



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2014/02/11
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2014/08/28
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2015/08/07
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2014/052657
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2014/128028
(30) Priorité/Priority: 2013/02/20 (FR13 51443)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F04D 29/10* (2006.01),
F04D 29/20 (2006.01), *F04D 29/58* (2006.01),
F04D 7/08 (2006.01), *G21C 15/243* (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
AREVA NP, FR
(72) Inventeur/Inventor:
PHILIPPART, OLIVIER, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : POMPE COMPRENANT UN ECRAN DE PROTECTION DE LA ROUE DE POMPE CONTRE UN
ECOULEMENT D'UN FLUIDE DE REFROIDISSEMENT LE LONG DU MOYEU DE LA ROUE
(54) Title: PUMP INCLUDING A SHIELD FOR PROTECTING A PUMP WHEEL AGAINST A COOLANT LEAK ALONG
THE HUB OF THE WHEEL

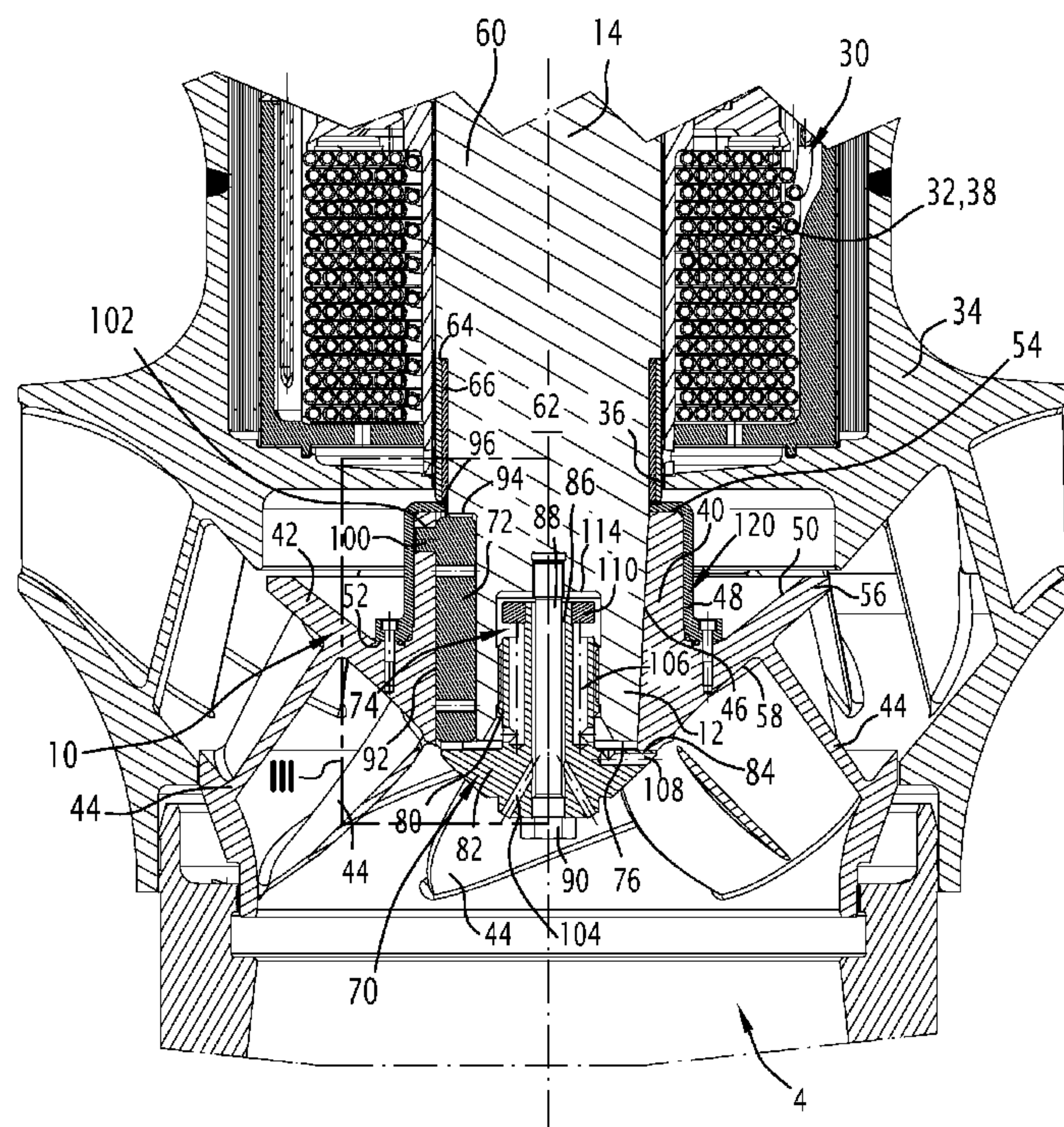


FIG. 2

(57) Abrégé/Abstract:

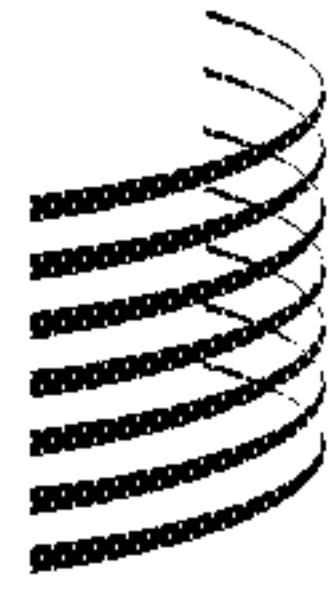
Cette pompe comprend : - une chambre (4) de circulation du fluide caloporteur, - une roue de pompe (10), disposée intégralement dans la chambre de circulation (4) et comportant un moyeu (40), - un arbre (14) d'entraînement de la roue de pompe (10) en



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

rotation, ayant un tronçon d'extrémité axiale (12) solidaire de la roue de pompe (10) et emmanché dans le moyeu (40) de la roue de pompe (10), - un moteur d'entraînement de l'arbre (14) en rotation autour de son axe, et - des moyens de circulation d'un fluide de refroidissement de l'arbre d'entraînement (14) à une température inférieure à celle du fluide caloporteur le long de l'arbre d'entraînement (14). Elle comprend en outre un écran (120) de protection de la roue de pompe (10) contre un écoulement du fluide de refroidissement le long d'une face périphérique extérieure (48) du moyeu (40) de ladite roue de pompe (10), ledit écran de protection (120) étant fixé à la roue de pompe (10).

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
28 août 2014 (28.08.2014)

WIPO | PCT

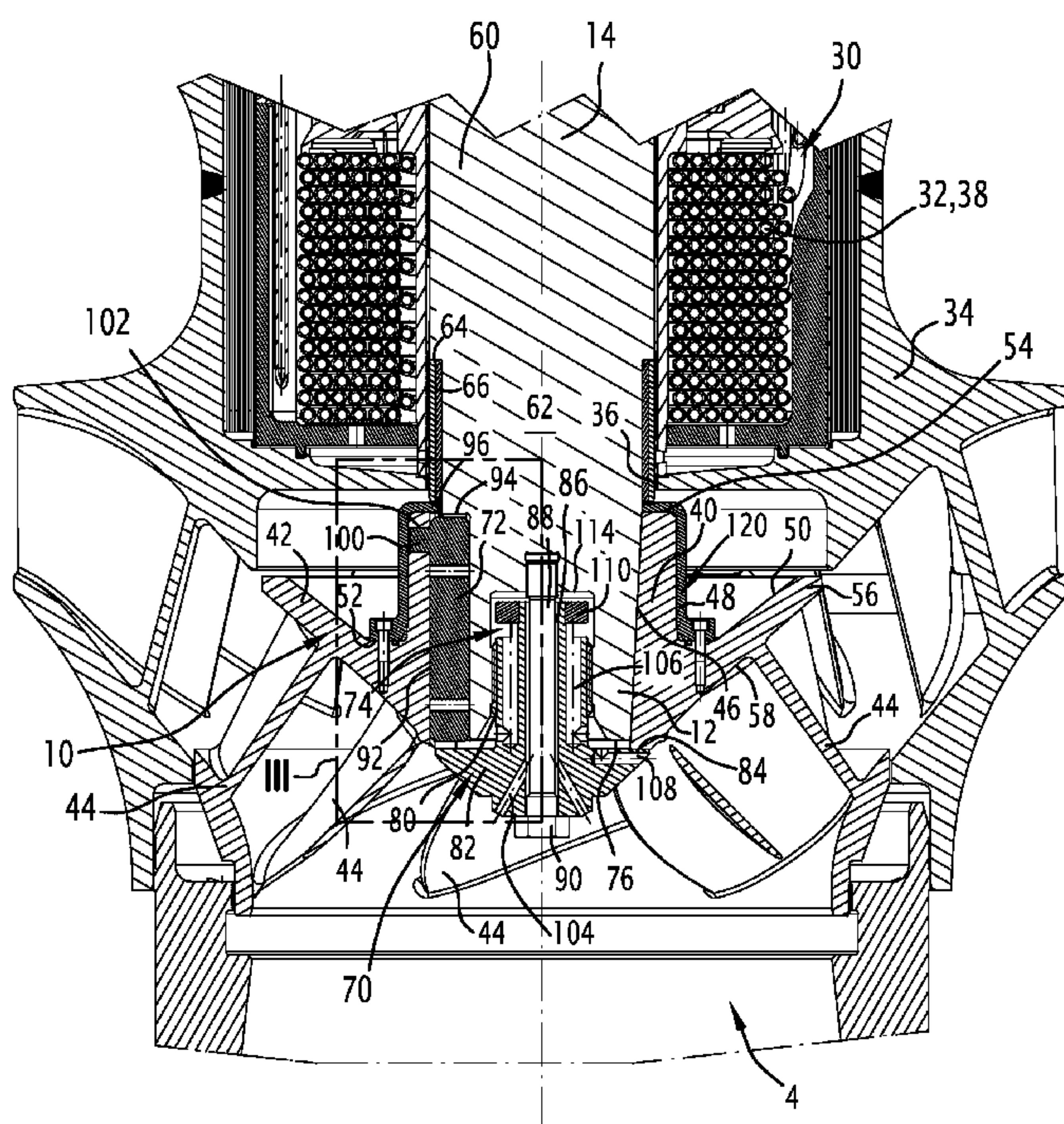
(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/128028 A1(51) Classification internationale des brevets :
F04D 29/10 (2006.01) G21C 15/243 (2006.01)
F04D 29/20 (2006.01) F04D 7/08 (2006.01)
F04D 29/58 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/052657(22) Date de dépôt international :
11 février 2014 (11.02.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
13 51443 20 février 2013 (20.02.2013) FR(71) Déposant : AREVA NP [FR/FR]; Tour AREVA, 1, Place
Jean Millier, F-92400 Courbevoie (FR).(72) Inventeur : PHILIPPART, Olivier; 22 rue Charles Quint,
F-59300 Valenciennes (FR).(74) Mandataires : BLOT, Philippe et al.; Cabinet Lavoix, 2,
place d'Estienne d'Orves, F-75009 Paris (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : PUMP INCLUDING A SHIELD FOR PROTECTING A PUMP WHEEL AGAINST A COOLANT LEAK ALONG
THE HUB OF THE WHEEL(54) Titre : POMPE COMPRENANT UN ÉCRAN DE PROTECTION DE LA ROUE DE POMPE CONTRE UN ÉCOULEMENT
D'UN FLUIDE DE REFOUILLISSEMENT LE LONG DU MOYEU DE LA ROUE**FIG. 2**(57) Abstract : The invention relates to a pump that includes:
a chamber (4) for heat-transport fluid flow; a pump wheel
(10) which is placed entirely in the flow chamber (4) and
which comprises a hub (40); a shaft (14) for rotating the
pump wheel (10), having an axial end section (12) rigidly
connected to the pump wheel (10) and fitted in the hub (40)
of the pump wheel (10); a motor for rotating the shaft (14)
about the axis thereof; and means for causing a coolant for
cooling the drive shaft (14) to flow, at a temperature lower
than that of the heat-transport fluid, along the drive shaft
(14). Said pump also includes a shield (120) for protecting
the pump wheel (10) against a coolant leak along an outer
peripheral surface (48) of the hub (40) of said pump wheel
(10), said protective shield (120) being attached to the pump
wheel (10).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/128028 A1

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, **Publiée :**
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Cette pompe comprend : - une chambre (4) de circulation du fluide caloporteur, - une roue de pompe (10), disposée intégralement dans la chambre de circulation (4) et comportant un moyeu (40), - un arbre (14) d'entraînement de la roue de pompe (10) en rotation, ayant un tronçon d'extrémité axiale (12) solidaire de la roue de pompe (10) et emmanché dans le moyeu (40) de la roue de pompe (10), - un moteur d'entraînement de l'arbre (14) en rotation autour de son axe, et - des moyens de circulation d'un fluide de refroidissement de l'arbre d'entraînement (14) à une température inférieure à celle du fluide caloporteur le long de l'arbre d'entraînement (14). Elle comprend en outre un écran (120) de protection de la roue de pompe (10) contre un écoulement du fluide de refroidissement le long d'une face périphérique extérieure (48) du moyeu (40) de ladite roue de pompe (10), ledit écran de protection (120) étant fixé à la roue de pompe (10).

Pompe comprenant un écran de protection de la roue de pompe contre un écoulement d'un fluide de refroidissement le long du moyeu de la roue

La présente invention concerne une pompe pour la mise en circulation d'un fluide caloporteur dans un circuit fluidique, du type comprenant :

- 5 - une chambre de circulation du fluide caloporteur,
- une roue de pompe disposée intégralement dans la chambre de circulation et comportant un moyeu,
- un arbre d'entraînement de la roue de pompe en rotation, ayant un tronçon d'extrémité axiale solidaire de la roue de pompe et emmanché dans le moyeu de
- 10 la roue de pompe,
- un moteur d'entraînement de l'arbre en rotation autour de son axe, et
- des moyens de circulation d'un fluide de refroidissement de l'arbre d'entraînement à une température inférieure à celle du fluide caloporteur le long de l'arbre d'entraînement.

15 Dans les réacteurs nucléaires refroidis par de l'eau sous pression, on utilise, pour mettre en circulation dans le circuit de refroidissement du cœur du réacteur nucléaire, ou circuit primaire, l'eau sous pression de refroidissement du réacteur nucléaire, une pompe appelée pompe primaire qui comporte une seule roue de pompe plongée dans l'eau sous pression remplissant le circuit primaire.

20 La roue de pompe est entraînée par un moteur électrique, disposé à l'extérieur et à une certaine distance du circuit primaire, par l'intermédiaire d'un arbre d'entraînement à l'une des extrémités duquel la roue de pompe est frettée. Cet arbre d'entraînement traverse un ensemble de moyens de refroidissement et de moyens d'étanchéité entre son premier tronçon d'extrémité, solidaire de la roue de pompe, et un second tronçon

25 d'extrémité, solidaire du rotor du moteur électrique.

 A l'intérieur du corps de la pompe, qui est relié à une canalisation du circuit primaire, la roue de pompe et le premier tronçon d'extrémité de l'arbre d'entraînement sont plongés dans de l'eau sous pression à une température de l'ordre de 300°C. L'arbre est, entre ses premier et second tronçons, entouré par une enveloppe renfermant une

30 barrière thermique constituée par un réseau de tubes refroidis intérieurement par la circulation d'un fluide d'échange, un palier de guidage de l'arbre en rotation, et des moyens permettant d'assurer un passage étanche de l'arbre entre le corps de la pompe recevant l'eau sous pression et la partie externe de la pompe comportant le moteur d'entraînement.

35 La barrière thermique a pour rôle d'empêcher la chaleur de l'eau primaire de remonter vers les parties supérieures de la pompe. De plus, en fonctionnement normal,

de l'eau froide à une température inférieure à 60°C est injectée au niveau de la barrière thermique pour former barrage entre le circuit primaire et le dispositif d'étanchéité de l'arbre. Pour cela, la pression de ce circuit d'injection est légèrement supérieure à la pression du circuit primaire. Le débit d'injection se partage en deux :

- 5 - une partie du débit s'écoule vers le bas, c'est-à-dire au travers du jeu entre l'arbre et la barrière thermique, et
- une autre partie du débit s'écoule vers le haut, c'est-à-dire au travers du palier de pompe et du dispositif d'étanchéité.

10 Ainsi, l'eau du circuit primaire, qui est contaminée par des radioéléments prélevés dans le cœur du réacteur nucléaire, ne peut pas fuir au travers du dispositif d'étanchéité.

 Dans ces conditions, lorsque la pompe est fonctionnément, la roue de pompe est à une température proche de celle de l'eau du circuit primaire, alors que l'arbre, refroidi dans sa partie supérieure par la barrière thermique et par l'eau d'injection, est à une température inférieure à celle de la roue de pompe. Cela occasionne une perte de
15 fretage entre l'arbre et la roue de pompe, qui elle-même entraîne une usure de contact dans la liaison entre l'arbre et la roue de pompe et, par suite, une dégradation de l'arbre et de la roue de pompe au niveau de leurs surfaces de contact. Une maintenance régulière de la pompe primaire est donc nécessaire pour assurer une tenue optimale de la roue de pompe sur l'arbre.

20 Pour résoudre ce problème, il a été proposé un système de circulation de l'eau du circuit primaire dans le premier tronçon d'extrémité de l'arbre. Un tel système permet en effet de maintenir ledit premier tronçon d'extrémité à une température proche de celle de la roue de pompe, et évite les pertes de fretage dues à la présence d'un gradient thermique entre l'arbre et la roue de pompe. Un tel système est décrit dans EP-A-
25 0 257 140.

 Cependant, un tel système ne donne pas entière satisfaction. En effet, malgré la présence de ce système de circulation de l'eau du circuit primaire dans le premier tronçon d'extrémité de l'arbre, des traces de dégradation de l'arbre et de la roue de pompe par usure de contact sont toujours observées.

30 Un objectif de l'invention est donc de réduire les coûts de maintenance de la pompe primaire, en particulier en minimisant l'usure de contact entre la roue de pompe et l'arbre d'entraînement.

 A cet effet, l'invention a pour objet une pompe du type précité, comprenant en outre un écran de protection de la roue de pompe contre un écoulement du fluide de refroidissement le long d'une face périphérique extérieure du moyeu de ladite roue de
35 pompe, ledit écran de protection étant fixé à la roue de pompe.

3

Selon des modes de réalisation préférés de l'invention, la pompe présente également l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- l'écran de protection est formé par une couronne annulaire comprenant une paroi périphérique sensiblement cylindrique, coaxiale avec le moyeu et entourant le moyeu ;

- la paroi périphérique a un diamètre intérieur présentant une différence de diamètre avec un diamètre extérieur du moyeu, ladite différence de diamètre étant inférieure à 1,5 mm ;

- la différence de diamètre est supérieure à 0,1 mm ;

- la couronne annulaire comprend un rebord intérieur s'étendant sensiblement radialement vers l'axe de la paroi périphérique, depuis la paroi périphérique ;

- le rebord intérieur affleure l'arbre ;

- la couronne annulaire comprend en outre un rebord extérieur faisant saillie depuis la paroi périphérique à l'opposée de l'axe de la paroi périphérique, ledit rebord extérieur longeant une surface de la roue de pompe ;

- l'écran de protection est fixé à la roue de pompe par l'intermédiaire du rebord extérieur ;

- un joint est interposé entre le rebord extérieur et la roue de pompe ;

- le rebord intérieur fait saillie depuis une première extrémité axiale de la paroi périphérique, et le rebord extérieur fait saillie depuis une deuxième extrémité axiale de la paroi périphérique, opposée à la première extrémité axiale ;

- elle comprend des moyens de circulation du fluide caloporteur dans le tronçon d'extrémité axiale de l'arbre emmanché dans le moyeu ;

- elle comprend une clavette de liaison de la roue de pompe à l'arbre, la roue de pompe présentant une première rainure axiale de réception de la clavette et l'arbre présentant une deuxième rainure axiale de réception de la clavette, la clavette et la roue de pompe comprenant des organes complémentaires de blocage axial de la clavette par rapport à la roue de pompe ;

- la première rainure axiale débouche dans une extrémité axiale de la roue de pompe au travers d'une fenêtre, et l'écran de protection obstrue ladite fenêtre ;

- la roue de pompe est freinée sur l'arbre ;

- l'écran de protection est rapporté à la roue de pompe ;

- l'arbre d'entraînement est orienté sensiblement verticalement, le tronçon d'extrémité axiale emmanché dans le moyeu étant un tronçon d'extrémité inférieure de l'arbre ; et

- la pompe est une pompe primaire, le circuit fluide étant un circuit primaire d'un réacteur nucléaire, en particulier d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux
5 dessins annexés, dans lesquels :

- la Figure 1 est une vue en élévation et en coupe partielle d'une pompe selon l'invention,
- la Figure 2 est une vue d'un détail marqué II de la Figure 1, et
- la Figure 3 est une vue d'un détail marqué III de la Figure 2.

10 La pompe 1, représentée sur la Figure 1, est une pompe primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression. Cette pompe 1 est adaptée pour mettre en circulation un fluide caloporteur, en l'occurrence de l'eau sous pression à une température proche de 300°C, dans un circuit fluide, en l'occurrence le circuit primaire du réacteur nucléaire.

A cet effet, la pompe primaire 1 comporte un corps de pompe 2 délimitant une
15 chambre 4, ou volute, de circulation du fluide caloporteur, reliée fluidiquement par l'intermédiaire d'une première tubulure 6 à une première canalisation du circuit primaire et par une seconde tubulure 8 à une seconde canalisation du circuit primaire, entre lesquelles la pompe 1 établit une certaine pression de pompage pour mettre le fluide caloporteur en circulation.

20 La pompe 1 comporte en outre une roue de pompe 10 pour établir la pression de pompage entre les première et seconde tubulures 6, 8. Cette roue de pompe 10 est freinée sur un tronçon d'extrémité axiale inférieure 12 d'un arbre d'entraînement 14 orienté sensiblement verticalement et dont le tronçon d'extrémité axiale supérieure 16 est relié, par l'intermédiaire d'un accouplement 18, au rotor d'un moteur électrique 20
25 d'entraînement en rotation de la roue de pompe 10.

Un palier 22 assure la liaison de l'arbre 14 au corps de pompe 2, et le guidage de l'arbre 14 en rotation autour de son axe.

En référence à la figure 2, à la périphérie de l'arbre d'entraînement 14 sont disposés, dans une enveloppe 30 entourant l'arbre 14, des moyens 32 de refroidissement
30 de l'arbre 14.

Le corps de pompe 2 sépare la chambre de circulation 4 de l'enveloppe 30. En d'autres termes, une paroi 34 du corps de pompe 2 s'étend entre la chambre de circulation 4 et l'enveloppe 30. Ladite paroi 34 présente un orifice traversant 36, débouchant dans la chambre de circulation 4 et dans l'enveloppe 30, pour le passage de
35 l'arbre d'entraînement 14.

5

Les moyens de refroidissement 32 comprennent en particulier une barrière thermique 38 constituée par un réseau de tubes parcourus par un fluide d'échange et logée dans l'enveloppe 30. Cette barrière thermique 38 a pour rôle d'empêcher la chaleur du fluide caloporteur de remonter vers les parties supérieures de la pompe 1.

5 Les moyens de refroidissement 32 comprennent également, de façon connue, des moyens (non représentés) d'injection d'un fluide de refroidissement sous pression, à une température inférieure à 60°C, dans l'enveloppe 30, et de circulation dudit fluide de refroidissement dans l'enveloppe 30, le long de l'arbre d'entraînement 14. Ce fluide de refroidissement s'écoule en partie vers le bas au travers de l'orifice 36, et en partie vers le
10 haut au travers du palier 22.

La roue de pompe 10 est disposée intégralement dans la chambre de circulation 4. En d'autres termes, elle ne s'étend pas dans l'enveloppe 30. Elle est ainsi intégralement immergée, de même que le tronçon d'extrémité 12, dans le fluide caloporteur circulant à l'intérieur de la chambre de circulation 4

15 La roue de pompe 10 comprend, toujours en référence à la Figure 2, un moyeu 40, une bague annulaire 42 s'étendant autour du moyeu 40, et une pluralité d'aubes 44 portées par la bague 42.

Le moyeu 40 est tubulaire. Il est coaxial avec l'arbre 14 et est emmanché sur le tronçon d'extrémité axiale inférieure 12. Il présente une face périphérique intérieure 46, en
20 contact avec l'arbre 14, et une face périphérique extérieure 48, opposée à la face périphérique intérieure 46.

La face périphérique intérieure 46 a une forme sensiblement tronconique, rétrécissant vers le bas, pour faciliter le montage de la roue 10 sur l'arbre 14.

La bague annulaire 42 entoure le moyeu 40. Elle fait saillie vers l'extérieur et vers
25 le haut depuis une extrémité inférieure du moyeu 40. Elle a ainsi sensiblement la forme d'un tronc de cône creux rétrécissant vers le bas et s'élargissant vers le haut.

La bague annulaire 42 présente une face supérieure 50 formant, à la jonction avec la face périphérique extérieure 48 du moyeu 40, un plateau 52 annulaire, définissant un plan sensiblement radial. Ledit plateau 52 est en retrait vers le bas par rapport aux
30 extrémités supérieures 54, 56 du moyeu 40 et de la bague 42.

La bague annulaire 42 présente en outre une face inférieure 58, opposée à la face supérieure 50.

Chaque aube 44 fait saillie vers le bas depuis la face inférieure 58 de la bague 42.

La roue de pompe 10 est monobloc.

35 L'arbre d'entraînement 14 comprend, en plus du tronçon d'extrémité axiale inférieure 12, un tronçon central 60, entouré par l'enveloppe 30, et un tronçon

6

intermédiaire 62, interposé entre les tronçons central 60 et d'extrémité axiale inférieure 12.

Le tronçon central 60 est sensiblement cylindrique de révolution, et a un premier diamètre. Il définit un épaulement radial 64, orienté vers le bas, à la jonction avec le tronçon intermédiaire 62.

Le tronçon intermédiaire 62 est sensiblement cylindrique de révolution, et a un deuxième diamètre, inférieur au premier diamètre. Il s'étend au travers de l'orifice traversant 36.

Une bague de protection thermique 66 est emmanchée sur le tronçon intermédiaire 62, en appui contre l'épaulement 64. Ladite bague 66 est en particulier freinée sur le tronçon 62. Elle est destinée à protéger l'arbre 14 contre le gradient thermique existant entre l'intérieur de l'enveloppe 30 et l'intérieur de la chambre de circulation 4.

Le tronçon d'extrémité axiale inférieure 12 est intégralement emmanché dans le moyeu 40. Il a une forme légèrement tronconique rétrécissant vers le bas. Cette forme est en particulier complémentaire de celle de la face périphérique intérieure 46 du moyeu 40.

Le diamètre maximal du tronçon d'extrémité axiale inférieure 12 est de préférence sensiblement égal, comme représenté, au deuxième diamètre.

La pompe 1 comprend également, toujours en référence à la Figure 2, un écrou 70 de solidarisation axiale de la roue de pompe 10 à l'arbre 14, et une clavette 72 de solidarisation en rotation de la roue de pompe 10 à l'arbre 14.

Le tronçon d'extrémité axiale inférieure 12 définit un évidement 74 de réception de l'écrou 70, débouchant dans l'extrémité axiale inférieure 76 de l'arbre 14. Ledit évidement 74 est sensiblement cylindrique de révolution, coaxial avec l'arbre 14, et présente un taraudage intérieur.

L'écrou 70 est vissé à l'arbre 14. Il comprend un corps d'écrou 80 et une tête d'écrou 82.

Le corps d'écrou 80 est sensiblement cylindrique de révolution. Il a un diamètre sensiblement égal au diamètre de l'évidement 74, et présente un filetage extérieur coopérant avec le taraudage de l'évidement 74.

La tête d'écrou 82 a un diamètre supérieur au diamètre de l'extrémité inférieure 76 de l'arbre 14. Elle définit un épaulement radial 84 orienté vers le haut, en appui contre la roue de pompe 10. Ainsi la roue de pompe 10 ne peut pas se déplacer vers le bas par rapport à l'arbre 14.

L'écrou 70 présente également un passage axial 86 pour une contre-vis 88. La contre-vis 88 est vissée au tronçon d'extrémité axiale inférieure 12 avec un pas opposé

au pas de vissage de l'écrou 70 au tronçon d'extrémité axiale inférieure 12, et la tête 90 de la contre-vis 88 est en appui contre la tête 82 de l'écrou 70. En particulier, la tête 90 de la contre-vis 88 est soudée sur l'écrou de roue 70 afin d'interdire le desserrage de l'écrou de roue 70.

5 Le moyeu 40 de la roue de pompe 10 présente une première rainure axiale 92 de réception de la clavette 70, et le tronçon d'extrémité axiale inférieure 12 présente une deuxième rainure axiale 94 de réception de la clavette 70. Lesdites rainures 92, 94 sont disposées l'une face à l'autre, et la clavette 70 est engagée dans chacune des deux rainures 92, 94. Ainsi, en cas de perte de fretage, la clavette 70 peut transmettre le
10 couple de rotation de l'arbre 14 à la roue de pompe 10.

La première rainure 92 débouche au travers d'une fenêtre 96 dans l'extrémité supérieure 54 du moyeu 40.

La roue de pompe 10 et la clavette 70 comprennent des moyens complémentaires de solidarisation axiale de la clavette 70 à la roue 10. Ainsi, la roue de pompe 10 peut être
15 montée sur l'arbre d'entraînement 14 avec la clavette 70 déjà engagée dans la première rainure 92. Dans l'exemple représenté, ces moyens complémentaires sont constitués par un ergot 100 solidaire de la clavette 72, et un orifice 102 de réception de l'ergot 100, ménagé dans le moyeu 40. L'ergot 100 fait en particulier saillie radialement vers l'extérieur depuis la clavette 70.

20 Toujours en référence à la Figure 2, la pompe 1 comprend également des moyens de circulation du fluide caloporteur à l'intérieur du tronçon d'extrémité axiale inférieure 12. Ces moyens de circulation sont, dans l'exemple représenté, formés par une roue auxiliaire centrifuge intégrée à l'écrou de roue 70.

A cet effet, l'écrou de roue 70 présente une pluralité de canaux inclinés 104
25 ménagés dans la tête d'écrou 82 et reliant fluidiquement le passage 86 à la chambre de circulation 4, une pluralité de canaux axiaux 106 ménagés dans le corps d'écrou 80 autour du passage 86, et une pluralité de canaux radiaux 108 ménagés dans la tête d'écrou 82 reliant fluidiquement chaque canal axial 106 à la chambre de circulation 4. En outre, le corps d'écrou 80 présente un tronçon d'extrémité axiale supérieure de diamètre
30 réduit pour la mise en place d'une bague 110 soudée à l'écrou 70 dans le prolongement des canaux radiaux 106, un interstice 112 étant laissé dégagé entre les canaux axiaux 106 et l'écrou 110. Enfin, un espace axial 114 est ménagé entre le fond de l'évidement 74 et l'écrou de roue 70, et un espace périphérique 116 est ménagé entre la paroi périphérique de l'évidement 74 et la bague 110, pour mettre en communication fluidique
35 le passage 86 avec chaque canal axial 106 par contournement de la bague 110.

Selon l'invention, la pompe 1 comprend en outre, en référence à la Figure 3, un écran 120 de protection de la roue de pompe 10 contre un écoulement du fluide de refroidissement le long de la face périphérique extérieure 48 du moyeu 40 de roue 10.

Cet écran de protection 120 est rapporté à la roue de pompe 10. Il est formé par une couronne métallique annulaire, typiquement en acier inoxydable ou en alliage de nickel (INCONEL), comprenant une paroi périphérique 122 sensiblement cylindrique, un rebord intérieur 124 s'étendant sensiblement radialement vers l'axe de la paroi périphérique 122, depuis la paroi périphérique 122, et un rebord extérieur 126 faisant saillie depuis la paroi périphérique 122 à l'opposée de l'axe de la paroi périphérique 122.

La paroi périphérique 122 est coaxiale avec le moyeu 40, et entoure le moyeu 40. Elle a un diamètre intérieur présentant une différence de diamètre avec le diamètre extérieur du moyeu 40, ladite différence de diamètre étant supérieure à 0,1 mm, et de préférence inférieure à 1,5 mm, afin de former une cavité de fluide étroite, couramment appelée « lame d'eau », entre l'écran de protection 120 et le moyeu 40.

Le rebord intérieur 124 fait saillie vers l'intérieur de la paroi périphérique 122 depuis une extrémité supérieure 130 de la paroi périphérique 122. Il longe sensiblement l'extrémité supérieure 54 du moyeu 40, un intervalle (non représenté) de hauteur comprise entre 0,1 mm et 1,5 mm étant laissé dégagé entre le rebord intérieur 124 et ladite extrémité supérieure 54.

Le rebord intérieur 124 obstrue la fenêtre 96 au travers de laquelle la première rainure 92 débouche dans l'extrémité supérieure 54 du moyeu 40. A cet effet, le rebord intérieur 124 s'étend depuis la paroi périphérique 122 jusqu'à affleurer l'arbre 14. En particulier, le rebord intérieur 124 affleure l'arbre 14 sur l'intégralité de son contour.

Le rebord intérieur 124 est interposé axialement entre l'extrémité supérieure 54 du moyeu 40 et la bague de protection thermique 66. De préférence, il est espacé axialement de plusieurs millimètres par rapport à la bague de protection thermique 66.

Le rebord extérieur 126 fait saillie vers l'extérieur de la paroi périphérique 122 depuis une extrémité inférieure 132 de la paroi périphérique 122. Il longe le plateau 52.

Une pluralité de vis 134 s'étendent au travers du rebord extérieur 126 et sont vissées dans la roue de pompe 10, pour fixer le rebord extérieur 126 à la roue de pompe 10. En variante, le rebord extérieur 126 est soudé à la roue de pompe 10. L'écran de protection 120 est ainsi fixé à la roue de pompe 10 par l'intermédiaire du rebord extérieur 126, l'écran de protection 120 n'étant fixé à la roue de pompe 10 en aucun autre point et étant fixé exclusivement à la roue de pompe 10.

Comme visible sur la Figure 3, un joint annulaire 136 est interposé entre le rebord extérieur 126 et le plateau 52. Ce joint 136 est typiquement un joint métallique de type C-ring.

Grâce à l'invention décrite ci-dessus, les pertes de frettage entre la roue de pompe 10 et l'arbre d'entraînement 14 sont évitées.

En effet, du fait de la présence de l'écran de protection 120, la partie du débit de fluide de refroidissement s'écoulant vers le bas ne peut pas s'écouler directement contre le moyeu 40 de la roue 10. Il en résulte un refroidissement plus lent du moyeu 40 sous l'effet du fluide de refroidissement lorsque la pompe 1 est à l'arrêt lors d'un arrêt à chaud du réacteur. Cela permet d'éviter que le moyeu 40 ne refroidisse plus vite que l'arbre 14 et, ce faisant, se déforme en venant se resserrer autour de l'arbre 14 demeuré dilaté, occasionnant une perte de frettage. Ce ralentissement du refroidissement du moyeu 40 est d'autant plus important que, du fait de la différence de diamètre entre la paroi périphérique 122 et le moyeu 40, de l'eau est piégée entre l'écran 120 et le moyeu 40, cette eau ne pouvant s'écouler vers le bas du fait de la présence du joint 136, cette eau formant par conséquent une lame d'eau stagnante venant renforcer l'isolation thermique apportée par l'écran 120.

En outre, l'écran 120 obstruant la fenêtre 96, le fluide de refroidissement ne peut pas s'écouler dans la première rainure 92. Cela évite un refroidissement local plus prononcé du moyeu 40 et de l'arbre 15 pouvant occasionner l'apparition de fissures dans la roue de pompe 10 et dans l'arbre 15.

Des simulations thermo-mécaniques ont été menées pour comparer les efforts résiduels de frettage entre l'invention décrite ci-dessus et la pompe décrite dans EP-A-0 257 140. Pour cela, chacune des deux pompes a été soumise à une succession de dix cycles comprenant chacun la succession d'étapes suivantes :

- chauffage du fluide caloporteur de 20 à 300 °C à raison de 40 °C par heure ;
- arrêt à chaud de la pompe, le fluide caloporteur étant à 300°C, l'injection de fluide de refroidissement étant maintenue, la température du fluide dans la chambre de circulation, au dos de la roue de pompe, chutant très rapidement pour se stabiliser à 150 °C au bout de 120 secondes ;
- redémarrage à chaud de la pompe, la roue étant rapidement réchauffée par le fluide caloporteur à la température de 300°C.
- refroidissement du réacteur, la température du fluide caloporteur passant de 300 à 20 °C à raison de 55 °C par heure.

Au terme de ces dix cycles, la stabilisation des déformations est observée. La pompe 1 présente alors un gain de pression de frettage résiduelle de 360 % pour la

rotation à chaud et de 180 % pour la rotation à froid par comparaison à la pompe décrite dans EP-A-0 257 140.

Ces résultats montrent donc clairement et de façon non ambiguë l'intérêt de l'invention par rapport à l'état de la technique.

- 5 On notera que, bien que la pompe décrite soit une pompe primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, l'invention n'est pas limitée à ce seul type de pompes. L'invention concerne généralement tout type de pompe pour la mise en circulation d'un fluide caloporteur dans un circuit fluidique, et est en particulier applicable aux pompes primaires d'autres réacteurs nucléaires, comme les réacteurs à eau bouillante.

11
REVENDICATIONS

1.- Pompe (1) pour la mise en circulation d'un fluide caloporteur dans un circuit
fluidique, la pompe (1) comprenant :

- 5 - une chambre (4) de circulation du fluide caloporteur,
- une roue de pompe (10), disposée intégralement dans la chambre de circulation
 (4) et comportant un moyeu (40),
- un arbre (14) d'entraînement de la roue de pompe (10) en rotation, ayant un
10 tronçon d'extrémité axiale (12) solidaire de la roue de pompe (10) et emmanché
 dans le moyeu (40) de la roue de pompe (10),
- un moteur (20) d'entraînement de l'arbre (14) en rotation autour de son axe, et
- des moyens de circulation d'un fluide de refroidissement de l'arbre d'entraînement
 (14) à une température inférieure à celle du fluide caloporteur le long de l'arbre
 d'entraînement (14),

15 caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un écran (120) de protection de la
roue de pompe (10) contre un écoulement du fluide de refroidissement le long d'une face
périphérique extérieure (48) du moyeu (40) de ladite roue de pompe (10), ledit écran de
protection (120) étant fixé à la roue de pompe (10).

20 2.- Pompe (1) selon la revendication 1, dans laquelle l'écran de protection (120)
est formé par une couronne annulaire comprenant une paroi périphérique (122)
sensiblement cylindrique, coaxiale avec le moyeu (40) et entourant le moyeu (40).

 3.- Pompe (1) selon la revendication 2, dans laquelle la paroi périphérique (122) a
un diamètre intérieur présentant une différence de diamètre avec un diamètre extérieur du
moyeu (40), ladite différence de diamètre étant inférieure à 1,5 mm.

25 4.- Pompe (1) selon la revendication 3, dans laquelle la différence de diamètre est
supérieure à 0,1 mm.

 5.- Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans laquelle la
couronne annulaire comprend un rebord intérieur (124) s'étendant sensiblement
radialement vers l'axe de la paroi périphérique (122), depuis la paroi périphérique (122).

30 6.- Pompe (1) selon la revendication 5, dans laquelle le rebord intérieur (122)
affleure l'arbre (14).

 7.- Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, dans laquelle la
couronne annulaire comprend en outre un rebord extérieur (126) faisant saillie depuis la
paroi périphérique (122) à l'opposée de l'axe de la paroi périphérique (122), ledit rebord
35 extérieur (126) longeant une surface (52) de la roue de pompe (10).

12

8.- Pompe (1) selon la revendication 7, dans laquelle l'écran de protection (120) est fixé à la roue de pompe (10) par l'intermédiaire du rebord extérieur (126).

9.- Pompe (1) selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle un joint (136) est interposé entre le rebord extérieur (126) et la roue de pompe (10).

5 10.- Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9 prise en combinaison avec la revendication 5 ou 6, dans laquelle le rebord intérieur (124) fait saillie depuis une première extrémité axiale (130) de la paroi périphérique (122), et le rebord extérieur (126) fait saillie depuis une deuxième extrémité axiale (132) de la paroi périphérique (122), opposée à la première extrémité axiale (130).

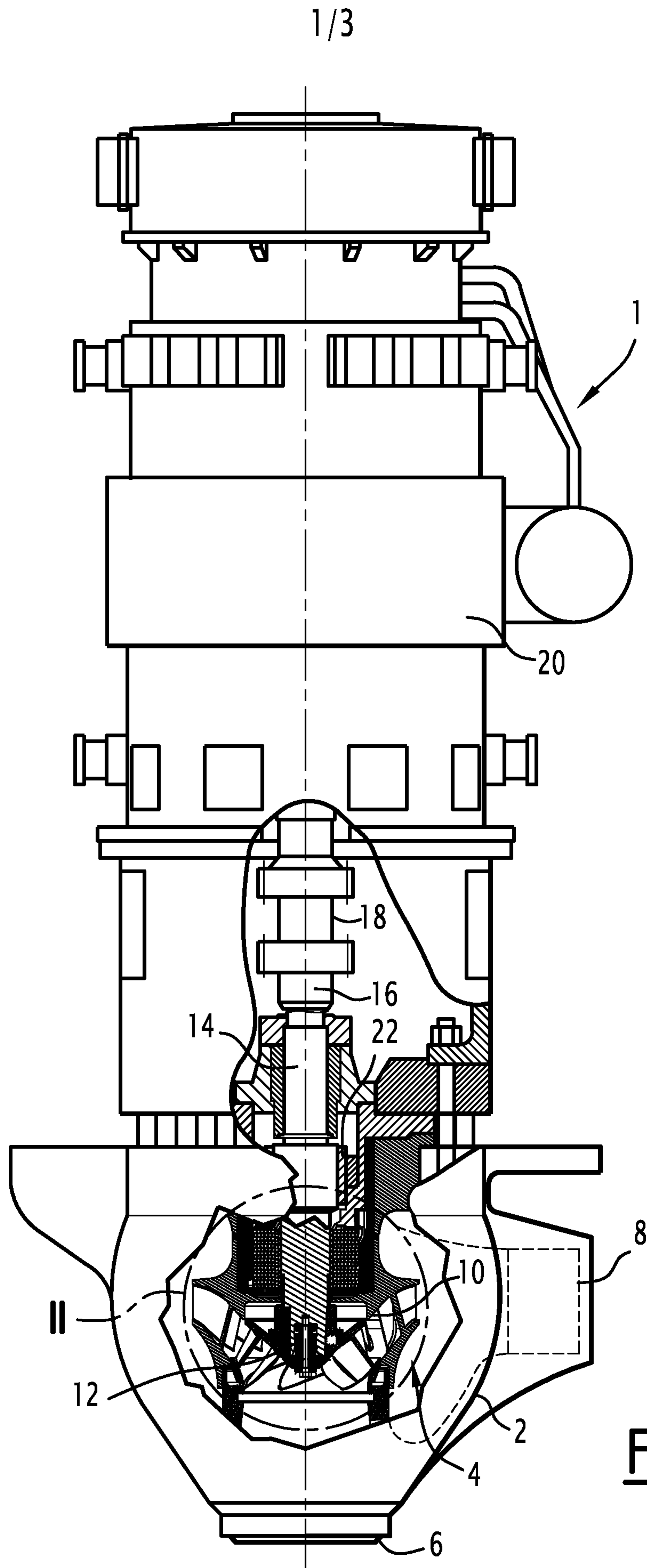
10 11.- Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant des moyens de circulation du fluide caloporteur dans le tronçon d'extrémité axiale (12) de l'arbre (14) emmanché dans le moyeu (40).

12.- Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une clavette (70) de liaison de la roue de pompe (10) à l'arbre (14), la roue
15 de pompe (10) présentant une première rainure axiale (92) de réception de la clavette (70) et l'arbre présentant une deuxième rainure axiale (94) de réception de la clavette (70), la clavette (70) et la roue de pompe (10) comprenant des organes complémentaires (100, 102) de blocage axial de la clavette (70) par rapport à la roue de pompe (10).

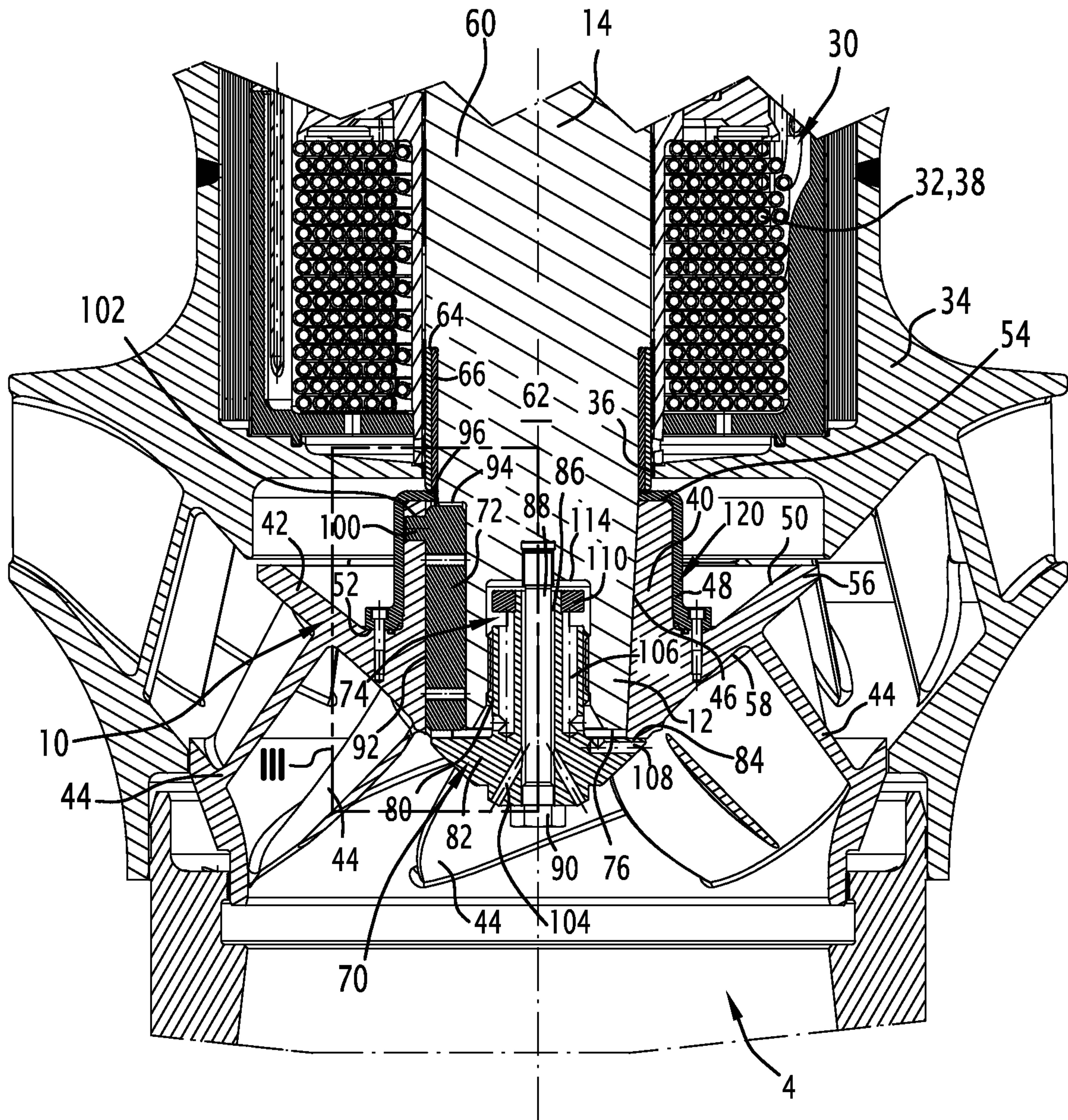
13.- Pompe (1) selon la revendication 12, dans laquelle la première rainure axiale
20 (92) débouche dans une extrémité axiale (54) de la roue de pompe (92) au travers d'une fenêtre (96), et l'écran de protection (120) obstrue ladite fenêtre (96).

14.- Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la roue de pompe (10) est freinée sur l'arbre (14).

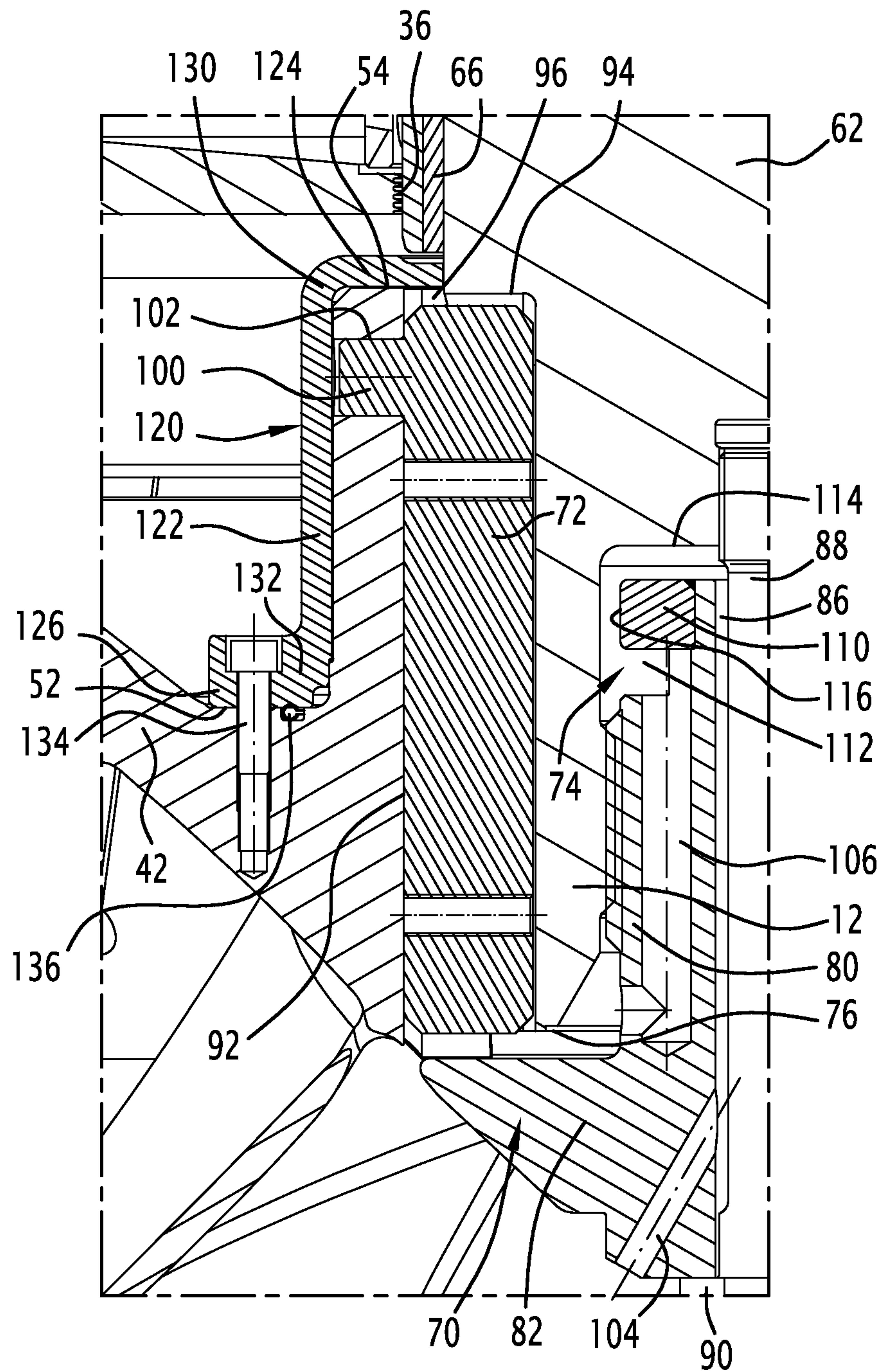
15.- Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans
25 laquelle l'arbre d'entraînement (14) est orienté sensiblement verticalement, le tronçon d'extrémité axiale (12) emmanché dans le moyeu (40) étant un tronçon d'extrémité inférieure de l'arbre (14).

**FIG.1**

2/3

**FIG.2**

3/3

FIG. 3

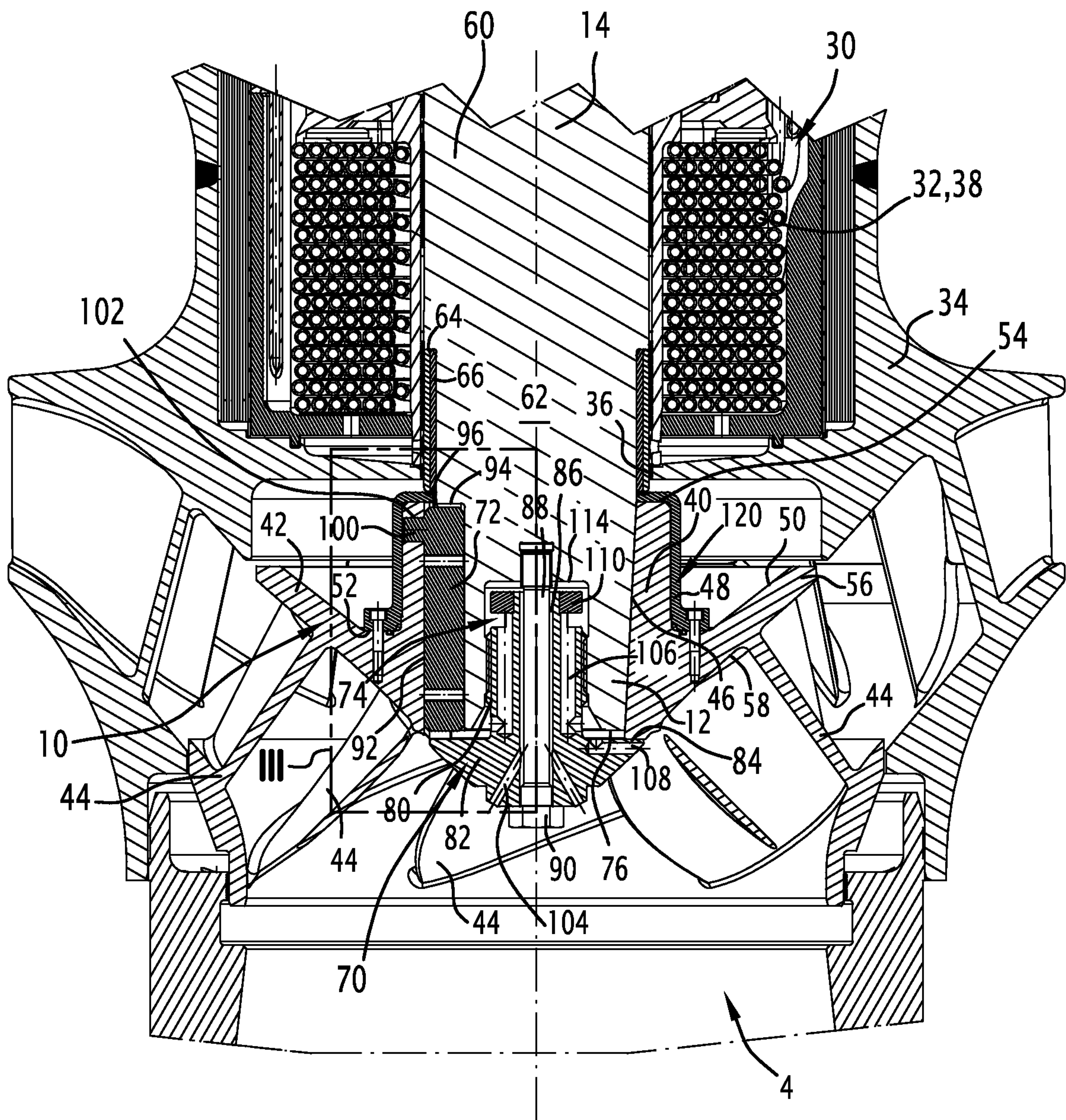


FIG. 2