

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 041 760**

②1 N° d'enregistrement national : **15 59266**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 P 3/44 (2017.01), H 02 K 11/21**

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 30.09.15.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.03.17 Bulletin 17/13.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : NTN-SNR ROULEMENTS — FR.

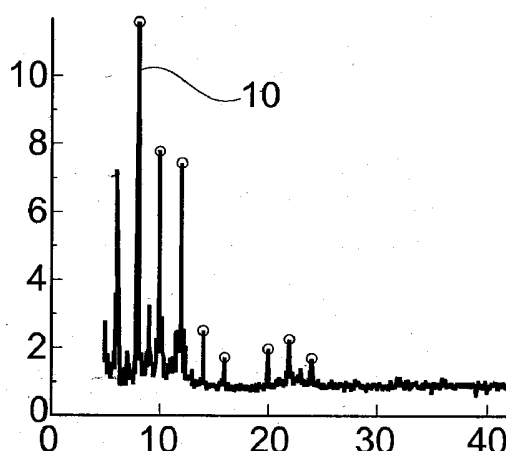
⑦2 Inventeur(s) : GUERRE-CHALEY FREDERIC.

⑦3 Titulaire(s) : NTN-SNR ROULEMENTS.

⑦4 Mandataire(s) : STRATO-IP Société à responsabilité limitée.

⑤4 **PROCEDE DE DETECTION D'UNE DEFAILLANCE TRANSITOIRE DE ROTATION D'UN ORGANE TOURNANT.**

⑤7 L'invention concerne un procédé prévoyant de :  
- mesurer la vitesse instantanée de rotation d'un organe tournant (1) et d'échantillonner angulairement ladite mesure pour, par analyse harmonique spatiale, obtenir un spectre qui est représentatif de la vitesse instantanée de rotation de l'organe (1), ledit spectre présentant des raies (10) correspondant aux harmoniques du tour de rotation dudit organe ;  
- surveiller l'amplitude d'au moins une raie harmonique (10) et, en cas de dépassement d'un seuil pour ladite amplitude, comparer le spectre obtenu avec au moins un spectre de référence pour en déduire l'apparition d'une défaillance.



FR 3 041 760 - A1



L'invention concerne un procédé de détection d'une défaillance transitoire de rotation d'un organe tournant, ainsi qu'un système mécanique comprenant un organe monté en rotation et un dispositif de détection d'une défaillance transitoire de ladite rotation par mise en œuvre d'un tel procédé.

5

En particulier, l'invention peut être mise en œuvre dans un système mécanique, par exemple de pompage à vide, dans lequel l'organe tournant est susceptible de venir transitoirement en contact avec un autre organe, la détection dudit contact permettant notamment d'établir un diagnostic de l'état d'usure du système mécanique.

10

Pour détecter une défaillance transitoire de rotation, on réalise classiquement une analyse vibratoire du système mécanique en exploitant des signaux délivrés par des accéléromètres. Toutefois, cette réalisation nécessite d'ajouter des accéléromètres qui, outre leur coût, présentent des contraintes importantes d'intégration dans le système mécanique, notamment si celui-ci présente des modes de vibration en utilisation.

15

On connaît du document WO-2010/122240 un procédé de détection d'un défaut structurel d'un ensemble mécanique comprenant un organe tournant qui prévoit de mesurer la vitesse instantanée de rotation dudit organe et d'échantillonner angulairement ladite mesure pour, par analyse harmonique spatiale, obtenir un spectre qui est représentatif de la vitesse instantanée de rotation de l'organe.

20

Le procédé selon ce document nécessite une analyse préalable d'identification d'une fréquence caractéristique de l'apparition du défaut pour, par surveillance de l'amplitude du spectre pour ladite fréquence, en déduire l'apparition du défaut correspondant.

25

Par conséquent, dans le cas de la détection d'une défaillance transitoire, ce procédé ne peut pas s'appliquer puisque la fréquence d'apparition de la défaillance n'est pas connue. En particulier, lorsque la défaillance correspond à un contact transitoire du rotor lors de sa rotation, les fréquences caractéristiques

30

du spectre peuvent varier lors de la défaillance, depuis la mise en contact jusqu'à la fin dudit contact du fait de l'usure engendrée par lui.

5 L'invention vise à perfectionner l'art antérieur en proposant notamment un procédé de détection d'une défaillance transitoire de rotation d'un organe tournant qui est facilement implantable en étant particulièrement fiable relativement aux défaillances induisant une usure transitoire lors de la rotation de l'organe.

10 A cet effet, et selon un premier aspect, l'invention propose un procédé de détection d'une défaillance transitoire de rotation d'un organe tournant, ledit procédé prévoyant de :

- mesurer la vitesse instantanée de rotation dudit organe et d'échantillonner angulairement ladite mesure pour, par analyse harmonique spatiale,  
15 obtenir un spectre qui est représentatif de la vitesse instantanée de rotation de l'organe, ledit spectre présentant des raies correspondant aux harmoniques du tour de rotation dudit organe ;
- surveiller l'amplitude d'au moins une raie harmonique et, en cas de dépassement d'un seuil pour ladite amplitude, comparer le spectre obtenu  
20 avec au moins un spectre de référence pour en déduire l'apparition d'une défaillance.

25 Selon un deuxième aspect, l'invention propose un système mécanique comprenant un organe monté en rotation et un dispositif de détection d'une défaillance transitoire de ladite rotation par mise en œuvre d'un tel procédé.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui suit, faite en référence aux figures annexées, dans lesquelles :

- les figures 1 et 2 montrent un spectre de référence dans respectivement  
30 un état de rotation d'un organe tournant ;
- les figures 3 et 4 montrent un spectre obtenu pour respectivement une défaillance transitoire de rotation d'un organe tournant ;

- les figures 5 sont des représentations schématiques partielles d'un système mécanique selon un mode de réalisation de l'invention, respectivement en perspective (figure 5a) et vue de côté (figure 5b).

5 On décrit ci-dessous un procédé de détection d'une défaillance transitoire de rotation d'un organe tournant 1, faisant notamment partie d'un système mécanique dans lequel il est monté. Dans une application particulière, le système mécanique comprend des moyens de pompage à vide qui font partie ou sont entraînés en rotation par l'organe tournant 1.

10

En relation avec les figures 5, le système mécanique comprend un carter 2 dans lequel l'organe 1 est monté en rotation, ledit organe présentant au moins un lobe radial 3 qui est monté en regard d'une paroi cylindrique 4 dudit carter. Pour assurer une fonction de pompage, le jeu entre la périphérie du lobe 3 et la paroi cylindrique 4 est réduit, ce qui fait que ledit lobe est susceptible de venir en contact avec le carter 2 lors de la rotation, ledit contact étant transitoire par usure du lobe 3 et/ou du carter 2 à leur interface.

15

Le système mécanique représenté comprend un deuxième organe 5 qui est monté en rotation dans le carter 2, au moins un des organes 1, 5 comprenant au moins un lobe 3, 6 susceptible de venir transitoirement en contact avec l'autre organe 5, 1 lors de la rotation desdits organes. En particulier, le deuxième organe 5 présente également un lobe radial 6 de pompage qui est disposé dans une paroi cylindrique 7 dudit carter. Sur la figure 5, le deuxième organe 5 est de structure analogue à celle du premier organe 1 en étant monté en rotation parallèle décalée de 90° par rapport audit premier organe. De même, pour assurer une fonction de pompage, le jeu entre la périphérie des lobes 3, 6 est réduit, ce qui fait que lesdits lobes sont susceptibles de venir en contact lors de la rotation, ledit contact étant transitoire par usure desdits lobes à leur interface.

20

25

30 De façon avantageuse, le procédé permet de détecter la défaillance de rotation induite par l'apparition d'au moins l'un des contacts transitoires entre le lobe 3 et

le carter 2 et/ou entre les lobes 3, 6, afin notamment de pouvoir établir un diagnostic de l'état d'usure du système mécanique.

5 Pour ce faire, le système mécanique comprend un dispositif de détection d'une défaillance transitoire par mise en œuvre d'un procédé prévoyant de mesurer la vitesse instantanée de rotation de l'organe tournant 1, ladite mesure pouvant être réalisée sur l'organe tournant 1 lui-même ou sur un autre organe tournant qui lui est associé dans le système mécanique.

10 En particulier, la mesure de la vitesse instantanée du premier organe 1 peut être réalisée au moyen d'un ensemble codeur 8 – capteur 9 intégré au système mécanique. De façon non représentée, la vitesse instantanée du deuxième organe tournant 5 peut être mesurée de façon analogue, par exemple pour détecter une défaillance transitoire de sa rotation.

15 Le codeur 8 est solidaire en rotation de l'organe tournant 1 et présente une piste codeuse, par exemple de type magnétique en comprenant une piste codeuse multipolaire qui présente une succession alternée de pôles magnétiques Nord et Sud dont la géométrie est identique afin d'émettre un champ magnétique périodique pseudo sinusoïdal.

20 A titre d'exemple, le codeur 8 peut être formé d'un aimant sur lequel les pôles magnétiques sont constitués, notamment en formant au moins une piste codeuse aimantée. En particulier, l'aimant peut comprendre une matrice, par exemple réalisée à base d'un matériau plastique ou élastomère, dans laquelle sont dispersées des particules magnétiques, notamment des particules de ferrite ou de terres rares comme le NdFeB, qui sont aimantées suivant la succession de pôles.

30 Le capteur 9 est fixe et comprend au moins deux éléments sensibles qui sont disposés en regard et à distance de lecture de la piste codeuse. Le document WO-2006/064169 décrit un capteur 9 agencé pour délivrer deux signaux respectivement SIN et COS en quadrature et de même amplitude qui sont chacun

représentatifs du champ magnétique d'une piste codeuse multipolaire, lesdits signaux pouvant être utilisés pour déterminer l'information de rotation du codeur 8, par exemple à fin de pilotage de la rotation de l'organe tournant 1.

- 5 Les éléments sensibles du capteur 9 peuvent être choisis parmi les sondes magnétosensibles, par exemple à effet Hall, et/ou les sondes à base de magnétorésistances à effet tunnel (TMR), de magnétorésistances anisotropes (AMR) ou de magnétorésistances géantes (GMR).
- 10 En particulier, le capteur 9 est agencé pour délivrer un signal comprenant des fronts qui sont espacés d'un pas angulaire constant. En particulier, le signal délivré par le capteur 9 peut être interpolé de sorte que le pas angulaire séparant les fronts soit inférieur à l'écart angulaire entre les pôles magnétiques.
- 15 Le procédé prévoit en outre un échantillonnage angulaire de la mesure de la vitesse instantanée de rotation pour obtenir un signal échantillonné qui est représentatif de ladite vitesse. En particulier, on mesure le temps écoulé entre deux fronts, notamment au moyen d'une carte de comptage qui est couplée au capteur 9.
- 20 La vitesse instantanée de rotation étant échantillonnée, le procédé prévoit de réaliser une analyse harmonique du signal échantillonné pour obtenir un spectre de la vitesse instantanée de rotation de l'organe 1. Selon une réalisation, l'analyse harmonique spatiale est réalisée par transformée de Fourier spatiale
- 25 (FFT) du signal échantillonné.

- La transformée de Fourier spatiale peut être réalisée sur la mesure du temps écoulé entre chaque front montant. En outre, la mesure de la vitesse instantanée de rotation de l'organe tournant 1 ou du temps écoulé entre chaque front peut
- 30 être réalisée sur plusieurs tours, par exemple une trentaine de tours, l'analyse harmonique étant alors réalisée sur ce signal échantillonné angulairement de sorte à limiter l'influence des fluctuations de vitesse de rotation de l'organe tournant 1.

En relation avec les figures 1 à 4, le spectre présente des raies 10 correspondant aux harmoniques du tour de rotation de l'organe 1 (les spectres représentant l'amplitude en fonction de l'ordre de l'harmonique), le procédé prévoyant une surveillance de l'amplitude d'au moins une desdites raies. Ensuite, en cas de dépassement d'un seuil pour une amplitude surveillée, le procédé prévoit de comparer le spectre obtenu avec au moins un spectre de référence pour en déduire l'apparition d'une défaillance.

En relation avec les figures 1 et 2, on constate que, en l'absence de défaillance, le positionnement fixe et l'amplitude importante des raies harmoniques 10 les rendent facilement surveillables et que, en cas de défaillance transitoire (figures 3 et 4), l'ensemble du spectre est excité. Plus précisément, en relation avec les figures 3 et 4, on constate que, en fonction de la défaillance, par exemple un contact lobe 3 / carter 4 ou un contact lobe 3 / lobe 6, le spectre est différent mais qu'il reste dans tous les cas excité transitoirement lors du contact considéré.

L'apparition d'une défaillance peut donc être détectée lorsque l'énergie du spectre obtenu est supérieure à l'énergie d'au moins un spectre de référence, plus particulièrement de plusieurs spectres de référence. De façon avantageuse, la comparaison des spectres peut être effectuée dans une fenêtre fréquentielle comprenant plusieurs raies harmoniques 10 du tour de rotation, notamment plus de dix raies harmoniques 10, afin de fiabiliser la détection.

La surveillance de l'amplitude peut être menée sur au moins une raie harmonique 10 d'ordre compris entre 1 et N, N étant supérieur à 10, notamment en étant compris entre 10 et 30, ces raies présentant déjà une amplitude significative en l'absence de défaillance. En outre, la détection peut être fiabilisée en surveillant l'amplitude de plusieurs raies harmoniques 10 pour, en cas de dépassement d'un seuil pour au moins l'une desdites amplitudes, comparer le spectre obtenu avec au moins un spectre de référence.

Le procédé peut prévoir en outre une procédure initiale d'acquisition d'au moins un spectre de référence qui est représentatif de la vitesse instantanée de rotation de l'organe 1 sans défaillance. En variante, un spectre de référence peut correspondre à un spectre précédemment obtenu lors de la rotation de l'organe 1.

En particulier, la procédure initiale prévoit l'acquisition de plusieurs spectres de référence (figures 1 et 2) en fonction d'un état de rotation de l'organe 1 (par exemple en phase de pompage ou non dans l'application considérée), ledit procédé prévoyant de déterminer l'état de rotation de l'organe 1 et de choisir le spectre de référence pertinent pour le comparer au spectre obtenu dans ledit état.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de détection d'une défaillance transitoire de rotation d'un organe  
5 tournant (1), ledit procédé prévoyant de :
- mesurer la vitesse instantanée de rotation dudit organe et d'échantillonner  
angulairement ladite mesure pour, par analyse harmonique spatiale,  
obtenir un spectre qui est représentatif de la vitesse instantanée de  
rotation de l'organe (1), ledit spectre présentant des raies (10)  
10 correspondant aux harmoniques du tour de rotation dudit organe ;
  - surveiller l'amplitude d'au moins une raie harmonique (10) et, en cas de  
dépassement d'un seuil pour ladite amplitude, comparer le spectre obtenu  
avec au moins un spectre de référence pour en déduire l'apparition d'une  
défaillance.
- 15
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il prévoit de détecter  
l'apparition d'une défaillance lorsque l'énergie du spectre obtenu est supérieure  
à l'énergie d'au moins un spectre de référence.
- 20
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la comparaison  
des spectres est effectuée dans une fenêtre fréquentielle comprenant plusieurs  
raies harmoniques (10) du tour de rotation, notamment plus de dix raies  
harmoniques (10).
- 25
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce  
qu'il prévoit une procédure initiale d'acquisition d'au moins un spectre de  
référence qui est représentatif de la vitesse instantanée de rotation de l'organe  
(1) sans défaillance.
- 30
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la procédure initiale  
prévoit l'acquisition de plusieurs spectres de référence en fonction d'un état de  
rotation de l'organe (1), ledit procédé prévoyant de déterminer l'état de rotation

de l'organe (1) et de choisir le spectre de référence pertinent pour le comparer au spectre obtenu dans ledit état.

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il prévoit de surveiller l'amplitude d'au moins une raie harmonique (10) d'ordre compris entre 1 et N, N étant supérieur à 10.

10 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il prévoit de surveiller l'amplitude de plusieurs raies harmoniques (10) pour, en cas de dépassement d'un seuil pour au moins l'une desdites amplitudes, comparer le spectre obtenu avec au moins un spectre de référence.

15 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'analyse harmonique spatiale est réalisée par transformée de Fourier spatiale du signal échantillonné.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la mesure de la vitesse instantanée est réalisée au moyen :

- d'un codeur (8) solidaire en rotation de l'organe tournant (1), ledit codeur comprenant une piste codeuse ;
- d'un capteur (9) fixe comprenant au moins deux éléments sensibles qui sont disposés en regard et à distance de lecture de la piste codeuse, ledit capteur étant agencé pour délivrer un signal comprenant des fronts espacés d'un pas angulaire constant.

25 10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la piste codeuse est multipolaire en présentant une succession alternée de pôles magnétiques Nord et Sud, le pas angulaire séparant les fronts est inférieur à l'écart angulaire entre lesdits pôles.

30 11. Système mécanique comprenant un organe (1) monté en rotation et un dispositif de détection d'une défaillance transitoire de ladite rotation par mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

12. Système mécanique selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend un codeur (8) solidaire en rotation de l'organe tournant (1), ledit codeur comprenant une piste codeuse, et un capteur (9) fixe comprenant au moins deux  
5 éléments sensibles qui sont disposés en regard et à distance de lecture de la piste codeuse, ledit capteur étant agencé pour délivrer un signal représentatif de la vitesse instantanée de rotation dudit organe.
13. Système mécanique selon l'une des revendications 11 ou 12, caractérisé en  
10 ce que l'organe (1) est monté en rotation dans un carter (2) en présentant au moins un lobe (3) susceptible de venir transitoirement en contact avec ledit carter lors de ladite rotation, le dispositif étant agencé pour détecter l'apparition dudit contact.
14. Système mécanique selon l'une quelconque des revendications 11 à 13,  
15 caractérisé en ce qu'il comprend un deuxième organe (5) monté en rotation, au moins un des organes (1, 5) comprenant au moins un lobe (3, 6) susceptible de venir transitoirement en contact avec l'autre organe (5, 1) lors de la rotation desdits organes, le dispositif étant agencé pour détecter l'apparition dudit  
20 contact.
15. Système mécanique selon l'une quelconque des revendications 11 à 14,  
caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de pompage à vide qui font partie  
ou sont entraînés en rotation par l'organe tournant (1).

1/2

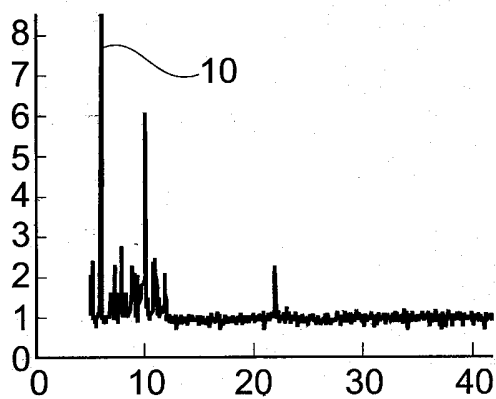


Fig. 1

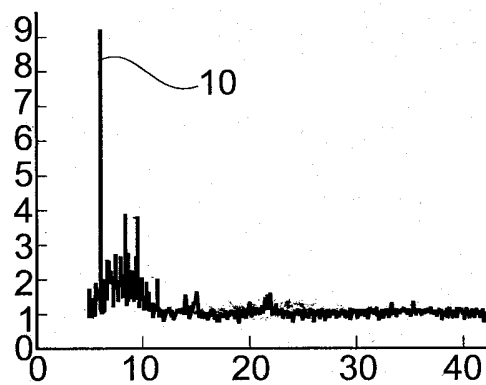


Fig. 2

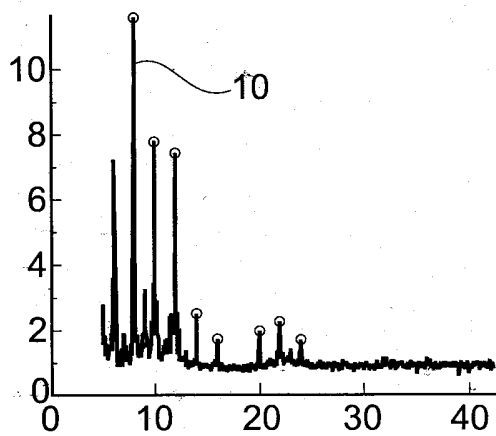


Fig. 3

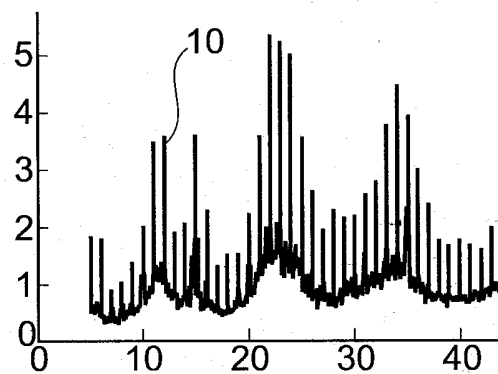


Fig. 4

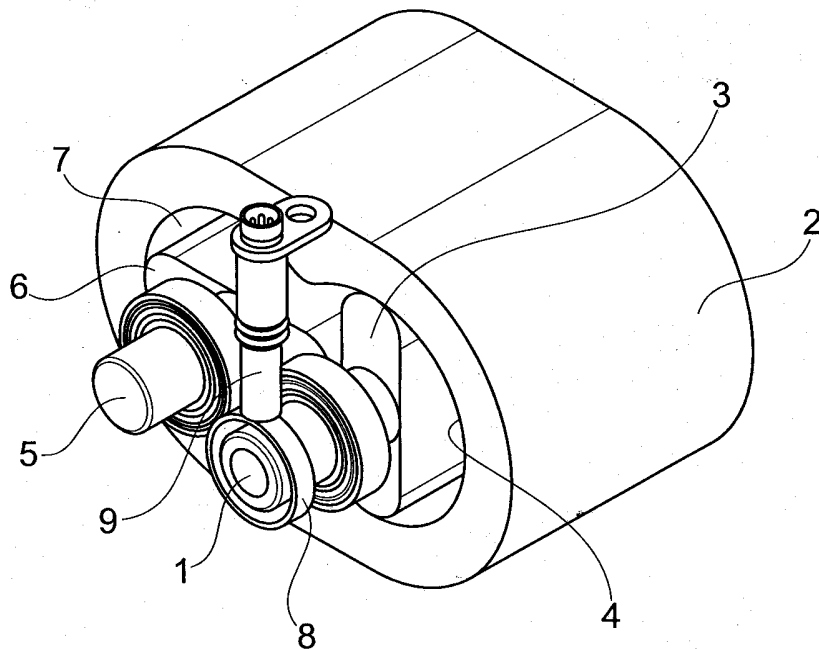


Fig. 5a

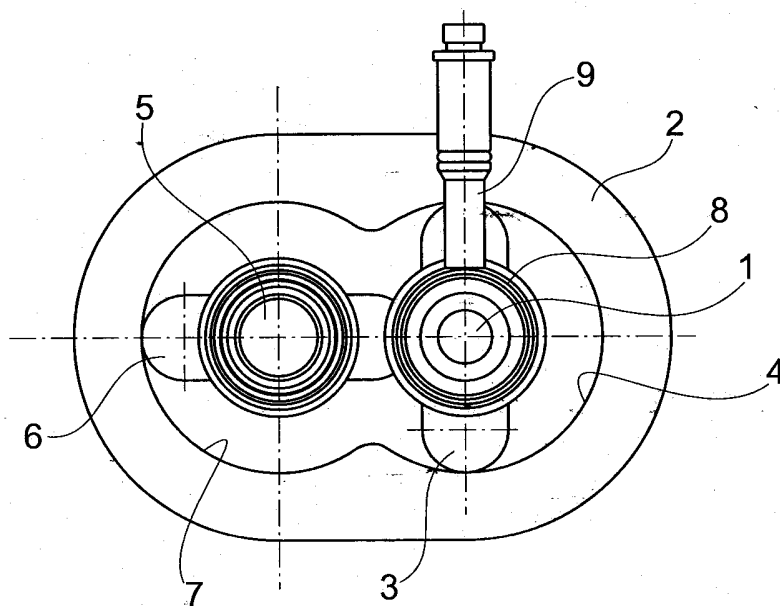


Fig. 5b

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 820345  
FR 1559266

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	FR 3 017 460 A1 (NTN SNR ROULEMENTS [FR]) 14 août 2015 (2015-08-14)	1,3-15	G01P3/44 H02K11/21
Y	* page 1, ligne 1 - ligne 5 * * page 4, ligne 18 - page 5, ligne 7 * * page 6, ligne 4 - page 7, ligne 5 *	2	
Y	EP 2 730 898 A1 (SKF AEROSPACE FRANCE [FR]) 14 mai 2014 (2014-05-14) * alinéas [0001], [0035], [0036], [0037], [0038], [0039] * * alinéa [0051] *	2	
A	FR 2 872 905 A1 (SNR ROULEMENTS SA [FR]) 13 janvier 2006 (2006-01-13) * page 6, ligne 10 - ligne 17 * * page 10, ligne 30 - page 11, ligne 7 *	1-15	
A	WO 2010/122240 A1 (SNR ROULEMENTS SA [FR]; DESBIOLLES PASCAL [FR]; ELBADAoui MOHAMED [FR]) 28 octobre 2010 (2010-10-28) * page 1, ligne 4 - ligne 7 * * page 2, ligne 15 - ligne 28 * * page 4, ligne 23 - page 5, ligne 13 *	1-15	
A	EP 1 970 691 A1 (SNECMA [FR]) 17 septembre 2008 (2008-09-17) * alinéas [0001], [0019], [0020], [0037]; revendication 1 *	1-15	
A	FR 2 952 177 A1 (SNECMA [FR]) 6 mai 2011 (2011-05-06) * page 3, ligne 20 - page 4, ligne 10 *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01H G01M
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		27 juillet 2016	Lorne, Benoît
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1559266 FA 820345**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 27-07-2016

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3017460	A1	14-08-2015	AUCUN	
EP 2730898	A1	14-05-2014	EP 2730898 A1 FR 2998019 A1 US 2014169715 A1	14-05-2014 16-05-2014 19-06-2014
FR 2872905	A1	13-01-2006	AT 442967 T CN 101010209 A EP 1789267 A1 FR 2872905 A1 JP 4777347 B2 JP 2008506097 A US 2008033689 A1 WO 2006013278 A1	15-10-2009 01-08-2007 30-05-2007 13-01-2006 21-09-2011 28-02-2008 07-02-2008 09-02-2006
WO 2010122240	A1	28-10-2010	BR PI1006573 A2 CN 102483368 A EP 2422178 A1 FR 2944875 A1 JP 5757936 B2 JP 2012524895 A KR 20120024635 A RU 2011147162 A WO 2010122240 A1	10-02-2016 30-05-2012 29-02-2012 29-10-2010 05-08-2015 18-10-2012 14-03-2012 27-05-2013 28-10-2010
EP 1970691	A1	17-09-2008	CA 2623617 A1 CN 101266197 A EP 1970691 A1 FR 2913769 A1 JP 5073533 B2 JP 2008249699 A US 2008223135 A1 ZA 200801958 B	12-09-2008 17-09-2008 17-09-2008 19-09-2008 14-11-2012 16-10-2008 18-09-2008 26-08-2009
FR 2952177	A1	06-05-2011	BR 112012010702 A2 CA 2779256 A1 CN 102597735 A EP 2496921 A1 FR 2952177 A1 JP 2013510303 A RU 2012122757 A US 2012272736 A1 WO 2011054867 A1	29-03-2016 12-05-2011 18-07-2012 12-09-2012 06-05-2011 21-03-2013 10-12-2013 01-11-2012 12-05-2011