(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 155 271***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 12469**

(51) Int Cl[8] : ***F 04 D 13/08*** *(2024.01), F 04 D 29/58*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 14.11.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 16.05.25 Bulletin 25/20.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *FRAMATOME Société par actions simplifiée (SAS)* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** DEPOERS Bertrand.

(73) **Titulaire(s) :** FRAMATOME Société par actions simplifiée (SAS).

(74) **Mandataire(s) :** Lavoix.

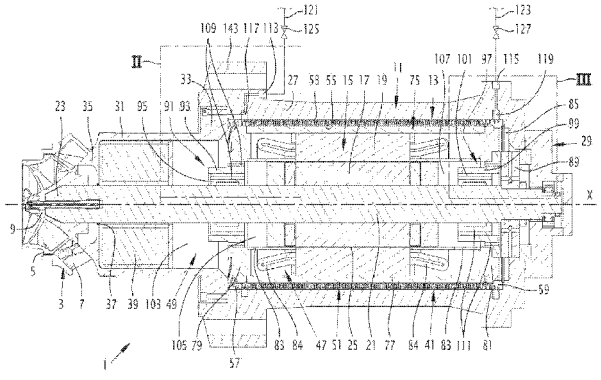
(54) Pompe à moteur noyé et réacteur nucléaire comprenant une telle pompe.

(57) Pompe à moteur noyé et réacteur nucléaire comprenant une telle pompe

La pompe à moteur noyé comprend :

- un bol (3) avec une entrée de fluide (5) et une sortie de fluide (7) ;
- une roue de pompe (9), agencée à l'intérieur du bol (3) ;
- une enveloppe de moteur (11), solidaire du bol (3) et délimitant intérieurement une chambre (13) en communication fluidique avec le bol (3) ;
- un moteur (15) comportant un rotor (17) et un stator (19), agencé à l'intérieur de la chambre (13) ;
- un arbre (21) sur lequel la roue de pompe (9) est fixée, l'arbre (21) étant entraîné en rotation autour d'un axe de rotation par le rotor (17) ;
- un échangeur de chaleur (41) agencé à l'intérieur de la chambre (13), avec un premier côté (43) dans lequel circule le fluide et un second côté (45) dans lequel circule un fluide caloporteur ;
- un circuit de refroidissement du moteur (47) par le fluide, avec un passage de refroidissement (49) le long duquel le fluide circule en contact thermique avec le moteur (15), le premier côté (43) de l'échangeur de chaleur (41) faisant partie du circuit de refroidissement (47) et étant agencé en aval du passage de refroidissement (49).

Figure pour l'abrégé : 1



FR 3 155 271 - A1

Description

Titre de l'invention : Pompe à moteur noyé et réacteur nucléaire comprenant une telle pompe

[0001] L'invention concerne en général les pompes à moteur noyé.

[0002] Un réacteur nucléaire de type SMR (Small Modular Reactor, ou Petit Réacteur Modulaire) peut être équipé d'une pompe primaire à moteur noyé, destinée à faire circuler le fluide primaire dans la cuve du réacteur.

[0003] Quand une telle pompe primaire est agencée en partie basse du réacteur nucléaire, des contraintes spécifiques doivent être respectées quant au débit maximal autorisé en cas de fuite.

[0004] Notamment, pour les conduits de circulation du fluide primaire, il ne doit pas exister dans la pompe de conduits ruptibles de diamètre supérieur à 4 mm.

[0005] Dans une pompe primaire à moteur noyé, la chaleur dégagée par le moteur électrique et les pertes mécaniques dues aux pièces en rotation dans l'eau sont évacuées par circulation du fluide primaire à l'intérieur de l'enveloppe externe dans laquelle le moteur est logé. Ce fluide primaire doit être lui-même refroidi par circulation dans un échangeur de chaleur. Dans l'échangeur de chaleur, le fluide primaire échauffé est mis en contact avec un fluide caloporteur.

[0006] Il est possible dans une telle pompe primaire d'agencer l'échangeur de chaleur autour de l'enveloppe externe. Dans ce cas, le côté de circulation du fluide primaire de l'échangeur de chaleur est raccordé à l'enveloppe externe par des conduits ayant un diamètre intérieur d'environ 20 mm. Ces conduits sont soudés sur l'enveloppe externe de la pompe et sont donc rangés dans la catégorie des éléments ruptibles.

[0007] Un tel agencement ne respecte donc pas les contraintes de sureté à respecter pour des pompes primaires implantées en partie basse du réacteur nucléaire.

[0008] Dans ce contexte, l'invention vise à proposer une pompe ne présentant pas le défaut ci-dessus.

[0009] À cette fin, l'invention porte sur une pompe à moteur noyé pour un fluide, comprenant :

- un bol avec une entrée de fluide et une sortie de fluide ;

[0010] - une roue de pompe, agencée à l'intérieur du bol ;

[0011] - une enveloppe de moteur, solidaire du bol et délimitant intérieurement une chambre en communication fluidique avec le bol ;

[0012] - un moteur comportant un rotor et un stator, agencé à l'intérieur de la chambre ;

- un arbre sur lequel la roue de pompe est fixée, l'arbre étant entraîné en rotation autour d'un axe de rotation par le rotor ;

[0013] - un échangeur de chaleur agencé à l'intérieur de la chambre, avec un premier côté dans lequel circule le fluide et un second côté dans lequel circule un fluide caloporteur ;

- un circuit de refroidissement du moteur par le fluide, avec un passage de refroidissement le long duquel le fluide circule en contact thermique avec le moteur, le premier côté de l'échangeur de chaleur faisant partie du circuit de refroidissement et étant agencé en aval du passage de refroidissement..

[0014] Du fait que l'échangeur de chaleur est agencé à l'intérieur de la chambre délimitée par l'enveloppe de moteur, il n'existe pas de conduit à l'extérieur de l'enveloppe de moteur pour la circulation du fluide entre l'échangeur et ladite chambre. La circulation de fluide pour le refroidissement du moteur se fait entièrement à l'intérieur de l'enveloppe de moteur. Cette enveloppe est un élément non ruptible. Ceci permet donc de répondre à la contrainte sur le débit de fuite maximal.

[0015] La pompe à moteur noyé peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

[0016] - l'enveloppe de moteur comprend une virole placée autour du moteur, l'échangeur de chaleur étant agencé radialement entre le moteur et la virole ;

[0017] - l'échangeur de chaleur comprend une membrane cylindrique présentant axialement vers la roue de pompe une extrémité proximale et axialement à l'opposé de la roue de pompe une extrémité distale, la membrane cylindrique présentant un passage externe pour le fluide caloporteur sur une face radialement externe et un passage interne pour le fluide sur une face radialement interne ;

[0018] - le passage externe comprend au moins une gorge hélicoïdale externe creusée dans la face radialement externe, et/ou le passage interne comprend au moins une gorge hélicoïdale interne creusée dans la face radialement interne ;

[0019] - l'extrémité proximale et l'extrémité distale de la membrane cylindrique sont soudées à une surface interne de l'enveloppe de moteur pour isoler fluidiquement le passage externe du passage interne ;

[0020] - la pompe comporte une carcasse statorique, avec une chemise métallique cylindrique interposée radialement entre la face radialement interne de la membrane cylindrique et le stator, et fermant le passage interne d'un côté radialement interne ;

[0021] - la carcasse statorique comporte un anneau de support proximal et un anneau de support distal agencés axialement de part et d'autre du moteur, rigidement fixés à deux extrémités opposées de la chemise métallique, une tranche de l'anneau de support proximal et une tranche de l'anneau de support distal étant plaquées contre la face radialement interne de la membrane cylindrique respectivement au niveau de l'extrémité proximale et de l'extrémité distale ;

[0022] - la ou chaque gorge hélicoïdale externe présente une première profondeur externe dans une portion axialement centrale de la membrane cylindrique et une seconde profondeur externe inférieure à la première profondeur externe au niveau de l'extrémité proximale et au niveau de l'extrémité distale de la membrane cylindrique ; et/ou

[0023] la ou chaque gorge hélicoïdale interne présente une première profondeur interne dans une portion axialement centrale de la membrane cylindrique et une seconde profondeur interne inférieure à la première profondeur interne au niveau de l'extrémité proximale et au niveau de l'extrémité distale de la membrane cylindrique ;

[0024] - un volume distal est délimité entre l'anneau de support distal et un fond distal de l'enveloppe de moteur, l'anneau de support distal comprenant à sa périphérie une pluralité d'orifices mettant fluidiquement en communication le volume distal avec le passage intern ;

[0025] - la pompe comporte un organe de mise en circulation du fluide le long du circuit de refroidissement du moteur, solidaire de l'arbre et logé dans le volume distal ;

[0026] - la pompe comprend :

[0027] * un palier proximal avec une bague fixe proximale montée sur l'anneau de support proximal et une bague rotative proximale solidaire de l'arbre ;

[0028] * un palier distal avec une bague fixe distale montée sur l'anneau de support distale et une bague rotative distale solidaire de l'arbre,

[0029] le passage de refroidissement comprenant un volume proximal situé axialement entre l'anneau de support proximal et un fond proximal de l'enveloppe de moteur, un volume intermédiaire proximal situé axialement entre le palier proximal et le rotor, un entrefer entre le rotor et le stator, un volume intermédiaire distal situé entre le rotor et le palier distal, et le volume distal ;

[0030] - la bague fixe proximale et/ou la bague rotative proximale comprennent des passages pour la circulation du fluide du volume proximal au volume intermédiaire proximal, la bague fixe distale et/ou la bague rotative distale comprenant des passages pour la circulation du fluide du volume intermédiaire distal au volume distal ;

[0031] - la pompe comprend une entrée de fluide caloporteur et une sortie de fluide caloporteur raccordées fluidiquement au second côté de l'échangeur de chaleur, l'entrée de fluide caloporteur étant prévue pour être raccordée à un conduit d'alimentation en fluide caloporteur, la sortie de fluide caloporteur étant prévue pour être raccordée à un conduit d'évacuation de fluide caloporteur, la pompe comprenant un organe de coupure d'entrée configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication l'entrée de fluide caloporteur et le conduit d'alimentation en fluide caloporteur et/ou un organe de coupure de sortie configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication la sortie de fluide caloporteur et le conduit d'évacuation de fluide caloporteur..

[0032] Selon un second aspect, l'invention porte sur un réacteur nucléaire comprenant :

[0033] - un cœur, comportant des assemblages de combustible nucléaire ;

[0034] - une cuve sous pression, contenant le cœur, la cuve sous pression étant remplie par un fluide caloporteur primaire jusqu'à un niveau nominal ;

[0035] - au moins une pompe primaire ayant les caractéristiques ci-dessus, agencée pour faire circuler le fluide caloporteur primaire dans le cœur, montée à un niveau inférieur ou égal audit niveau nominal.

[0036] Le réacteur nucléaire peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

[0037] - la pompe primaire est montée sur la cuve sous pression, la virole étant placée à l'extérieur de la cuve sous pression, la roue de pompe étant placée à l'intérieur de la cuve sous pression..

[0038] 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 [Fig.1] est une vue en coupe axiale de la pompe à moteur noyé de l'invention ;
- [Fig.2][Fig.3] Les figures 2 et 3 sont des vues agrandies de deux détails II et III de la [Fig.1] ;
- [Fig.4] La [Fig.4] est une vue éclatée, en perspective, de la pompe à moteur noyé de la [Fig.1] ; et
- [Fig.5] la [Fig.5] est une représentation schématique, en section axiale, d'un réacteur nucléaire équipé de pompes primaires selon les figures 1 à 4.

[0039] La pompe à moteur noyé de la [Fig.1] est destinée à mettre en mouvement un fluide.

[0040] Dans un exemple de réalisation, la pompe à moteur noyé est destinée à mettre en circulation le fluide primaire d'un réacteur nucléaire de type SMR.

[0041] Le fluide primaire est mis en circulation par la pompe à moteur noyé 1 à l'intérieur de la cuve sous pression, dans laquelle se trouve le cœur du réacteur nucléaire. Le fluide primaire traverse le cœur du réacteur nucléaire, passe ensuite à travers un générateur de vapeur, puis arrive à l'aspiration de la pompe à moteur noyé 1. La pompe à moteur noyé 1 refoule le fluide primaire jusque dans la cuve sous pression du réacteur nucléaire.

[0042] La pompe à moteur noyé est par exemple placée en partie basse du réacteur nucléaire, c'est-à-dire au même niveau que la cuve sous pression du réacteur nucléaire ou à un niveau inférieur. Par exemple, elle est montée sous le niveau nominal de fluide primaire de la cuve sous pression.

[0043] La pompe à moteur noyé en variante est utilisée pour faire circuler un fluide qui n'est

pas le fluide primaire du réacteur nucléaire. Selon une autre variante, elle est utilisée dans un réacteur nucléaire d'un type différent des réacteurs de type SMR, ou encore est utilisée dans toute autre installation industrielle qui n'est pas un réacteur nucléaire.

[0044] Comme visible sur la [Fig.1], la pompe à moteur noyé 1 comporte un bol 3 avec une entrée de fluide 5 et une sortie de fluide 7, et une roue de pompe 9 agencée à l'intérieur du bol 3. L'entrée de fluide constitue l'aspiration de la pompe et la sortie de fluide 7 correspond au refoulement de la pompe.

[0045] La pompe à moteur noyé 1 est avantageusement de type centrifuge, l'entrée de fluide 5 étant axiale et la sortie de fluide 7 étant radiale.

[0046] La pompe 1 comporte encore une enveloppe de moteur 11, solidaire du bol 3 et délimitant intérieurement une chambre 13 en communication fluidique avec le bol 3.

[0047] La pompe à moteur noyé 1 comporte encore un moteur 15 avec un rotor 17 et un stator 19, agencés à l'intérieur de la chambre 13.

[0048] La pompe à moteur noyé 1 comporte également un arbre 21 sur lequel la roue de pompe 9 est fixée, l'arbre 21 étant entrainé en rotation autour d'un axe de rotation X par le rotor 17.

[0049] La roue de pompe 9 est rigidement fixée à une extrémité proximale 23 de l'arbre 21.

[0050] L'extrémité proximale 23 fait saillie axialement à l'extérieur de l'enveloppe de moteur 11, et est logée à l'intérieur du bol 3.

[0051] Le rotor 17 est directement fixé sur l'arbre 21.

[0052] Le stator 19 est agencé autour du rotor 17, un entrefer 25 séparant le stator du rotor.

[0053] Le rotor 17 et le stator 19 sont de forme cylindrique, et sont coaxiaux à l'axe de rotation X.

[0054] L'enveloppe de moteur 11 comporte une virole 27 placée autour du moteur 15. La virole est cylindrique, coaxiale à l'axe X.

[0055] L'enveloppe de moteur 11 comporte encore un fond distal 29, fermant de manière étanche au fluide une extrémité distale de la virole 27. L'extrémité distale correspond à l'extrémité située, axialement, à l'opposé de la roue de pompe 9.

[0056] L'enveloppe de moteur 11 comporte un prolongement 31, prolongeant la virole 27 axialement vers la roue de pompe 9. Le prolongement 31 comporte une bride 33 de fixation à l'extrémité proximale de la virole 27. Le prolongement 31 est tubulaire, coaxial à l'axe X.

[0057] L'enveloppe de moteur 11 comporte également un fond proximal 35 fermant le prolongement 31 axialement vers la roue de pompe 9.

[0058] Le bol 3 est solidaire du fond proximal 35. L'arbre 21 sort de la chambre 13 à travers une ouverture 37 ménagée au centre du fond proximal 35. La chambre 13 est en communication fluidique avec le bol 3 à travers l'ouverture 37. Le fluide peut circuler le long de l'arbre 21 entre l'intérieur du bol 3 et l'intérieur de la chambre 13.

[0059] Les pressions à l'intérieur du bol 3 et à l'intérieur de la chambre 13 sont sensiblement égales.

[0060] Une barrière thermique 39 est agencée dans la chambre 13 le long du tronçon de l'arbre 21 jouxtant l'ouverture 37. La barrière thermique 39 occupe une extrémité du prolongement 31.

[0061] La pompe à moteur noyé 1 comporte encore un échangeur de chaleur 41 agencé à l'intérieur de la chambre 13, avec un premier côté 43 dans lequel circule le fluide et un second côté 45 dans lequel circule un fluide caloporteur.

[0062] Le fluide circulant du premier côté 43 et le fluide caloporteur circulant du second côté 45 sont en contact thermique l'un avec l'autre au travers de la paroi de l'échangeur 41.

[0063] La pompe à moteur noyé 1 comporte également un circuit de refroidissement du moteur 47 par le fluide, avec un passage de refroidissement 49 le long duquel le fluide circule en contact thermique avec le moteur 15.

[0064] Le premier côté 43 de l'échangeur de chaleur fait partie du circuit de refroidissement du moteur 47, et est agencé en aval du passage de refroidissement 49.

[0065] L'échangeur de chaleur 41 est agencé radialement entre le moteur 15 et la virole 27.

[0066] Plus précisément, l'échangeur de chaleur 41 comprend une membrane cylindrique 51 présentant un passage externe pour le fluide caloporteur sur une face radialement externe 53, et un passage interne pour le fluide sur une face radialement interne 55.

[0067] La membrane cylindrique 51 est coaxiale à l'axe X. Elle est constituée d'un métal conduisant bien la chaleur, par exemple un acier inoxydable.

[0068] Elle présente une extrémité proximale 57 tournée axialement vers la roue de pompe 9, et une extrémité distale 59 axialement à l'opposé de la roue de pompe 9.

[0069] Le passage interne constitue le premier côté 43 de l'échangeur de chaleur. Le passage externe constitue le second côté 45 de l'échangeur de chaleur.

[0070] Le passage externe comprend au moins une gorge hélicoïdale externe 61 creusée dans la face radialement externe 53 de la membrane cylindrique.

[0071] Typiquement, elle comporte une pluralité de gorges hélicoïdales externes 61 agencées parallèlement les unes aux autres dans la face radialement externe 53. Dans l'exemple représenté, le passage externe comprend douze gorges hélicoïdales externes 61.

[0072] La ou chaque gorge hélicoïdale externe 61 s'enroule autour de l'axe X, et s'étend sur toute la longueur axiale de la membrane cylindrique 51, depuis l'extrémité proximale 57 jusqu'à l'extrémité distale 59.

[0073] De la même façon, le passage interne comprend au moins une gorge hélicoïdale interne 63 creusée dans la face radialement interne 55.

[0074] De préférence, le passage interne comporte une pluralité de gorges hélicoïdales

internes 63, agencées parallèlement les unes aux autres. Dans l'exemple représenté, le passage interne comporte douze gorges hélicoïdales internes 63.

[0075] La ou chaque gorge hélicoïdale interne 63 s'enroule autour de l'axe X, et s'étend sur toute la longueur axiale de la membrane cylindrique 51, depuis l'extrémité proximale 57 jusqu'à l'extrémité distale 59.

[0076] La ou chaque gorge hélicoïdale externe 61 présente une première profondeur externe dans une portion axialement centrale de la membrane cylindrique 51, et une seconde profondeur externe inférieure à la première profondeur externe au niveau de l'extrémité proximale 57 et au niveau de l'extrémité distale 59.

[0077] La première profondeur est supérieure à 50% de l'épaisseur de la membrane cylindrique 51, de préférence supérieure à 75% de l'épaisseur de la membrane cylindrique.

[0078] À l'extrémité proximale et à l'extrémité distale de la membrane cylindrique, la profondeur de la gorge hélicoïdale externe 61 se réduit progressivement. Ainsi, la dernière spire de la gorge hélicoïdale externe 61 est très peu profonde, l'avant dernière spire est un peu plus profonde, etc.

[0079] De la même façon, la gorge hélicoïdale interne 63 présente une première profondeur interne dans une portion axialement centrale de la membrane cylindrique 51 et une seconde profondeur interne inférieure à la première profondeur interne au niveau de l'extrémité proximale 57 et au niveau de l'extrémité distale 59 de la membrane cylindrique 51.

[0080] Comme visible sur les figures 2 et 3, la première profondeur interne est supérieure à 50% de l'épaisseur de la membrane cylindrique 51, de préférence supérieure à 75% de l'épaisseur de la membrane cylindrique 51.

[0081] La gorge hélicoïdale interne 63 au niveau de l'extrémité proximale 57 et au niveau de l'extrémité distale 59 présente une profondeur qui se réduit progressivement.

[0082] Comme visible sur la [Fig.3], au niveau de l'extrémité distale 59, la dernière spire de la gorge hélicoïdale interne 63 présente une profondeur très faible. L'avant dernière spire présente une profondeur un peu plus élevée, etc.

[0083] À l'extrémité proximale 57, la profondeur de la gorge hélicoïdale interne 63 ne diminue que faiblement, et reste par exemple supérieure à 50% de l'épaisseur de la membrane cylindrique 51 au niveau de la dernière spire ([Fig.2]).

[0084] Ainsi, dans sa portion centrale, la membrane cylindrique 51 considérée en section dans un plan contenant l'axe X présente une forme sinueuse, d'épaisseur de paroi constante. Chaque spire d'une gorge hélicoïdale interne 63 est encadrée par deux spires appartenant à des gorges hélicoïdales externes 61 (voir figures 2 et 3). Ceci permet d'obtenir d'excellents coefficients d'échange thermique dans l'échangeur de chaleur entre le fluide et le fluide caloporteur.

[0085] L'extrémité proximale 57 et l'extrémité distale 59 de la membrane cylindrique 51 sont soudées à la surface interne de l'enveloppe de moteur 11 pour isoler fluidiquement le passage externe du passage interne.

[0086] Plus précisément, et comme illustré sur la [Fig.2], une lèvre 65 est formée sur la face radialement externe 53 de la membrane cylindrique 51. Cette lèvre 65 est soudée par un cordon de soudure non visible sur une lèvre complémentaire 67, ménagée sur la surface interne de l'enveloppe 11. Les deux lèvres 65, 67 sont sensiblement cylindriques, la lèvre 67 étant placée radialement autour de la lèvre 65.

[0087] À l'extrémité distale 59, une lèvre 69 est ménagée sur une face radialement interne 55 de la membrane cylindrique 51. Elle est soudée par un cordon de soudure 71 à une lèvre complémentaire 73 ménagée sur la surface interne de l'enveloppe. Les lèvres 69 et 73 sont sensiblement annulaires. La lèvre 73 jouxte axialement la lèvre 69.

[0088] La pompe 1 comporte encore une carcasse statorique 75, avec une chemise métallique cylindrique 77 interposée radialement entre la face radialement interne 55 de la membrane cylindrique 51 et le stator 19.

[0089] La chemise métallique 77 est dans un matériau présentant un bon coefficient de transfert thermique par conduction, par exemple un acier inoxydable.

[0090] La portion centrale de la membrane cylindrique 51 correspond à la partie de la membrane cylindrique 51 plaquée contre la chemise 77. Elle couvre au moins 70% de la longueur axiale de la membrane cylindrique, de préférence au moins 80% de la longueur axiale de la membrane cylindrique.

[0091] La carcasse statorique 75 comporte encore un anneau de support proximal 79 et un anneau de support distal 81 agencés axialement de part et d'autres du moteur 15, rigidement fixés à deux extrémités axiales opposées de la chemise métallique 77.

[0092] Une tranche de l'anneau de support proximal 79 est plaquée contre la face radialement interne 55 de la membrane cylindrique 51 au niveau de l'extrémité proximale 57. De la même façon, une tranche de l'anneau de support distal 81 est plaquée contre la face radialement interne 55 de la membrane cylindrique 51 au niveau de l'extrémité distale 59.

[0093] Ainsi, les tranches des anneaux de support 79, 81 sont plaquées contre des zones de la surface radialement interne 55 dans lesquelles la ou les gorges hélicoïdales internes 63 sont de moindre profondeur. Ces zones présentent donc une résistance mécanique plus élevée que dans la portion centrale.

[0094] La carcasse statorique 75 comporte encore deux tôles de fermeture 83, agencées sur des bords radialement internes de l'anneau de support proximal 79 et de l'anneau de support distal 81. Les tôles 83 ferment d'un côté radialement intérieur le volume situé entre l'anneau 79 et le stator 19 et le volume situé entre le stator 19 et l'anneau 81.

[0095] Les chignons 84 du stator sont logés dans ces volumes, et sont isolés du fluide par les

tôles de fermeture 83, les anneaux de support 79, 81, et par la chemise métallique 77.

[0096] Comme visible notamment sur la [Fig.3], un volume distal 85 est délimité entre l'anneau de support distal 81 et le fond distal 29 de l'enveloppe de moteur 11.

[0097] La [Fig.4] montre que l'anneau de support distal 81 comprend à sa périphérie une pluralité d'orifices 87 mettant fluidiquement en communication le volume distal 85 avec le passage interne.

[0098] Les orifices 87 sont répartis sur la périphérie de l'anneau de support distal 81. Ils sont creusés sur la tranche, c'est-à-dire sur la surface radialement externe, de l'anneau 81. Ils sont ouverts axialement à une extrémité de manière à déboucher dans le volume distal 85. Ils sont fermés axialement à l'extrémité opposée. Ils sont ouverts radialement vers l'extérieur de manière à communiquer avec la ou les gorges hélicoïdales internes 63.

[0099] La pompe 1 comporte encore un organe 89 de mise en circulation du fluide le long du circuit de refroidissement du moteur 47.

[0100] Cet organe 89 est solidaire de l'arbre 21 et est logé dans le volume distal 85. Ainsi, il est entrainé en rotation avec l'arbre 21.

[0101] Dans l'exemple représenté, l'organe 89 est un disque présentant une pluralité d'alésages radiaux 90R, débouchant au niveau d'une tranche radialement externe du disque.

[0102] L'organe 89 comprend également une pluralité d'alésage axiaux 90A, débouchant chacun à ses deux extrémités au niveau des deux grandes faces opposées du disque. Chaque alésage radial 90R débouche, à une extrémité interne opposée à la tranche radialement externe du disque, dans l'un des alésages axiaux 90A.

[0103] L'organe 89 assure ainsi la fonction de pompe dans le circuit de refroidissement du moteur. Les alésages radiaux permettent de générer l'effet de pompage en communiquant au fluide une énergie cinétique. Les alésages axiaux servent à alimenter en fluide les alésages radiaux.

[0104] En variante et/ou en complément, l'organe 89 comporte par exemple des aubages du type de ceux utilisés pour les pompes centrifuges afin d'améliorer le rendement hydraulique.

[0105] L'organe de mise en circulation 89 chasse le fluide radialement vers l'extérieur, jusqu'aux orifices 87.

[0106] Comme visible sur la [Fig.1], la pompe 1 comprend encore :

[0107] - un palier proximal 91, avec une bague fixe proximale 93 montée sur l'anneau de support proximal 79 et une bague rotative proximale 95 solidaire de l'arbre 21 ;

[0108] - un palier distal 97, avec une bague fixe distale 99 montée sur l'anneau de support distal 81 et une bague rotative distale 101 solidaire de l'arbre 21.

[0109] Le moteur 15 est situé axialement entre les deux paliers.

[0110] Le passage de refroidissement 49 comprend un volume proximal 103 situé axialement entre l'anneau de support proximal 79 et le fond proximal 35 de l'enveloppe de moteur 11, un volume intermédiaire proximal 105 situé axialement entre le palier proximal 91 et le rotor 17, l'entrefer 25 entre le rotor et le stator, et un volume intermédiaire distal 107 situé entre le rotor 17 et le palier distal 97. Le passage de refroidissement 49 comprend en outre le volume distal 85.

[0111] Le volume proximal 103 est délimité axialement d'un côté par la bague de support proximal 79 et le palier proximal 91. Il est délimité axialement à l'opposé par la barrière thermique 39. Il est situé à l'intérieur du prolongement 31.

[0112] De manière à permettre la circulation entre les volumes 103 et 105, la bague fixe proximale 93 et/ou la bague rotative proximale 95 comprennent des passages 109 pour la circulation du fluide du volume proximal 103 au volume intermédiaire proximal 105.

[0113] De la même façon, la bague distale fixe 99 et/ou la bague distale rotative 101 comprennent des passages 111 pour la circulation du fluide du volume intermédiaire distal 107 au volume distal 85.

[0114] La pompe 1 comporte encore une entrée de fluide caloporteur 113 et une sortie de fluide caloporteur 115 raccordées fluidiquement au second côté 45 de l'échangeur de chaleur 41. L'entrée 113 et la sortie 115 sont par exemple ménagées dans l'enveloppe de moteur 11.

[0115] La pompe 1 comporte également un collecteur d'entrée 117 et un collecteur de sortie 119 raccordés fluidiquement respectivement à l'entrée 113 et à la sortie 115.

[0116] Le collecteur d'entrée 117 est une gorge creusée dans la surface interne de la virole 27. Elle est située en vis-à-vis de l'extrémité proximale 57 de la membrane cylindrique 51. Le collecteur de sortie 119 est une gorge creusée dans la surface interne de la virole 27. Elle est située en vis-à-vis de l'extrémité distale 59 de la membrane cylindrique 51.

[0117] En variante, le collecteur d'entrée est du côté distal de la membrane cylindrique, et le collecteur de sortie du côté proximal.

[0118] La surface radialement externe 53 de la membrane cylindrique 51 est plaquée contre la surface interne de la virole 27. La ou chaque gorge hélicoïdale externe 61 à une extrémité débouche donc dans la gorge d'entrée 117. La ou chaque gorge hélicoïdale externe 61 à son extrémité opposée débouche dans la gorge de sortie 119.

[0119] La surface radialement interne de la virole 27 ferme le passage externe d'un côté radialement externe, sauf au niveau des gorges 117 et 119.

[0120] La chemise 77, quant à elle, ferme le passage interne d'un côté radialement interne.

[0121] Plus précisément, elle ferme la partie centrale du passage interne.

[0122] Les tranches des anneaux de support proximal et distal 79, 81 ferment partiellement le passage interne au niveau de l'extrémité proximale 57 et au niveau de l'extrémité

distale 59 de la membrane cylindrique. Au niveau de l'extrémité proximale 57, le passage interne communique avec le volume proximal 103, les dernières spires de la ou chaque gorge hélicoïdale interne 63 se prolongeant au-delà de l'anneau de support proximal 79 et n'étant donc pas recouvertes par la tranche de cet anneau.

[0123] L'entrée de fluide caloporteur 113 est prévue pour être raccordée à un conduit d'alimentation en fluide caloporteur 121. La sortie de fluide caloporteur 115 est prévue pour être raccordée à un conduit d'évacuation de fluide caloporteur 123.

[0124] La pompe comprend par ailleurs un organe de coupure d'entrée 125 configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication l'entrée de fluide caloporteur 113 et le conduit d'alimentation en fluide caloporteur 121, et/ou un organe de coupure de sortie 127 configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication la sortie de fluide caloporteur 115 et le conduit d'évacuation de fluide caloporteur 123.

[0125] L'organe de coupure d'entrée 125 est par exemple une vanne tout ou rien.

[0126] L'organe de coupure de sortie 127 est par exemple une vanne tout ou rien.

[0127] Le fonctionnement de la pompe décrit ci-dessus va maintenant être détaillé.

[0128] Quand la pompe est en fonctionnement, la chambre 13 délimitée par l'enveloppe de moteur est remplie par le fluide. Celui-ci est en équilibre de pression avec le volume interne du bol 3.

[0129] Quand le rotor 17 entraine la roue de pompe 9 en rotation, l'organe de mise en circulation 89 est lui aussi mis en rotation. Il provoque la circulation du fluide à l'intérieur de la chambre 13 le long du circuit de refroidissement du moteur 47.

[0130] Le fluide s'écoule dans le passage de refroidissement 49 depuis le volume proximal 103 jusqu'au volume intermédiaire proximal 105, à travers les passages 109 et également entre les bagues 93 et 95.

[0131] Du volume intermédiaire proximal 105, le fluide s'écoule jusqu'au volume intermédiaire distal 107 le long de l'entrefer 25. Ce faisant, il refroidit le rotor 17 et le stator 19.

[0132] Le fluide s'écoule depuis le volume intermédiaire distal 107 jusqu'au volume distal 85 à travers les passages 111 et entre les bagues 99 et 101.

[0133] Au sein du volume distal 85, le fluide s'écoule dans les canaux de l'organe de mise en circulation 89 et est propulsé jusqu'aux orifices 87.

[0134] Le fluide pénètre alors dans le passage interne de l'échangeur de chaleur 41, c'est-à-dire dans le premier côté 43 de l'échangeur de chaleur. Il s'écoule depuis l'extrémité distale 59 jusqu'à l'extrémité proximale 57 de la membrane cylindrique 51, en suivant le ou les canaux hélicoïdaux internes 63.

[0135] Arrivé à l'extrémité proximale 57 de la membrane cylindrique, il revient dans le volume proximal 103.

[0136] Pendant son passage dans le ou les canaux hélicoïdaux internes 63, le fluide est en

contact thermique à la fois avec la chemise 77 et avec le fluide caloporteur s'écoulant du second côté 45 de l'échangeur de chaleur 41.

[0137] Le fluide caloporteur pénètre dans la pompe par l'entrée 113, et est dirigé jusqu'à la gorge d'entrée 117. Il circule depuis la gorge d'entrée 117 dans le passage externe, et plus précisément suit le ou les canaux hélicoïdaux externes 61. Il est collecté dans la gorge de sortie 119 et s'écoule de là jusqu'à la sortie de fluide 115.

[0138] Le réacteur nucléaire 129 représenté sur la [Fig.5] comprend :

[0139] - un cœur 131, comportant des assemblages de combustible nucléaire ;

[0140] - une cuve sous pression 133, contenant le cœur 131, la cuve sous pression 133 étant remplie par un fluide caloporteur primaire jusqu'à un niveau nominal ;

[0141] - au moins une pompe primaire 135, agencée pour faire circuler le fluide caloporteur primaire dans le cœur 131.

[0142] Le réacteur nucléaire 129 est de type intégré. Par exemple, c'est un SMR.

[0143] Il comporte des générateurs de vapeur 137 logés dans la cuve sous pression 133.

[0144] Le cœur 131 est placé en partie inférieur de la cuve sous pression 133. Les générateurs de vapeur 137 sont logés au-dessus du cœur 131.

[0145] Le réacteur nucléaire 129 comporte également un pressuriseur 139 délimité à l'intérieur du couvercle de cuve 141.

[0146] La ou chaque pompe primaire 135 est agencée pour faire circuler le fluide caloporteur primaire à l'intérieur de la cuve sous pression 133, en boucle. Le fluide caloporteur primaire traverse le cœur 131, puis circule à travers les générateurs de vapeur 137, puis est renvoyé par la ou chaque pompe primaire 135 dans le cœur 131.

[0147] Dans l'exemple représenté, le réacteur nucléaire comprend plusieurs pompes primaires 135, par exemple six pompes primaires.

[0148] La ou chaque pompe primaire 135 est une pompe à moteur noyé du type décrit ci-dessus.

[0149] La ou chaque pompe primaire 135 est montée à un niveau inférieur ou égal audit niveau nominal de fluide caloporteur primaire de la cuve sous pression 133.

[0150] Le niveau nominal de fluide caloporteur primaire de la cuve sous pression 133 correspond par exemple sensiblement au niveau du plan de contact entre la bride de la cuve sous pression et le couvercle 141.

[0151] La ou chaque pompe primaire 135 est montée de préférence, suivant la direction verticale, entre le cœur 131 et les générateurs de vapeur 137. La direction verticale correspond sensiblement à l'axe de la cuve sous pression 133.

[0152] La ou chaque pompe primaire 135 est montée sur la cuve sous pression 133, la virole 27 étant placée à l'extérieur de la cuve sous pression 133, la roue de pompe 9 étant placée à l'intérieur de la cuve sous pression 133.

[0153] La ou chaque pompe primaire 135 est montée avec son axe de rotation horizontal,

L'axe de rotation est typiquement radial par rapport à l'axe central de la cuve sous pression.

[0154] Une bride de fixation 143, radialement externe, est formée à l'extrémité proximale de la virole 27. Elle est directement fixée à la cuve sous pression 133. Le prolongement 31 est engagé dans une ouverture ménagée dans la cuve sous pression 133.

[0155] La pompe décrite ci-dessus présente de multiples avantages.

[0156] Agencer l'échangeur de chaleur radialement entre le moteur et la virole de l'enveloppe de moteur permet de loger très commodément l'échangeur de chaleur dans l'enveloppe de moteur. Cette disposition permet d'obtenir une grande surface de contact entre le fluide et le fluide caloporteur.

[0157] Quand l'échangeur de chaleur comprend une membrane cylindrique présentant un passage externe pour le fluide caloporteur sur une face radialement externe et un passage interne pour le fluide sur une face radialement interne, l'échange de chaleur entre le fluide et le fluide caloporteur est réalisé à travers la membrane cylindrique. Ceci est particulièrement commode pour loger l'échangeur de chaleur à l'intérieur de l'enveloppe de moteur et organiser la circulation des fluides, sans augmenter excessivement l'encombrement de la pompe.

[0158] Quand le passage externe comprend au moins une gorge hélicoïdale externe creusée dans la face radialement externe et/ou le passage interne comprend au moins une gorge hélicoïdale interne creusée dans la face radialement interne, le passage externe et le passage interne sont réalisés de manière particulièrement compacte, les échanges de chaleur étant particulièrement bons entre les deux passages.

[0159] Souder la membrane cylindrique à la surface interne de l'enveloppe de moteur à ses deux extrémités permet de réaliser de manière commode l'isolation fluidique entre le passage externe et le passage interne.

[0160] Quand la pompe comporte une carcasse statorique avec une chemise métallique cylindrique interposée radialement entre la face radialement interne de la membrane cylindrique et le stator, et fermant le passage interne d'un côté radialement interne, la chaleur dégagée par le stator est transmise par conduction directement dans le fluide circulant dans le passage interne. Ceci optimise le refroidissement du stator.

[0161] Du fait que la carcasse statorique comporte un anneau de support proximal et un anneau de support distal agencés axialement de part et d'autres du moteur, rigidement fixés à deux extrémités opposées de la chemise métallique, une tranche de l'anneau de support proximal et une tranche de l'anneau de support distal étant plaquées contre la surface radialement interne de la membrane cylindrique respectivement au niveau de l'extrémité proximale et de l'extrémité distale, la membrane est maintenue en position par les anneaux de support.

[0162] Quand la gorge hélicoïdale externe présente une première profondeur externe dans

une portion axialement centrale de la membrane cylindrique et une seconde profondeur externe inférieure à la première profondeur externe au niveau de l'extrémité proximale et au niveau de l'extrémité distale de la membrane cylindrique, la membrane cylindrique est mécaniquement plus résistante au niveau de ses deux extrémités et peut supporter la pression exercée par les anneaux de support.

[0163] De même, quand la gorge hélicoïdale interne présente une première profondeur interne dans une portion axialement centrale de la membrane cylindrique et une seconde profondeur interne inférieure à la première profondeur interne au niveau de l'extrémité proximale et au niveau de l'extrémité distale de la membrane cylindrique, la membrane est mécaniquement plus résistante au niveau de ses deux extrémités et peut supporter la pression exercée par les anneaux de support.

[0164] Quand l'anneau de support distal présente à sa périphérie une pluralité d'orifices mettant fluidiquement en communication le volume distal avec le passage interne, la mise en communication du volume distal avec le passage interne est réalisée de manière simple et commode.

[0165] Quand la pompe comporte un organe de mise en circulation du fluide le long du circuit de refroidissement solidaire de l'arbre et logé dans le volume distal, la mise en circulation du fluide le long du circuit de refroidissement du moteur est réalisée particulièrement simplement.

[0166] Quand le palier proximal comporte une bague fixe proximale et/ou une bague rotative proximale avec des passages pour la circulation du fluide, la circulation du fluide le long du passage de refroidissement est favorisée. De la même façon, quand le palier distal comporte une bague distale fixe et/ou une bague distale rotative avec des passages pour la circulation du fluide, la circulation du fluide est favorisée le long du passage de refroidissement.

[0167] Quand la pompe comprend un organe de coupure d'entrée configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication l'entrée de fluide caloporteur et le conduit d'alimentation en fluide caloporteur et/ou un organe de coupure de sortie configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication la sortie de fluide caloporteur et le conduit d'évacuation de fluide caloporteur, en cas de rupture de l'échangeur de chaleur, la brèche peut être isolée du conduit d'alimentation en fluide caloporteur et/ou du conduit d'évacuation de fluide caloporteur. Les organes de coupure sont conçus pour résister à la pression du fluide primaire.

[0168] La pompe peut présenter de multiples variantes.

[0169] La pompe n'est pas nécessairement de type centrifuge, mais peut être de tout type adapté.

[0170] L'entrée de fluide dans le bol n'est pas nécessairement axiale et la sortie de fluide n'est pas nécessairement radiale.

[0171] Le bol pourrait être rapporté directement sur la virole de l'enveloppe de moteur, sans interposition d'un prolongement.

[0172] Le rotor n'est pas nécessairement directement monté sur l'arbre, l'arbre pouvant par exemple être entrainé par le rotor par l'intermédiaire d'un réducteur.

[0173] Le passage externe peut comporter des gorges non hélicoïdales, de toute autre forme adaptée : rectiligne, sinueuse, etc.

[0174] Le passage externe peut être réalisé par d'autres moyens qu'une ou plusieurs gorges creusées dans la membrane cylindrique. Par exemple, une ou plusieurs gorges peuvent être creusées dans la surface interne de la virole. Des nervures délimitant entre elles des canaux de circulation de fluide peuvent être soudées sur la surface externe de la membrane cylindrique.

[0175] De la même façon, le passage interne peut comporter des gorges non hélicoïdales, de toute autre forme adaptée : rectiligne, sinueuse, etc.

[0176] Le passage interne peut être réalisé par d'autres moyens qu'une ou plusieurs gorges creusées dans la membrane cylindrique. Par exemple, une ou plusieurs gorges peuvent être creusées dans la surface externe de la chemise statorique. Des nervures délimitant entre elles des canaux de circulation de fluide peuvent être soudées sur la surface interne de la membrane cylindrique.

[0177] L'échangeur de chaleur peut également être réalisé sous la forme d'une membrane cylindrique de plus forte épaisseur, comportant des perçages axiaux. Le fluide circule dans une partie des perçages axiaux et le fluide caloporteur dans une autre partie des perçages axiaux.

Revendications

[Revendication 1] Pompe à moteur noyé pour un fluide, comprenant :
- un bol (3) avec une entrée de fluide (5) et une sortie de fluide (7) ;
- une roue de pompe (9), agencée à l'intérieur du bol (3) ;
- une enveloppe de moteur (11), solidaire du bol (3) et délimitant intérieurement une chambre (13) en communication fluidique avec le bol (3) ;
- un moteur (15) comportant un rotor (17) et un stator (19), agencé à l'intérieur de la chambre (13) ;
- un arbre (21) sur lequel la roue de pompe (9) est fixée, l'arbre (21) étant entraîné en rotation autour d'un axe de rotation par le rotor (17) ;
- un échangeur de chaleur (41) agencé à l'intérieur de la chambre (13), avec un premier côté (43) dans lequel circule le fluide et un second côté (45) dans lequel circule un fluide caloporteur ;
- un circuit de refroidissement du moteur (47) par le fluide, avec un passage de refroidissement (49) le long duquel le fluide circule en contact thermique avec le moteur (15), le premier côté (43) de l'échangeur de chaleur (41) faisant partie du circuit de refroidissement (47) et étant agencé en aval du passage de refroidissement (49).

[Revendication 2] Pompe selon la revendication 1, dans laquelle l'enveloppe de moteur (11) comprend une virole (27) placée autour du moteur (15), l'échangeur de chaleur (41) étant agencé radialement entre le moteur (15) et la virole (27).

[Revendication 3] Pompe selon la revendication 2, dans laquelle l'échangeur de chaleur (41) comprend une membrane cylindrique (51) présentant axialement vers la roue de pompe (9) une extrémité proximale (57) et axialement à l'opposé de la roue de pompe (9) une extrémité distale (59), la membrane cylindrique (51) présentant un passage externe pour le fluide caloporteur sur une face radialement externe (53) et un passage interne pour le fluide sur une face radialement interne (55).

[Revendication 4] Pompe selon la revendication 3, dans laquelle le passage externe comprend au moins une gorge hélicoïdale externe (61) creusée dans la face radialement externe (53), et/ou le passage interne comprend au moins une gorge hélicoïdale interne (63) creusée dans la face radialement interne (55).

[Revendication 5] Pompe selon la revendication 3 ou 4, dans laquelle l'extrémité proximale (57) et l'extrémité distale (59) de la membrane cylindrique

(51) sont soudées à une surface interne de l'enveloppe de moteur (11) pour isoler fluidiquement le passage externe du passage interne.

[Revendication 6] Pompe selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans laquelle la pompe (1) comporte une carcasse statorique (75), avec une chemise métallique cylindrique (77) interposée radialement entre la face radialement interne (55) de la membrane cylindrique (51) et le stator (19), et fermant le passage interne d'un côté radialement interne.

[Revendication 7] Pompe selon la revendication 6, dans laquelle la carcasse statorique (75) comporte un anneau de support proximal (79) et un anneau de support distal (81) agencés axialement de part et d'autre du moteur (15), rigidement fixés à deux extrémités opposées de la chemise métallique (77), une tranche de l'anneau de support proximal (79) et une tranche de l'anneau de support distal (81) étant plaquées contre la face radialement interne (55) de la membrane cylindrique (51) respectivement au niveau de l'extrémité proximale (57) et de l'extrémité distale (59).

[Revendication 8] Pompe selon la revendication 7 combinée à la revendication 4, dans laquelle la ou chaque gorge hélicoïdale externe (61) présente une première profondeur externe dans une portion axialement centrale de la membrane cylindrique (51) et une seconde profondeur externe inférieure à la première profondeur externe au niveau de l'extrémité proximale (57) et au niveau de l'extrémité distale (59) de la membrane cylindrique (51) ; et/ou

la ou chaque gorge hélicoïdale interne (63) présente une première profondeur interne dans une portion axialement centrale de la membrane cylindrique (51) et une seconde profondeur interne inférieure à la première profondeur interne au niveau de l'extrémité proximale (57) et au niveau de l'extrémité distale (59) de la membrane cylindrique (51).

[Revendication 9] Pompe selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle un volume distal (85) est délimité entre l'anneau de support distal (81) et un fond distal (29) de l'enveloppe de moteur (11), l'anneau de support distal (81) comprenant à sa périphérie une pluralité d'orifices (87) mettant fluidiquement en communication le volume distal (81) avec le passage interne.

[Revendication 10] Pompe selon la revendication 9, dans laquelle la pompe (1) comporte un organe (89) de mise en circulation du fluide le long du circuit de refroidissement du moteur (47), solidaire de l'arbre (21) et logé dans le volume distal (85).

[Revendication 11] Pompe selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, dans laquelle

la pompe (1) comprend :
- un palier proximal (91) avec une bague fixe proximale (93) montée sur l'anneau de support proximal (79) et une bague rotative proximale (95) solidaire de l'arbre (21);
- un palier distal (97) avec une bague fixe distale (99) montée sur l'anneau de support distale (81) et une bague rotative distale (101) solidaire de l'arbre (21),
le passage de refroidissement (49) comprenant un volume proximal (103) situé axialement entre l'anneau de support proximal (79) et un fond proximal (35) de l'enveloppe de moteur (9), un volume intermédiaire proximal (105) situé axialement entre le palier proximal (91) et le rotor (17), un entrefer (25) entre le rotor (17) et le stator (19), un volume intermédiaire distal (107) situé entre le rotor (17) et le palier distal (81), et le volume distal (85).

[Revendication 12] Pompe selon la revendication 11, dans laquelle la bague fixe proximale (93) et/ou la bague rotative proximale (95) comprennent des passages (109) pour la circulation du fluide du volume proximal (103) au volume intermédiaire proximal (105), la bague fixe distale ((99) et/ou la bague rotative distale (101) comprenant des passages (111) pour la circulation du fluide du volume intermédiaire distal (107) au volume distal (85).

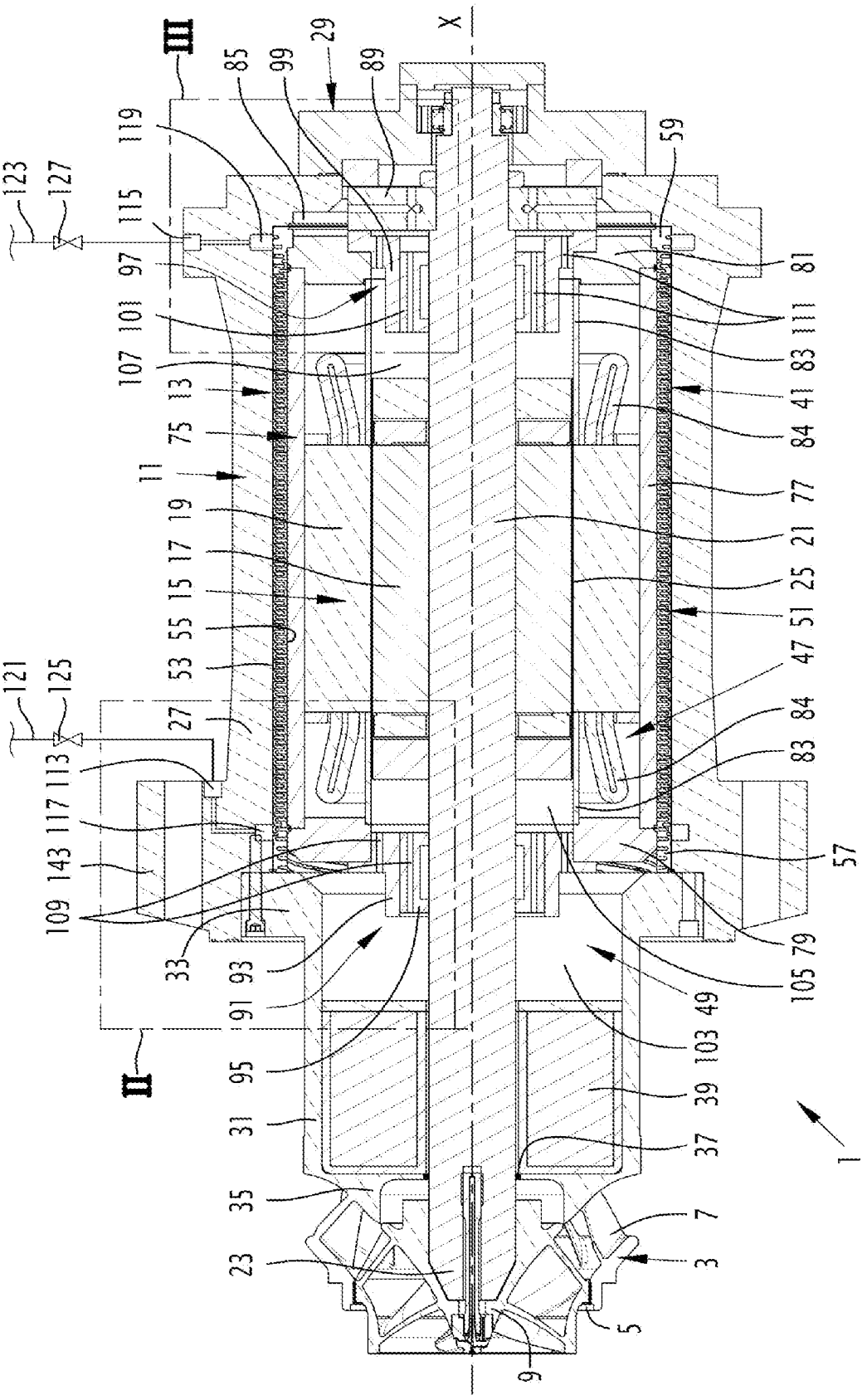
[Revendication 13] Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans laquelle la pompe comprend une entrée de fluide caloporteur (113) et une sortie de fluide caloporteur (115) raccordées fluidiquement au second côté (45) de l'échangeur de chaleur (41), l'entrée de fluide caloporteur (113) étant prévue pour être raccordée à un conduit d'alimentation en fluide caloporteur (121), la sortie de fluide caloporteur (115) étant prévue pour être raccordée à un conduit d'évacuation de fluide caloporteur (123), la pompe comprenant un organe de coupure d'entrée (125) configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication l'entrée de fluide caloporteur (113) et le conduit d'alimentation en fluide caloporteur (121) et/ou un organe de coupure de sortie (127) configuré pour sélectivement isoler ou mettre en communication la sortie de fluide caloporteur (115) et le conduit d'évacuation de fluide caloporteur (123).

[Revendication 14] Réacteur nucléaire (129) comprenant :
- un cœur (131), comportant des assemblages de combustible nucléaire ;
- une cuve sous pression (133), contenant le cœur (131), la cuve sous pression (133) étant remplie par un fluide caloporteur primaire jusqu'à un niveau nominal ;

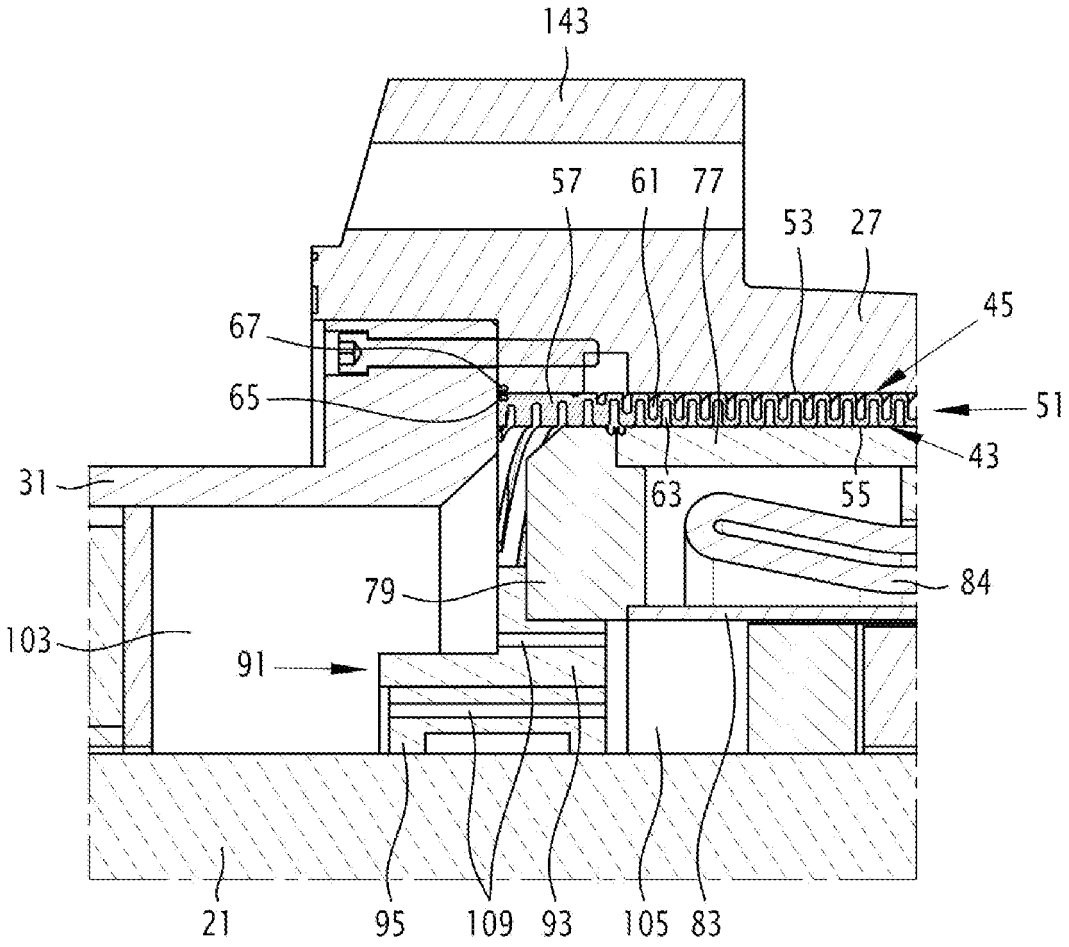
- au moins une pompe primaire (135) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, agencée pour faire circuler le fluide caloporteur primaire dans le cœur (1), montée à un niveau inférieur ou égal audit niveau nominal.

[Revendication 15] Réacteur nucléaire selon la revendication 14, dans lequel la pompe primaire (135) est montée sur la cuve sous pression (133), la virole (27) étant placée à l'extérieur de la cuve sous pression (33), la roue de pompe (9) étant placée à l'intérieur de la cuve sous pression (133).

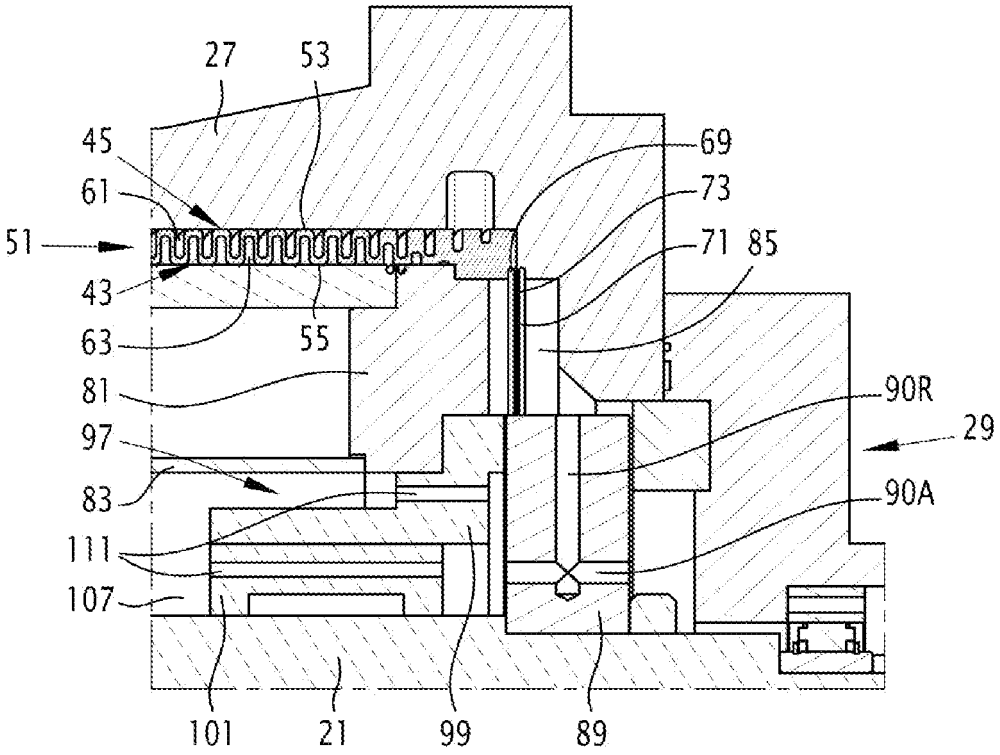
[Fig. 1]


III
X
II
1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
47
49
51
53
55
57
59
75
77
79
81
83
84
85
89
91
93
95
97
99
101
103
105
107
109
111
113
115
117
119
121
123
125
127
143

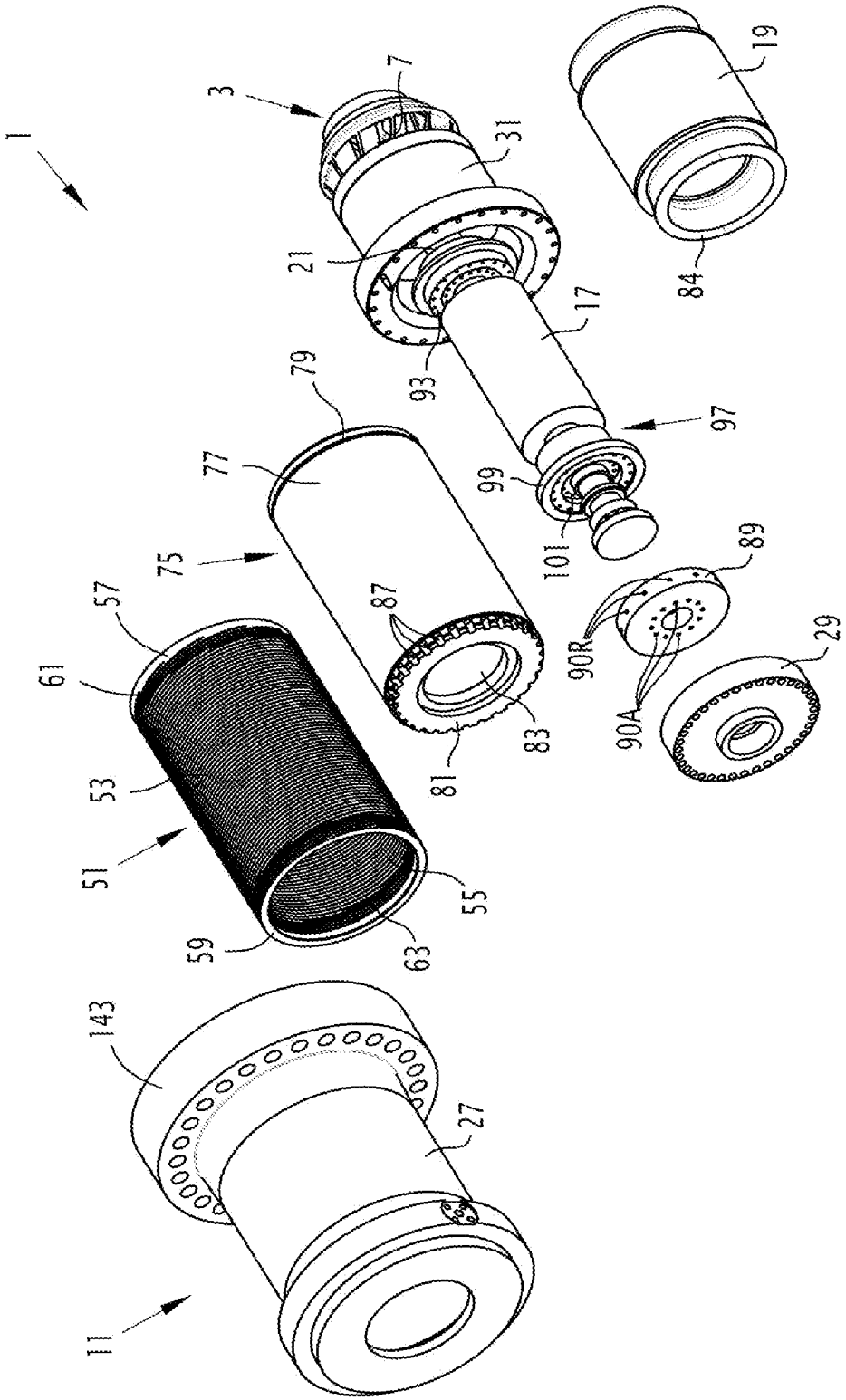
[Fig. 2]


143
57
61
77
53
27
45
67
65
51
43
31
63
55
79
84
103
91
21
95
109
93
105
83

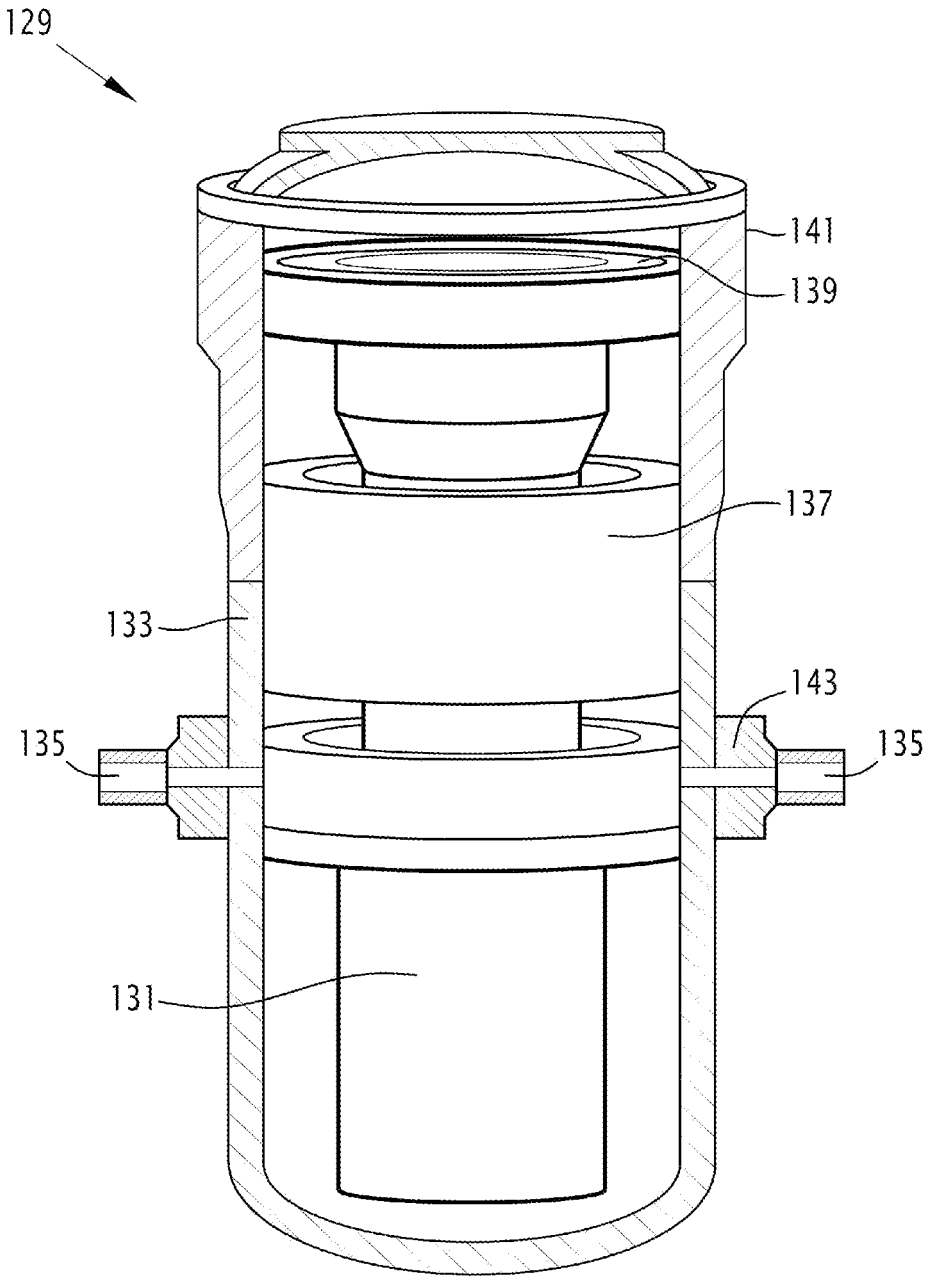
[Fig. 3]


27
53
45
69
61
73
51
71
85
43
63
55
81
90R
29
97
83
90A
111
107
101
21
99
89

[Fig. 4]


1
3
7
31
19
21
84
17
93
79
97
77
99
101
75
89
57
87
90R
29
61
83
90A
81
53
51
55
59
63
143
27
11

[Fig. 5]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 926735
FR 2312469

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 118 466 A (RAYMOND JAMES R [US] ET AL) 2 juin 1992 (1992-06-02) * colonne 3, ligne 19 - colonne 5, ligne 66; figures 1-4 * * abrégé * -----	1-7, 13-15	F04D 13/08 F04D 29/58
X	US 5 604 777 A (RAYMOND JAMES R [US] ET AL) 18 février 1997 (1997-02-18) * colonne 3, ligne 4 - colonne 4, ligne 47; figures 1,2 * * abrégé * -----	1,2, 13-15	
X	US 6 554 586 B1 (LUSTWERK FERDINAND [US]) 29 avril 2003 (2003-04-29) * colonne 1, ligne 64 - colonne 5, ligne 54; figures 1-5 * * abrégé * -----	1-3,6	
A	US 9 593 684 B2 (SHARGOTS SCOTT J [US]; ALES MATHEW W [US] ET AL.) 14 mars 2017 (2017-03-14) * colonne 4, ligne 1 - colonne 11, ligne 55; figures 1-7 * * abrégé * -----	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F04D

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
8 mai 2024	Hermens, Sjoerd

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2312469 FA 926735

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **08-05-2024**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5118466 A	02-06-1992	EP 0447106 A2	18-09-1991
		JP 2891787 B2	17-05-1999
		JP H04224300 A	13-08-1992
		KR 100241634 B1	01-02-2000
		US 5118466 A	02-06-1992
US 5604777 A	18-02-1997	US 5604777 A	18-02-1997
		WO 9628663 A1	19-09-1996
US 6554586 B1	29-04-2003	AUCUN	
US 9593684 B2	14-03-2017	CA 2842855 A1	25-04-2013
		CN 102903401 A	30-01-2013
		EP 2737492 A1	04-06-2014
		JP 2014525045 A	25-09-2014
		KR 20140057275 A	12-05-2014
		TW 201314704 A	01-04-2013
		US 2013028367 A1	31-01-2013
		WO 2013058847 A1	25-04-2013

EPO FORM P0465