



(11) **EP 1 908 960 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
09.04.2008 Bulletin 2008/15

(51) Int Cl.:
F04D 13/06 ^(2006.01) **F04D 29/04** ^(2006.01)
F04D 29/58 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07117499.9**

(22) Date de dépôt: **28.09.2007**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK RS

- **Danguy, François**
27510, TOURNY (FR)
- **Fayolle, Patrice**
27200, VERNON (FR)
- **Luend, Jean-Yann**
78930, BREUIL BOIS ROBERT (FR)

(30) Priorité: **28.09.2006 FR 0653986**

(71) Demandeur: **SNECMA**
75015 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Barbin le Bourhis, Joël et al**
Cabinet Beau de Loménie,
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Wahl, Fabien**
27950, SAINT MARCEL (FR)

(54) **Pompe a moteur electrique, immergee dans le fluide a pomper**

(57) Circuits de circulation auxiliaire du fluide dans la pompe pour l'équilibrage axial et le refroidissement de certaines parties de la pompe.

La pompe comporte une zone centrifuge (28) avec un système d'équilibrage axial (60) fluïdique et le circuit

d'alimentation de ce système d'équilibrage est indépendant du ou chaque circuit de refroidissement fluïdique (90, 50, 48, 52, 86) de certains éléments de la pompe tels que le moteur (16) et/ou un roulement (38).

EP 1 908 960 A1

Description

[0001] L'invention se rapporte à une pompe à moteur électrique totalement immergée, y compris le moteur, dans le fluide à pomper. Une telle pompe est par exemple utilisée pour le pompage d'un liquide froid tel que du gaz naturel liquéfié où ledit liquide est utilisé en tant que fluide de refroidissement de certains éléments de la pompe, notamment le moteur électrique, ainsi que pour l'équilibrage dynamique axial des parties rotatives. L'invention concerne plus particulièrement un nouvel agencement des circuits de circulation auxiliaire du fluide, permettant de réaliser ces fonctions.

[0002] On connaît un type de pompe dans lequel l'étage d'aspiration, situé en partie basse d'un boîtier, est surmonté par un moteur électrique d'entraînement, logé dans le même boîtier. Ce dernier est conçu pour être plongé dans le fluide à pomper. Par exemple, une pompe de ce genre peut être utilisée pour le pompage du gaz naturel liquéfié contenu dans une cuve. La pompe est immergée dans le gaz liquéfié, de préférence globalement verticalement jusqu'au fond de la cuve. Une telle pompe est par exemple décrite dans le brevet US n° 3 652 186. L'arbre commun du moteur électrique et de l'étage d'aspiration est supporté par des roulements.

[0003] L'étage d'aspiration est suivi d'une roue centrifuge liée à l'arbre et la structure de celle-ci est mise à profit pour former un système d'équilibrage axial défini par un circuit de circulation fluide, du fluide à pomper lui-même, agencé entre la roue centrifuge et le boîtier. En fonctionnement, ce système d'équilibrage soulage les roulements mécaniques. Une faible partie du fluide pompé est donc prélevée pour alimenter ce système d'équilibrage.

[0004] Il est aussi connu de prélever du fluide pompé pour refroidir certains éléments de la pompe, notamment le moteur électrique et au moins un roulement mécanique, particulièrement le roulement principal, situé près du système d'équilibrage fluide.

[0005] Bien que la pompe puisse fonctionner dans toute position, elle est plus particulièrement conçue pour être positionnée verticalement, avec l'étage d'aspiration en bas. C'est pourquoi dans la suite de la description, on utilisera les termes "inférieur" ou "supérieur", par exemple pour définir la position d'un élément par rapport à un autre.

[0006] L'invention propose d'optimiser les circulations auxiliaires internes de fluide dans la pompe pour améliorer les performances du système d'équilibrage et celles des flux de refroidissement.

[0007] A cet effet, l'invention concerne principalement une pompe à moteur électrique immergée dans le fluide à pomper, comprenant un boîtier destiné à être plongé dans ledit fluide et abritant, d'une part, au moins une roue centrifuge et, d'autre part, un moteur électrique coaxial surmontant ladite roue centrifuge et comportant un stator solidaire dudit boîtier et un rotor solidaire d'un arbre couplé à ladite roue centrifuge, un premier roulement monté

entre ledit arbre et ledit boîtier étant installé entre ladite roue centrifuge et ledit moteur, et un système d'équilibrage axial étant défini par un circuit de circulation de fluide agencé entre ladite roue centrifuge et ledit boîtier, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre au moins un circuit de refroidissement fluide, notamment pour ledit moteur et/ou ledit premier roulement, et en ce que ledit circuit d'alimentation dudit système d'équilibrage axial est indépendant du ou de chaque circuit de refroidissement.

[0008] Dans ces conditions, la pression disponible pour chaque fonction (équilibrage dynamique et refroidissement) est maximum et la température est minimum. Ces deux conditions réunies se sont révélées importantes pour un bon fonctionnement du système d'équilibrage axial et des circuits de refroidissement. L'invention permet aussi d'éliminer les risques de vaporisation interne (cavitation) du fluide circulant dans les circuits auxiliaires définis ci-dessus.

[0009] De plus, les différents circuits auxiliaires de circulation de fluide sont faciles à implanter dans la pompe.

[0010] Avantageusement, le circuit de refroidissement fluide du moteur électrique traverse l'entrefer de ce dernier.

[0011] Selon un mode de réalisation, le moteur est installé dans une chemise intérieure du boîtier, définissant dans celle-ci une chambre inférieure (entre ledit premier roulement et le moteur) et une chambre supérieure au-dessus du moteur. Le circuit de refroidissement du moteur comporte des orifices d'entrée pratiqués dans la paroi de la chemise intérieure et établissant une communication entre un conduit d'évacuation en aval de ladite roue centrifuge et la chambre inférieure. Au moins un conduit de décharge communiquant avec la chambre supérieure est prévu pour réintroduire le fluide utilisé pour le refroidissement dans le réservoir où il est stocké.

[0012] Le système d'équilibrage axial comprend un espace d'écoulement à haute pression défini entre le boîtier et une face inférieure (avant) de ladite roue centrifuge et un espace d'écoulement à basse pression défini entre le boîtier et une face supérieure (arrière) de cette même roue centrifuge, ledit espace d'écoulement à basse pression étant limité radialement intérieurement par un passage annulaire formant restriction d'écoulement variable axialement. Des canaux de réinjection sont pratiqués dans ladite roue centrifuge entre un espace annulaire de décharge et l'entrée de la roue centrifuge (où le fluide se trouve à une pression plus basse). L'espace annulaire de décharge est défini autour de l'arbre, radialement intérieurement par rapport au dit passage annulaire formant restriction d'écoulement variable.

[0013] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre d'une pompe conforme à son principe, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence au dessin annexé dans lequel :

la figure unique représente une vue en coupe et en

élévation de la pompe conforme à l'invention.

[0014] La pompe représentée comporte un boîtier 12, globalement cylindrique, abritant un étage d'aspiration 14 et un moteur électrique 16. Ce dernier comporte un stator 18 solidaire du boîtier et un rotor 20 muni d'un arbre d'entraînement 22 dont l'axe coïncide avec celui de l'étage d'aspiration. L'arbre 22 est mécaniquement couplé à l'étage d'aspiration 14 qui comporte principalement une unité d'entraînement à vis d'Archimède, ci-après appelée inducteur 26. L'étage d'aspiration est surmonté d'une roue centrifuge 28, connue en soi. Un redresseur 30 dont les aubes fixes 31 sont solidaires du boîtier est installé coaxialement entre l'inducteur 26 et la roue centrifuge 28. Dans les conditions normales d'exploitation la pompe est conçue pour être positionnée au moins approximativement verticalement et immergée dans le fluide à pomper avec l'extrémité 34 du boîtier, la plus proche de l'inducteur, placée en partie basse. L'entrée de pompage 35 est définie au voisinage de cette extrémité inférieure 34. Dans ces conditions, c'est-à-dire en considérant la pompe dressée verticalement, on trouve successivement dans le boîtier, de bas en haut, l'inducteur 26, le redresseur 30, la roue centrifuge 28 et le moteur électrique 16 entraînant l'arbre 22. Cet arbre ainsi que les parties tournantes de la pompe qui lui sont solidaires sont supportés par deux roulements à billes, coaxiaux et espacés de part et d'autre du moteur, un premier roulement 38, principal, situé entre l'étage d'aspiration 14 et le moteur 16, plus précisément juste au-dessus de la roue centrifuge 28, et un second roulement 40, situé au-dessus du moteur. Pour chaque roulement, la cage intérieure est fixée à l'arbre tandis que la cage extérieure est montée en coulissement dans un alésage du boîtier 12 de sorte que l'ensemble des éléments tournants de la pompe peut se déplacer suivant la direction longitudinale de l'arbre.

[0015] Ledit premier roulement 38 est installé au centre d'une paroi transversale 44 du boîtier, qui sépare l'étage d'aspiration du moteur. Le stator du moteur électrique est solidaire d'une chemise intérieure 46 du boîtier, coaxiale à l'arbre, en sorte que l'entrefer 48 du moteur, défini entre l'extérieur du rotor et l'intérieur du stator, établit une communication entre une chambre inférieure 50 de ladite chemise intérieure (s'étendant entre ledit premier roulement et l'extrémité inférieure du moteur) et une chambre supérieure 52 de ladite chemise intérieure, s'étendant entre le moteur et ledit second roulement. En fonctionnement, ladite chemise intérieure est remplie par le fluide à pomper.

[0016] Un conduit annulaire 54 communiquant avec la sortie 56 de la roue centrifuge 28 s'étend autour de ladite chemise intérieure 46 et débouche à sa partie supérieure dans un conduit d'évacuation 58 du fluide pompé.

[0017] Un système d'équilibrage dynamique 60 défini par un double circuit de circulation de fluide pompé est agencé entre la roue centrifuge et le boîtier. Ce système d'équilibrage comprend un espace d'écoulement à haute

pression 62 défini entre le boîtier et une face inférieure de la roue centrifuge et un espace d'écoulement à basse pression 64 défini entre le boîtier (plus particulièrement ladite paroi transversale 44 dans laquelle est monté ledit premier roulement) et une face supérieure de la roue centrifuge.

[0018] L'espace d'écoulement à haute pression 62 défini entre ledit boîtier et ladite face inférieure s'étend annulairement entre la sortie 56 haute pression de la roue centrifuge et l'entrée 66, basse pression, de cette même roue. Un premier joint labyrinthe 68 (ou restriction d'écoulement annulaire calibrée analogue) est agencé entre l'extrémité radiale la plus interne de cet espace d'écoulement haute pression et ladite entrée basse pression. L'entrée de cet espace d'écoulement à haute pression se situe à la sortie même de la roue centrifuge, sans restriction d'écoulement.

[0019] L'espace d'écoulement à basse pression 64 défini entre ladite paroi transversale 44 du boîtier et ladite face supérieure de la roue centrifuge s'étend annulairement entre un deuxième joint labyrinthe 70 (établissant une communication calibrée avec la sortie haute pression de la roue centrifuge) et un passage annulaire 72 formant restriction d'écoulement variable, défini radialement intérieurement par rapport audit deuxième joint labyrinthe 70.

[0020] Ce passage annulaire est créé entre deux nervures annulaires coaxiales et en regard l'une de l'autre, une nervure 74 faisant saillie de la face supérieure de la roue centrifuge et une nervure 76 faisant saillie de la face transversale du boîtier portant ledit premier roulement. Le passage annulaire constitue une restriction d'écoulement variable du fait que l'arbre, auquel est fixée la roue centrifuge, est légèrement mobile selon sa direction longitudinale, comme indiqué précédemment.

[0021] Un espace annulaire de décharge 78 est défini radialement intérieurement par rapport au passage annulaire 72, c'est-à-dire entre celui-ci et l'arbre. Il communique avec l'entrée 66, basse pression, de la roue centrifuge par des canaux de réinjection 80 pratiqués dans cette roue. Ainsi, ledit espace annulaire de décharge se trouve en permanence pratiquement à la basse pression qui règne à l'entrée de la roue centrifuge.

[0022] Le fonctionnement du système d'équilibrage axial est le suivant.

[0023] Au repos, la masse de l'ensemble des éléments rotatifs liés à l'arbre entraîne l'ouverture du passage annulaire 72 à son maximum.

[0024] En fonctionnement, les positions respectives des joints labyrinthes 68 et 70 par rapport aux espaces d'écoulement à haute pression 62 et basse pression 64, respectivement, engendrent une force ascendante sur la roue centrifuge et par voie de conséquence sur l'ensemble des éléments rotatifs liés à l'arbre. Cette force tend à réduire l'ouverture du passage annulaire 72, ce qui a tendance à augmenter la pression dans l'espace d'écoulement basse pression 64 et donc à rappeler la roue centrifuge vers le bas.

[0025] Un équilibre s'établit ce qui a pour effet de soulager la charge axiale du roulement 38, les deux nervures annulaires restant distantes l'une de l'autre d'une distance variable engendrant un effet de régulation.

[0026] Par ailleurs, ledit second roulement 40 maintient l'extrémité supérieure de l'arbre. Il est installé dans une cavité axiale 84 prolongeant vers le haut la chambre supérieure 52. Au moins un conduit de décharge 86 (faisant retour au réservoir dans lequel plonge la pompe) communique avec cette cavité donc avec ladite chambre supérieure 52.

[0027] Le ou chaque conduit de décharge est équipé d'un élément de calibrage de débit 88.

[0028] Dans l'exemple décrit, ledit second roulement 40 est donc installé entre la chambre supérieure et le ou chaque conduit de décharge.

[0029] Des orifices d'entrée 90 pratiqués dans la chemise 46 abritant le moteur, établissent une communication entre le conduit annulaire 54 d'évacuation du fluide pompé, à la sortie 56 de la roue centrifuge, et ladite chambre inférieure. La pression qui règne dans celle-ci est donc pratiquement égale à la haute pression qui règne à la sortie de la roue centrifuge.

[0030] Le logement du premier roulement 38 communique avec l'espace annulaire de décharge 78 via un joint 92 formant restriction d'écoulement annulaire calibré.

[0031] Selon une caractéristique importante de l'invention, des circuits de refroidissement fluide (utilisant une partie du fluide pompé) sont indépendants du double circuit de circulation de fluide du système d'équilibrage axial défini ci-dessus.

[0032] En effet, le circuit fluide d'alimentation du système d'équilibrage se compose essentiellement de l'espace d'écoulement à haute pression 62 et de l'espace d'écoulement à basse pression 64, définis plus haut. L'espace annulaire de décharge 78 à basse pression n'intervient pas dans le système d'équilibrage. Par ailleurs, le circuit de refroidissement du moteur s'établit entre les orifices d'entrée 90 pratiqués dans la chemise et la ou les restriction(s) d'écoulement 88 et comporte donc la chambre inférieure 50, l'entrefer 48 du moteur, la chambre supérieure 52 (et la cavité axiale 84) le ou les conduit(s) de décharge 86 et la ou les restriction(s) d'écoulement 88. Le fluide est réintroduit à l'entrée de la pompe. Par ailleurs, le circuit de refroidissement du premier roulement 38 est alimenté par les orifices 90 et comprend la chambre inférieure 50, le joint 92, l'espace annulaire de décharge 78 et les canaux de réinjection 80 ramenant le fluide à l'entrée de la roue centrifuge.

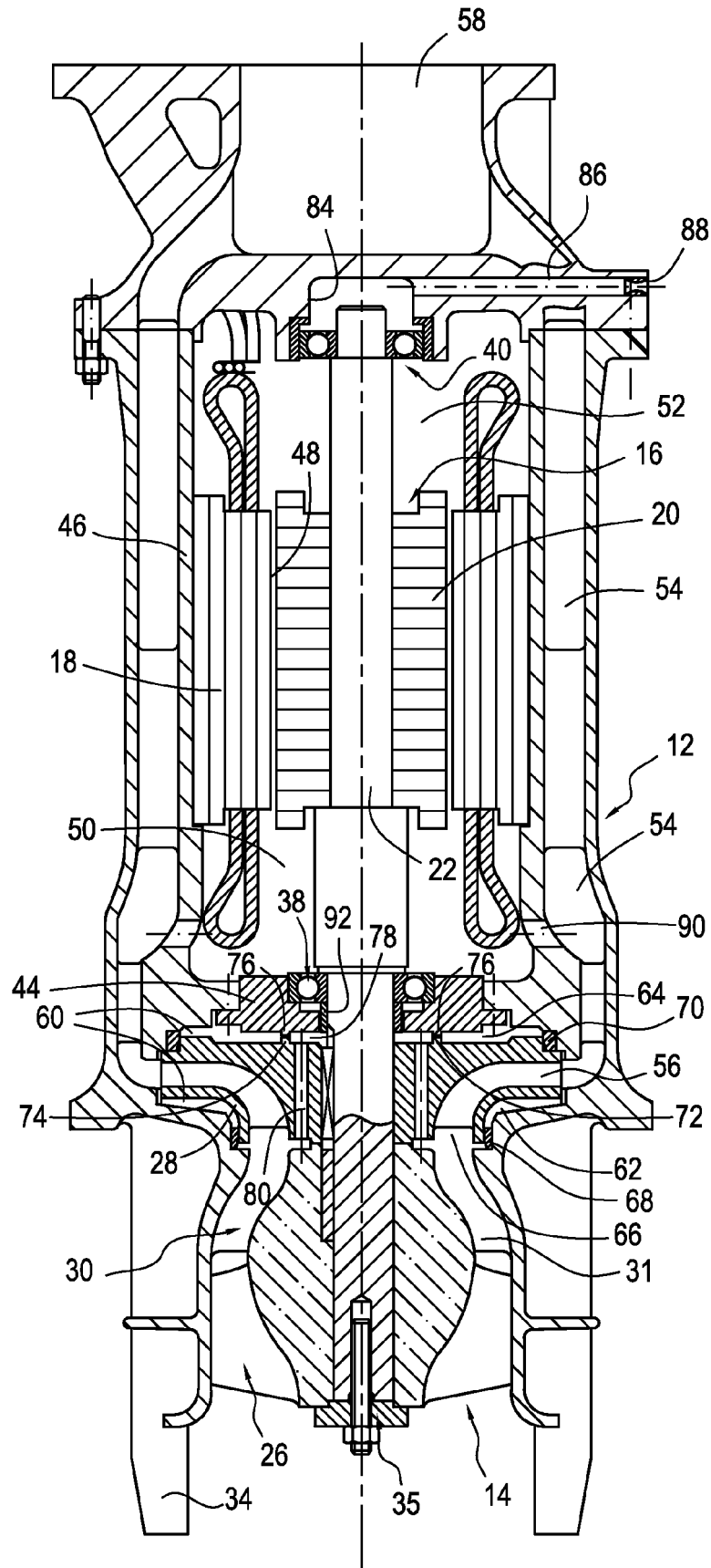
[0033] Enfin, le circuit de refroidissement du deuxième roulement 40 est le même que celui du moteur électrique 16. Le refroidissement du deuxième roulement est moins crucial que celui du premier roulement et peut donc être combiné avec celui du moteur électrique.

Revendications

1. Pompe à moteur électrique immergée dans le fluide à pomper, comprenant un boîtier destiné à être plongé dans ledit fluide et abritant, d'une part, au moins une roue centrifuge (28) et, d'autre part, un moteur électrique (16), coaxial, surmontant ladite roue centrifuge et comportant un stator solidaire dudit boîtier et un rotor solidaire d'un arbre (22) couplé à ladite roue centrifuge, un premier roulement (38) monté entre ledit arbre et ledit boîtier étant installé entre ladite roue centrifuge et ledit moteur, et un système d'équilibrage axial étant défini par un circuit de circulation de fluide agencé entre ladite roue centrifuge et ledit boîtier, **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins un circuit de refroidissement fluide (90, 50, 48, 52, 86), notamment pour ledit moteur et/ou ledit premier roulement, et **en ce que** ledit circuit d'alimentation dudit système d'équilibrage axial est indépendant du ou de chaque circuit de refroidissement.
2. Pompe selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ledit circuit de refroidissement fluide dudit moteur traverse l'entrefer (48) dudit moteur.
3. Pompe selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** ledit moteur (16) est installé dans une chemise intérieure définissant dans celle-ci une chambre inférieure (50) entre ledit premier roulement (38) et le moteur (16) et une chambre supérieure (52) au-dessus dudit moteur, et **en ce que** le circuit de refroidissement du moteur s'étend entre des orifices d'entrée (90) établissant une communication entre un conduit d'évacuation dudit fluide pompé et ladite chambre inférieure et au moins un conduit de décharge (86) communiquant avec la chambre supérieure.
4. Pompe selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** le ou chaque conduit de décharge est équipé d'un élément de calibrage de débit (88).
5. Pompe selon la revendication 3 ou 4, **caractérisée en ce qu'un** second roulement (40) est monté entre ledit arbre et ledit boîtier, dans ladite chambre supérieure.
6. Pompe selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** ledit second roulement (40) est installé entre ladite chambre supérieure (52) et le ou chaque conduit de décharge (86).
7. Pompe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** ledit système d'équilibrage axial (60) comprend un espace d'écoulement à haute pression (62) défini entre ledit boîtier et une face inférieure de ladite roue centrifuge (28) et un espace

d'écoulement à basse pression (64) défini entre ledit boîtier et une face supérieure de ladite roue centrifuge, et limité radialement intérieurement par un passage annulaire (72) formant restriction d'écoulement variable axialement, des canaux de réinjection (80) étant pratiqués dans ladite roue centrifuge entre un espace annulaire de décharge (78) et l'entrée (66) de ladite roue centrifuge, ledit espace annulaire de décharge étant défini autour dudit arbre, radialement intérieurement par rapport audit passage annulaire (72) formant restriction d'écoulement variable.

8. Pompe selon l'ensemble des revendications 3 et 7, **caractérisée en ce que** ledit premier roulement (38) communique avec ledit espace annulaire de décharge (78) en sorte que le circuit de refroidissement dudit premier roulement s'étend entre lesdits orifices d'entrée (90), et l'entrée de ladite roue centrifuge via ledit espace annulaire de décharge (78).
9. Pompe selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'un** joint (92) formant restriction d'écoulement annulaire calibré est interposé entre le logement dudit premier roulement (38) et ledit espace annulaire de décharge.





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 07 11 7499

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	FR 2 032 189 A (GUINARD POMPES) 20 novembre 1970 (1970-11-20)	1-4	INV. F04D13/06 F04D29/04 F04D29/58
A	* page 2, ligne 25 - page 3, ligne 10; figure 2 * * page 4, ligne 2 - ligne 15; figure 4 *	5-9	
X	US 2 887 062 A (BENJAMIN CAMETTI ET AL) 19 mai 1959 (1959-05-19)	1-3	
A	* colonne 7, ligne 21 - ligne 63; figures 1,1a * * colonne 4, ligne 57 - colonne 5, ligne 2; figure 1a *	4-9	
X	EP 0 740 078 A1 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP [US]) 30 octobre 1996 (1996-10-30)	1-3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F04D
A	* colonne 6, ligne 33 - colonne 7, ligne 28; figures 2,3b,3c * * colonne 15, ligne 38 - colonne 16, ligne 41; figure 7 *	4-7	
D,A	US 3 652 186 A (CARTER JAMES C) 28 mars 1972 (1972-03-28) * le document en entier *	1-9	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 30 novembre 2007	Examineur DI GIORGIO, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

4

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 07 11 7499

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

30-11-2007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2032189	A	20-11-1970	DE 2006681 A1	24-09-1970
			GB 1292384 A	11-10-1972
			US 3671152 A	20-06-1972
			US 3694110 A	26-09-1972

US 2887062	A	19-05-1959	AUCUN	

EP 0740078	A1	30-10-1996	CA 2170832 A1	04-09-1996
			DE 69614599 D1	27-09-2001
			DE 69614599 T2	11-04-2002
			US 5659214 A	19-08-1997

US 3652186	A	28-03-1972	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 3652186 A [0002]