

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 881 188

(21) N° d'enregistrement national : 05 00802

(51) Int Cl<sup>8</sup> : F 04 C 2/18 (2006.01)

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 26.01.05.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : KOYO-HPI Société par actions simplifiée — FR.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.07.06 Bulletin 06/30.

(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 :

(72) Inventeur(s) : GRATTERY DIDIER.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET MADEUF.

(54) PROCÉDÉ DE CONCEPTION DES PROFILS DES DENTS DES PIGNONS D'UNE POMPE A ENGRENAGES ET POMPE REALISÉE SELON CE PROCÉDÉ.

(57) L'invention concerne un procédé de conception des profils des dents des pignons d'une pompe à engrenages.

Cette pompe est du type comprenant un corps de pompe délimitant une cavité logeant au moins une paire de pignons engrenant l'un l'autre et pourvue d'orifices d'admission d'un fluide hydraulique basse pression dans la cavité et de refoulement de fluide haute pression hors de la cavité. Pour réduire le bruit produit par la pompe, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que le bruit de la pompe est réduit en diminuant la variation du volume de fluide emprisonné entre deux dents consécutives et s'engrenant des pignons.

L'invention est utilisable pour des pompes hydrauliques à engrenages.

FR 2 881 188 - A1



L'invention concerne un procédé de conception des profils des dents des pignons d'une pompe à engrenages, du type comprenant un corps de pompe délimitant une cavité logeant au moins une paire de pignons engrenant l'un 5 l'autre et pourvue d'orifices d'admission d'un fluide hydraulique basse pression dans la cavité et de refoulement de fluide à haute pression hors de la cavité.

L'invention concerne également une pompe comportant des pignons réalisés selon ce procédé.

10 Une pompe à engrenages de ce type est connue par le document EP 1 371 848. Ce document énonce, de façon générale, que le choix des profils de dent peut influer sur le bruit que produit la pompe.

15 La présente invention a pour but de proposer un engrenage de pompe et un procédé de réalisation du profil de dent, qui permettent de minimiser le bruit produit par la pompe.

20 Pour atteindre ce but, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que le bruit de la pompe est réduit par une diminution de la variation du volume de fluide emprisonné entre deux dents consécutives s'engrenant des pignons.

25 La pompe selon l'invention est caractérisée en ce que le volume enfermé entre les points de contact de deux dents consécutives des deux pignons s'engrenant l'un l'autre, est réduit tout en assurant un contact par roulement des dents.

30 L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement dans la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant un mode de réalisation de l'invention et dans lesquels :

35 - la figure 1 est une vue en coupe perpendiculaire aux axes de rotation des pignons, à travers le corps de pompe d'une pompe à engrenages de l'état de la technique, dont des pignons présentent un profil en développants de cercle;

- la figure 2 est une vue à plus grande échelle de la zone d'emprisonnement du pignon de la figure 1 ;
- la figure 3 est un schéma représentant la surface emprisonnée entre deux dents consécutives de deux engrenages de modules différents du type de celui de la figure 1, aussi qu'à titre de comparaison de l'engrenage selon l'invention, en fonction de l'angle de rotation  $\alpha$  des pignons ;
- la figure 4 est une vue avec arrachement, illustrant un engrenage de deux pignons présentant des profils selon l'invention pendant la durée de temps au cours de laquelle il y a double contact des pignons ;
- la figure 5 est une vue à plus grande échelle de la partie identifiée par V de la figure 4 ;
- la figure 6 est une vue schématique illustrant la variation de la surface S emprisonnée entre deux dents consécutives de l'engrenage selon l'invention et indiqué en gris sur la figure 5, en fonction de l'angle de rotation  $\alpha$  des pignons ;
- la figure 7 est un schéma montrant l'évolution d'un certain nombre de paramètres d'un engrenage selon l'invention en fonction du rapport de conduite  $\varepsilon$  indiqué sur l'abscisse, et
- la figure 8 est une vue schématique définissant les termes de l'équation définissant le profil de dents selon l'invention.

La figure 1 montre la structure classique d'une pompe à engrenages cylindriques à dentures extérieures droite avec un profil en développante de cercle. Cette pompe comporte essentiellement un corps de pompe 1 qui délimite une cavité 2 logeant une paire de pignons 3, 4 et pourvue d'un orifice 5 d'aspiration d'un fluide hydraulique basse pression et d'un orifice 6 de refoulement de fluide haute pression. Les pignons 3 et 4 engrènent l'un l'autre et sont solidaires en rotation d'arbres respectivement 7, 8 dont l'un est entraîné par un moteur non représenté, de façon connue en soi.

Comme on le voit sur la figure 1, après le transfert du liquide du côté aspiration au côté de refoulement, du liquide sous pression reste emprisonné dans le volume emprisonné entre les points de contact 9 et 10 des dents 3a et 3b du pignon 3 et des dents 4a, 4b du pignon 4, les dents 3a, 3b et 4a, 4b étant des dents consécutives des pignons 3 et 4. Le volume est représenté sur les dessins par la surface hachurée ou en gris S perpendiculaire aux axes des pignons. On utilise ci-après l'expression surface emprisonnée à la place de volume emprisonné, le volume étant égal au produit de la surface et de la largeur des pignons.

On constate que la référence 9 désigne le contact entre la dent 3a du pignon 3 et la dent 4a du pignon 4, tandis que la référence 10 désigne le contact des pignons 3b et 4b.

Une pompe du type représenté à la figure 1 et dont les dents présentent un profil en développante de cercle présente l'inconvénient majeur d'occasionner beaucoup de bruit et engendre des pulsations de débit et de pression excitant tout le circuit hydraulique.

Il s'est avéré dans le cadre de l'invention que ce phénomène est dû à la variation de la surface emprisonnée S par rapport à la surface emprisonnée minimale pendant l'engrenement des pignons 3 et 4, qui peut atteindre 25%. Cette variation de la surface provoque une forte pression lors de l'emprisonnement du fluide entre deux dents consécutives, puis une détente brutale côté aspiration de la pompe lors de l'ouverture de la surface et de la libération du liquide.

La figure 2 illustre la variation de la surface S indiquée sur l'ordonnée en fonction du déplacement angulaire  $\alpha$  des dents consécutives qui emprisonne le volume pendant une durée de temps qui correspond à un angle de rotation de  $6^\circ$  pour des pignons à douze dents de l'exemple représenté. Comme on le voit sur la figure, la surface indiquée en gris sur la figure 2 varie pour un engrenage de

module 2,75 représentée par la courbe S1 entre la valeur minimale de 8 mm<sup>2</sup> et la valeur maximale quelque peu supérieure de 12 mm<sup>2</sup>, et pour un engrenage de module de 1,85 représentée par la courbe S2 entre la valeur de 4,5 mm<sup>2</sup> et 5 6 mm<sup>2</sup>, c'est-à-dire d'environ 25% dans les deux cas.

Or, l'invention préconise une manière de réduire considérablement le phénomène du bruit et des pulsations susmentionnées pour une pompe hydraulique du type représenté sur la figure 1. L'invention est fondée sur la 10 découverte que la variation de la surface emprisonnée et ainsi que la valeur minimale de cette surface peuvent être réduites en modifiant le profil des dents des pignons.

La figure 4 montre les deux pignons qui, en remplaçant les pignons à profil de dent en développante de cercle de 15 l'état de la technique, permettent d'atteindre ce but. Les pignons selon l'invention portent les références 10 et 11 dont l'engrènement est toujours du type à deux contacts sur deux dents consécutives, comme dans le cas de la figure 1, les points de contact étant maintenant désignés par les 20 références 12 et 13, 12 étant le point de contact des dents 10a et 11a et 13 le point de contact des dents 10b et 11b des pignons 10 et 11.

La figure 5 illustre plus en détail le profil des dents des pignons 10, 11 selon l'invention, par rapport au 25 profil en développante de cercle des pignons 3 et 4 selon les figures 1 et 2. Ce profil en développante de cercle se caractérise par le fait que la ligne de conduite, c'est-à-dire de tous les points de contact lors de la rotation des pignons pendant une phase à deux contacts sur deux dents 30 consécutives, est une ligne droite et c'est la forme de cette ligne qui détermine la configuration des dents des pignons.

Dans le cadre de l'invention il s'est avéré que pour atteindre le but susmentionné de l'invention, il convient 35 de réaliser des pignons dont les profils de dent sont conçus de façon que la ligne de conduite n'est plus une ligne droite mais une ligne courbe telle que la ligne L

indiquée sur la figure 4 et qui, dans sa partie gauche par rapport au point primitif  $P_p$  est concave dans une vue d'en haut de la figure et convexe dans la partie droite, le point primitif étant le point de tangente entre les cercles primitifs de fonctionnement des deux pignons. On constate que la ligne de conduite  $L$  est symétrique par rapport au point primitif  $P_p$ , une demi-ligne de conduite permettant de tracer une demi-hauteur de dents.

Cette ligne de conduite  $L$  peut être définie dans un système de coordonnées à axes perpendiculaires et polaires dont l'origine est le point primitif sur la ligne des centres, en se référant à la figure 8, par les équations suivantes

$$15 \quad x_p(y) := a \cdot y \cdot (y - 2 \cdot A)$$

$$x(y) := \frac{1}{a} \cdot (\ln(2 \cdot A) - \ln(2 \cdot A - y))$$

$$\phi(y) := \text{si} \left[ y < 0, \arctan \left[ \frac{1}{a \cdot (2 \cdot A + y)} \right], \arctan \left[ \frac{1}{a \cdot (2 \cdot A - y)} \right] \right]$$

20

dans lesquelles  $x_p$ ,  $x$  et  $y$  sont des coordonnées tel qu'indiquées sur le schéma 8 et  $a$  et  $A$  sont des coefficients.

En modifiant ces coefficients  $a$  et  $A$  on obtient des lignes de conduite qui diffèrent par leur courbure dont la variation a un impact sur la surface emprisonnée. Plus la courbure est importante, plus la surface emprisonnée et la variation de la surface lors de la rotation des pignons est faible. L'augmentation de la courbure est admissible tant que le contact des pignons est un contact de roulement. Lors d'un dépassement de cette limite, les dents des pignons commencent à glisser les unes sur les autres, ce qui est bien entendu préjudiciable au bon fonctionnement de l'engrenage.

35 Le tableau I qui suit indique des variations de différents paramètres de l'engrenage selon l'invention en fonction du rapport de conduite  $\varepsilon$ , ce rapport indiquant le

5 temps d'engrènement à deux contacts sur deux dents consécutifs par rapport au temps d'un tour de rotation des pignons. Un rapport de conduite  $\epsilon = 1,1$  signifie que le temps d'engrènement à deux contacts sur deux dents consécutives est de 10%, le temps restant étant à un seul contact.

Tableau I

Rapport de conduite	$\epsilon_\alpha$	1,05	1,1	1,15	1,2	1,3	1,35	1,38
Entraxe	$a_w$ mm	24,6	24,2	23,8	23,4	22,8	22,5	22,3
Diamètre extérieur	$d_a$ mm	28,61	28,248	27,934	27,608	27,118	26,854	26,676
Varation de surface	$\Delta S$ %	0,46	1,67	3,76	6,27	12,18	15,38	17,7
Surface minimale	$S_{min}$ mm <sup>2</sup>	1,95	2,01	2,12	2,22	2,43	2,53	2,61

10 Ce tableau est valable pour un engrenage de module 2,05 utilisant des pignons ayant douze dents, dont l'épaisseur en tête  $p$  est de 0,3 mm (figure 4), la largeur de denture  $b$  est de 6,5 mm, le jeu de battement est de 0,1 mm et la cylindrée est de 2 cm<sup>3</sup> par tour.

15 Les paramètres dont la variation est indiquée en fonction du rapport de conduite  $\epsilon$  sont l'entraxe  $a_w$  des pignons de l'engrenage en mm, le diamètre extérieur  $d_a$  des pignons en mm, la variation de surface emprisonnée  $\Delta S$  en % et la surface minimale  $S_{min}$  en mm<sup>2</sup>. La figure 7 illustre sous forme de courbes la variation de ces paramètres en fonction du rapport de conduite indiqué  $\epsilon$  sur la coordonnée d'abscisse.

20 Il s'est avéré qu'un rapport de conduite  $\epsilon = 1,05$  est particulièrement avantageux et permet d'obtenir la courbe de surface emprisonnée  $S$  en fonction de l'angle de rotation  $\alpha$  tel que représenté sur la figure 6. On constate que pour une valeur minimale  $S_{min} = 2$  mm<sup>2</sup> la variation de surface  $S$  est seulement de 7%. Le contact des dents est toujours un contact à roulement. Ces valeurs sont considérablement meilleures que les valeurs comparables réalisables avec les dentures à profil en développante de cercle selon les figures 2 et 3 où la surface minimale est de 8 mm<sup>2</sup> pour un engrenage de module de 2,75 et de 4,5 mm<sup>2</sup>.

pour un engrenage de module de 1,85, la variation étant de 25% dans les deux cas d'engrenages classiques.

Mais étant donné que l'engrenage selon l'invention a un module de 2,05, c'est-à-dire entre les deux modules des 5 engrenages connus, les valeurs  $S_{min}$  de référence se trouvent aussi entre les valeurs  $S_{min}$  susmentionnées de  $8 \text{ mm}^2$  et  $4,5 \text{ mm}^2$ . Pour faciliter la comparaison, on a indiqué la ligne de conduite SI selon l'invention sur la figure 3 en lignes fantômes.

10 Il est à noter que la surface minimale et la variation de surface selon la figure 6 sont des valeurs produites par des pignons réalisables en appliquant l'équation de la ligne de conduite indiquée plus haut avec, comme coefficients  $a=0,444$  et  $A=2,286$ , pour un engrenage de 15 module 2,05. Pour un engrenage de module 1,25 avec douze dents les coefficients seront  $a=1,055$  et  $A=1,025$  et pour un module de 1,85 on aura  $a=0,84$  et  $A=1,237$ .

Le tableau II qui suit donne les coordonnées cartésiennes du profil d'une dent conçue selon l'invention.

Tableau II

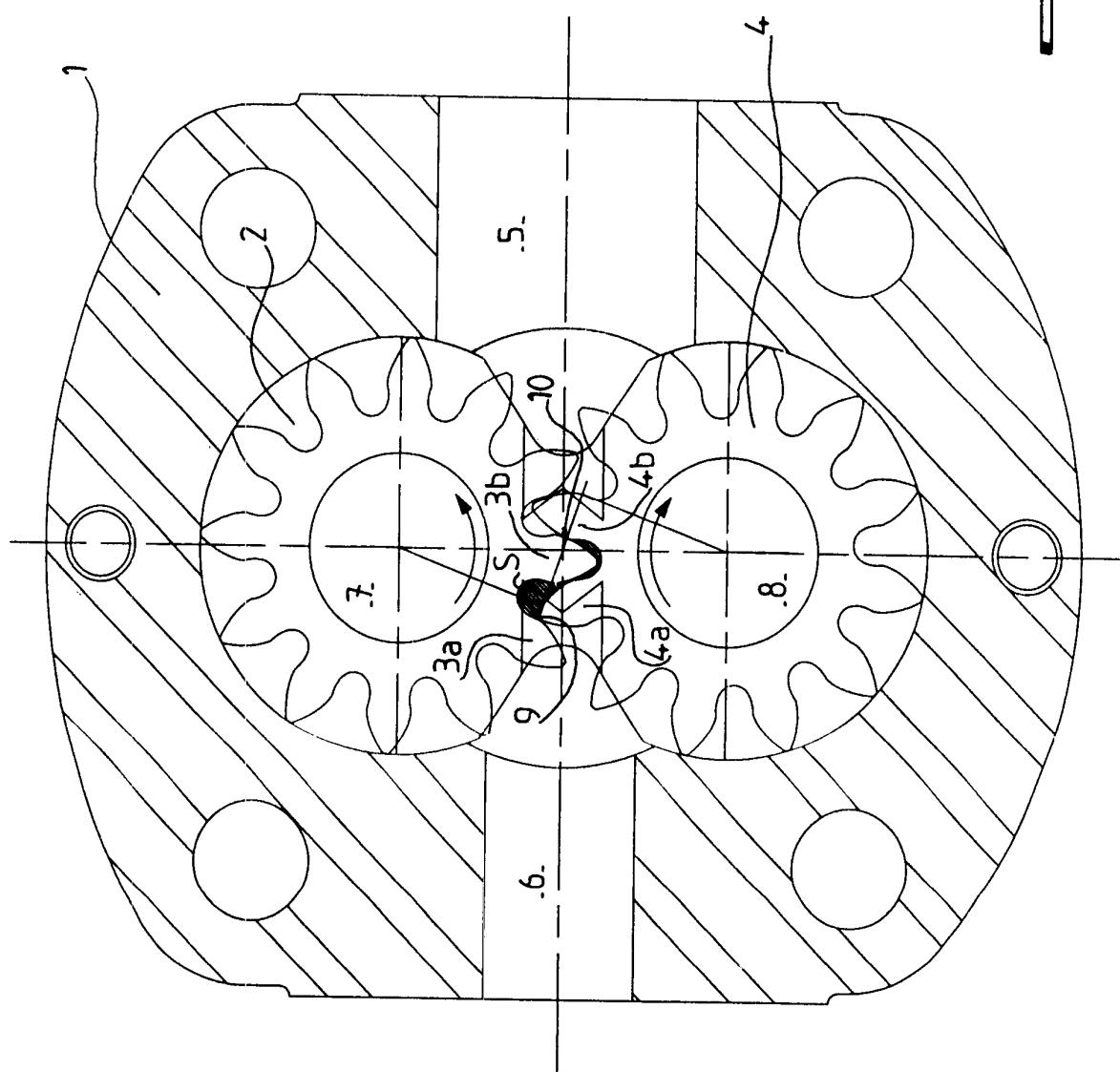
x	y	x	y	x	y
2,403776	10,687974	-1,717033	14,201364	0,637956	11,046932
2,479447	10,783972	-1,706762	14,202602	0,683735	10,933592
2,55356	10,878718	-1,696491	14,203833	0,73114	10,818131
2,626709	10,972578	-1,686219	14,205056	0,780676	10,700095
2,699489	11,065945	-1,675946	14,206272	0,83288	10,579057
2,77251	11,159241	-1,665671	14,20748	0,854623	10,526972
2,846398	11,252916	-1,655397	14,208681	0,880148	10,476632
2,92181	11,347436	-1,645121	14,209874	0,909316	10,428312
2,999434	11,443286	-1,634844	14,21106	0,941969	10,382275
3,080004	11,540961	-1,624567	14,212239	0,977928	10,338771
3,164301	11,640961	-1,614288	14,21341	1,016998	10,298038
3,253169	11,743782	-1,604009	14,214574	1,058965	10,260298
3,34753	11,849905	-1,593729	14,21573	1,103602	10,225756
3,45013	11,958842	-1,583448	14,216879	1,150665	10,1946
3,562158	12,069245	-1,573167	14,21802	1,199898	10,167
3,683198	12,180059	-1,562884	14,219154	1,251032	10,143106
3,812797	12,290327	-1,398676	14,098114	1,303789	10,123049
3,950481	12,399188	-1,240743	13,972754	1,357882	10,106937
4,095767	12,505874	-1,089132	13,843413	1,413016	10,094859
4,248175	12,609699	-0,943963	13,710473	1,468891	10,08688
4,407241	12,710057	-0,805412	13,574371	1,525201	10,083044
4,572528	12,806413	-0,673701	13,435604	1,581642	10,083372
4,743634	12,898297	-0,549081	13,294736	1,637904	10,087862
4,92021	12,985293	-0,431824	13,152404	1,693682	10,096488
5,101963	13,06703	-0,322204	13,009318	1,748672	10,109206
5,28867	13,143176	-0,220492	12,866271	1,802574	10,125944
-1,860723	14,183253	-0,126936	12,724137	1,855095	10,146612
-1,850465	14,184595	-0,041749	12,583875	1,905949	10,171098
-1,840207	14,185929	0,034901	12,446529	1,954858	10,199268
-1,829948	14,187256	0,10291	12,313229	2,001556	10,230968
-1,819687	14,188576	0,163798	12,184937	2,045789	10,266026
-1,809426	14,189888	0,220335	12,061353	2,087315	10,304251
-1,799164	14,191193	0,273275	11,941755	2,12591	10,345435
-1,788901	14,192491	0,323286	11,825433	2,161361	10,389353
-1,778637	14,193781	0,37098	11,711688	2,245355	10,490942
-1,768372	14,195063	0,416923	11,599839	2,325949	10,590396
-1,758106	14,196338	0,46164	11,489228		
-1,747839	14,197606	0,50563	11,379223		
-1,737571	14,198866	0,549369	11,269217		
-1,727302	14,200119	0,593324	11,158636		

REVENDEICATIONS

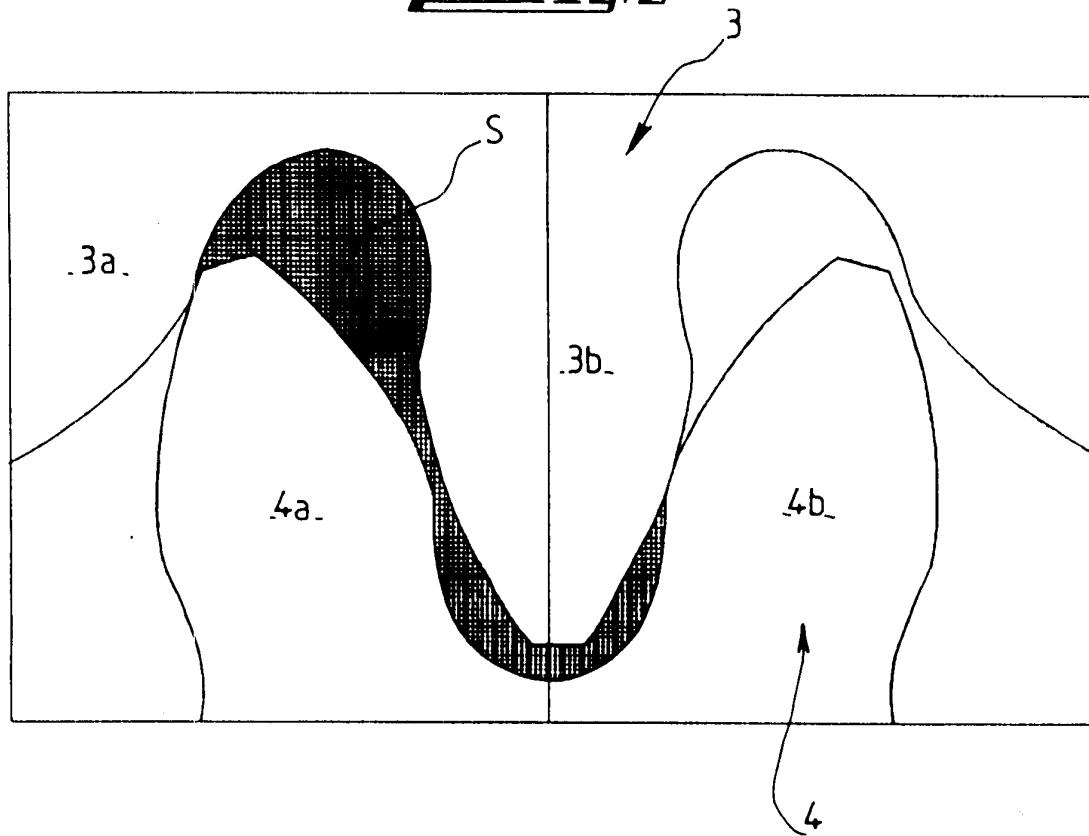
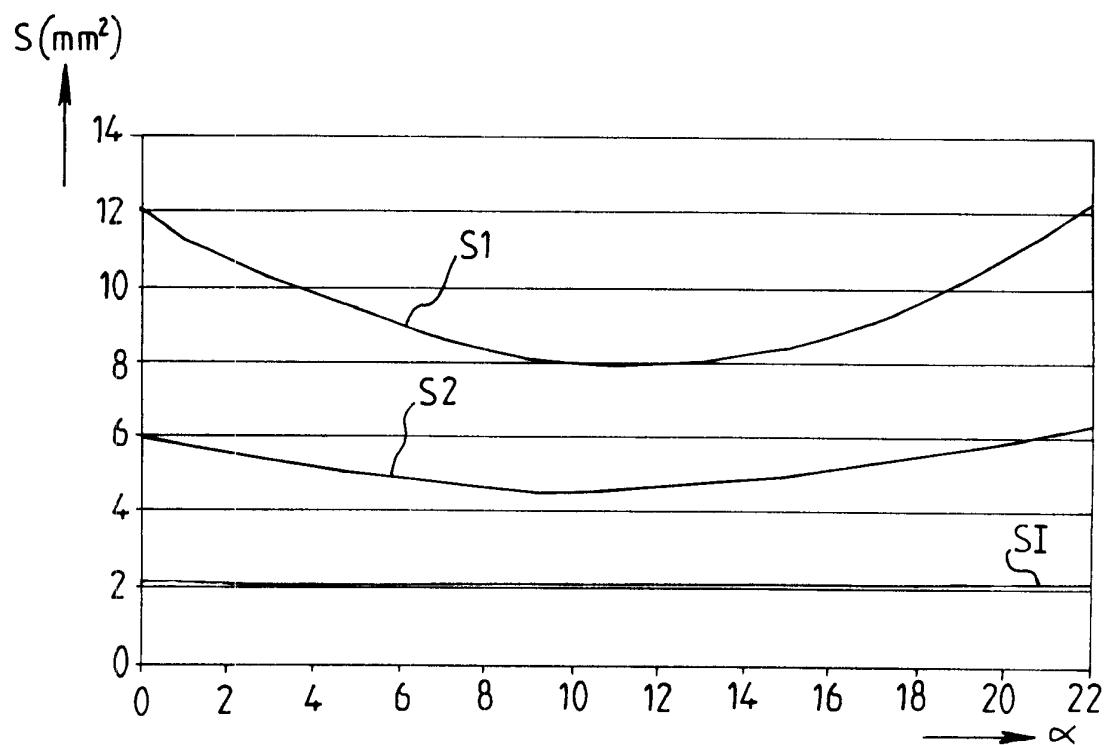
1. Procédé de conception des profils des dents des pignons d'une pompe à engrenages, du type comprenant un corps de pompe délimitant une cavité logeant au moins une paire de pignons engrenant l'un l'autre et pourvue d'orifices d'admission d'un fluide hydraulique basse pression dans la cavité et de refoulement de fluide à haute pression hors de la cavité, caractérisé en ce que, pour réduire le bruit produit par la pompe, le bruit de la pompe est réduit en diminuant la variation du volume de fluide emprisonné entre deux dents consécutives et s'engrenant des pignons.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on choisit des dentures ayant une ligne de conduite courbe.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on examine la relation entre le volume emprisonné et la courbure de la ligne de conduite et établit le profil de dents à partir de la ligne de conduite choisie.
- 25 4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que l'on choisit les pignons parmi ceux ayant un profil de dent dont la ligne de conduite est définie par l'équation  $x_p(y) := a \cdot y \cdot (y - 2 \cdot A)$   
a et A étant des constantes.
5. Pompe à engrenages du type comprenant un corps de pompe délimitant une cavité logeant au moins une paire de pignons (10, 11) engrenant l'un l'autre et pourvue d'orifices d'admission (5) et de refoulement (6) d'un fluide hydraulique, caractérisée en ce que le volume enfermé entre les points (12, 13) de contact de deux dents consécutives des deux pignons (10, 11) s'engrenant l'un l'autre, est réduite tout en assurant un contact par roulement des dents.

6. Pompe selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comporte des engrenages dont la ligne de conduite est courbe et est définie par l'équation  $x_p(y) := a \cdot y \cdot (y - 2 \cdot A)$ .

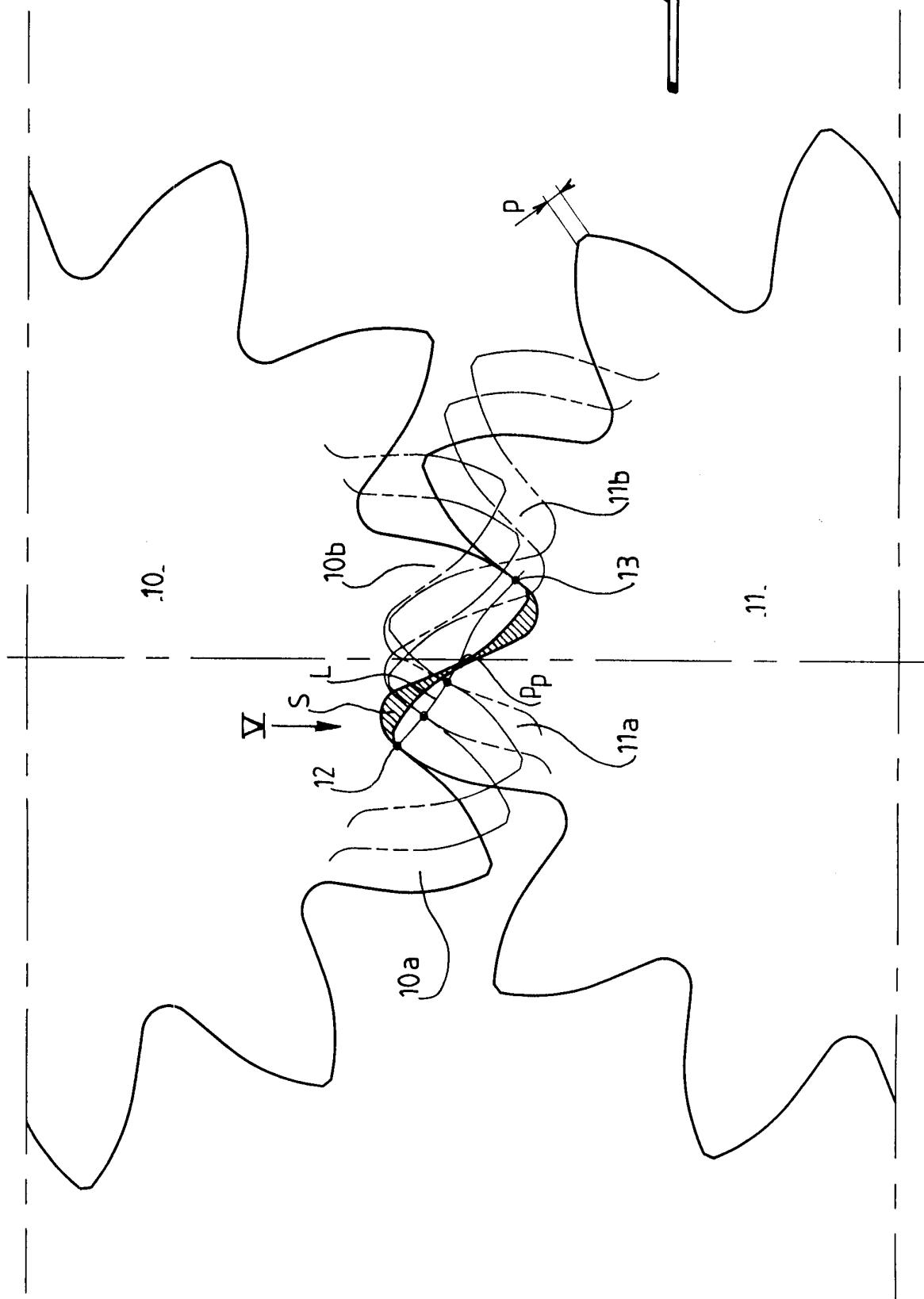
7. Pompe selon la revendication 6, caractérisée en ce  
5 que les pignons sont des pignons à douze dents ayant des profils de dent avec un rapport de conduite  $\varepsilon = 1,05$ .

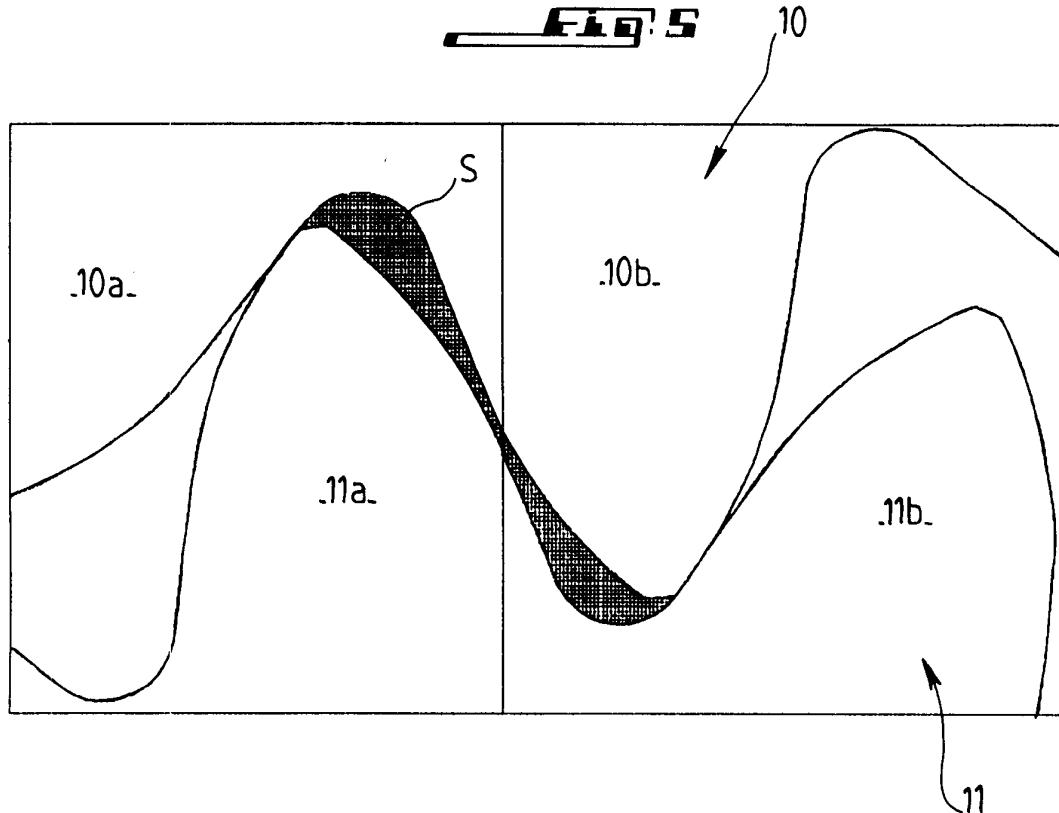
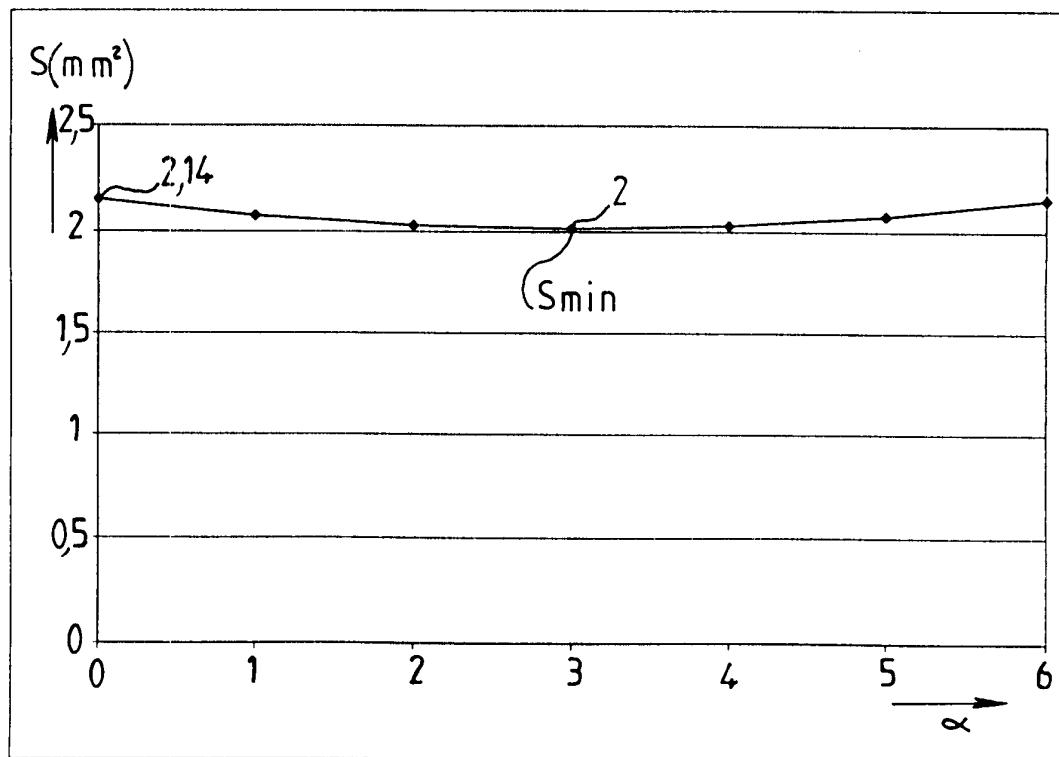
1  
5**FIG. 1**

2/5

**FIG. 2****FIG. 3**

3/5

~~FIG: 4~~

4/  
5**FIG. 5****FIG. 6**

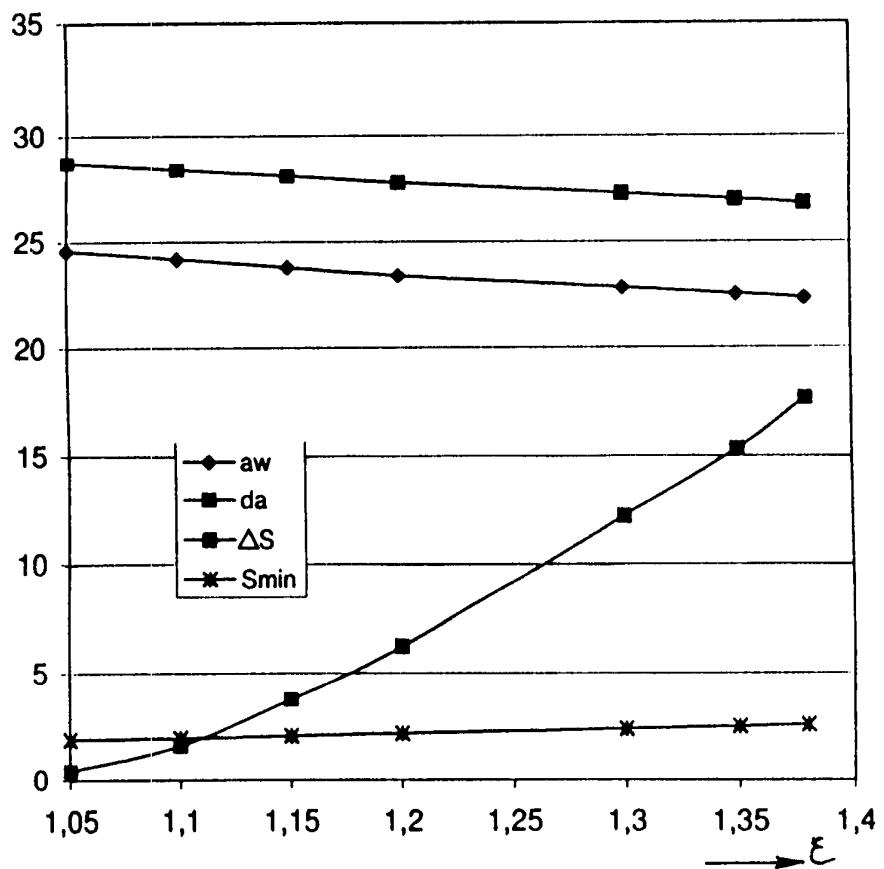
5  
5

Fig. 7

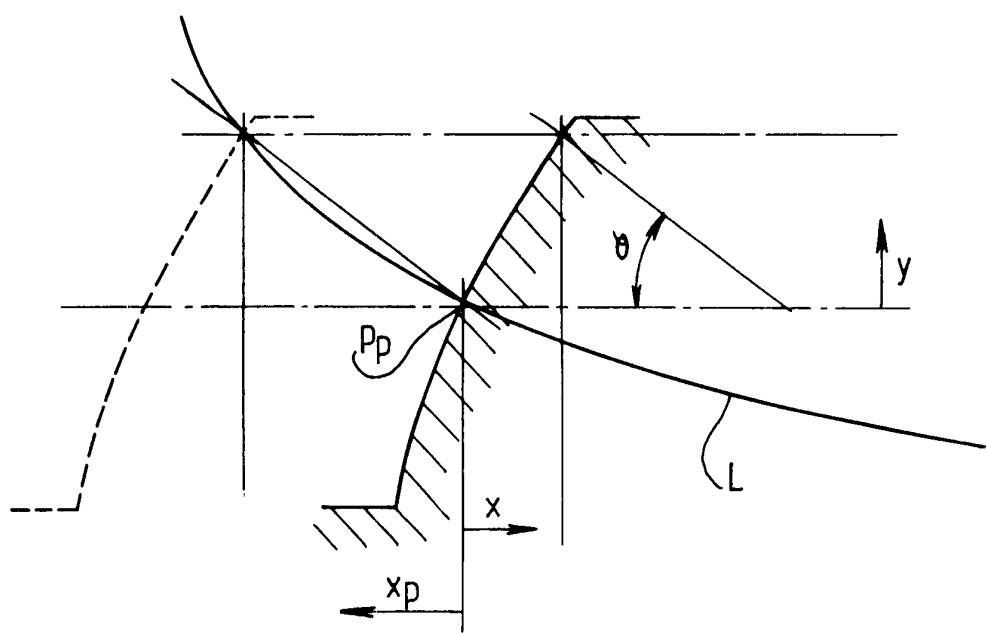


Fig. 8



## RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

FA 663561  
FR 0500802

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	DE 43 10 211 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE) 24 mars 1994 (1994-03-24) * figure 3 * * colonne 4, ligne 22 - colonne 12, ligne 11 * -----	1-6	F04C2/18
X	GB 1 269 056 A (MERRITT HENRY EDWARD) 29 mars 1972 (1972-03-29)	1-6	
A	* le document en entier *	7	
X	DE 37 37 403 A1 (ROBERT BOSCH GMBH; ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART, DE) 24 mai 1989 (1989-05-24) * le document en entier *	1-6	
X	EP 0 780 575 A (ROBERT BOSCH GMBH) 25 juin 1997 (1997-06-25)	1-6	
A	* le document en entier *	7	
X	DE 196 12 497 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE; ROBERT BOSCH GMBH) 2 octobre 1997 (1997-10-02) * le document en entier *	1-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)  F04C
1			
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur	
20 septembre 2005		Lequeux, F	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0500802 FA 663561**

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 **20-09-2005**

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
DE 4310211	A1	24-03-1994	AUCUN			
GB 1269056	A	29-03-1972	AUCUN			
DE 3737403	A1	24-05-1989	GB IT	2211893 A 215412 Z2	12-07-1989 11-09-1990	
EP 0780575	A	25-06-1997	DE	19548613 A1	17-07-1997	
DE 19612497	A1	02-10-1997	FR GB IT	2746863 A1 2311564 A MI970595 A1	03-10-1997 01-10-1997 29-09-1997	