



(11)

EP 3 701 152 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
25.09.2024 Bulletin 2024/39

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F04D 7/04 ^(2006.01) **F04D 13/06** ^(2006.01)
F04D 15/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18789158.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F04D 7/04; F04D 13/06; F04D 15/0077;
F04D 15/0088

(22) Date de dépôt: **23.10.2018**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2018/079057

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2019/081524 (02.05.2019 Gazette 2019/18)

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE MAINTIEN EN CONDITION OPÉRATIONNELLE D'UN SYSTÈME DE POMPAGE**

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEWAHRUNG EINES PUMPSYSTEMS IM
BETRIEBSZUSTAND

METHOD AND DEVICE FOR MAINTAINING A PUMPING SYSTEM IN OPERATIONAL CONDITION

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats de validation désignés:
MA

(30) Priorité: **25.10.2017 FR 1760073**

(43) Date de publication de la demande:
02.09.2020 Bulletin 2020/36

(73) Titulaire: **Suez International**
92040 Paris La Défense Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
• **PHILIPP, Patrick**
57530 Hayes (FR)
• **MARTAUD, Maurice**
78510 Triel Sur Seine (FR)
• **GRAMONT, Pierre**
60750 Choisy Au Bac (FR)

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
GB-A- 1 343 986 **US-A- 3 844 673**
US-A1- 2009 204 267 **US-A1- 2016 076 549**
US-B2- 6 688 320 **US-B2- 9 127 678**

EP 3 701 152 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] L'invention se situe dans le domaine du pompage, comme par exemple le pompage hydraulique urbain qui entre en jeu dans la collecte et le transport d'eau usée ainsi que dans la distribution d'eau. L'invention porte plus généralement sur les problématiques de gestion des stations de pompage d'eau comprenant un ou plusieurs systèmes de pompage.

Etat de la technique - Description du problème technique

[0002] Dans le domaine de la gestion des stations de pompage on trouve plusieurs types d'acteurs proposant chacun un service de gestion particulier.

[0003] Un premier type d'acteurs sont les constructeurs de pompes. Ces derniers bénéficient d'une connaissance détaillée du fonctionnement de leur produit et peuvent ainsi détecter finement des dérives de fonctionnement pouvant entraîner des pannes de pompe. Cependant, les systèmes de gestion proposés par les constructeurs de pompes ne sont pas, ou sont peu, adaptés aux pompes provenant d'autres constructeurs, ni à la station de pompage dans son ensemble, lorsque celle-ci comporte plusieurs pompes d'origine et de facture différente pour lesquelles il est nécessaire de surveiller plusieurs paramètres différents comme des paramètres hydrauliques ou électriques.

[0004] Un troisième type d'acteurs sont les constructeurs de composants utilisés dans les pompes et leur moteur. On trouve dans ces composants des roulements, des garnitures, etc. Là encore, ce type d'acteur est très spécialisé dans son domaine technique et même si les systèmes qu'il propose vont très bien détecter une panne du composant, les pannes dues à d'autres composants ne seront pas détectées.

[0005] Un quatrième type d'acteurs sont des prestataires de service qui vont concevoir des outils génériques de gestion de stations de pompage. Ces outils prennent en compte tous les composants des pompes et des moteurs mais ils doivent être paramétrés correctement par un opérateur spécialisé dans la programmation et ayant une bonne connaissance des systèmes composants la station de pompage. Le paramétrage de tels outils nécessite des connaissances que les opérateurs électromécaniciens spécialisés dans la gestion des stations de pompage ne possèdent pas. De la même manière, les opérateurs spécialisés dans le paramétrage des outils de gestion n'ont pas une connaissance très poussée du fonctionnement de chaque équipement de la station de pompage.

[0006] Un objectif de l'invention est notamment de proposer un outil d'analyse automatique pour suivre et analyser le fonctionnement de la station de pompage. Cet outil d'analyse permet en outre de détecter des défaillances

ces mécaniques des machines composant la station de pompage, notamment les pompes et les moteurs. L'outil d'analyse propose une évaluation causale ainsi que des actions préventives et curatives à mener suite à une détection d'une ou plusieurs défaillances sur les différents composants de la station de pompage. Si les actions ne nécessitent pas d'intervention d'un opérateur, l'outil peut transmettre les consignes adéquates à la station de pompage. On connaît du document US 2009204267 un dispositif de maintien en condition opérationnelle d'un système de pompage tel que défini par le préambule de la revendication 1.

Résumé de l'invention

[0007] La présente invention propose à cette fin un procédé de maintien en condition opérationnelle d'un système de pompage faisant partie d'une station de pompage tel que défini par la revendication 1.

[0008] Le procédé peut comprendre notamment une étape d'analyse et d'interprétation de l'évolution de points de fonctionnement de la pompe et une étape d'analyse et d'interprétation de l'évolution de points de fonctionnement du moteur.

[0009] Le procédé peut également comprendre une étape de contrôle de la performance énergétique du système de pompage.

[0010] Ledit procédé peut aussi comprendre une étape de détection d'un phénomène de cavitation.

[0011] L'étape de contrôle de submergence de la prise d'eau peut notamment prendre en compte une hauteur d'eau dans la prise d'eau, un débit aspiré par la pompe au niveau de la prise d'eau, des paramètres de description physique de la prise d'eau.

[0012] L'étape d'analyse et d'interprétation du fonctionnement de la conduite d'aspiration peut prendre en compte l'évolution dans le temps des paramètres suivants : une pression à l'aspiration de la pompe, un débit servi par la pompe, une intensité de courant appelée par le moteur, une puissance active appelée par le moteur, une hauteur manométrique totale, un NPSH disponible.

[0013] L'invention concerne en outre un dispositif tel que revendiqué.

[0014] Avantageusement, l'invention permet de mettre en oeuvre de façon automatique les actions adéquates pour prévenir ou résoudre des problèmes de fonctionnement de la station de pompage.

- La figure 2 représente un exemple d'un système de pompage ;
- La figure 3 représente différentes étapes possibles du procédé de maintien en condition opérationnelle d'un système de pompage selon l'invention ;
- La figure 4 représente des courbes de fonctionnement d'une pompe d'un système de pompage ;
- La figure 5 représente un diagramme d'analyse du fonctionnement d'une pompe selon l'invention ;
- La figure 6 représente des courbes de fonctionnement d'un moteur d'un système de pompage ;
- La figure 7 représente des courbes de charge du moteur.

[0016] Ces modes de réalisation n'étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites ou illustrées par la suite, isolées des autres caractéristiques décrites ou illustrées (même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques), si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels et, alternativement ou avec seulement une partie des détails structurels, si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou à différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

Description détaillée

[0017] La figure 1 représente un exemple d'une station de pompage 1 comprenant un ou plusieurs systèmes de pompage 2. Le système de pompage 2 comprend une pompe, un moteur, une prise d'eau et une canalisation de sortie de la pompe. Le système de pompage 2 peut en outre comprendre une canalisation d'entrée reliant la pompe à la prise d'eau lorsque la pompe n'est pas immergée au moins en partie dans le fluide qu'elle doit pomper. Le système de pompage 2 comprend en outre des capteurs mesurant des paramètres caractéristiques du fonctionnement de chaque composant du système de pompage 2. Chaque système de pompage 2 est connecté à une armoire électrique 3 destinée à la gestion du système de pompage 2. L'armoire électrique 3 a pour fonctions de contrôler et de commander le système de pompage 2. L'armoire électrique 3 fait partie de la station de pompage 1. L'armoire électrique 3 reçoit les différentes mesures, ou entrées 4, réalisées par les capteurs du système de pompage 2 et transmet notamment au système de pompage 2 des commandes ou sorties 5. L'armoire électrique 3 comprend au moins un processeur sur lequel s'exécute un programme local 6 de gestion du fonctionnement du système de pompage 2. Les entrées 4 sont prises en compte par le programme local 6. L'armoire électrique 3 transmet ensuite les entrées 4 pour

traitement à un système de supervision 7. Le système de supervision 7 peut contrôler et commander une ou plusieurs stations de pompage. Afin de simplifier l'exposé, dans la suite on ne parlera que d'une station de pompage. Le système de supervision 7 est un serveur distant comprenant au moins un processeur ou ordinateur qui réalise des traitements d'analyse sur les entrées 4 par l'intermédiaire d'un programme d'ordinateur ou programme central 8. Le programme central 8 réalise une analyse des données et des mesures provenant de plusieurs systèmes de pompage 2 afin de réaliser une fonction de surveillance de la station de pompage 1 dans son ensemble. Le système de supervision 7 comprend en outre une base de données agrégeant l'ensemble des caractéristiques physiques des systèmes de pompage 2 et de tous leurs composants. Le système de supervision 7 est adapté à transmettre des consignes et commandes à chaque système de pompage 2 par l'intermédiaire de chaque armoire électrique 3. L'armoire électrique 3 adapte les consignes à l'équipement auquel s'adressent lesdites consignes afin de les traduire en un signal interprétable par l'équipement. L'équipement peut par exemple être la pompe, le moteur ou une vanne. A cette fin, l'armoire électrique 3 peut être configurable notamment par l'intermédiaire d'un API ou Automate Programmable Industriel. La configuration de l'armoire électrique 3 permet d'adapter cette armoire à différents systèmes de pompage 2, comportant par exemple des équipements provenant de constructeurs différents. L'armoire électrique 3 peut avantageusement être programmée par un opérateur électromécanicien qui pourra renseigner des seuils et des paramètres à prendre en compte pour réaliser la surveillance et la supervision de chaque système de pompage 2 de la station de pompage 1. Lesdits seuils et paramètres peuvent ainsi être adaptés à chaque équipement. Les seuils et paramètres peuvent être transmis au système de supervision 7 et stockés dans la base de données. Le programme central 8 utilise les caractéristiques de la station de pompage 1, les mesures réalisées en temps réel ainsi que les paramètres et seuils renseignés par l'opérateur afin de réaliser la fonction surveillance. La fonction de surveillance réalise une analyse de l'ensemble de ces informations afin de détecter une dérive éventuelle, liée à une anomalie pouvant amener à une panne ou un dysfonctionnement de la station de pompage 1. Sur détection d'une dérive, le système de supervision 7 analyse l'ensemble des données afin de déterminer la cause de ladite dérive en fonction de règles définies selon les pratiques du domaine de gestion des stations de pompage 1 ainsi que selon des retours d'expérience d'experts analystes des causes de défaillance des systèmes de pompage. Ces règles sont également stockées dans la base de données. A partir des analyses réalisées, des règles et des anomalies détectées le programme central 8 peut déterminer une ou plusieurs actions soit préventives, soit curatives, à mener. Ces actions peuvent être transmises automatiquement à l'armoire électronique 3 sous forme de commandes et être

transmises à une interface homme machine pour consultation par un opérateur. L'opérateur peut ainsi décider ou non de réaliser ces actions ou d'autres opérations. L'opérateur peut également, via l'interface homme machine, saisir des commandes à mettre en oeuvre par la station de pompage 1. Les commandes pouvant être mises en oeuvre sont, par exemple, un arrêt de la pompe et du moteur, une ouverture ou une fermeture d'une vanne de la station de pompage, des consignes de modification du régime moteur, etc.

[0018] La figure 2 représente un exemple de système de pompage 2. Le système de pompage 2 comprend au moins une pompe 20, un moteur électrique (21), un dispositif de couplage 22 du moteur 21 avec la pompe 20.

[0019] La pompe 20 est par exemple une pompe dynamique qui peut être de type volumétrique ou rotodynamique.

[0020] Le moteur peut être un moteur électrique de type asynchrone ou encore de type synchrone à aimant permanent ou à reluctance variable.

[0021] La pompe 20 comprend une entrée de fluide 23 par une canalisation d'aspiration ou d'admission et une sortie de fluide 24 par une canalisation de refoulement. L'entrée 23 est donc connectée à une canalisation d'aspiration, elle-même reliée à une prise d'eau soit par l'intermédiaire d'une crépine 25 soit directement, sans crépine. L'aspiration d'eau peut par exemple se faire dans un réservoir 26. La sortie 24, connectée à une canalisation de refoulement, alimente un système, non représenté, de transfert d'eau. Le système de transfert d'eau peut comprendre une canalisation ou un réseau de canalisations de diamètres et de longueurs différentes.

[0022] Alternativement, dans un exemple non-représenté, la pompe peut être plongée directement dans le liquide. Dans ce cas, le système de pompage ne comprend pas de canalisation d'aspiration.

[0023] La figure 3 représente plusieurs étapes du procédé 30 selon l'invention de maintien en condition opérationnelle du système de pompage 2. Le procédé 30 selon l'invention comprend notamment différentes étapes d'analyse de fonctionnement et de pré-diagnostic d'anomalie dans le fonctionnement du système de pompage 2. L'exemple décrit s'adresse à un seul système de pompage, il peut être reproduit de la même manière pour une station de pompage 1 comprenant plus d'un système de pompage 2. Le procédé selon l'invention réalise plusieurs fonctions :

- une fonction de surveillance (monitoring) de la station de pompage 1 ;
- une fonction de détection d'anomalie ;
- une fonction d'analyse des anomalies détectées ;
- une fonction de pré-diagnostic des anomalies permettant de déterminer les causes probables des anomalies ;
- et, selon les causes identifiées, une fonction de proposition d'actions à mener, une génération automatique de commandes à appliquer par les équipe-

ments du système de pompage 2.

[0024] Une première étape 31 du procédé selon l'invention est une étape de mise à jour des données et informations techniques sur la station de pompage ainsi que sur le système de transfert d'eau qu'elle dessert, dans la base de données du système de supervision 7. Ces informations sont par exemple la description de la station pompage 1 avec l'ensemble de ses éléments. Notamment il est important de renseigner les caractéristiques des parties invisibles de la station de pompage 1, dont leurs dimensions. Parmi les informations décrivant la station de pompage 1, il est aussi nécessaire de disposer des plans et des cotes pour situer les équipements de la station de pompage 1 les uns par rapport aux autres et notamment la pompe par rapport aux autres équipements et la pompe par rapport aux instruments de mesure, notamment hydrauliques.

[0025] Les informations concernant le système desservi par la station de pompage 1 sont des caractéristiques physiques dudit système desservi ainsi que les différents éléments le composant. Par exemple, le système desservi par la station de pompage, ou système de transfert d'eau, peut comprendre une ou plusieurs canalisations de diamètre et de longueur différentes. Les informations comprennent également une description des modes de régulation de la station de pompage 1, définis pour satisfaire les besoins du système desservi par la station de pompage 1.

[0026] Parmi les informations, on peut également trouver les différents états de fonctionnement de la station de pompage : les modes de fonctionnement normaux, les modes de fonctionnement exceptionnels, dégradés ou de crise, ainsi que les modes de régulation de la station de pompage 1 liés à chacun des modes de fonctionnement du système.

[0027] Les informations sur la station de pompage 1 permettent de construire une courbe caractéristique de fonctionnement de la station de pompage 1 qui représente une évolution du débit d'eau en sortie de la station de pompage 1, en fonction de la hauteur manométrique totale.

[0028] Une deuxième étape 32 du procédé selon l'invention est une étape de mise à jour dans la base de données des informations sur les équipements de la station de pompage 1 notamment sur la pompe 20, le moteur 21 et les canalisations de refoulement et d'aspiration et la prise d'eau. Les informations sur les équipements comprennent les courbes de performances des pompes et des moteurs.

son arbre en fonction du débit ;

- un NPSH (Net Positive Suction Head) requis par la pompe : c'est-à-dire la différence entre la pression liquide et la pression vapeur saturante en chaque point de la pompe ;
- la consommation spécifique d'énergie de la pompe.

[0030] Les courbes de performances du moteur 21 sont notamment les suivantes :

- la puissance active appelée en fonction de la puissance mécanique délivrée sur l'arbre du moteur ;
- le rendement du moteur ;
- le facteur de puissance de déplacement ou cosinus phi : le facteur de puissance de déplacement représente la valeur du déphasage angulaire entre la tension et l'intensité du courant dans le moteur à la fréquence fondamentale (généralement 50 ou 60 Hz) ;
- l'intensité de courant appelée en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre moteur ;
- le couple en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre moteur ;
- la vitesse de rotation du moteur en fonction de la puissance mécanique délivrée sur l'arbre moteur.

[0031] Les première et deuxième étapes 31, 32 peuvent être mises en oeuvre à la mise en service de la station de pompage 1 puis à chaque modification réalisée sur la station de pompage 1 ou le système qu'elle dessert, ou encore à chaque modification d'un composant de la station de pompage 1.

[0032] Une troisième étape 33 est une étape de mesure ou de calcul de grandeurs physiques et notamment hydrauliques, permettant de caractériser le fonctionnement courant du système de pompage 2. La troisième étape est réalisée de manière périodique en cours de fonctionnement de la station de pompage 1. Les mesures réalisées sont datées et stockées au fur et à mesure dans la base de données du système de supervision 7 avec leur date, constituant ainsi un historique. A chaque grandeur hydraulique est associée une incertitude et une plage de variation de ladite grandeur.

[0033] Une première grandeur hydraulique est un débit de la pompe qui peut être mesuré directement ou calculé à partir d'autres mesures.

[0034] Une deuxième grandeur hydraulique mesurée est une hauteur géométrique du système alimenté par la station de pompage 1, par rapport à ladite station de pompage 1. Cette hauteur géométrique représente un dénivelé minimum que la pompe doit vaincre afin d'alimenter le système qu'elle dessert.

[0035] Une troisième grandeur hydraulique est une hauteur manométrique totale ou HMT. La hauteur manométrique peut se définir comme la somme de la hauteur géométrique et des pertes de charge à l'aspiration et au refoulement de la pompe.

[0036] Une quatrième grandeur hydraulique est une hauteur dynamique totale. La hauteur dynamique totale,

ou HDT, peut être définie comme la somme de la hauteur manométrique totale et de la différence de pression dynamique entre l'entrée et la sortie de la pompe.

[0037] Des grandeurs mécaniques peuvent également être prises en compte comme des niveaux de vibrations.

[0038] Une quatrième étape 34 est une étape de calcul d'un point de service ou point de fonctionnement, caractéristique du fonctionnement de la pompe à un instant donné. Le point de service est déterminé à partir des grandeurs hydrauliques calculées ou mesurées en cours de fonctionnement. Le point de service peut être défini à un instant donné par un débit et une hauteur manométrique totale.

[0039] Une cinquième étape 35 est une étape de calcul de grandeurs physiques notamment électriques et mécaniques.

[0040] Les grandeurs électriques mesurées sont l'intensité du courant appelée par le moteur 21 et la tension d'alimentation du moteur, ainsi que la plage de variation de ces deux grandeurs électriques.

[0041] La cinquième étape 35 est également une étape de détermination des puissances : active, réactive, apparente, déformante et de leur plages de variation. Les incertitudes sur les calculs des différentes puissances sont également déterminées.

[0042] La puissance active, peut être définie comme la puissance utile à la fourniture du travail de la machine d'entraînement.

[0043] La puissance réactive est définie comme étant la puissance nécessaire au fonctionnement de la machine, ici, la pompe 20.

[0044] La puissance apparente est définie comme étant la puissance qui circule réellement dans les équipements.

[0045] La puissance déformante est une quatrième puissance, présente dans les circuits comprenant des composants électroniques qui créent des charges non-linéaires et donc des harmoniques. La puissance déformante est la puissance mise en jeu par la composante harmonique.

[0050] La sixième étape 36 comprend une étape de détermination d'une plage de fonctionnement du moteur située au voisinage d'un point de fonctionnement ou de service nominal.

[0051] Un point de service nominal d'un moteur est celui pour lequel il est construit pour fonctionner au moment de sa conception.

[0052] Le point de service nominal coïncide rarement avec un point réel de service. Le point de service du moteur est défini comme le point d'équilibre entre le couple d'entraînement développé par le moteur et le couple résistant opposé par la machine de charge.

[0053] La plage de fonctionnement autour du point de service est définie en fonction des mesures réalisées sur le courant et le couple et en fonction de leur plage de variation autour du point de service nominal.

[0054] La sixième étape 36 comprend une étape d'estimation du rendement du moteur et de sa plage de variation au point de service. L'estimation du rendement du moteur est réalisée à partir des mesures des grandeurs physiques suivantes :

- puissance électrique active appelée ;
- intensité de courant appelée ;
- tension d'alimentation du moteur.

L'estimation du rendement du moteur est également réalisée à partir d'une estimation de la puissance mécanique absorbée par la pompe sur son arbre d'entraînement.

[0055] Une septième étape 37 est une étape de création d'un historique des points de services déterminés au cours du fonctionnement de la pompe. La création d'un historique consiste à stocker les différents points de service dans la base de données du système de supervision 7 pour pouvoir en suivre l'évolution. La figure 4 décrit les données nécessaires pour décrire une situation de référence pour le fonctionnement de la pompe. Cette situation de référence va permettre d'analyser le comportement de la pompe en suivant le déplacement du point de service par rapport au point de service de référence, dans la situation de référence.

[0056] La figure 4 représente des exemples de courbes de performance d'une pompe. Les courbes de performance de la pompe sont notamment établies à partir des données fournies par le constructeur de la pompe. Une situation de référence est déterminée, soit à partir de données mesurées et calculées, soit à partir des données fournies par le constructeur pour caractériser un fonctionnement nominal de la pompe.

[0057] La figure 4 représente une première courbe 40 de performance de la pompe dans un fonctionnement nominal. La première courbe 40 représente un débit de la pompe en fonction d'une hauteur manométrique totale. Sur la première courbe 40 un premier point de service initial 41 correspond à un point de service de référence. Le point de service de référence 41 est obtenu en déterminant le débit de la pompe en fonction de la hauteur manométrique totale dans une configuration de référen-

ce de la station de pompage 1 et du système qu'elle dessert.

[0058] La figure 4 représente également une deuxième courbe de performance 42 représentant la puissance mécanique appelée par la pompe sur son arbre de roue en fonction du débit de la pompe. Un deuxième point de service 43 de référence peut être défini en fonction de la puissance mécanique de référence au débit de référence.

[0059] Une troisième courbe de performance 44 peut être définie à partir du rendement de la pompe en fonction du débit de la pompe. Un troisième point de référence 45 peut être défini comme le rendement de la pompe dans la situation de référence au débit de référence.

[0060] Ainsi, il est possible d'analyser le fonctionnement de la pompe au cours d'une huitième étape 38. La huitième étape 38 est une étape de comparaison du point de fonctionnement courant de la pompe avec la courbe de performance correspondante de la pompe et ainsi d'identifier une éventuelle dérive du point de fonctionnement par rapport à la courbe de performance de la pompe et par rapport au premier point de service de référence 41 précédemment défini.

[0061] En fonction de l'évolution de la tendance de la dérive, il est possible d'interpréter les causes probables de cette dérive tel que représenté sur la figure 5 et de détecter une éventuelle anomalie de fonctionnement.

[0062] La figure 5 représente une division en zones de l'espace en deux dimensions définie par le débit de la pompe et la hauteur manométrique totale. La division en zones utilise la première courbe de performance de la pompe 40 ainsi que le premier point de service de référence 41. Sur la figure 5 est aussi représentée la courbe caractéristique 50 de la station de pompage 1.

[0063] Une première zone 51 est positionnée sous la première courbe de performance de la pompe 40 et au-dessus d'une ligne à hauteur manométrique constante valant la hauteur manométrique du premier point de service de référence 41. La première zone 51 est dite zone d'augmentation de la HMT et de diminution du débit de la pompe.

[0064] Une deuxième zone 52 est définie pour tous les points de fonctionnement dont la hauteur manométrique totale est inférieure à la hauteur manométrique du premier point de service de référence 41 et donc pour un débit de la

ne 54 est dite zone d'augmentation des performances.

[0067] En fonction du positionnement du point de service courant dans l'une de ces zones ou sur la courbe de performance de la pompe 40 ou encore sur la courbe de performance de la station de pompage 50, une analyse différente, donnant des interprétations différentes à la dérive, est réalisée. Par exemple, une dérive du point de service de la pompe dans la quatrième zone 54 peut signifier que le diamètre de la roue de la pompe a été modifié et notamment augmenté, ou que la vitesse de rotation a augmenté ou les deux. Une action à mener à titre préventif peut être alors de mettre à jour les caractéristiques de la pompe dans la base de données.

[0068] Autre exemple : si le point de service dérive sur la courbe de performance de la pompe, ceci peut signifier que le refoulement, ou réseau de distribution en aval de la pompe, se colmatent dans le cas d'une pompe de distribution d'eau potable. Une autre interprétation peut être que le forage se colmate dans le cas d'une pompe de forage. Evidemment les phénomènes peuvent être combinés. Cela peut également révéler une fuite au niveau des conduites de refoulement ou du réseau de distribution d'eau. Il est aussi possible qu'il y ait un changement de cote amenant la modification de la hauteur géométrique de la station de pompage. Il sera alors recommandé de vérifier la station de pompage, les canalisations et les systèmes en amont et en aval de la pompe 20.

[0069] En outre, pour confirmer ou infirmer ce pré-diagnostic, il peut être recommandé, à titre préventif, de contrôler la relation entre la pression au refoulement et le débit, de surveiller les avaries sur les canalisations du système desservi par la station de pompage 1 et les modifications réalisées sur la station de pompage 1 afin de mettre à jours les caractéristiques de la station de pompage 1 dans la base de données.

[0070] La neuvième étape 39 est une étape de création d'un historique des différents points de service du moteur, déterminés au cours du fonctionnement de la station de pompage 1. L'évolution du point de service du moteur est évaluée à partir d'une situation de référence telle que représentée sur la figure 6.

[0071] La figure 6 illustre une situation de référence qui peut être utilisée pour analyser les dérives éventuelles du point de service d'un moteur 21.

[0072] Sur la figure 6, l'axe des abscisses représente la puissance mécanique du moteur.

[0073] Une première courbe 61 représente l'intensité du courant électrique appelée. Une deuxième courbe 62 représente la puissance électrique active appelée. Un point de service de référence est défini sur chaque courbe 61, 62 pour une puissance mécanique 63 délivrée par le moteur dans la situation de référence. Il est ainsi possible de déterminer une intensité appelée pour le point de service de référence 64. Ensuite, il est également possible de déterminer une puissance électrique active 65 appelée pour le point de service de référence, pour la puissance mécanique délivrée par le moteur au point de service de référence.

[0074] D'autres courbes de tendance peuvent être utilisées comme la température du moteur en fonction de l'intensité du courant ou la température du moteur en fonction de la puissance active, afin de décrire la situation de référence pour réaliser le suivi du fonctionnement du moteur 21.

[0075] La dixième étape 300 est une étape d'analyse d'une éventuelle dérive du point de service du moteur 21 et une interprétation de la dérive si elle est constatée afin de détecter une éventuelle anomalie de fonctionnement. L'analyse repose sur une interprétation de la charge du moteur tel que représentée sur la figure 7.

[0076] La figure 7 représente différentes courbes de charge sur l'arbre moteur en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre moteur. On définit un couple maximum qui permet de définir une vitesse du couple maximum en deçà de laquelle la machine risque de caler. Au-dessus de cette vitesse de couple maximum, le moteur 21 se trouve dans une zone d'utilisation stable. Dans cette zone d'utilisation stable, ou zone stable utilisable, sont définies trois courbes caractéristiques de différentes charges du moteur. Une première courbe de charge décrit la charge en fonctionnement accidentel du moteur, ou charge accidentelle. Une deuxième courbe de charge décrit la charge nominale. Une troisième courbe de charge décrit la charge du moteur lorsque la machine fonctionne à vide. L'intersection de ces courbes de charge avec une courbe de définition de l'évolution du couple du moteur en fonction de sa vitesse 71, donne les vitesses correspondant à chaque type de charge, accidentelle, nominale ou à vide.

[0077] Lorsque la roue de la pompe tourne sans propulser de liquide, ce qui peut être le cas avec une roue colmatée ou une pompe désamorçée, la roue ne produit pas de puissance hydraulique. Le moteur entraîne alors une roue libre et n'a pas besoin de beaucoup de puissance électrique. Le couple moteur baisse en-dessous du couple à la charge nominale. Dans ce cas, il est utile d'associer l'intensité appelée et le couple moteur et de définir une valeur de seuil bas pour l'intensité appelée correspondant par exemple à 95% de l'intensité moyenne à la charge nominale. Si le seuil bas

un surcroît de puissance mécanique qui permet de contrebalancer le freinage que subit la roue. Le couple moteur s'élève au-dessus du couple à la charge nominale et passe en charge accidentelle. Dans ce cas aussi il convient de coupler l'analyse de l'intensité appelée, en définissant un seuil haut au-delà duquel on estime que le moteur fonctionne en surcharge. Le franchissement du seuil haut associé à un couple moteur correspondant à une charge accidentelle nécessite un arrêt de la pompe et du moteur, à titre curatif. Cet arrêt peut être mis en oeuvre par le dispositif de gestion du système de pompage, comprenant l'armoire électrique 3 et le système de supervision 7.

[0079] Une autre anomalie de fonctionnement peut être détectée par une augmentation de la puissance active et une perte simultanée de HMT. La puissance électrique active appelée par le moteur augmente lorsque l'aspiration de la pompe est étranglée car celle-ci se trouve placée dans une situation comparable à celle d'un essai de NPSH. A un certain stade dans l'étranglement de l'aspiration, la hauteur manométrique totale que peut produire la pompe chute et, parallèlement, le rendement du moteur baisse et la puissance électrique active augmente. Il est alors proposé de fixer un seuil supérieur à la puissance active appelée par le moteur de la pompe. A titre indicatif, ce seuil peut être placé entre 102 % et 105 % de la puissance électrique active moyenne au point de service le plus à droite de la plage de service de la pompe sur la courbe de performance de la pompe. Il est également nécessaire de vérifier les courbes de tendance suivantes :

- pression absolue donnée en fonction du temps pour un débit donné ;
- HMT en fonction du temps ;
- puissance électrique active en fonction du temps ;
- température du moteur en fonction du temps.

[0080] Une augmentation de la puissance électrique active concomitante à une baisse de la HMT et à une baisse de la pression à l'aspiration signifie que l'aspiration de la pompe se colmate et que la pompe cavité. L'augmentation de la température du moteur exprime la menace imminente d'une surchauffe des enroulements, ou bobinages, du moteur. Il faut arrêter immédiatement la pompe et procéder à une inspection détaillée de l'aspiration de la pompe, c'est à dire de la crépine 25, des canalisations, de la prise d'eau, etc.

[0081] La onzième étape 301 est une étape de contrôle de la submergence de la prise d'eau de la pompe. Cette étape nécessite les grandeurs physiques mesurées suivantes :

- une hauteur d'eau dans une bêche d'aspiration ou dans la prise d'eau de la pompe ;
- un débit aspiré par la pompe à la prise d'eau ;
- la géométrie, ou description physique de la prise d'eau selon les paramètres suivants : diamètre, po-

sition dans la prise d'eau ou dans la bêche d'aspiration.

[0082] Afin d'analyser l'évolution de la submergence, il est nécessaire de réaliser les calculs suivants :

- calculer la vitesse moyenne de l'écoulement puis le nombre de Froude de l'écoulement dans la section d'entrée de la canalisation d'aspiration et le rapport entre la submergence et le diamètre de la section d'entrée de la canalisation d'aspiration donnée en fonction du nombre de Froude (voir la condition de submergence de l'orifice de la canalisation d'aspiration selon J. Knauss et la condition de submergence de l'orifice de la canalisation d'aspiration selon l'Hydraulic Institute) ;
- connaissant le rapport entre la submergence et le diamètre de la section d'entrée de la canalisation d'aspiration, la valeur de la submergence peut être calculée.

[0083] L'analyse de la submergence calculée en prenant en compte notamment l'épaisseur de la tranche d'eau dans la prise d'eau permet de déterminer si un écoulement tourbillonnaire perturbe le champ de vitesse à l'entrée de la pompe et s'il entraîne une arrivée d'air dans la pompe qui pourrait engendrer un désamorçage de la pompe ou tout du moins des vibrations de la pompe. Il faut dans ce cas faire remonter le niveau d'eau au-dessus de la prise d'eau par exemple en réduisant le débit de la pompe ou en arrêtant la pompe à titre curatif.

[0084] Une douzième étape 302, 303 peut être une étape d'analyse d'une courbe caractéristique du refoulement 302 et une étape d'interprétation 302 et de pré-diagnostic 303 d'une éventuelle dérive à l'aide des grandeurs physiques mesurées ou calculées suivantes :

- pression au refoulement de la pompe ;
- débit servi par la pompe ;
- intensité appelée par le moteur ;
- puissance active appelée par le moteur.

[0085] L'analyse repose également sur l'évolution temporelle de la pression au refoulement par rapport au débit servi par la pompe.

[0086] Il est également possible de prendre en compte des grandeurs mécaniques comme des niveaux de vibrations.

meilleur rendement de la pompe déterminé sur la courbe de performance du rendement de la pompe.

[0088] Il peut aussi être possible d'analyser la perte de débit de la pompe associée à la perte de débit de la conduite pour entreprendre des actions de nettoyage de la conduite de refoulement.

[0089] La treizième étape 304, 305 est une étape d'analyse d'une éventuelle dérive de la courbe caractéristique de l'aspiration 304, une étape d'interprétation de cette dérive puis un pré-diagnostic 305 d'un dysfonctionnement de la conduite d'aspiration sur détection d'une anomalie. La treizième étape 304, 305 est optionnelle pour les pompes immergées, c'est-à-dire celles qui ne sont pas reliées à une prise d'eau par l'intermédiaire d'une canalisation d'aspiration.

[0090] Les grandeurs physiques mesurées prises en compte pour la treizième étape 304, 305 sont les suivantes :

- pression à l'aspiration de la pompe ;
- débit servi par la pompe ;
- intensité appelée par le moteur ;
- puissance active appelée par le moteur.

[0091] Les grandeurs physiques calculées prises en compte sont les suivantes :

- la courbe d'évolution de la pression d'aspiration, mesurée en pression absolue, en fonction du débit servi par la pompe au cours du temps ;
- la courbe d'évolution du NPSH disponible ou encore la pression à l'aspiration exprimée en pression absolue, en fonction du temps ;
- la courbe d'évolution de la HMT en fonction du débit servi par la pompe, au cours du temps ;
- la puissance active appelée par le moteur en fonction du débit servi par la pompe au cours du temps.

[0092] Il est également possible de prendre en compte des grandeurs mécaniques comme des niveaux de vibrations.

[0093] L'analyse et le suivi du NPSH, du débit de service qui circule dans la conduite d'aspiration et le rapport entre le débit de service et le débit au point de meilleur rendement permettent de détecter une réduction de diamètre de la conduite, une perte de débit au niveau de la pompe et une perte de débit au niveau de la conduite qui peuvent amener à entreprendre des actions de nettoyage de la conduite d'aspiration.

[0094] La quatorzième étape 306 est une étape de pré-diagnostic des causes probables de dysfonctionnements de la pompe. Cette étape est une étape permettant de lier plusieurs indicateurs de défaillances hydrauliques à des causes hydrauliques possibles à ces défaillances. Les indicateurs considérés pour cette étape de pré-diagnostic résultent des analyses précédemment réalisées. Ces indicateurs sont les conditions de fonctionnement suivantes : absence de débit, débit insuffisant, pression

insuffisante, débit intermittent. Les causes possibles sont par exemple « la pompe n'est pas amorcée ou perd son amorçage » lorsque toutes les conditions de fonctionnement précédemment citées sont remplies, ou bien « trop d'air est piégé dans le liquide pompé », une absence de débit seule peut indiquer une « roue colmatée », un débit insuffisant seul peut indiquer un sens de rotation de la roue de la pompe incorrect, etc.

[0095] La quinzième étape 307 est une étape d'aide au pré-diagnostic sur les causes probables de pannes du moteur. Notamment cette étape permet à partir d'une liste de défaillances de remonter aux causes mécaniques probables de ces défaillances. Les défaillances identifiées peuvent être par exemple les suivantes :

- les paliers sont chauds ou tombent en panne très régulièrement ;
- les pannes sur les garnitures sont très fréquentes ;
- les tresses moteur ont une durée de vie courte ;
- la pompe vibre au-dessus des niveaux admissibles ;
- la pompe appelle trop de puissance sur l'arbre ;
- l'usure des parties mouillées internes au moteur est plus rapide que la normale.

[0096] Par exemple si la seule défaillance identifiée est « les paliers sont chauds ou tombent en panne très régulièrement » alors la cause probable peut être un refroidissement inapproprié du lubrifiant ou encore une charge axiale ou radiale supérieure aux charges de dimensionnement des paliers du moteur. Autre exemple, une défaillance seule de type « les pannes sur les garnitures sont très fréquentes » peut être liée à une surchauffe des faces de frottement de la garniture ou un manque d'eau de lessivage sur les faces de frottement de la garniture ou encore un montage incorrect de la garniture, etc.

[0097] Une seizième étape 308 est une étape permettant d'établir un lien entre l'évolution d'un NPSH et le phénomène de cavitation de la pompe en vue de détecter ce dernier. Les grandeurs physiques mesurées nécessaires pour établir ce lien sont les suivantes :

ration et du débit d'aspiration, tandis que le NPSH requis par la pompe dépend de la pompe et du débit qu'elle délivre. Pour un circuit d'aspiration et une pompe donnés, il existe un débit maximum admissible au-delà duquel le NPSH requis par la pompe dépasse le NPSH disponible dans le circuit d'aspiration. Si le débit au point de service dépasse ce débit maximum admissible la pompe peut être le siège du phénomène de cavitation susceptible d'endommager la pompe : en effet la cavitation expose la pompe à une érosion qui peut détruire la roue de la pompe et conduire au remplacement de la pompe, notamment par un autre type de pompe mieux adapté aux conditions de fonctionnement. L'apparition de ce phénomène peut être un signe du fait que la pompe utilisée n'est pas adaptée au service demandé.

[0100] Une dix-septième étape 308 est une étape de contrôle des performances énergétiques du groupe de pompage.

[0101] En réalisant une différence entre le suivi du rendement global du système de pompage et la courbe de référence de ce dernier, si une tendance à la baisse est identifiée, ceci peut être dû à une usure globale du système de pompage.

[0102] L'usure du système de pompage peut également être détectée avec un suivi de la consommation spécifique d'énergie du système de pompage et notamment si l'on relève une différence statistique à la hausse.

[0103] Avantageusement, le dispositif et le procédé selon l'invention permettent au plus tôt de détecter des anomalies dans le fonctionnement de la station de pompage et de mettre en oeuvre des actions préventives ou curatives afin d'éviter ou de minimiser les conséquences d'anomalies sur le fonctionnement ou l'intégrité de système de pompage. Ainsi le système de pompage est maintenu en état opérationnel, c'est-à-dire en état de bon fonctionnement, de manière efficace et peu coûteuse.

[0104] Les différents modes de réalisation de la présente invention comprennent diverses étapes. Ces étapes peuvent être mises en oeuvre par des instructions d'une machine exécutable au moyen d'un microprocesseur par exemple.

[0105] Alternativement, ces étapes peuvent être réalisées par des circuits intégrés spécifiques comprenant une logique câblée pour exécuter les étapes, ou par toute combinaison de composants programmable et composants personnalisés.

[0106] La présente invention peut également être fournie sous forme d'un produit programme d'ordinateur qui peut comprendre un support mémoire informatique non-transitoire contenant des instructions exécutables sur une machine informatique, ces instructions pouvant être utilisées pour programmer un ordinateur (ou tout autre dispositif électronique) pour exécuter le procédé.

Revendications

1. Procédé de maintien en condition opérationnelle

(30) d'un système de pompage (2) faisant partie d'une station de pompage (1), ledit système de pompage (2) comprenant une pompe (20), un moteur (21) entraînant la pompe (20), une canalisation de refoulement de fluide par la pompe (20) et une canalisation d'aspiration de fluide par la pompe (20), ledit procédé comprenant au moins les étapes suivantes :

- mesure de grandeurs physiques caractéristiques du fonctionnement du système de pompage (2), dont des grandeurs physiques caractéristiques de l'état de la canalisation de refoulement de la pompe (20) et de l'état de la canalisation d'aspiration de la pompe (20) ;
- analyse et interprétation des grandeurs physiques mesurées en vue de détecter une ou plusieurs anomalies ;
- pré-diagnostic des causes probables des anomalies détectées et détermination des actions préventives et curatives à mener sur le système de pompage (2) ;
- mise en oeuvre automatique des actions préventives et curatives sur le système de pompage (2),

caractérisé ce qu'il

comprend une étape d'analyse et d'interprétation de courbes caractéristiques de fonctionnement des canalisation d'aspiration (304) et de refoulement (302) de la pompe (20) et une étape de contrôle de submergence (301) d'une prise d'eau en entrée du système de pompage (2), l'étape d'analyse et d'interprétation du fonctionnement de la conduite de refoulement (302) de la pompe (2) prenant en compte l'évolution dans le temps des paramètres suivants, qui sont mesurés ou calculés :

une pression au refoulement de la pompe, un débit servi par la pompe, une intensité de courant appelée par le moteur, une puissance active appelée par le moteur, l'étape d'analyse étant également basée sur l'évolution temporelle de la pression au refoulement par rapport au débit servi par la pompe, conduisant à détecter un problème de bouchage de la canalisation de refoulement, et si un problème de bouchage est détecté, une action de nettoyage de la canalisation à titre curatif est menée.

2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'analyse et d'interprétation de l'évolution de points de fonction-

nement (38) de la pompe (20) et une étape d'analyse et d'interprétation de l'évolution de points de fonctionnement du moteur (300).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape de contrôle de la performance énergétique (309) du système de pompage (2). 5
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape de détection d'un phénomène de cavitation (308). 10
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de contrôle de submergence de la prise d'eau (301) prend en compte une hauteur d'eau dans la prise d'eau, un débit aspiré par la pompe (20) au niveau de la prise d'eau, des paramètres de description physique de la prise d'eau. 15
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape d'analyse et d'interprétation du fonctionnement de la conduite d'aspiration (304), prend en compte l'évolution dans le temps des paramètres suivants : une pression à l'aspiration de la pompe, un débit servi par la pompe, une intensité de courant appelée par le moteur (21), une puissance active appelée par le moteur (21), une hauteur manométrique totale, un NPSH disponible. 20
7. Dispositif de maintien en condition opérationnelle d'un système de pompage (2) faisant partie d'une station de pompage (1), ledit système de pompage (2) comprenant une pompe (20), un moteur (21) entraînant la pompe (20) et au moins une canalisation de refoulement et une canalisation d'aspiration de fluide par la pompe (20), ledit dispositif étant **caractérisé en ce qu'il** comprend : 25
 - des capteurs hydrauliques et mécaniques réalisant des mesures de grandeurs hydrauliques et mécaniques sur la pompe (20), la canalisation de refoulement et la canalisation d'aspiration ; 30
 - des capteurs électriques et mécaniques réalisant des mesures de grandeurs électriques et mécaniques sur le moteur (21) ; 35
 - une armoire électrique (3) pour le système de pompage (2) collectant les mesures des capteurs hydrauliques, électriques et mécaniques, transmettant des consignes de fonctionnement audit système de pompage (2) ; 40
 - un système de supervision (7) comprenant un ordinateur sur lequel s'exécute un programme central (8) mettant en oeuvre le procédé de maintien en condition opérationnelle d'un sys- 45

tème de pompage (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, ledit système de supervision (7) étant apte à transmettre automatiquement des commandes à l'armoire électrique (3) en fonction des résultats d'analyse, d'interprétation et de pré-diagnostic basés sur une étape d'analyse et d'interprétation de courbes caractéristiques de fonctionnement des canalisations d'aspiration (304) et de refoulement (302) de la pompe (20) et une étape de contrôle de submergence (301) d'une prise d'eau en entrée du système de pompage (2), ledit système de supervision (7) comprenant une interface homme-machine d'affichage des résultats d'analyse, d'interprétation et de pré-diagnostic.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufrechterhalten eines Betriebszustands (30) eines Pumpsystems (2), das Teil einer Pumpstation (1) ist, das Pumpsystem (2) umfassend eine Pumpe (20), einen Motor (21), der die Pumpe (20) antreibt, eine Leitung zum Fördern von Fluid durch die Pumpe (20) und 5

eine Leitung zum Ansaugen von Fluid durch die Pumpe (20), das Verfahren umfassend mindestens die folgenden Schritte:

- Messen von physikalischen Größen, die für den Betrieb des Pumpsystems (2) charakteristisch sind, einschließlich physikalischer Größen, die für den Zustand der Förderleitung der Pumpe (20) und den Zustand der Saugleitung der Pumpe (20) charakteristisch sind;
- Analysieren und Auslegen gemessener physikalischer Größen, um eine oder mehrere Anomalien zu erkennen;
- Vordiagnostizieren der wahrscheinlichen Ursachen für die erkannten Anomalien und Bestimmen der präventiven und korrigierenden Maßnahmen, die an dem Pumpsystem (2) durchgeführt werden müssen;
- automatisches Implementieren von präventiven und korrigierenden Maßnahmen an dem Pumpsystem (2), 10

gekennzeichnet, dadurch, dass es

einen Analyse- und Auslegungsschritt von charakteristischen Betriebskurven der Saug- (304) und Förderleitung (302) der Pumpe (20) und einen Kontrollschritt eines Eintauchens (301) eines Wassereinlasses an dem Eingang des Pumpsystems (2) umfasst, wobei der Analyse- und Auslegungsschritt des Betriebs der Förderleitung (302) der Pumpe (2) 15

die zeitliche Entwicklung der folgenden Parameter berücksichtigt, die gemessen oder berechnet werden:

- einen Förderdruck der Pumpe, 5
- eine Fördermenge, die von der Pumpe geleistet wird,
- eine Stromstärke, die von dem Motor aufgenommen wird,
- eine Wirkleistung, die von dem Motor aufgenommen wird, 10
- wobei der Analyseschritt auch auf der zeitlichen Entwicklung des Förderdrucks in Bezug auf die von der Pumpe geleistete Fördermenge basiert, was zur Erkennung eines Verstopfungsproblems in der Förderleitung führt, und wenn ein Verstopfungsproblem erkannt wird, wird eine Reinigungsaktion der Leitung als Abhilfemaßnahme durchgeführt. 15
- 2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen Analyse- und Auslegungsschritt der Entwicklung von Betriebspunkten (38) der Pumpe (20) und einen Analyse- und Auslegungsschritt der Entwicklung von Betriebspunkten des Motors (300) umfasst. 25
- 3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen Kontrollschritt der Energieeffizienz (309) des Pumpsystems (2) umfasst. 30
- 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen Erkennungsschritt eines Kavitationsphänomens (308) umfasst. 35
- 5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kontrollschritt eines Eintauchens des Wassereinlasses (301) eine Wasserhöhe in dem Wassereinlass, eine von der Pumpe (20) an dem Wassereinlass angesaugte Durchflussmenge, Parameter zur physikalischen Beschreibung des Wassereinlasses berücksichtigt. 40
- 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Analyse- und Auslegungsschritt des Betriebs der Saugleitung (304), die zeitliche Entwicklung der folgenden Parameter berücksichtigt: einen Druck auf der Saugseite der Pumpe, einen von der Pumpe geförderten Volumenstrom, eine von dem Motor (21) aufgenommene Stromstärke, eine von dem Motor (21) aufgenommene Wirkleistung, eine Gesamtförderhöhe, einen verfügbaren NPSH. 45
- 7. Vorrichtung zum Aufrechterhalten eines Betriebszu-

stands eines Pumpsystems (2), das Teil einer Pumpstation (1) ist, das Pumpsystem (2) umfassend eine Pumpe (20), einen Motor (21), der die Pumpe (20) antreibt, und mindestens eine Förderleitung und eine Saugleitung des Fluid durch die Pumpe (20), wobei die Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sie Folgendes umfasst:

- hydraulische und mechanische Sensoren, die Messungen von hydraulischen und mechanischen Größen an der Pumpe (20), der Förderleitung und der Saugleitung durchführen;
- elektrische und mechanische Sensoren, die Messungen von elektrischen und mechanischen Größen an dem Motor (21) durchführen;
- einen Schaltschrank (3) für das Pumpsystem (2), der die Messungen der hydraulischen, elektrischen und mechanischen Sensoren sammelt, der Betriebsanweisungen an das Pumpsystem (2) überträgt;
- ein Überwachungssystem (7), umfassend einen Rechner, auf dem ein zentrales Programm (8) ausgeführt wird, das das Verfahren zum Aufrechterhalten des Betriebszustands eines Pumpsystems (2) nach einem der vorherigen Ansprüche implementiert, wobei das Überwachungssystem (7) geeignet ist, um abhängig von den Analyse-, Auslegungs- und Vordiagnoseresultaten, die auf einem Analyse- und Auslegungsschritt von Betriebskennkurven der Saugleitung (304) und der Förderleitung (302) der Pumpe (20) und einem Kontrollschritt eines Eintauchens (301) eines Wassereinlasses an dem Eingang des Pumpsystems (2) automatisch Befehle an den Schaltschrank (3) zu übertragen, das Überwachungssystem (7) umfassend eine Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Anzeige der Resultate der Analyse, Auslegung und Vordiagnose.

Claims

1. A method for keeping a pumping system (2) forming part of a pumping station (1) in operational condition (30), said pumping system (2) comprising a pump (20), a motor (21) driving the pump (20), a discharge pipe for discharging fluid via the pump (20), a suction pipe for sucking in fluid via the pump (20), said method comprising at least the following steps:
 - measuring physical values characterizing the operation of the pumping system (2), including physical values characterizing the state of the discharge pipe of the pump (20) and of the state of the suction pipe of the pump (20);
 - analyzing and interpreting measured physical values in order to detect one or more anomalies;

- pre-diagnosing probable causes of the detected anomalies and determining preventive and curative actions to be undertaken on the pumping system (2);
- automatically implementing preventive and curative actions on the pumping system (2), **characterized in that** the method comprises a step of analyzing and interpreting curves characterizing the operation of the suction (304) and discharge (302) pipes of the pump (20) and a step (301) of controlling the submersion of a water intake at the inlet of the pumping system (2), the step (302) of analyzing and interpreting the operation of the discharge pipe takes into account the evolution of the following parameters over time, which are measured or computed:
 - a discharge pressure of the pump,
 - a flow rate governed by the pump,
 - a current intensity demanded from the motor,
 - an active power demanded from the motor,
 the analysis step being also based on the time evolution of the discharge pressure in relation to the flow rate governed by the pump, leading to the detection of a clogging problem in the discharge pipe, and if a clogging problem is detected, a curative pipe cleaning action is carried out.
- 2. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** it comprises a step of analyzing and interpreting the evolution of operating points (38) of the pump (20) and a step of analyzing and interpreting the evolution of operating points of the motor (300).
- 3. The method as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises a step (309) of controlling the energy performance of the pumping system (2).
- 4. The method as claimed in in any one of the preceding claims , **characterized in that** it comprises a step (308) of detecting a cavitation phenomenon.
- 5. The method as claimed in any one of the preceding claims **characterized in that** the step (301) of controlling the submersion of the water intake takes into account a water height in the water intake, a flow rate sucked in by the pump (20) at the water intake, physical description parameters of the water intake.
- 6. The method as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the step (304) of analyzing and interpreting the operation of the suction pipe takes into account the evolution of the following parameters over time: a suction pressure of the pump, a flow rate governed by the pump, a current

intensity demanded from the motor (21), an active power demanded from the motor (21), a total manometric height, an available NPSH.

- 7. A device for keeping a pumping system (2) forming part of a pumping station (1) in operational condition, said pumping system (2) comprising a pump (20), a motor (21) driving the pump (20) and at least one discharge pipe for discharging and one suction pipe for sucking in fluid via the pump (20), said device being **characterized in that** it comprises:
 - hydraulic and mechanical sensors taking measurements of hydraulic and mechanical values on the pump (20), the discharge pipe, and the suction pipe;
 - electrical and mechanical sensors taking measurements of electrical and mechanical values on the motor (21);
 - an electrical cabinet (3) for the pumping system (2) collecting the measurements from the hydraulic, electrical and mechanical sensors, transmitting operating instructions to said pumping system (2);
 - a monitoring system (7) comprising a computer, on which a central program (8) is executed implementing the method for keeping a pumping system (2) as claimed in any one of the preceding claims in operational condition, said monitoring system (7) being able to automatically transmit commands to the electrical cabinet (3) as a function of the results from the analysis, interpretation and pre-diagnosis, said monitoring system (7) comprising a human-machine interface for displaying the results of the analysis, the interpretation and the pre-diagnosis.

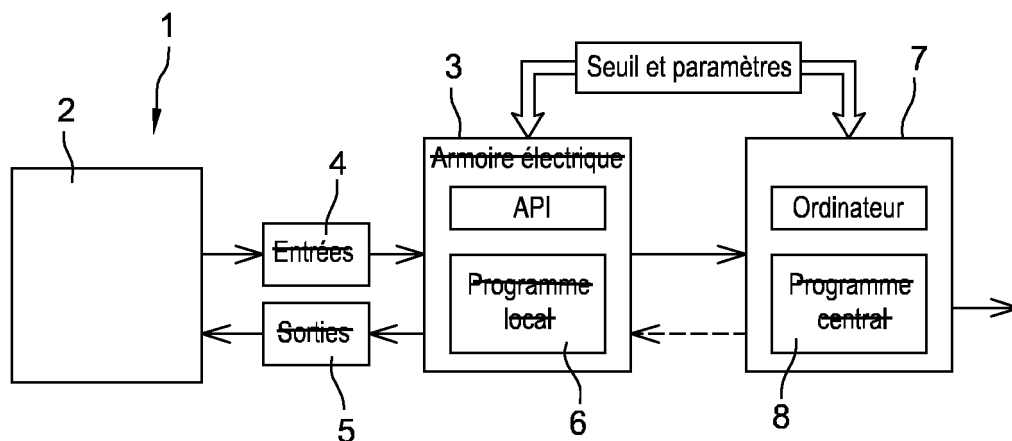


Fig. 1

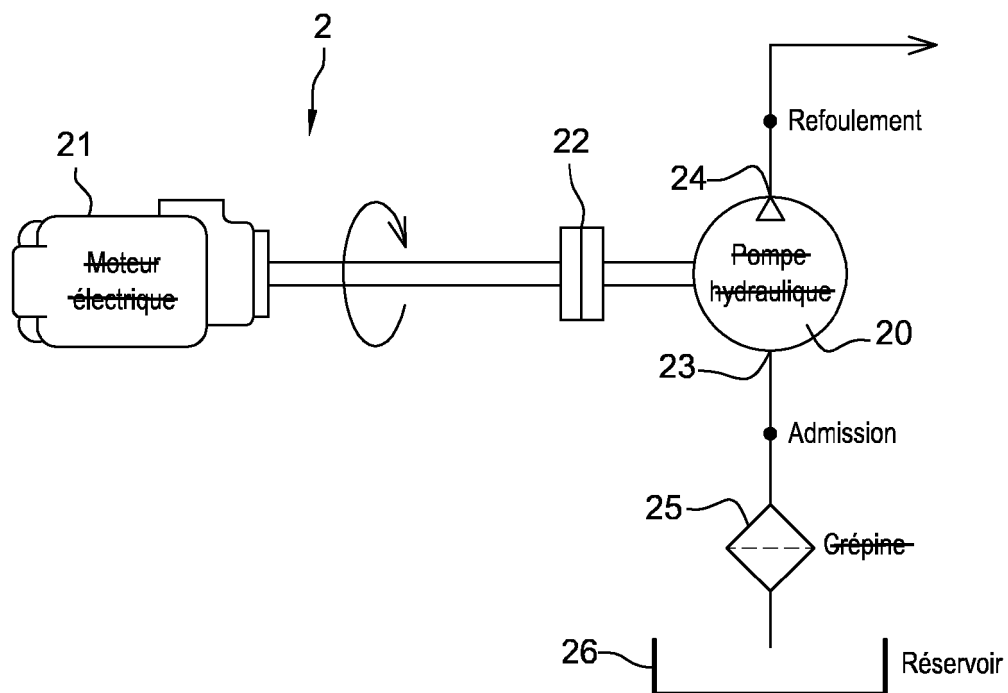
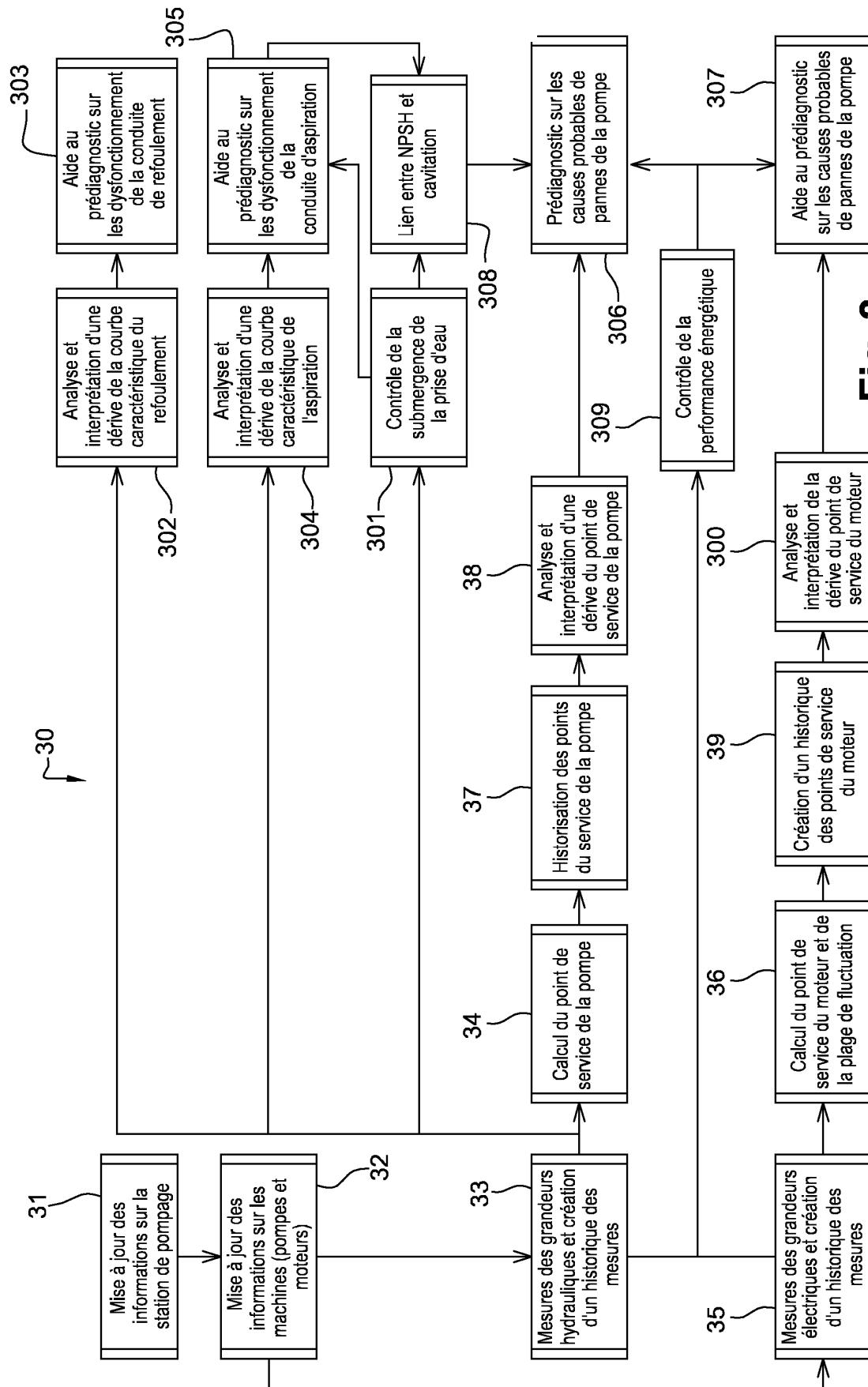


Fig. 2



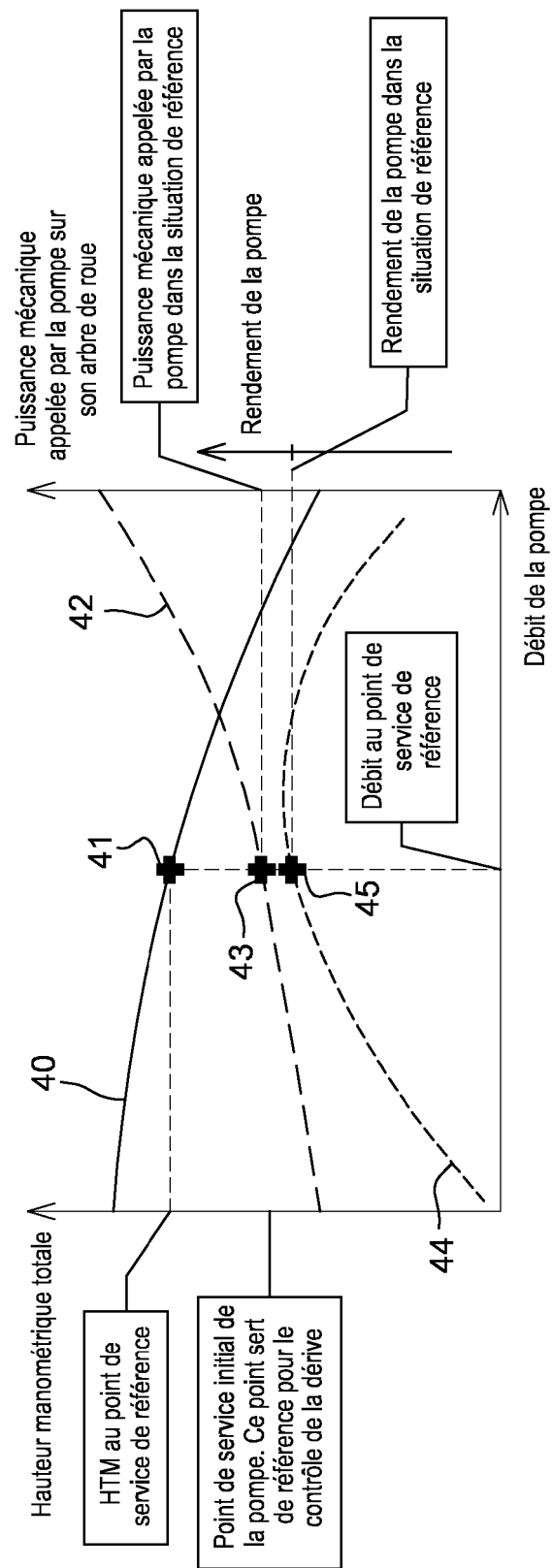


Fig. 4

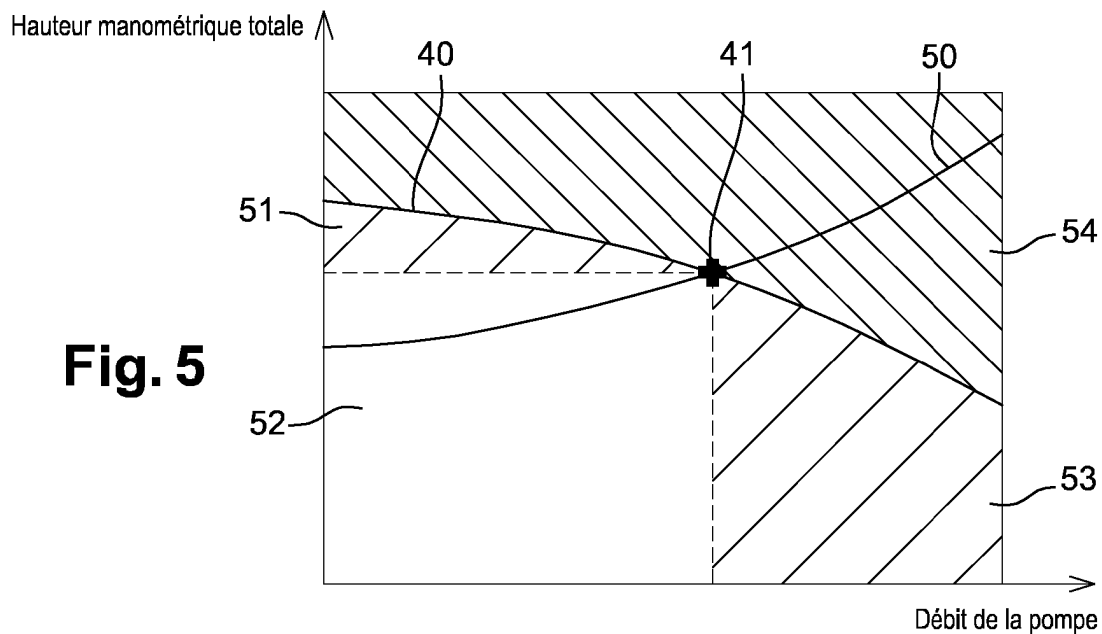


Fig. 5

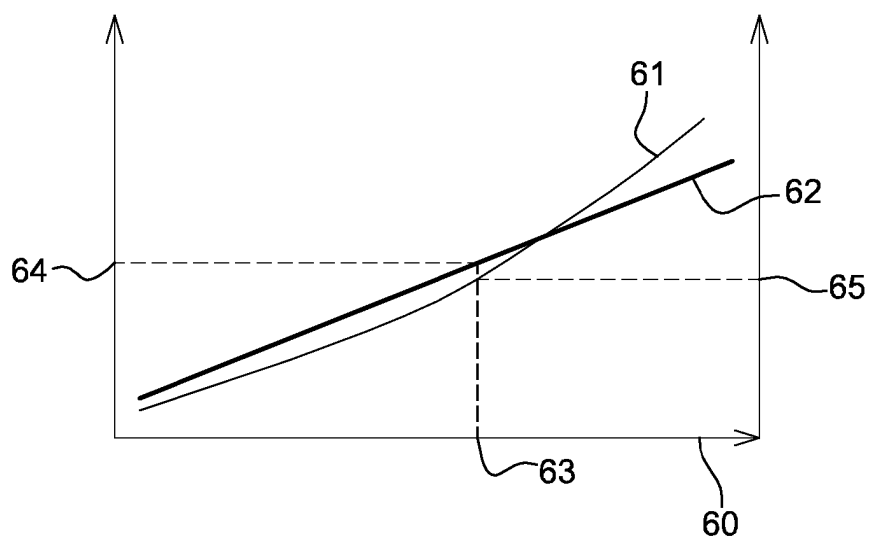


Fig. 6

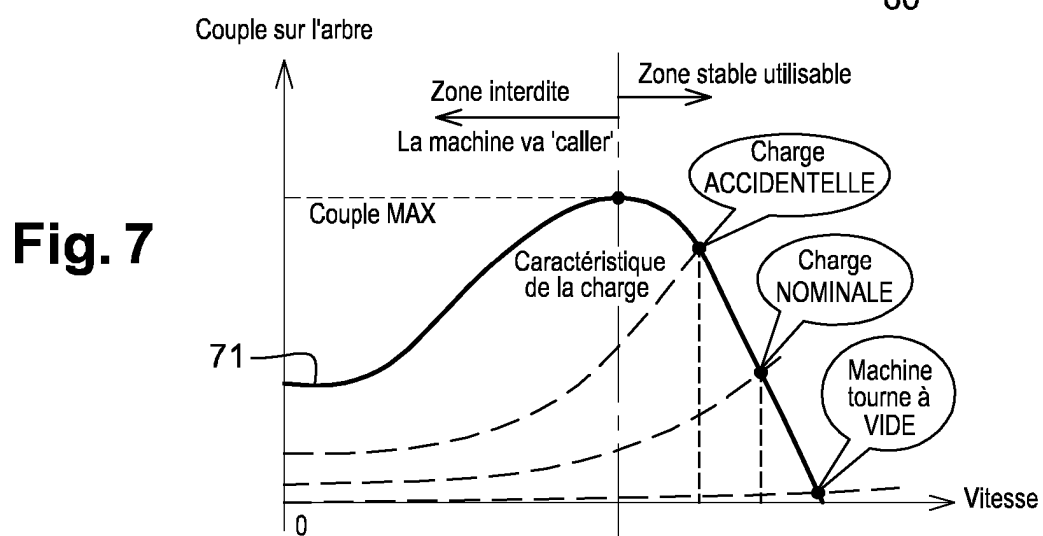


Fig. 7

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 2009204267 A [0006]