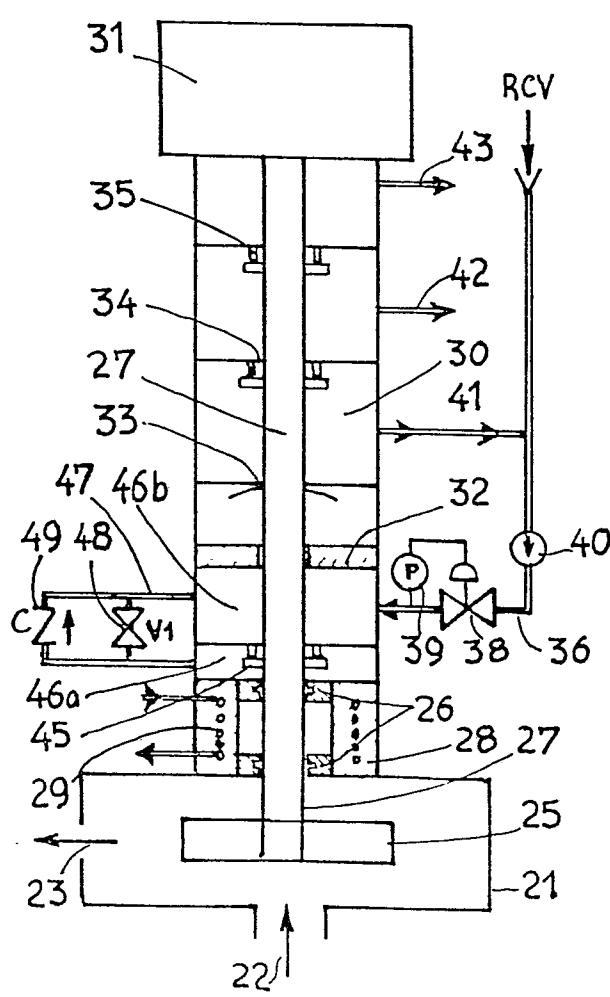


Fig2





## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 82 40 0929

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Categorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernee	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
A	US-A-3 215 083 (SARLES et al.) * colonne 3, lignes 40-42; colonne 4, lignes 35-38; colonne 5, lignes 30-38; colonne 6, lignes 60-63; colonne 8, lignes 1-19, 35-43 *	1	F 04 D 29/10
A	---		
A,D	US-A-3 652 179 (HAGEN)		
A,D	---		
A,D	FR-A-2 049 690 (WESTINGHOUSE)		
A,D	---		
A,D	FR-A-1 435 568 (WESTINGHOUSE)		
	-----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
			F 04 D
Le present rapport de recherche a ete etabli pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>	Date d'achevement de la recherche <b>08-07-1982</b>	Examinateur <b>WOOD R.S.</b>	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : theorie ou principe a la base de l'invention E : document de brevet anterieur, mais publie à la date de dépôt ou après cette date D : cite dans la demande L : cite pour d'autres raisons & membre de la même famille document correspondant	
X : particulierement pertinent à lui seul		T : theorie ou principe a la base de l'invention	
Y : particulierement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet anterieur, mais publie à la date de dépôt ou après cette date	
A : arriere-plan technologique		D : cite dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cite pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& membre de la même famille document correspondant	