



Montage et Démontage de Roulements

Montage et Démontage de Roulements

Publ. no. WL 80 100/3 FB

Les roulements sont des éléments de machine de haute capacité avec des composants de grande précision. Afin de tirer pleinement profit de leur capacité, le constructeur doit choisir le type et l'exécution de roulement appropriés et bien adapter les caractéristiques des roulements à celles des pièces attenantes. De plus, le montage, le démontage, la lubrification, l'étanchéité et l'entretien sont de grande importance.

Des moyens convenables au montage et démontage de roulements ainsi qu'un travail propre et soigné sur le lieu de montage sont nécessaires afin d'assurer une longue durée de service des roulements.

Cette publication s'adresse surtout aux monteurs et aux gens des ateliers. Ils y trouvent des renseignements sur la manipulation, le montage et le démontage, la lubrification et l'entretien de roulements. Un chapitre particulier est consacré aux avaries des roulements et leurs causes. L'annexe comprend des tableaux des désignations de roulements, des tolérances pour roulements et pièces attenantes, du jeu interne et des graisses Arcanol de FAG pour roulements.

D'autres publications sont disponibles à titre d'information concernant des outillages et méthodes spéciaux pour le montage et le démontage ainsi que des instruments de mesure (voir page 113). Pour des cas particuliers, nous recommandons de consulter notre Assistance technique.

Table des Matières

1.	Stockage des roulements	8
2.	Préparatifs de montage et de démontage	9
2.1	Plan de travail	9
2.2	Le roulement «adéquat»	9
2.3	Le roulement avant montage	10
2.4	Propreté de montage	10
2.5	Pièces attenantes	11
2.6	Ajustements	11
2.7	Contrôle des portées de roulements	12
2.7.1	Portées cylindriques	12
2.7.2	Portées coniques	15
3.	Montage des roulements	18
3.1	Méthodes mécaniques	18
3.1.1	Montage de roulements à alésage cylindrique	18
3.1.2	Montage de roulements à alésage conique	24
3.2	Méthodes thermiques	29
3.2.1	Plaque de chauffage	30
3.2.2	Bain d'huile	30
3.2.3	Four à air chaud	32
3.2.4	Appareil de chauffage par induction	32
3.2.5	Dispositif de montage avec chauffage par induction	34
3.2.6	Refroidissement	35
3.3	Méthode hydraulique	36
3.4	Réglage du jeu au montage	40
3.4.1	Roulements à billes à contact oblique et roulements à rouleaux coniques	40
3.4.2	Butées	46
3.4.3	Paliers pour machines-outils	46
4.	Démontage de roulements	51
4.1	Méthodes mécaniques	52
4.1.1	Démontage de roulements à alésage cylindrique	52
4.1.2	Démontage de roulements à alésage conique	55
4.1.2.1	Démontage de roulements avec manchon de serrage	55
4.1.2.2	Démontage de roulements avec manchon de démontage	56
4.2	Méthodes thermiques	57
4.2.1	Bague de chauffage	57
4.2.2	Dispositif de montage avec chauffage par induction	58
4.2.3	Chauffage à la flamme	59
4.3	Méthode hydraulique	60
4.3.1	Démontage de roulements à alésage conique	61
4.3.2	Démontage de roulements à alésage cylindrique	63
5.	Lubrification	65
5.1	Graisses	65
5.2	Huiles	66
5.3	Choix du lubrifiant	66

6.	Avaries de roulements	70
6.1	Causes des avaries de roulements	71
6.1.1	Montage défectueux	71
6.1.2	Encrassement	73
6.1.3	Corrosion	74
6.1.4	Passage de courant électrique	75
6.1.5	Lubrification défectueuse	75
6.2	Comment reconnaître les détériorations de roulement en service?	77
6.3	Que faut-il observer dans le cas d'une avarie d'un roulement?	78
6.3.1	Avant le démontage	78
6.3.2	Lors du démontage	79
6.3.3	Lors de l'examen	81
7.	Tableaux	83
7.1	Désignation des roulements	83
7.2	Désignation des séries de roulements	84
7.3	Tolérances pour arbres	86
7.4	Tolérances pour logements	90
7.5	Tolérances normales des roulements radiaux FAG (sauf roulements à rouleaux coniques	94
7.6	Tolérances normales des roulements à rouleaux coniques.	96
7.7	Tolérances normales des butées FAG	97
7.8	Tolérances du rayon de l'arrondi	98
7.9	Jeu radial des roulements FAG à billes à gorges profondes	100
7.10	Jeu radial des roulements FAG à rotule sur billes	101
7.11	Jeu radial des roulements FAG à rouleaux cylindriques	102
7.12	Jeu radial des roulements FAG à rotule sur deux rangées de rouleaux	104
7.13	Jeu radial des roulements FAG à rotule sur une rangée de rouleaux	106
7.14	Jeu axial des roulements FAG à deux rangées de billes à contact oblique (séries 32 et 33)	107
7.15	Jeu axial des roulements FAG à billes à quatre points de contact	108
7.16	Réduction du jeu radial pour roulements FAG à rouleaux cylindriques à alésage conique	109
7.17	Réduction du jeu radial pour roulements FAG à rotule sur deux rangées de rouleaux à alésage conique	110
7.18	Graisses Arcanol de FAG pour roulements	111
	Armoire de montage et kits de montage- Stage de formation professionnelle	112
	Sélection de publications FAG	113

Tableau synoptique: Outils et méthodes pour le montage et démontage de roulements - Symboles

Type de roulements		Alésage de roulement	Dimensions des roulements	Montage				
				à chaud				à froid
 Roulement à billes à gorges profondes  Roulement à billes dissociable (type magnéto)  Roulement à billes à contact oblique  Roulement de broche  Roulement à billes à quatre points de contact  Roulement à rotule sur billes	 Roulement à rouleaux coniques  Roulement à rotule sur une rangée de rouleaux  Roulement à rotule sur deux rangées de rouleaux	cylindrique	petites					
			moyennes					
			grandes					
 Roulement à rouleaux cylindriques  Roulement à aiguilles		cylindrique	petites					
			moyennes					
			grandes					
 Butée à billes  Butée à billes à contact oblique  Butée à rouleaux cylindriques  Butée à rotule sur rouleaux		cylindrique	petites					
			moyennes					
			grandes					
 Roulement à rotule sur billes  Roulement à rotule sur billes sur manchon de serrage  Roulement à rotule sur une rangée de rouleaux  Roulement à rotule sur une rangée de rouleaux sur manchon de serrage  Roulement à rotule sur deux rangées de rouleaux  Roulement à rotule sur deux rangées de rouleaux sur manchon de serrage  Roulement à rotule sur deux rangées de rouleaux sur manchon de démontage  Manchon de serrage  Manchon de démontage		conique	petites					
			moyennes					
			grandes					
								
 Roulement à rouleaux cylindriques, deux rangées		conique	petites					
			moyennes					
			grandes					

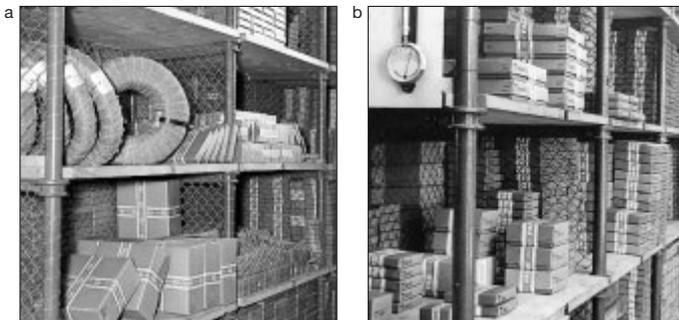
	Méthode hydraulique	Démontage		Méthode hydraulique	Symboles
		à chaud	à froid		
					Bain d'huile Plaque de chauffage Four à air chaud
		 			Appareil de chauffage par induction Bobine de chauffage par induction Bague chauffante
					Marteau et douille de montage Presses mécaniques et hydrauliques Clé à double ergot Erou et clé à ergot
 				 	Erou et vis de montage Capuchon Erou hydraulique
				 	Marteau et chasoir Extracteur Méthode hydraulique

1. Stockage de roulements

1: Stockage de roulements

a: Ne pas stocker les roulements de grandes dimensions debout

b: Ils doivent être stockés à plat en appui sur toute leur surface



Laisser les roulements dans l'emballage d'origine

Stocker les roulements de grandes dimensions à plat

Stocker les roulements dans des locaux secs

Garder les roulements en stock dans leur emballage d'origine; n'ouvrir l'emballage que sur le lieu de montage et immédiatement avant le montage. Autrement les roulements risquent d'être exposés à l'en-crassement et à la corrosion.

Les roulements de grandes dimensions ayant une section relativement faible ne doivent pas être stockés debout, fig. 1 a, mais à plat et portant sur tout leur pourtour, fig. 1 b.

Les roulements FAG sont protégés par une huile anticorrosive qui ne résinifie pas, ne durcit pas et reste neutre vis-à-vis de toutes les graisses courantes pour roulements. Dans leur emballage d'origine, les roulements sont à l'abri de tous les agents corrosifs contenus dans l'atmosphère.

Toutefois cette protection n'est pleinement efficace que si les roulements emballés sont stockés dans un local sec (humidité relative de l'air 60% au maximum) et à l'abri du froid.

Bien sûr, il ne faut pas stocker dans le même local des produits chimiques corrosifs, tels qu'acides, ammoniacque, ou chlorure de chaux.

2. Préparatifs de montage et de démontage

2.1 Plan de travail

Avant le montage et le démontage des roulements, il faut préparer tout le matériel nécessaire afin que les travaux se poursuivent sans difficultés.

On se familiarise, à l'aide d'un plan d'atelier, avec la construction et la succession convenable des opérations de montage. Il est recommandé, avant de procéder au montage, de dresser un plan des différentes phases et de se renseigner sur les températures de chauffage requises, sur les efforts nécessaires pour emmancher ou arracher les roulements et sur la quantité de graisse à prévoir.

Si le montage ou le démontage exigent des mesures particulières de la part du monteur, celui-ci doit disposer d'instructions spéciales, donnant tous les détails, tels que moyens de manutention, dispositifs de montage ou de démontage, instruments de mesure, dispositifs de chauffage, nature et quantité du lubrifiant, etc.

Dresser un plan de travail à l'aide du dessin d'atelier.

2.2 Le roulement adéquat

Avant de procéder au montage d'un roulement, le monteur doit s'assurer que les références marquées sur l'emballage correspondent aux données du plan et de la nomenclature. A cet effet, il doit se familiariser avec les modes de désignation des roulements (voir tableaux 7.1 et 7.2, pages 83 à 85).

Les roulements normalisés sont désignés par les références publiées dans les normes DIN et les catalogues de roulements. La référence comprend une série de chiffres, ou de lettres et de chiffres. Le premier groupe de cette série identifie le type de roulement, sa série de diamètres et parfois la série de largeurs. Le deuxième groupe représente le nombre caractéristique d'alésage. Dans la gamme d'alésages de 20 à 480 mm, l'alésage s'obtient en multipliant ce nombre par 5.

Si les conditions de fonctionnement exigent une exécution spéciale, la référence du roulement reçoit des suffixes ou préfixes complémentaires (voir tableau 7.1, page 83). La référence FAG 500 000 ou 800 000 désigne des roulements non normalisés.

Comparer les références sur l'emballage avec les données du plan

2.3 Le roulement avant montage

Dans leur emballage d'origine, les roulements FAG sont protégés par une huile anticorrosive qu'il est inutile d'enlever au moment du montage. Au démarrage, elle assure même une lubrification provisoire. Ensuite elle se mélange au lubrifiant.

Enlever l'huile anticorrosive des surfaces de portée et d'appui avant la mise en place des roulements.

L'huile anticorrosive devrait, par contre, être rincée des alésages coniques avec un détergent à froid afin d'assurer un ajustement serré sur l'arbre ou le manchon. Puis enduire l'alésage avec une huile de viscosité moyenne.

Soigneusement laver les roulements usés et encrassés dans du pétrole au détergent à froid et ensuite les huiler et graisser à nouveau.

Les roulements ne doivent pas être retouchés. Il ne faut pas par exemple percer des trous de lubrification, des rainures ou faire des chanfreins ou autres, car il se créerait ainsi des tensions susceptibles de détériorer les roulements. Des copeaux ou limailles pourraient également pénétrer dans le roulement.

Enlever l'huile anticorrosive des portées et surfaces d'appui

Laver les roulements encrassés et usés

Ne pas retoucher les bagues

2.4 Propreté de montage

Il faut absolument mettre les roulements à l'abri de corps étrangers et d'humidité, car des particules, mêmes les plus fines pénétrant dans le roulement, y provoqueraient la détérioration des chemins de roulement. En conséquence, l'endroit de montage doit être exempt de poussière et d'humidité. Par exemple, il ne doit pas se trouver à proximité de rectifieuses. Si possible, éviter l'emploi d'air comprimé. Veiller également à la propreté de l'arbre, du logement et de toutes les autres pièces. Les pièces moulées doivent être débarrassées des dépôts de sable. Les surfaces intérieures du palier doivent, après nettoyage, être recouvertes de peinture protectrice pour éviter que des particules ne se détachent pendant le fonctionnement. Sur les portées de roulement de l'arbre et du logement, enlever soigneusement les produits anti-rouille ou les vieilles peintures. Veiller à ce que les arêtes vives ainsi que les bavures soient enlevées sur les pièces usinées au tour.

Tenir le lieu de montage à l'abri de l'humidité et d'impuretés

Veiller à la propreté de l'arbre et du logement

2.5 Pièces attenantes

Contrôler la précision de dimensions et de forme de toutes les pièces à assembler.

L'observation des tolérances de portée, des faux-ronds des logements ou des arbres, des défauts d'orthogonalité des épaulements etc. gênent la libre rotation d'un roulement et peuvent entraîner la détérioration prématurée. Il n'est pas toujours facile de détecter si ces défauts sont à l'origine d'une avarie, et on perd beaucoup de temps en cherchant la cause d'une telle détérioration.

Avant montage, contrôler la précision de dimensions et de forme des pièces

2.6 Ajustements

Afin d'assurer la marche parfaite du roulement, il est indispensable de respecter les ajustements prescrits pour les bagues (tableaux 7.3 et 7.4, pages 86 à 93).

Quant à la question de l'ajustement «adéquat», il n'est pas possible de donner une valeur générale admissible pour tous les cas. Les ajustements sont choisis individuellement en fonction des conditions de fonctionnement et de la conception du palier. En principe, les deux bagues du roulement doivent être efficacement soutenues par leurs portées, ce qui implique un ajustement serré. Toutefois ceci n'est pas toujours réalisable parce que, d'une part le roulement doit se monter et démonter aisément et d'autre part, dans le cas d'un roulement libre, l'une des bagues doit pouvoir se déplacer avec facilité.

Respecter strictement les ajustements prescrits sur le plan pour les bagues

Dans le cas d'ajustements serrés, le serrage entraîne une dilatation de la bague intérieure ou une contraction de la bague extérieure et, par conséquent, une réduction du jeu radial. Il importe donc de choisir le jeu radial en tenant compte des ajustements prévus.

Le monteur doit vérifier les tolérances des arbres et des logements. Dans le cas d'un ajustement trop libre, la bague se déplace sur l'arbre, ce qui peut entraîner la détérioration des deux pièces. De plus, il n'y a plus la même précision de rotation de la machine. Ou encore on doit s'attendre à une fatigue prématurée du chemin de roulement, si la bague n'est pas suffisamment soutenue. Par contre, un ajustement serré peut entraîner une précharge et, par conséquent, un échauffement excessif.

Contrôler les tolérances des arbres et des logements

Etant donné la faible épaisseur des bagues, les défauts de forme éventuels de l'arbre ou du logement seront reproduits sur les chemins de roulement. En dehors des tolérances des diamètres, il faut donc également contrôler les tolérances de forme des portées. Dans le cas de portées cylindriques, on contrôle la cylindricité (DIN ISO 1101). Dans le cas de portées coniques, on contrôle la circularité, l'angle de cône et la rectitude de la génératrice de cône (DIN 7178).

Contrôler la tolérance de forme des portées

Les surfaces de l'arbre et du logement se lissent lors de l'assemblage (écrasement des sillons d'usinage); les surfaces du roulement par contre ne sont guère modifiées. Plus les surfaces sont rugueuses, moins le serrage sera efficace. C'est pourquoi, on contrôle également la rugosité des portées de roulements (DIN 4768).

Contrôler la rugosité des portées

2.7 Contrôle des portées de roulements

Pour toutes les mesures, veiller à ce que les instruments de mesure aient la même température que les pièces à mesurer.

2.7.1 Portées cylindriques

Pour mesurer le diamètre d'arbres, on utilise le plus souvent un palmer, fig. 2; il faut contrôler la précision de mesure par étalonnage.

2: Palmer pour mesurer les diamètres d'arbre.



3: Le comparateur spécial FAG permet un positionnement sûr et une mesure de précision des portées cylindriques. Le diamètre à mesurer est étalonné sur une bague-calibre.



Un autre instrument de mesure est le comparateur spécial conçu par FAG, fig.3. Il permet des mesures comparatives et son réglage est contrôlé au moyen de bagues-calibres. A chaque diamètre à mesurer correspond une bague-calibre également fournie par FAG.

Pour mesurer les alésages, on utilise un micromètre d'intérieur, fig. 4.

On utilise également des instruments travaillant par comparaison, fig. 5 à 7. Le champ d'utilisation de cet instrument est de 6 à 800 mm d'alésage.



4: Micromètre d'intérieur pour mesurer les alésages



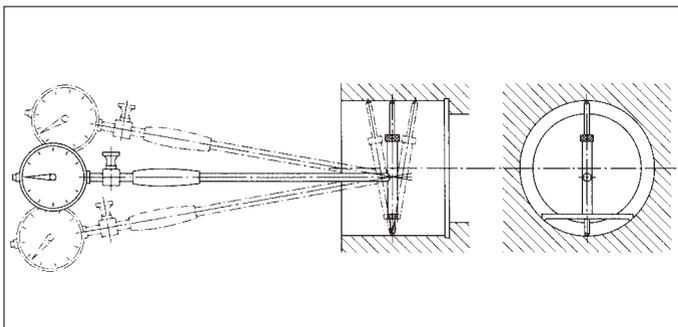
5: Les instruments travaillant par comparaison se prêtent pour mesurer des alésages. La bague-calibre représentée est utilisée pour l'étalonnage.

Préparatifs

6: Mesure de l'alésage d'un corps de palier avec un instrument travaillant par comparaison



7: Schéma de principe d'une mesure avec un instrument travaillant par comparaison

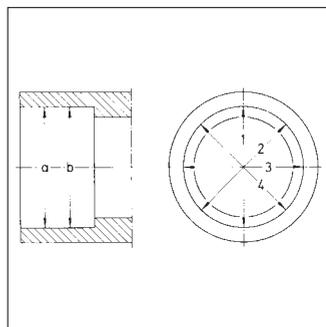
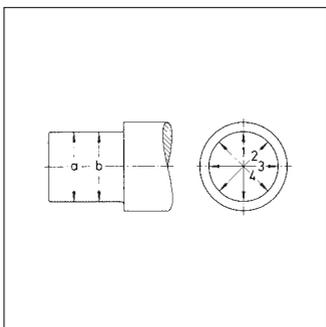


Contrôler le diamètre et la cylindricité de l'arbre et du logement

Outre le diamètre, on contrôle la cylindricité de l'arbre et du logement.

A cet effet, on mesure le diamètre (mesure par deux points) dans deux sections différentes et dans plusieurs plans, fig. 8 et 9.

8,9: Normalement on contrôle la cylindricité de l'arbre et du logement en mesurant le diamètre dans deux sections et plusieurs plans (mesure par deux points).



Si les plans d'exécution ne comportent pas d'indications particulières, on adopte en général pour la valeur de cylindricité (ovalisation et conicité) la moitié des tolérances des diamètres (mesure par deux points).

Suivant DIN ISO 1101, la tolérance de cylindricité se réfère, par contre, au rayon. Il faut donc doubler les valeurs de tolérance spécifiées selon cette norme lors d'une mesure par deux points.

2.7.2 Portées coniques

Afin que la bague intérieure prenne complètement appui sur l'arbre, le cône de l'arbre doit rigoureusement coïncider avec le cône d'alésage de la bague.

La conicité des bagues de roulements est normalisée. Pour la plupart des séries, elle est de 1:12, pour quelques séries larges elle est de 1:30.

L'instrument le plus simple pour mesurer les portées coniques de petit diamètre est la bague-calibre conique, fig. 10. La concordance de l'arbre et de la bague-calibre est contrôlée à l'aide d'un colorant (bleu des traceurs p.ex.). On retouche l'arbre jusqu'à ce que la portée de la bague-calibre soit visible sur toute sa largeur. FAG fournit des bagues-calibres pour des diamètres de cône allant de 25 à 150 mm.

Il est contre-indiqué d'utiliser les bagues intérieures de roulements comme bagues-calibres.

FAG a mis au point les instruments FAG MGK 133 et FAG MGK 132 permettant le contrôle exact des portées coniques. Le cône et le diamètre d'une portée sont mesurés avec exactitude à l'aide d'un cône ou segment de comparaison. Les deux sont faciles à manipuler. Pour être mesurée, la pièce n'a pas besoin d'être retirée de la machine-outil.

Ne pas utiliser la bague intérieure de roulement comme bague-calibre
Pour un contrôle exact, utiliser les appareils FAG MGK 133 et FAG MGK 132 pour mesurer des cônes



10: Bague-calibre conique pour contrôler les petites portées coniques.

Préparatifs

11: Instrument FAG MGK 133 pour mesurer les cônes de longueur inférieure à 80 mm et de diamètre extérieur allant de 27 à 205 mm.



Détails voir publ. no. MT 55135
«Instruments de mesure pour le montage et le contrôle des roulements»

L'instrument FAG MGK 133 est utilisé pour mesurer des cônes de longueur inférieure à 80 mm, fig. 11.

Champ d'utilisation

Instrument	MGK 133A	MGK 133B	MGK 133C	MGK 133D	MGK 133E	MGK 133F	MGK 133G
Dia. du cône [mm]	27...47	47...67	67...87	87...115	115...145	145...175	175...205
Conicité	Cône 1:12 et 1:30 (autres conicités sur demande)						
Longueur min. du cône [mm]	17	21	28	34	42	52	65
Distance des plans de mesure [mm]	12	15	20	25	33	45	58



12: Instrument FAG MGK 132 pour mesurer des cônes de diamètre allant de 90 à 820 mm et de longueur à partir de 80 mm.

Détails voir publ. no. MT 55135
«Instruments de mesure pour le montage et le contrôle des roulements»

L'instrument FAG MGK 132 est utilisé pour des cônes de longueur égale ou supérieure à 80 mm et de diamètre à partir de 90 mm, fig. 12.

Champ d'utilisation

Instrument	MGK 132B	MGK 132C	MGK 132D	MGK 132E
Dia. du cône [mm]	90...210	190...310	290...410	390...510
Conicité	Cône 1:12 et 1:30 (autres conicités sur demande)			
Longueur min. du cône [mm]	80	80	110	125
Distance des plans de mesure [mm]	20	20	25	30

3. Montage des roulements

La variété de types et dimensions des roulements nécessite différentes méthodes de montage, différenciées par méthodes mécaniques, hydrauliques et thermiques.

Ne pas frapper sur les bagues avec un marteau

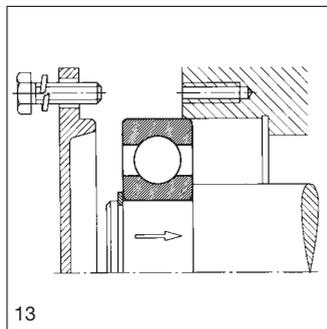
Les bagues trempées sont sensibles aux chocs; c'est pourquoi il ne faut pas frapper directement avec un marteau sur les bagues.

Dans le cas de roulements non dissociables, faire appliquer l'effort de montage toujours sur la bague emmanchée serrée

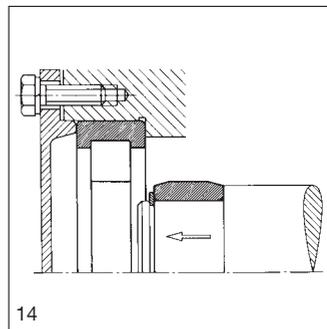
Lors du montage de roulements non dissociables, fig. 13, il faut appliquer l'effort de montage sur la bague serrée qui est la première à monter. Des efforts appliqués sur la bague montée avec ajustement libre seraient transmis par les éléments roulants ce qui pourrait détériorer les chemins de roulement et les éléments roulants.

Le montage de roulements dissociables, fig. 14, est plus simple, puisque l'on peut monter les deux bagues séparément. Lors de l'assemblage, introduire les éléments du roulement par un mouvement de vissage pour éviter des rayures et le marquage des pistes.

13: S'il a été prévu un ajustement serré pour la bague intérieure d'un roulement non dissociable, il faut d'abord monter le roulement sur l'arbre; puis on introduit le roulement avec l'arbre dans le logement.



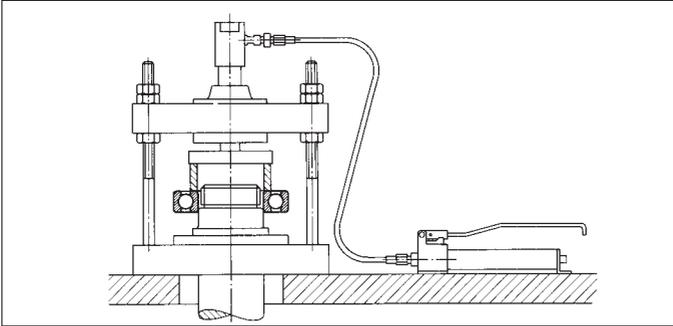
14: Dans le cas de roulements dissociables, on peut monter les bagues séparément. C'est particulièrement intéressant, lorsqu'elles sont montées toutes deux avec ajustement serré. Tourner légèrement les composants lors de l'assemblage, afin d'éviter des rayures et marques sur les pistes.



3.1 Méthodes mécaniques

3.1.1 Montage de roulements à alésage cylindrique

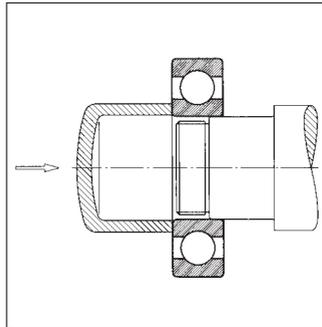
Les roulements avec un diamètre d'alésage inférieur à 80 mm peuvent être emmanchés à froid sur l'arbre. Il convient d'utiliser, à cet effet, une presse mécanique ou hydraulique, fig. 15.



15: Les roulements avec un alésage inférieur à 80 mm peuvent être emmanchés sur l'arbre à l'aide d'une presse hydraulique.

S'il n'y a pas de presse disponible, on peut, à la rigueur, emmancher le roulement sur l'arbre avec de légers coups de marteau; dans ce cas, il faut toujours utiliser une douille de montage et présentant une face plane, afin que l'effort de montage soit uniformément réparti sur toute la circonférence de la bague à monter et que le roulement ne soit pas détérioré, fig. 16.

Pour un montage convenable, FAG recommande l'utilisation des mallettes de douilles de montage EINBAU.SET.ALU et EINBAU.SET.ST et de leurs composants de grande précision (voir la notice N° WL 80-49).



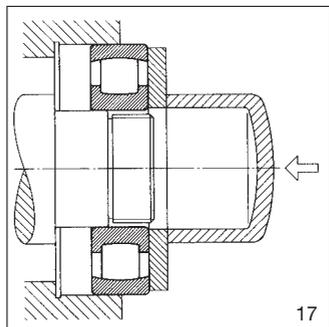
16: A la rigueur, on peut emmancher de petits roulements avec de légers coups de marteau, lorsque l'on utilise une douille de montage appropriée.

Le diamètre intérieur de cette douille ne doit être que légèrement supérieur à l'alésage du roulement, tandis que le diamètre extérieur ne doit pas dépasser la hauteur de l'épaulement de la bague intérieure afin de ne pas détériorer la cage.

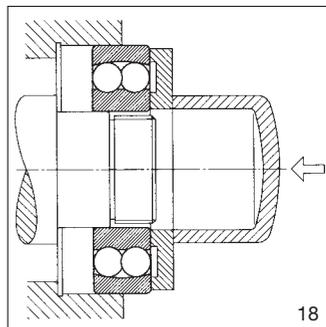
Si un roulement à rotule doit être monté simultanément sur l'arbre et dans le logement, il faut utiliser une rondelle qui appuie sur les deux bagues; on évite ainsi le risque de basculement de la bague extérieure dans le logement, fig. 17.

Montage

17: Montage simultané d'un roulement sur l'arbre et dans le logement à l'aide d'une rondelle.



18: Pour quelques roulements à rotule sur billes et pour les roulements à rotule sur rouleaux type E, la rondelle doit présenter un évidement.



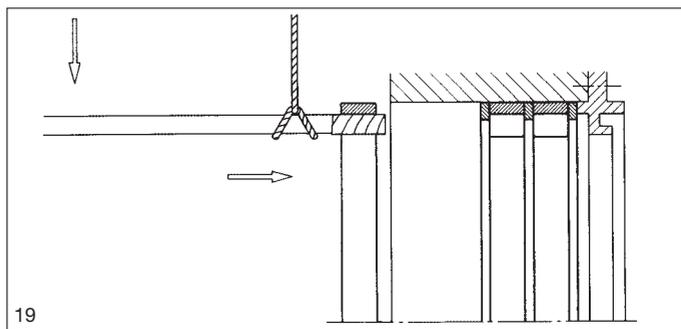
Dans quelques roulements à rotule sur billes et pour les roulements à rotule du type E, les billes ou la cage sont en saillie. La rondelle doit alors présenter un évidement correspondant, fig. 18.

Dans le cas d'ajustements serrés, monter également les petits roulements à chaud

Si les ajustements demandés sont très serrés, il faut monter les petits roulements également à chaud (voir chapitre 3.2).

Les logements en alliage léger peuvent être rayés, si la bague extérieure est montée avec serrage; il faut dans ce cas, soit chauffer le logement, soit refroidir le roulement.

19: Introduction des bagues extérieures de grands roulements à rouleaux cylindriques au moyen d'un levier de montage.



Des bagues extérieures lourdes avec ajustement glissant peuvent être montées au moyen d'un levier de montage, fig. 19.

Afin de ne pas détériorer le chemin de roulement ou la couronne de rouleaux, il faut entourer ce levier de chiffons non pelucheux dans la région portante (ne pas utiliser de la bourre de nettoyage).

Particularités des roulements à aiguilles

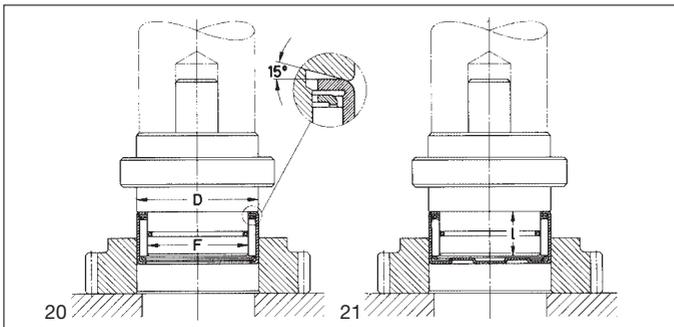
Roulements à aiguilles avec bagues massives

Les roulements à aiguilles avec bagues massives sont montés suivant les mêmes principes que les roulements à rouleaux cylindriques. Plusieurs roulements montés côte à côte doivent avoir le même jeu afin d'assurer une répartition uniforme des charges.

Douilles à aiguilles

Les douilles à aiguilles avec et sans fond ayant des bagues extérieures de faible épaisseur retrouvent la forme exacte grâce à l'ajustement serré dans le logement. Les ajustements sont choisis de façon qu'une fixation latérale ne soit pas nécessaire.

Pour enfoncer des douilles à aiguilles, on utilise des tiges de montage spéciales. Normalement, la tige est appliquée sur la face marquée du roulement qui est trempée pour les petits roulements. Mais même l'enfoncement à partir d'un épaulement non trempé ne provoque pas de déformation ni de coinçage de la cage à aiguilles, si la tige de montage est correctement dimensionnée, fig. 20 et 21.



20, 21: Les douilles à aiguilles sont enfoncées dans le logement à l'aide d'une tige de montage.

20: Douille à aiguilles sans fond

21: Douille à aiguilles avec fond

Montage

Cages à aiguilles

Pour monter les cages à aiguilles, les glisser sur l'arbre et introduire les deux dans le logement ou bien glisser les douilles à aiguilles dans le logement et enfoncer ensuite l'arbre. Enfoncer dans les deux cas les douilles à aiguilles avec un mouvement de vissage sans charger.

Les cages à aiguilles peuvent être guidées latéralement sur l'arbre ou dans le logement, fig. 22.

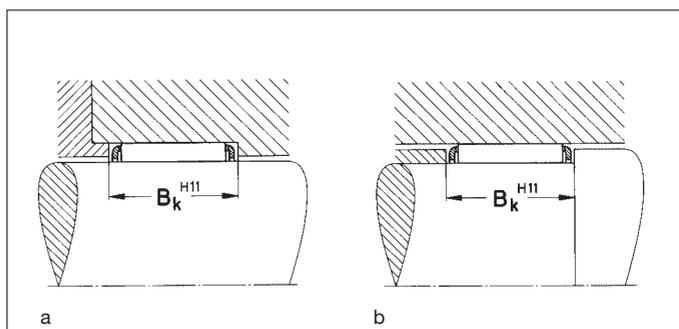
Pour ne pas bloquer les cages, il faut un jeu suffisant entre les faces latérales de contact (tolérance H11).

Le jeu radial des paliers équipés de cages à aiguilles est fonction des tolérances d'usinage des pistes trempées et rectifiées sur l'arbre et dans le logement. Plusieurs cages à aiguilles disposées côte à côte doivent être munies d'aiguilles du même échelon.

22: Les cages à aiguilles peuvent être guidées sur l'arbre ou dans le logement.

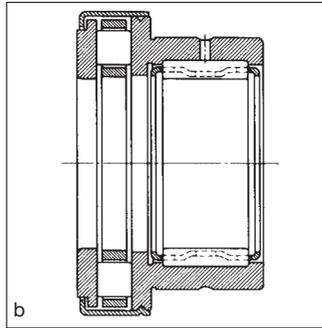
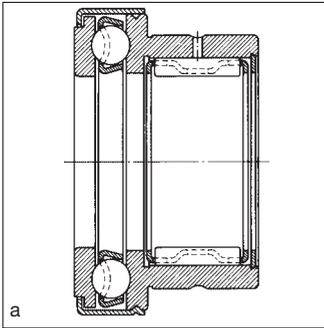
a: Guidage dans le logement

b: Guidage sur l'arbre



Roulements à aiguilles combinés

Les ajustements serrés des roulements combinés à aiguilles nécessitent au montage des forces de pression relativement élevées. C'est notamment le cas pour les roulements à aiguilles combinés avec butée à billes ou butée à rouleaux cylindriques avec déflecteur où la cage à billes ne peut être retirée. Une bonne solution consiste à chauffer le logement à enfoncer.

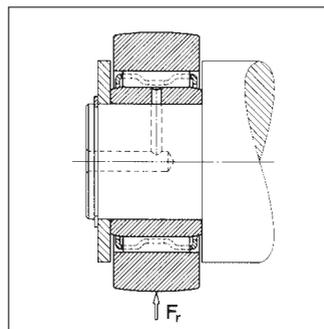


23 : Les roulements à aiguilles combinés avec butée à billes et butée à rouleaux cylindriques avec déflecteur doivent être pressés dans le logement.

- a : Roulement à aiguilles combiné avec butée à billes
- b : Roulement à aiguilles combiné avec butée à rouleaux cylindriques

Galets d'appui

Etant donné que la bague intérieure des galets d'appui reçoit une charge fixe, il ne faut pas d'ajustement serré sur l'arbre. Au montage, il faut veiller à placer le trou de graissage dans la zone non chargée de la piste. La bague extérieure de galets d'appui sans guidage axial doit être guidée axialement par les pièces adjacentes.



24 : Au montage des galets d'appui, il faut placer le trou de graissage dans la zone non chargée de la piste. La bague extérieure des galets d'appui sans guidage axial, tels que les galets de la série, doit être guidée axialement par les pièces adjacentes.

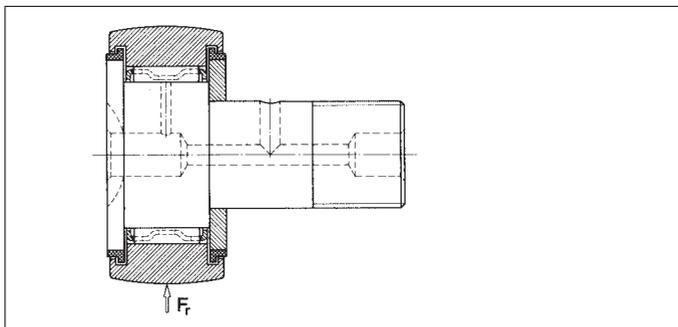
Galets de came

Au montage de galets de came, il faut veiller à placer le trou radial de graissage dans la zone non chargée de la piste.

Au montage d'un galet de came dans le trou traversant d'un bâti, il faut maintenir l'axe en position pendant le serrage de l'écrou. Cela est facilité par une encoche dans l'épaule de l'axe, fig. 25.

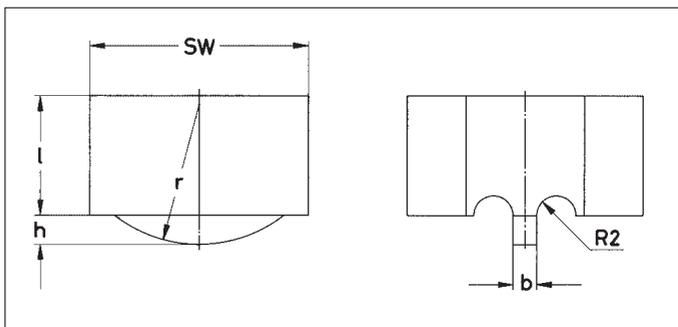
Montage

25 : L'encoche dans l'épaulement sert à maintenir l'axe en position pendant le serrage d'un galet de came.



Lorsqu'un galet de came est vissé dans un trou borgne, il faut appliquer le couple de serrage via l'encoche. A cet effet, il faut utiliser un outil spécial, fig. 26. Environ 75% des couples de serrage spécifiés dans les catalogues peuvent être sûrement appliqués avec ces outils.

26: L'axe d'un galet de came peut être vissé dans un trou borgne à l'aide d'outils spéciaux.



3.1.2 Montage de roulements à alésage conique

Les roulements avec alésage conique sont montés, soit directement sur la portée d'arbre conique, soit sur arbre cylindrique avec interposition d'un manchon de serrage ou de démontage.

Ne huiler l'alésage du roulement et les portées de l'arbre et du manchon que très légèrement

L'alésage du roulement ainsi que les portées de l'arbre et du manchon ne doivent être que très légèrement huilées. Un film d'huile plus important diminue bien sûr le frottement, ce qui facilite le montage, mais ensuite, lors de la marche, l'huile a tendance à sortir et l'on perd l'avantage du serrage, la bague ou le manchon glisse et les surfaces de contact sont détériorées.

Lors du montage du roulement sur le cône, la bague intérieure se dilate et le jeu radial est donc diminué. La réduction du jeu radial est, par conséquent, une bonne indication pour le serrage de la bague intérieure.

Cette diminution est obtenue en faisant la différence entre le jeu avant et après montage. Il faut donc mesurer le jeu du roulement avant montage; lors du montage, il faudra constamment le mesurer jusqu'à ce que la réduction nécessaire soit atteinte, indiquant ainsi que la bague intérieure est suffisamment serrée sur le cône.

On peut aussi mesurer le déplacement axial de la bague intérieure sur le cône au lieu du jeu radial. Pour les cônes normaux de 1:12, le déplacement correspond à environ 15 fois la réduction du jeu radial. Il est considéré, dans le facteur de 15, que le serrage ne se traduit que par une dilatation de 75 à 80% du chemin de roulement de la bague intérieure.

Si, pour des petits roulements, le déplacement ne peut être mesuré avec sécurité, il faut, si possible, sortir le roulement du palier. Le roulement ne doit être emmanché que jusqu'à ce que l'on puisse encore tourner et basculer la bague extérieure à la main sans difficulté. Le monteur doit être capable de sentir, si le roulement tourne encore librement.

Lorsque le même roulement est remonté, il ne suffit pas de placer l'écrou dans la position antérieure, car, au bout d'un service prolongé, l'ajustement est devenu moins serré, le filetage s'étant tassé et les surfaces de portée lissées. Dans ce cas, il faut donc également mesurer la réduction du jeu radial, le déplacement axial ou la dilatation. Les valeurs de réduction de jeu radial et de serrage correspondant sont indiquées dans l'annexe (tableaux 7.16 et 7.17, pages 109 et 110).

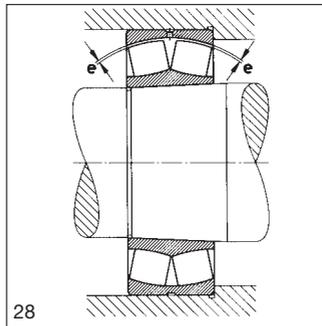
Le jeu radial est mesuré à l'aide d'un jeu de cales d'épaisseur, fig. 27.

Dans le cas de roulements à rotule sur rouleaux, il faut mesurer simultanément le jeu des deux rangées de rouleaux, fig. 28. Ce n'est que lorsque le jeu radial est le même pour les deux rangées de rouleaux, que l'on est sûr que la bague intérieure ne s'est pas déplacée latéralement par rapport à la bague extérieure. Le fait que les faces des deux bagues se trouvent dans le même plan, ne procure aucune sûreté à ce point de vue, étant donné leur tolérance de largeur.

Mesurer la réduction du jeu radial, le déplacement axial ou la dilatation

Mesurer la réduction du jeu radial, le déplacement axial ou la dilatation, également dans le cas d'un remontage

Mesurer le jeu radial avec des cales d'épaisseur



27 : Mesure du jeu radial à l'aide de cales d'épaisseur.

28 : Dans le cas de roulements à rotule sur rouleaux, il faut mesurer simultanément le jeu des deux rangées de rouleaux.

Montage

Dans le cas de roulements dissociables, mesurer la dilatation de la bague intérieure

29: Mesure de la dilatation de la bague intérieure d'un roulement à rouleaux cylindriques.

Les bagues intérieures et extérieures de roulements à rouleaux cylindriques peuvent être montées séparément. Si la bague intérieure est démontable, on peut mesurer la dilatation de la bague intérieure au lieu de la diminution du jeu radial, au moyen d'un palmer, fig. 29.



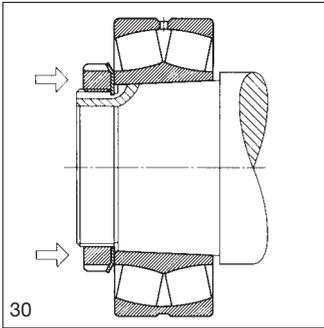
On emmanche le roulement ou le manchon sur la portée conique à l'aide d'un appareillage mécanique ou hydraulique. Le choix du type de montage à adopter dans chaque cas dépend des conditions de montage.

Monter les petits roulements avec écrou d'arbre et clé à ergot

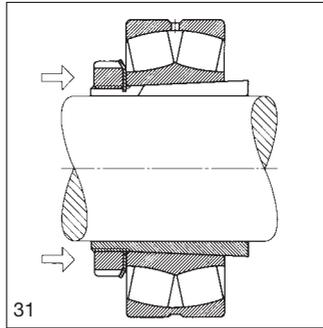
Les petits et moyens roulements peuvent être emmanchés sur la portée conique au moyen d'un écrou d'arbre, fig. 30. Pour serrer l'écrou, on utilise une clé à ergot.

Les petits roulements sur manchons de serrage sont emmanchés sur la portée conique du manchon au moyen de l'écrou de manchon et d'une clé à ergot, fig. 31.

Pour enfoncer les petits manchons de démontage entre l'arbre et l'alésage de la bague intérieure, on utilise également un écrou d'arbre, fig. 32.



30 : Mise en place d'un roulement à rotule sur rouleaux au moyen d'un écrou d'arbre

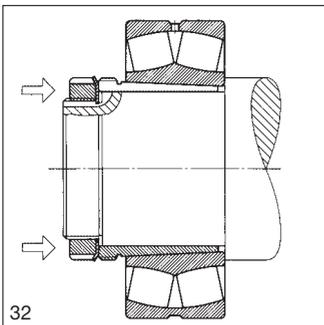


31 : Montage d'un roulement à rotule sur rouleaux avec manchon de serrage au moyen de l'écrou de manchon.

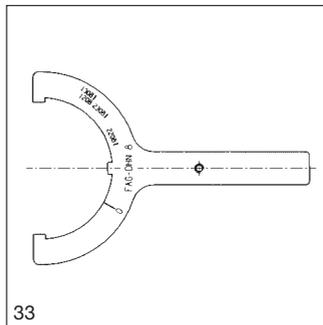
Écrou à double ergot

Les jeux d'écrous à double ergot FAG 173556 et 173557 sont destinés au montage de roulements à rotule sur billes sur manchons de serrage. Ils contiennent des clés dynamométriques permettant une détermination précise de la position de départ pour l'emmanchement du roulement.

Sur chaque clé à double ergot est marqué l'angle de rotation adéquat pour le roulement à monter, de sorte que le déplacement et la réduction du jeu radial peuvent être réalisés avec précision, fig. 33.



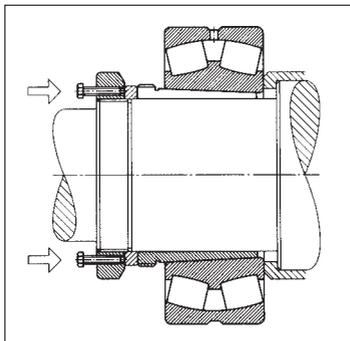
32 : Montage d'un manchon de démontage au moyen d'un écrou d'arbre.



33 : Clé à double ergot avec marquage des angles de rotation adéquats pour roulements à rotule sur billes

Montage

34 : Les écrous avec vis de pression facilitent le serrage de grands manchons de démontage. Entre l'écrou et le manchon est disposée une rondelle.



Dans le cas de roulements moyens, il faut déployer des efforts considérables pour serrer l'écrou. Dans de tels cas, le montage est facilité par l'écrou d'arbre avec vis de pression d'après fig. 34.

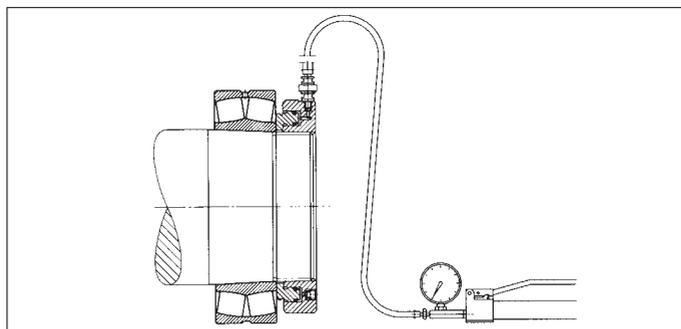
Afin que le roulement ou le manchon ne coïncent pas, on serre au maximum l'écrou et la rondelle intermédiaire. Puis les vis de pression en acier traité, régulièrement réparties sur la périphérie en nombre proportionnel à l'effort à produire, sont serrées en croix, c.-à-d. en procédant par paires de vis opposées, jusqu'à ce que la diminution de jeu demandée soit atteinte. Comme les surfaces coniques se bloquent automatiquement, on peut retirer ensuite le dispositif de montage et bloquer le roulement par son écrou. De la même manière, on peut monter aussi des roulements sur manchons de serrage ou directement sur la portée conique de l'arbre.

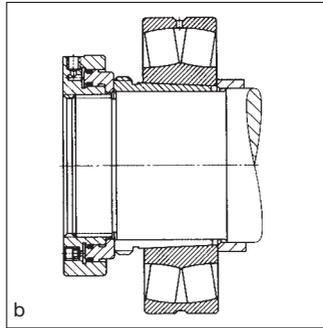
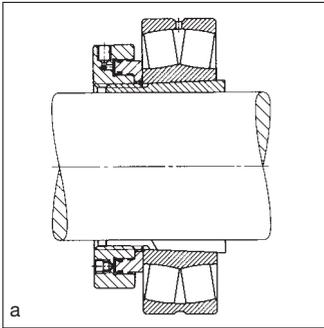
Dans le cas de montage de gros roulements, il est recommandé d'utiliser un appareillage hydraulique pour emmancher le roulement ou pour enfoncer le manchon. Le montage hydraulique d'un roulement à rotule sur rouleaux au moyen d'un écrou hydraulique¹⁾ est décrit sur fig. 35 et 36.

Pour le montage de gros roulements, utiliser des écrous hydrauliques FAG

35 : Ecrou hydraulique pour le montage de roulements à alésage conique sur arbre conique.

¹⁾ Désignations et dimensions voir publication FAG no. WL 80103 «Ecrus hydrauliques FAG».





36 : Montage d'un roulement à rotule sur rouleaux avec un écrou hydraulique

a : Montage sur un manchon de serrage

b : Montage sur un manchon de démontage

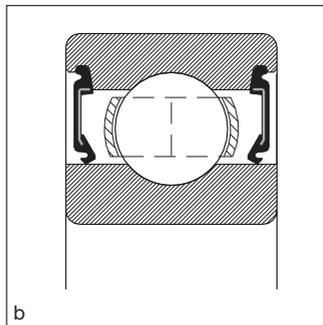
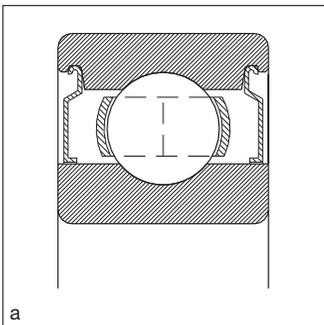
Les écrous hydrauliques sont livrables pour tous les manchons ou filetages normaux d'arbre. Le procédé hydraulique décrit aux chapitres 3.3 et 4.3 permet également un montage et surtout un démontage faciles.

3.2 Méthodes thermiques

Si les roulements avec alésage cylindrique doivent être serrés sur l'arbre, ils doivent être chauffés avant mise en place. Une température de 80 à 100 °C donne une dilatation suffisante. Durant le chauffage, il faut soigneusement surveiller la température qui ne doit en aucun cas dépasser 120 °C. Au-dessus de cette limite, on risque de modifier la structure des pièces du roulement ce qui entraîne une diminution de la dureté et un changement de dimensions.

Pour les roulements avec cage moulée par injection en polyamide renforcé de fibres de verre, on a les mêmes limites de température que pour les autres roulements.

Les roulements avec déflecteurs, fig. 37a et avec joints, fig. 37b, sont déjà garnis de graisse. Les roulements à monter peuvent être chauffés à 80 °C maximum, mais pas dans un bain d'huile.



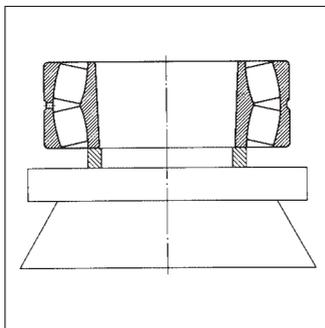
37 : Ne pas chauffer les roulements avec déflecteurs ou joints étanches dans un bain d'huile (température max. 80 °C).

a : Roulement avec déflecteurs

b : Roulement avec joints étanches

Montage

38 : Dans le cas de chauffage avec plaque de chauffage sans réglage de température, interposer une bague ou une rondelle entre la bague intérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux type E avec cage en polyamide et cette plaque de chauffage, afin de protéger la cage.



3.2.1 Plaque de chauffage

Les roulements peuvent être chauffés provisoirement sur une plaque de chauffage, si possible, à température contrôlée. Dans ce cas, le roulement doit être retourné plusieurs fois afin d'assurer une température uniforme.

Avec une plaque de chauffage sans réglage de température supérieure à 120 °C, les cages en polyamide ne doivent pas prendre appui sur la plaque. Cela peut être évité en insérant une bague ou une rondelle entre la plaque et la bague intérieure, fig. 38.

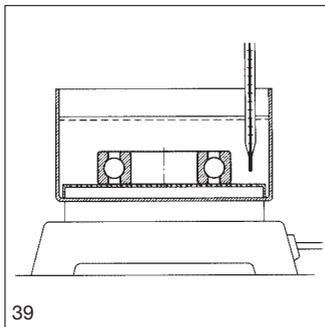
3.2.2 Bain d'huile

Généralement, les roulements sont chauffés dans un bain d'huile à température contrôlée. Cette méthode garantit un chauffage uniforme; la température de 80 à 100 °C peut être sûrement respectée. Il faut placer un tamis ou une grille au fond du bac à huile afin que le roulement ne s'échauffe pas inégalement et que les impuretés de l'huile qui se sont déjà déposées, ne pénètrent pas dans le roulement, fig. 39. On peut aussi suspendre les roulements dans le bain d'huile, fig. 40. Après le chauffage, égoutter les roulements. Toutes les surfaces d'ajustement et de portée doivent être soigneusement essuyées.

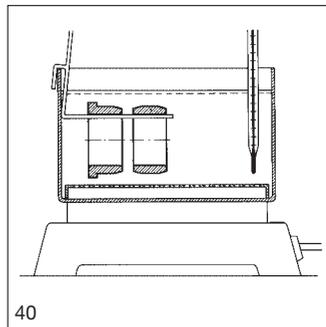
39,40 : Le chauffage dans un bain d'huile assure une température uniforme des roulements. La température de 80 à 100 °C est facile à contrôler. Inconvénient: risque de pollution.

39 : Chauffage d'un roulement à billes à gorges profondes dans un bain d'huile

40 : Chauffage de bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques dans un bain d'huile



39



40

L'emmanchement de bagues ou de roulements chauffés demande quelque habileté, fig. 41. Les pièces sont emmanchées d'un seul trait sur leur portée en veillant à ne pas les coincer, jusqu'à ce qu'elles viennent en butée sur l'épaulement. On facilite le montage par un léger mouvement vissant. Pour la mise en place des roulements, il est nécessaire d'utiliser des gants en amiante ou des chiffons non pelucheux. Ne pas utiliser de la bourre de laine pour le nettoyage.

Pour transporter les grands roulements, il faut, dans la plupart des cas, un pont roulant. Le roulement est alors suspendu à une pince de montage, fig. 42.

Monter les grands roulements à chaud

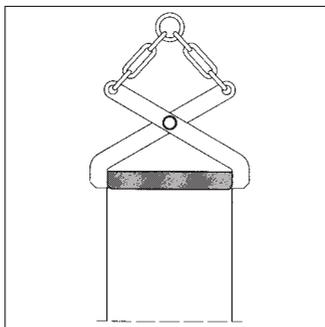
Ne pas employer de la bourre de laine pour le nettoyage



41 : Emmancher les pièces de roulement chauffées rapidement et sans coincement jusqu'à ce qu'elles viennent en butée sur leur portée. Le montage est facilité par un léger mouvement vissant.

Montage

42 : Pince de montage



Positionner immédiatement la bague emmanchée

Aussitôt après avoir fait glisser la bague intérieure sur l'arbre, la maintenir appliquée contre l'épaulement axial jusqu'à refroidissement, afin qu'elle porte fermement contre l'épaulement de l'arbre. De même, il ne doit pas y avoir d'intervalle entre 2 bagues placées côte à côte.

3.2.3 Four à air chaud

Une méthode sûre et propre consiste à chauffer les roulements dans un four à air chaud dont la température est réglée par thermostat de sorte qu'elle est donc très constante. En procédant avec soin, l'encrassement des roulements est exclu. L'inconvénient est que le chauffage à l'air chaud dure relativement longtemps. Dans le cas de montages en série, il faut donc prévoir des fours à air chaud suffisamment puissants et grands.

3.2.4 Appareil de chauffage par induction

Les appareils de chauffage par induction, fonctionnant sur le principe des transformateurs, permettent de façon à la fois rapide, sûre et avant tout propre, de porter les roulements à la température de montage souhaitée. Les appareils de chauffage par induction sont utilisés en particulier pour les montages en série.

La gamme FAG comprend six appareils de chauffage par induction, qui permettent de chauffer tous les types de roulements, y compris les roulements graissés ou étanches. Le plus petit, AWG.MINI, est utilisable avec des roulements allant de 20 mm d'alésage jusqu'à une masse de 20 kg. Le plus grand appareil de la gamme, AWG40, convient au chauffage de roulements à partir de 85 mm d'alésage et jusqu'à 800 kg.

Voir la notice FAG N° WL 80-47



43,44 : Appareil de chauffage par induction pour porter les roulements à la température de montage de façon rapide, sûre et propre

43 : FAG AWG3,5



44 : FAG AWG13

Montage

45 : Dispositif de montage avec chauffage par induction pour courant triphasé de 380 V pour chauffer une bague intérieure



3.2.5 Dispositif de montage avec chauffage par induction*)

Les bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques et de roulements à aiguilles à partir de 100 mm d'alésage peuvent être chauffés avec les dispositifs de montage avec chauffage par induction.

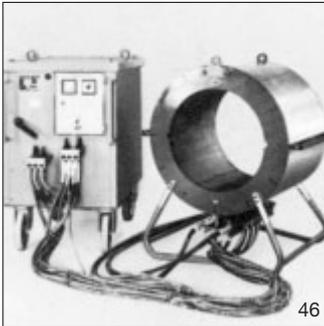
Les appareils montrés ici se prêtent aussi bien au montage qu'au démontage. Dans la plupart des cas, ils sont pourtant utilisés pour le démontage des bagues, voir chapitre 4.2.2. Le chauffage se fait si rapidement que, lors du démontage de bagues intérieures montées avec ajustement serré, la transmission de la chaleur sur l'arbre est minimisée; cela permet un démontage facile des bagues de l'arbre.

L'appareil de montage avec chauffage par induction s'avère économique pour le montage en série de bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques (boîtes d'essieu dans les véhicules ferroviaires). Il en est de même, s'il faut fréquemment démonter et remonter de gros roulements, comme par exemple dans les laminoirs pendant le changement des cylindres.

Ces appareils peuvent être branchés entre deux phases du réseau de courant triphasé (50 ou 60 Hz). Pour extraire les roulements avec alésage jusqu'à 200 mm, il est possible d'utiliser des appareils branchés directement sur le réseau 380V, fig. 45; pour les roulements plus grands, il est recommandé de travailler avec les voltages faibles et, par conséquent, moins dangereux de 20 à 40 V (50 ou 60 Hz).

Les dispositifs de montage à bas voltages sont reliés au réseau 380V par l'intermédiaire d'un transformateur, fig. 46. Le bobinage refroidi par circulation d'eau donne un meilleur rendement, et permet de réutiliser un appareil plus maniable et plus léger.

*) Détails voir publication «Dispositifs de montage FAG avec chauffage par induction», publ. no. 80 107



46 : Dispositif de montage pour bas voltages avec transformateur EFB 125/1 pour bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques avec 635 mm de diamètre d'alésage:

Masse de la bague	390 kg
Masse du dispositif	70 kg env.

47 : Démagnétisation d'une bague intérieure de roulement à rouleaux cylindriques au moyen du dispositif de montage avec chauffage par induction.

Si l'on utilise le dispositif pour monter, il faut veiller à ce que la température de chauffage ne soit pas trop élevée. Les durées de chauffage recommandées sont indiquées sur les notices d'emploi.

La notice donne en outre tous les renseignements sur la démagnétisation des bagues après chauffage inductif au moyen du même appareil de chauffage, fig. 47.

Durée de chauffage, voir notices d'emploi

3.2.6 Refroidissement

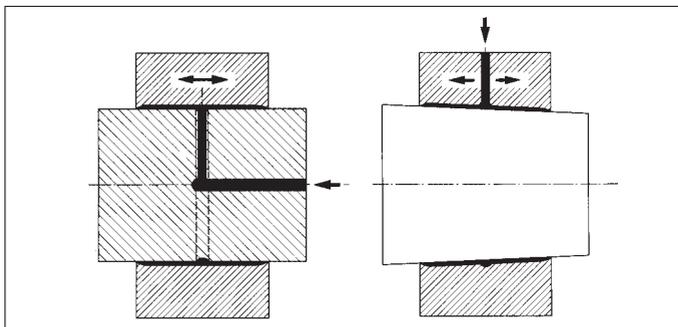
On chauffe le plus souvent le logement, si la bague extérieure doit être montée avec serrage. Dans le cas de logements encombrants, cela cause parfois des difficultés. On refroidit alors le roulement dans un mélange de mousse carbonique et d'alcool. La température ne devrait pas être inférieure à $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Il faut complètement rincer, avec de l'huile, l'eau de condensation formée lors des variations de température, afin d'empêcher la corrosion.

Ne pas refroidir les roulements au-dessous de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Montage

48 : Principe de montage hydraulique - formation d'un film d'huile entre les surfaces à assembler



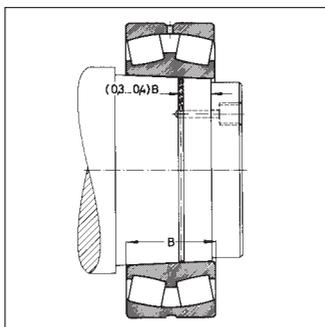
3.3 Méthode hydraulique

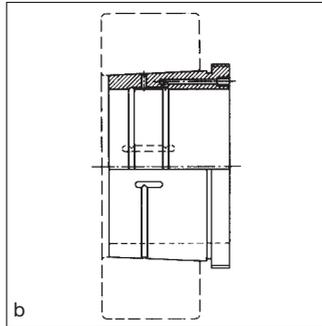
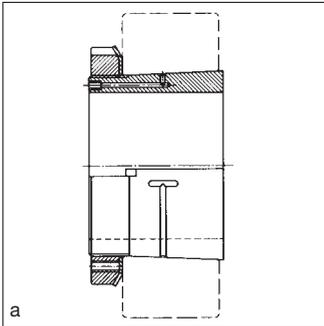
La méthode hydraulique consiste à introduire de l'huile entre les surfaces de contact, p.ex. de l'huile de machines ou de l'huile avec additifs anti-corrosifs. Le film ainsi formé supprime le contact des pièces assemblées ce qui facilite le déplacement d'une pièce par rapport à l'autre sans que l'on risque de détériorer les surfaces. La rouille de contact peut être évitée en ajoutant à l'huile des additifs anti-corrosifs ou du pétrole.

Des pièces avec portées coniques peuvent être mises en place ou retirées à l'aide de l'appareillage hydraulique. Le montage de pièces avec portées cylindriques est effectué à chaud et le démontage par procédé hydraulique. Afin de pouvoir introduire l'huile sous pression, il est nécessaire de prévoir des rainures et canalisations d'huile ainsi que des raccords filetés pour la fixation des appareils générateurs de pression, fig. 49, 50. Tous les détails sur cette construction sont fournis dans la publication FAG no. WL 80 102 «Méthode hydraulique pour le montage et le démontage de roulements».

Pour le montage hydraulique de roulements à alésage conique qui sont montés directement sur un arbre conique, on a besoin de très peu d'huile. C'est pourquoi il suffit d'utiliser de simples injecteurs avec débit réduit, fig. 51. FAG fournit deux injecteurs d'huile avec filetages de raccord $G \frac{3}{8}$ et $G \frac{3}{4}$. Le petit injecteur s'utilise pour des diamètres d'arbre jusqu'à 80 mm, le grand pour des diamètres allant jusqu'à 150 mm.

49 : Position de la rainure d'huile pour un roulement à alésage conique.

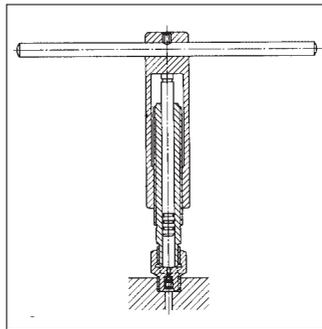




50 : Manchons de serrage et de démontage avec des trous et rainures d'huile.

a : Manchon de serrage, exécution HG

b : Manchon de démontage, exécution H



51 : Injecteur d'huile et raccord à soupape pour filetage $G \frac{3}{8}$:
 Injecteur FAG 107 640
 Raccord à soupape FAG 107 642
 pour filetage $G \frac{3}{4}$:
 Injecteur FAG 107 641
 Raccord à soupape FAG 107 643

Dans le cas de surfaces cylindriques et de manchons de serrage et de démontage, il faut introduire une plus grande quantité d'huile en raison des pertes inévitables aux bords des surfaces en contact, ce qui rend nécessaire l'emploi d'une pompe, fig. 52 à 54, voir la notice FAG N° WL80-46.

Comme liquide de pression, on utilise une huile de viscosité moyenne pour machines. Pour le montage, on recommande une huile assez fluide avec une viscosité de $75 \text{ mm}^2/\text{s}$ environ à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (viscosité nominale $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ à $40 \text{ }^\circ\text{C}$) afin que l'huile s'écoule complètement du joint, une fois le montage terminé.



52 : Kit de pompe à main FAG PUMPE1000.4L, comprenant une pompe à double capacité (1000 bar) avec un réservoir d'huile de 4 litres, manomètre, flexible haute pression, raccord fileté ($G \frac{1}{4}$), cofret métallique.

Montage

53 : Kit de pompe à main FAG PUMPE1600.4L, comprenant une pompe à double capacité (1600 bar) avec un réservoir d'huile de 4 litres, manomètre, flexible haute pression, raccord fileté ($G\ 1/4$), coffret métallique.



54 : Kit de pompe à main FAG PUMPE2500.8L.V, comprenant une pompe à double capacité (2500 bar) avec un réservoir d'huile de 8 litres, manomètre, vanne deux voies, 2 flexibles haute pression, 2 raccords filetés ($G\ 1/4$), 2 adaptateurs et 6 réductions, coffret métallique.

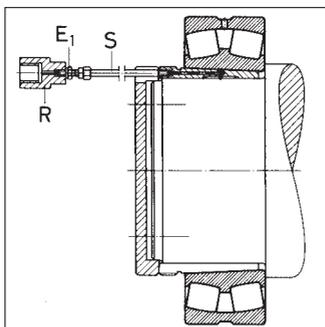


Pour le montage utiliser un écrou d'arbre, des vis de pression ou l'écrou hydraulique FAG

Montage de roulements à alésage conique

L'effort de pression peut être créé par un écrou d'arbre, des vis de pression ou l'écrou hydraulique FAG (voir fig. 35). Les manchons de démontage ou de serrage sont pourvus de filetages de raccord M6, M8, $G\ 1/8$ ou $G\ 1/4$ suivant leurs dimensions (voir publ. FAG no. WL 80 200/3) Les pompes fig. 52 à 54 sont branchées sur le manchon par l'intermédiaire du flexible à haute pression, du manchon de réduction R, du raccord Ermeto E1 et du tuyau S (fig. 55).

55 : Raccord hydraulique d'un manchon de démontage





56 : Montage d'un roulement à rotule sur rouleaux à alésage conique selon la méthode hydraulique.

Pendant le montage, la pompe injecte de l'huile entre les surfaces en contact. Les efforts axiaux de montage sont engendrés par 6 ou 8 vis disposées dans l'écrou d'arbre ou dans l'écrou du manchon de serrage, fig. 56 à 59.

Une tôle de montage permet d'éviter toute détérioration de la bague ou du manchon de démontage. La canalisation d'injection passe à travers l'écrou d'arbre, fig. 58. Le déplacement du roulement ou du manchon de démontage est choisi en fonction de la réduction du jeu radial nécessaire (tableaux 7.16 et 7.17, page 109 et 110). Pendant la mesure du jeu radial, le roulement ne doit pas être soumis à la pression d'huile.

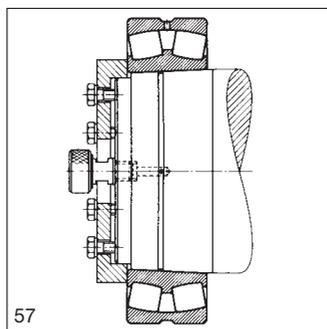
Après la détente du circuit de pression, l'huile met 10 à 30 minutes à s'échapper complètement du joint. La précharge axiale doit être maintenue pendant cette période. Après ce temps, on enlève le dispositif de montage (écrou avec vis de pression ou écrou hydraulique) pour visser et bloquer l'écrou d'arbre ou de manchon.

Avant de mesurer le jeu radial décharger la pression d'huile

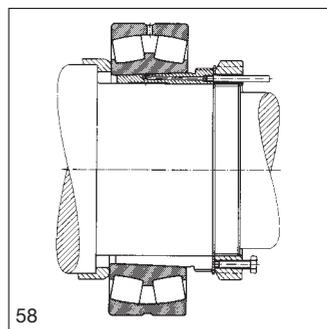
Maintenir le roulement sous précharge axiale pendant 10 à 30 minutes après l'écoulement de l'huile

Montage

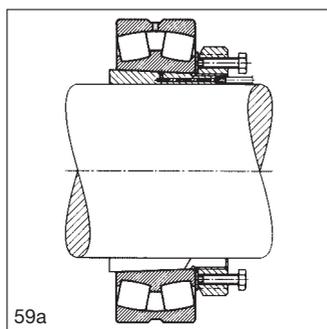
57 : Appui direct du roulement sur l'arbre. Injecter l'huile entre les surfaces en contact et pousser simultanément le roulement sur le cône à l'aide d'un écrou ou d'une vis. Mesurer ensuite la réduction du jeu radial ou le déplacement axial.



58 : Appui sur le manchon de démontage. Injecter l'huile dans les canalisations du manchon et simultanément pousser le manchon dans l'alésage du roulement à l'aide de vis de pression équipant l'écrou de serrage. Mesurer ensuite la réduction du jeu radial.

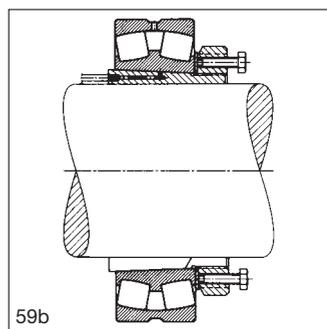


59 : Roulement sur manchon de serrage. Injecter l'huile dans le manchon et simultanément pousser le roulement sur la portée conique en vérifiant la réduction du jeu.



a: Raccord d'huile sur le côté filetage

b: Raccord d'huile sur le côté cône



3.4 Réglage du jeu au montage

3.4.1 Roulements à billes à contact oblique et roulements à rouleaux coniques

Les roulements à billes à contact oblique et les roulements à rouleaux coniques sont toujours montés par paires. Le jeu axial, et par conséquent le jeu radial de deux roulements montés en opposition, est réglé au montage. Le jeu ou la précharge sont choisis en fonction des conditions de fonctionnement. Les roulements à billes à contact oblique en exécution universelle sont destinés à être montés côte à côte dans n'importe quelle disposition.

Des charges élevées et des vitesses de rotation importantes entraînent l'échauffement des roulements. La dilatation en résultant peut se traduire par un changement du jeu radial initial. Il peut augmenter ou diminuer. Cela dépend de différents facteurs: disposition et dimensions des roulements, matériau de l'arbre et du logement, distance des deux roulements.

Si l'on demande un guidage particulièrement rigide de l'arbre, le jeu doit être réglé par étapes. Après chaque étape, on effectuera un essai en surveillant bien la température. On évite ainsi que le jeu ne devienne trop petit et la température trop élevée.

Au cours des essais, il se produit un «tassement» du palier de telle sorte que plus tard, le jeu ne variera pratiquement plus (voir aussi page 51).

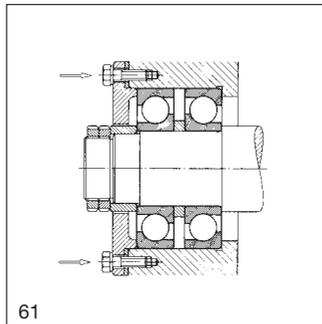
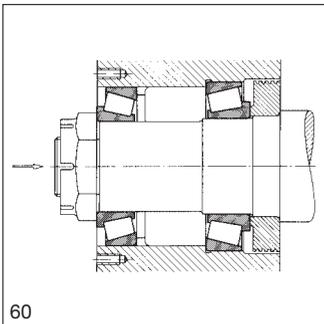
Dans le cas de vitesses moyennes et élevées et de charges moyennes, on peut prendre, comme point de départ, les valeurs de températures suivantes: s'il n'y a pas de source de chaleur extérieure, un roulement bien réglé doit atteindre au rodage une température de 60 à 70 °C. Cette température devrait baisser au bout de deux à trois heures de marche, en particulier avec lubrification à la graisse, lorsque la graisse en excédent est évacuée du palier et que le travail de malaxage a diminué.

Les roulements soumis à de fortes secousses ou vibrations à faible vitesse sont montés sans jeu ou même avec précharge, sinon les corps roulants risquent de détériorer les chemins de roulement. Le réglage de roulements à billes à contact oblique, ou de roulements à rouleaux coniques montés en opposition se fait au moyen d'écrous vissés sur l'arbre, fig. 60, de rondelles d'ajustage, fig. 61, ou bagues filetées dans le logement.

Le jeu axial ou la précharge d'un système de roulement est réglé, prenant comme base de départ le point sans jeu, en serrant ou desserrant l'écrou ou bien en intercalant des cales d'épaisseur. Lors du réglage par écrou, la valeur du jeu ou de la précharge sont fonction du pas du filet et du nombre de tours de l'écrou.

Dans le cas de vitesses élevées, régler le jeu axial par étapes

Monter les roulements sans jeu ou avec précharge, s'ils sont soumis à des secousses ou vibrations avec vitesses de rotation faibles



60 : Réglage des roulements à rouleaux coniques montés sur roue folle à l'aide d'un écrou d'arbre.

61 : Fixation axiale d'une paire de roulements à billes à contact oblique. Réglage du jeu par cale d'épaisseur

Montage

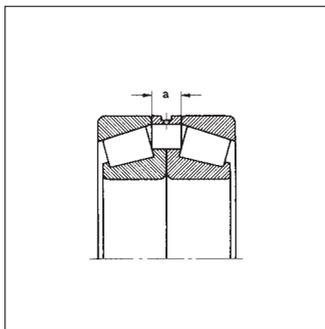
Le point zéro, c.-à-d. le point où le roulement est sans jeu et sans précharge, est recherché pendant le réglage en faisant simultanément tourner l'arbre à la main et en contrôlant les possibilités de mouvement à l'aide d'un comparateur.

Réglage au moyen d'une clé dynamométrique

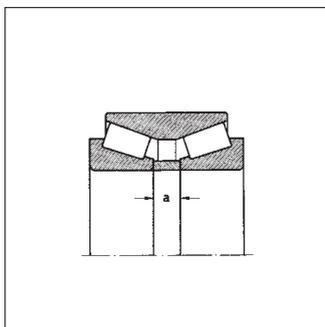
Le moyen le plus simple pour obtenir le meilleur réglage est d'utiliser une clé dynamométrique. L'écrou doit être serré, suivant les dimensions des roulements, avec le couple prévu (par exemple 30 à 50 Nm pour les roues avant d'une voiture de tourisme, le couple adéquat est déterminé par des essais; ces valeurs sont indiquées dans les instructions de réparation). Le jeu nécessaire est ensuite obtenu en desserrant l'écrou d'environ $\frac{1}{12}$ de tour. Il faut faire attention, lors du montage des roulements à rouleaux coniques que les rouleaux soient bien en contact avec le grand épaulement du cône, car s'ils ne prenaient cette position qu'après montage, lors du service, il y aurait une augmentation du jeu. C'est pourquoi il faut, pendant le montage, faire tourner les roulements plusieurs fois dans les deux sens.

Dans le cas de roulements appariés à plusieurs rangées de rouleaux coniques, fig. 62 et 63, le jeu axial est déterminé par la largeur de la bague-entretoise. Pour des instruments de mesure adéquats, consulter FAG.

62 : Roulements à rouleaux coniques appariés en disposition X (suffixe N11 CA)

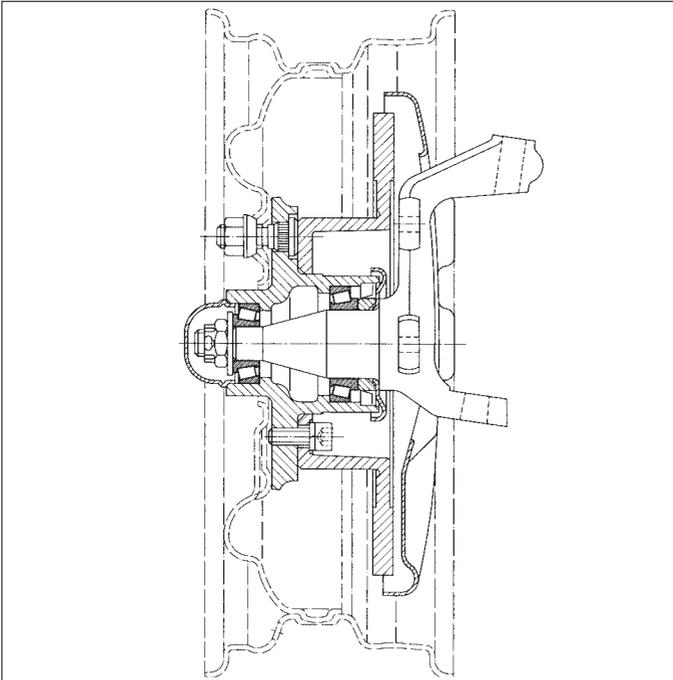


63 : Roulement à deux rangées de rouleaux coniques en disposition O



Exemple:

Montage et réglage de roulements à rouleaux coniques dans les moyeux de roues d'automobiles, fig. 64.



64 : Roue avant d'une voiture de tourisme avec roulements à rouleaux coniques réglés

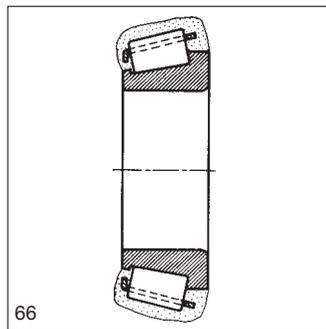
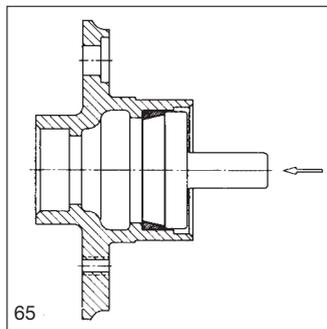
Montage

Suite des opérations

1. Nettoyer le moyeu. Enlever soigneusement les copeaux et les bavures
2. Huiler légèrement les portées. Monter les deux cuvettes au moyen d'un poinçon qui ne doit reposer que sur leurs faces latérales. Les faces latérales des cuvettes doivent porter uniformément contre l'épaulement du logement, fig. 65.
3. Graisser abondamment le cône du roulement intérieur. Injecter de la graisse également entre cage, cône et rouleaux, fig. 66.
4. Monter le cône dans le moyeu.
5. Monter la bague d'étanchéité dans le moyeu, la lèvre d'étanchéité tournée vers le roulement.
6. Placer le flasque de protection et la bague-entretoise sur la fusée d'essieu. La face latérale doit entièrement porter contre l'épaulement de la fusée, fig. 67.
7. Monter le moyeu sur la fusée. Veiller à ne pas détériorer la bague d'étanchéité.

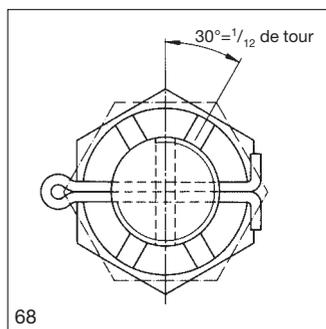
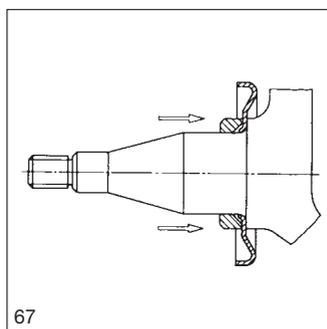
65 : Montage de la cuvette au moyen d'un poinçon

66 : Bien graisser l'ensemble cuvette et cage à rouleaux du roulement à rouleaux coniques

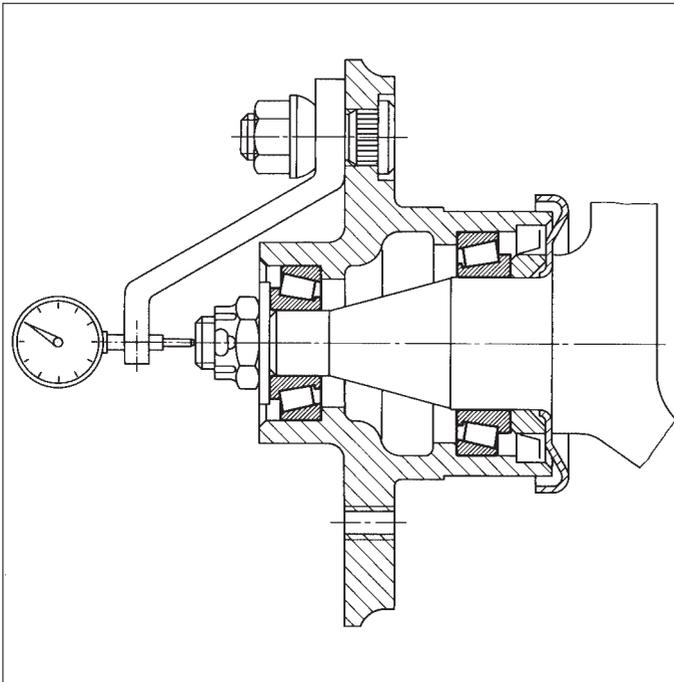


67 : Après le flasque de protection, placer la bague-entretoise sur la fusée d'essieu.

68 : Serrer l'écrou en tournant le moyeu jusqu'à ce que l'on sente la résistance à la rotation. Dévisser l'écrou de $\frac{1}{12}$ de tour au maximum jusqu'à ce qu'il coïncide avec le trou de goupille le plus proche, et placer la goupille de blocage.



8. Bien graisser le cône du roulement extérieur et pousser sur la fusée.
- 9 Placer la rondelle de protection.
10. Visser l'écrou.
11. Serrer l'écrou en tournant le moyeu jusqu'à ce que l'on sente la résistance à la rotation (si possible utiliser une clé dynamométrique, suivre les instructions de réparation).
12. Dévisser l'écrou de $\frac{1}{12}$ de tour maximum jusqu'à ce qu'il coïncide avec le trou de goupille le plus proche, et placer la goupille, fig. 68.
13. Vérifier la facilité de rotation et l'absence de jeu de basculement. La roue doit tourner librement sans accrochage. Par contre, on ne doit sentir aucune liberté de basculement de la jante. Le cas échéant, changer la rondelle de protection ou l'écrou. Si l'on dispose de l'appareillage de mesure ci-dessous, le monter suivant fig. 69 et contrôler le jeu axial des roulements.
Jeu optimal: 0 à 0,05 mm
14. Mettre le couvercle en place.
15. Après un essai de fonctionnement, vérifier si le jeu a changé. Si tel est le cas, corriger le réglage.

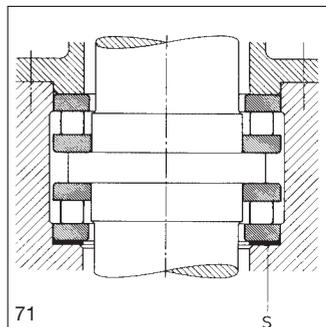
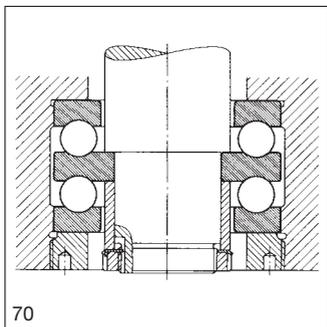


69 : Mesure du jeu axial au moyen d'un dispositif

Montage

70 : Butée à billes à double effet réglée sans jeu axial

71 : Butée à rouleaux cylindriques préchargée par cale ajustée S



Cette méthode de réglage a fait ses preuves dans la pratique et peut être utilisée sans outillage particulier. Il existe aussi d'autres méthodes qui nécessitent certaines dépenses en outils de montage et appareils de mesure et qui, pour cette raison, sont surtout réservées au montage en série.

3.4.2 Butées

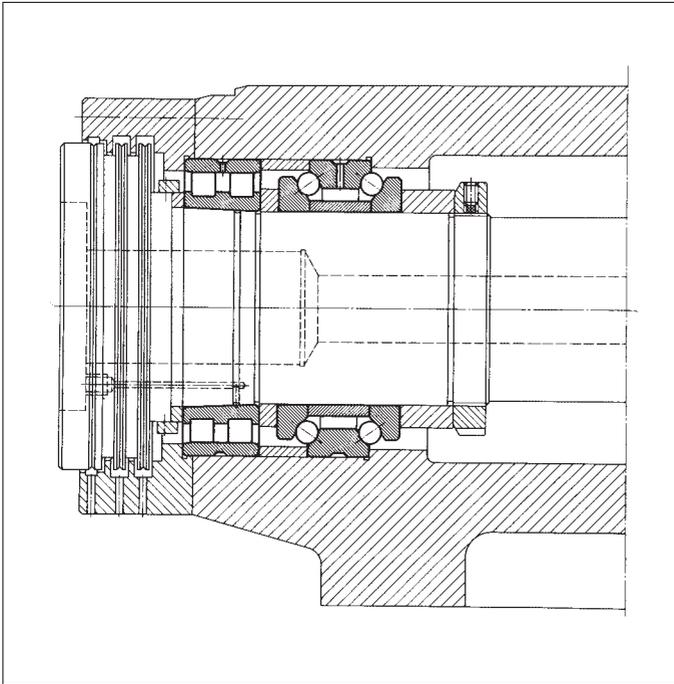
Les rondelles-arbre de butées sont normalement montées avec ajustement incertain ou, dans des cas exceptionnels, serrées. Par contre, les rondelles-logement sont exclusivement montées glissantes. Dans le cas de butées à double effet, la rondelle-arbre est bloquée axialement, fig. 70. Le montage et le démontage de butées ne présentent pas de difficultés.

3.4.3 Roulements pour machines-outils

Le réglage précis du jeu est particulièrement important, lorsqu'il s'agit de roulements pour broches de machines-outils, car la précision du jeu se reflète directement sur la qualité des pièces usinées. Le réglage précis du jeu ou de la précharge de fonctionnement exigée par le constructeur est facilité par les instruments de mesure que FAG a mis au point pour régler le système de roulements le plus couramment utilisé pour broches, à savoir les roulements à deux rangées de rouleaux cylindriques, fig. 72. Les butées à billes à contact oblique à double effet sont automatiquement préchargées au montage.

Le jeu radial d'un roulement à rouleaux cylindriques monté est donné par la différence entre le diamètre du cercle inscrit/circonscrit aux rouleaux et le diamètre du chemin de roulement de la bague sans épaulement. Pour la mesure du diamètre du cercle inscrit/circonscrit aux rouleaux, FAG fournit les instruments MGI 21 et MGA 31. Le diamètre du chemin de roulement des roulements à rouleaux cylindriques NNU49 SK est mesuré avec un comparateur spécial, celui des roulements NN30ASK avec un instrument pour mesurer les alésages.

Les instruments pour mesurer le diamètre du cercle inscrit/circonscrit aux rouleaux travaillent par comparaison; ils permettent de déterminer le jeu radial à 1 micron près.



72 : Broche d'une aléuseuse de précision (côté usinage). Le jeu radial du roulement à deux rangées de rouleaux cylindriques est réglé au montage.

Le réglage précis du jeu radial des roulements est fonction de la précision de forme des portées, c.-à-d. leur circularité, cylindricité ou conicité (voir également «Contrôle des portées des roulements», page 12).

Instrument FAG MGI 21 pour mesurer le diamètre du cercle inscrit aux rouleaux*)

Dans le cas de roulements à rouleaux cylindriques avec bague intérieure démontable (NNU49SK), le jeu radial ou la précharge est égal à la différence entre le cercle inscrit aux rouleaux H_j et le diamètre du chemin de roulement F . Par cercle inscrit aux rouleaux on comprend le cercle inscrit à tous les rouleaux, lorsque ceux-ci prennent appui sur le chemin de roulement de la bague extérieure, fig. 73.

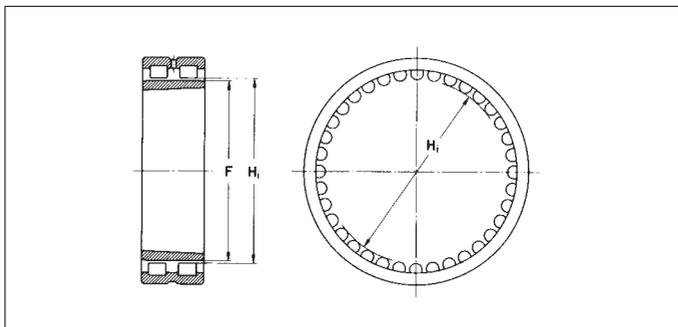
Le diamètre du cercle inscrit aux rouleaux est mesuré avec le MGI 21. En utilisant en même temps un comparateur spécial, on peut mesurer le jeu radial du roulement monté, fig. 74.

Les deux sabots en acier diamétralement opposés servent de surfaces de référence. Le sabot inférieur est monté fixe sur l'instrument, tandis que le sabot supérieur qui peut se déplacer radialement; ce mouvement est reporté sur le comparateur.

*) Principe et mode d'emploi voir publication «Instruments de mesure pour le montage et le contrôle des roulements», publ. FAG no. MT 55 135.

Montage

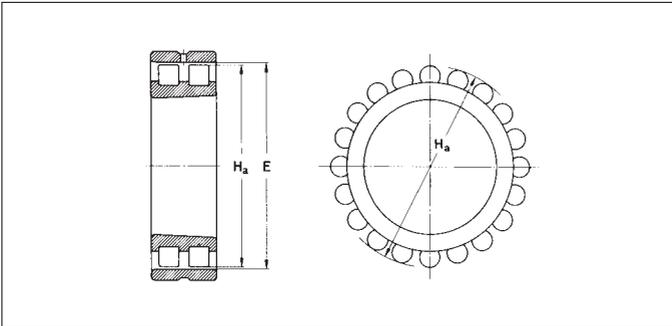
73 : Diamètre du cercle inscrit aux rouleaux H_i dans le cas de roulements à rouleaux cylindriques NNU49SK (bague intérieure démontable)



La valeur de diamètre ainsi mesurée sur la bague extérieure montée est transmise alors sur le comparateur. Lors du montage de la bague intérieure sur la portée d'arbre conique, on contrôle constamment la dilatation du diamètre du chemin de roulement au comparateur. Des valeurs positives sur le cadran indiquent une précharge, des valeurs négatives indiquent un jeu. Pour zéro, le roulement est sans jeu.

74 : La valeur du diamètre du cercle inscrit est transmise sur le comparateur. L'instrument FAG MGI 21 est utilisé pour des roulements à rouleaux cylindriques avec bague intérieure démontable, p.ex. FAG NNU49SK



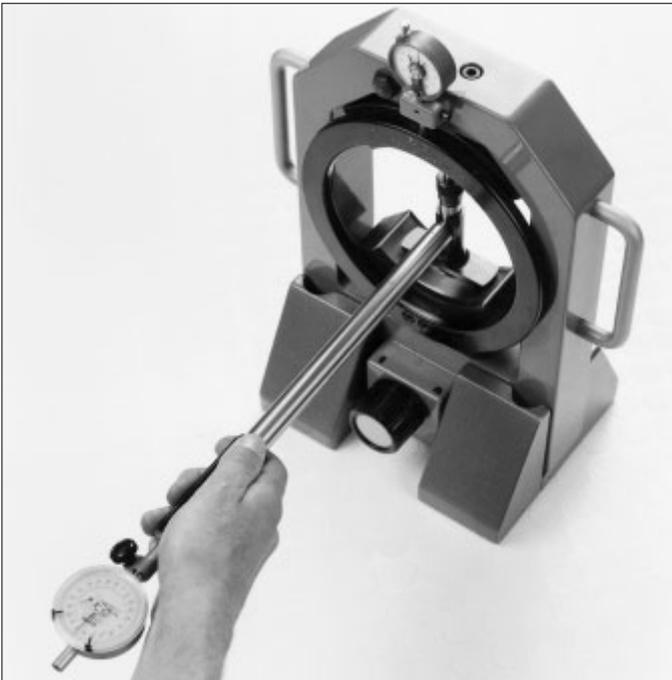


75 : Diamètre du cercle circonscrit aux rouleaux H_a de roulements à rouleaux cylindriques NN30ASK (bague extérieure démontable).

Instrument FAG MGA 31 pour mesurer le diamètre du cercle circonscrit aux rouleaux*)

Dans le cas de roulements à rouleaux cylindriques avec bague extérieure démontable (NN30ASK), le jeu radial ou la précharge est égal à la différence entre le diamètre du chemin de roulement E et le diamètre du cercle circonscrit aux rouleaux H_a . Par cercle circonscrit aux rouleaux, on comprend le cercle circonscrit à tous les rouleaux qui prennent appui sur le chemin de roulement de la bague intérieure, fig. 75.

*) Principe et mode d'emploi voir publication «Instruments de mesure pour le montage et le contrôle des roulements», publ. FAG no.MT 55 135.



76 : La cote du diamètre du chemin de roulement est reportée avec le palmer sur l'instrument FAG MGA 31. Cet instrument est utilisé pour des roulements à rouleaux cylindriques avec bague extérieure démontable, p.ex. FAG NN30ASK.

Montage

Le diamètre du cercle circonscrit aux rouleaux est mesuré avec le MGA 31. En utilisant un instrument pour mesurer les alésages, on peut mesurer le jeu radial du roulement monté, fig. 76.

Les deux sabots en acier diamétralement opposés servent de surfaces de référence. Le sabot supérieur peut se déplacer radialement; ce mouvement est indiqué sur la montre du comparateur.

La bague extérieure à mesurer doit être montée dans le logement. La cote du diamètre de piste de la bague extérieure relevée au moyen du palmer est reportée sur l'instrument pour mesurer le cercle circonscrit.

L'ensemble bague intérieure/couronne de rouleaux est monté sur l'arbre conique et légèrement serré. Puis, on fait glisser l'instrument MGA 31 sur la couronne de rouleaux. Ensuite, la bague intérieure est poussée jusqu'à ce que le comparateur indique la cote désirée.

Les valeurs positives signifient précharge, les valeurs négatives signifient jeu; zéro signifie roulement sans jeu.

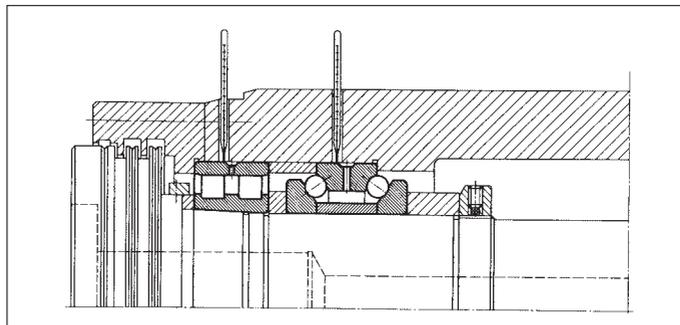
Contrôle du jeu de fonctionnement par la température de régime

Dans le cas de broches tournant à vitesses élevées, il est possible de contrôler le jeu ou la précharge au moyen de la température de régime atteinte lors d'un essai.

A cet effet, on prévoit des trous dans le palier, dans lesquels on introduit des capteurs de température, fig. 77. Afin de mesurer la température réelle des roulements, il est nécessaire que les capteurs de température soient directement en contact avec les bagues de roulement. Il ne suffit pas de mesurer simplement la température du roulement à rouleaux cylindriques; il faut également surveiller la température de la butée à billes à contact oblique préchargée.

Les capteurs doivent être en contact direct avec les bagues de roulement

77 : Disposition des capteurs de température



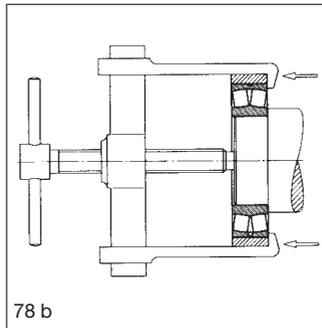
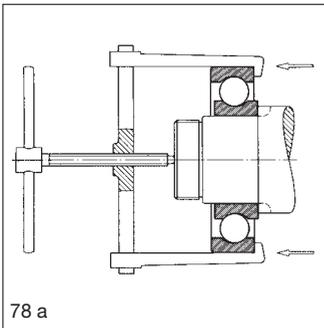
L'essai doit être prolongé jusqu'à ce que la température de régime se stabilise. Suivant le type de machine, cette stabilisation peut être atteinte au bout de 30 minutes à 3 heures. Pour les vitesses les plus élevées, on admet des températures de régime de 50 à 60 °C, qui indiquent que le roulement a atteint le jeu ou la précharge de fonctionnement le plus favorable.

4. Démontage de roulements

Il faut apporter beaucoup de soin dans le démontage d'un roulement qui sera réutilisé. Il faut surtout appliquer l'outil d'extraction sur la bague à arracher afin d'éviter que les éléments roulants laissent des empreintes dans les chemins de roulement, fig. 78a. Pour des bagues extérieures minces il y a, en plus, le risque de rupture, fig. 78b.

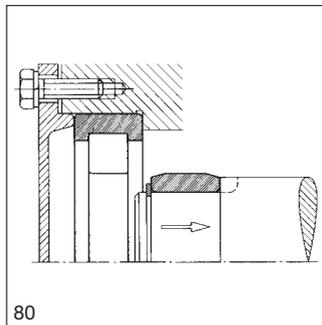
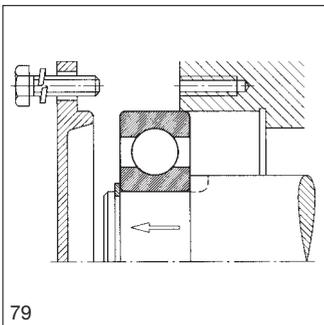
Dans le cas de roulements non dissociables, on enlève d'abord la bague montée glissante. Le démontage de la bague montée avec serrage nécessite le plus souvent des efforts plus élevés que lors du montage en raison de l'adhérence qui croît avec le temps. Le démontage de bagues montées libres peut aussi s'avérer difficile si au bout de longues périodes de fonctionnement, la formation de rouille de contact est apparue.

Appliquer l'extracteur sur la bague à arracher



78a : Incorrect! L'effort de démontage ne doit pas être transmis par les éléments roulants, si l'on veut réutiliser le roulement.

78b : Lorsque le démontage par l'intermédiaire des corps roulants ne peut pas être évité, utiliser une bague en acier non trempé enveloppant la bague extérieure (épaisseur au moins $\frac{1}{4}$ de la hauteur de section). C'est particulièrement important pour les roulements avec faible hauteur de section et petit angle de contact tels que les roulements à rouleaux coniques et les roulements à rotule sur deux rangées de rouleaux. Les roulements ne devront pas être réutilisés.



79 : Retirer d'abord la bague montée glissante des roulements non dissociables.

80 : Les bagues de roulements dissociables peuvent être démontées séparément.

Démontage

4.1 Méthodes mécaniques

4.1.1 Démontage de roulements à alésage cylindrique

Pour démonter les petits roulements, on peut utiliser soit des dispositifs mécaniques, fig. 81, 82, soit des presses hydrauliques, fig. 83, qui peuvent s'accrocher soit sur la bague montée serrée, soit sur les pièces attenantes, telle que la bague labyrinthe.

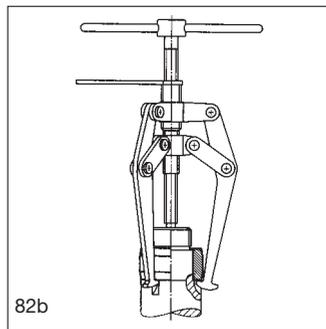
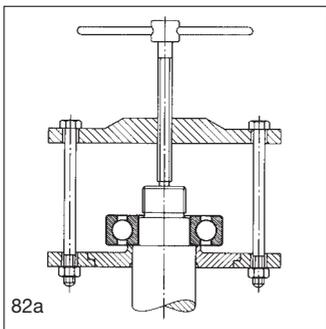
81 : Un roulement à rotule sur une rangée de rouleaux est arraché au moyen d'un dispositif d'extraction.



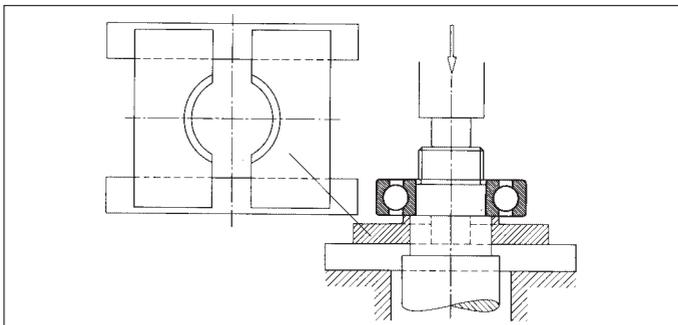
82 : Dispositifs de démontage pour roulements

a: Extracteur avec tirants et bague en deux parties

b: Extracteur à trois bras réglables



83 : Démontage plus facile avec une presse



Pour retirer les petits roulements de leur portée, on peut utiliser à la rigueur un chasoir métallique, fig. 84 à droite, il faut alors répartir les coups sur toute la périphérie de la bague.

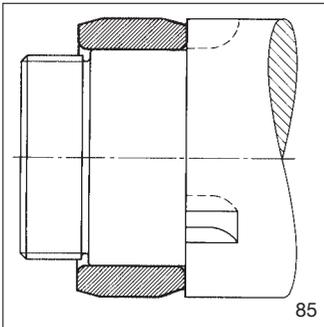
Le démontage peut être facilité, si le constructeur a prévu des encoches de démontage permettant d'appliquer l'outil de démontage directement sur les bagues serrées, fig. 85, 86 et 87.

Prévoir des encoches de démontage

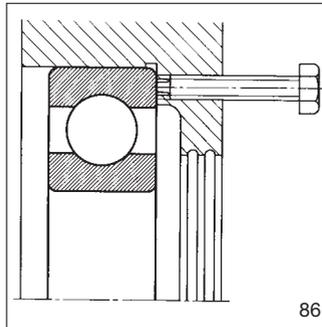


84 : Démontage provisoire d'un roulement par de légers coups de marteau
à gauche : mauvais
à droite : bon
(utiliser un chasoir en métal doux)

Ne pas frapper avec le marteau directement sur les bagues du roulement



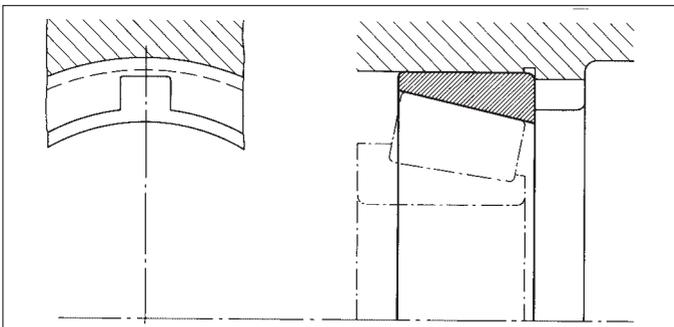
85



86

85 : Encoches dans l'épaulement de l'arbre prévues pour l'application des outils de démontage

86 : Trous pour l'utilisation de vis de pression



87 : Rainures pour démonter la bague extérieure à la presse

Démontage

Dans les cas où la bague intérieure s'appuie sur l'épaulement d'arbre et qu'il n'a pas été prévu d'encoches de démontage, on peut extraire des roulements à billes, roulements à rouleaux coniques et roulements à rouleaux cylindriques au moyen d'un outil spécial d'extraction. Dans le cas de l'extracteur pour roulements à billes, fig. 88, 89c, la pièce de serrage montée dans l'extracteur s'engage entre les billes, et saisit le bord de la piste de la bague intérieure; quant aux extracteurs pour roulements à rouleaux cylindriques et roulements à rouleaux coniques, elle prend derrière les rouleaux, fig. 89a. La pièce de

88 : Extracteur pour roulements à billes avec pièce de serrage



89: Pincettes de serrage pour extracteurs spéciaux

a: Pince de serrage pour roulements à rouleaux coniques et à rouleaux cylindriques dont la bague extérieure peut être extraite .

b: Pince de serrage pour roulements à rouleaux coniques et à rouleaux cylindriques dont la bague extérieure ne peut pas être extraite.

c: Pince de serrage pour roulements à billes à gorges profondes.



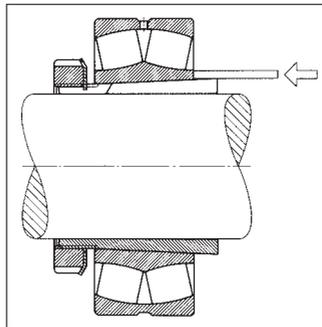
serrage fait partie d'une pince qui est serrée contre la bague intérieure à l'aide d'une bague conique. La force d'extraction est produite par une broche. Ce type d'extracteur permet d'extraire de l'arbre même des roulements encore montés dans le logement. Extracteurs mécaniques FAG, voir la notice N° WL 80-48.

4.1.2 Démontage de roulements à alésage conique

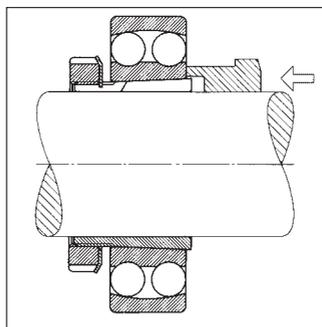
4.1.2.1 Démontage de roulements avec manchons de serrage

Pour le démontage de roulements directement montés sur l'arbre conique ou sur un manchon de serrage, on desserre d'abord l'écrou d'un montant correspondant au déplacement axial du roulement réalisé au montage. Chasser la bague intérieure du roulement de la portée conique du manchon ou de l'arbre par de légers coups de marteau. A cet effet, on utilise un chassoir en métal doux, fig. 90, ou encore mieux, une douille de frappe, fig. 91.

S'il est possible d'utiliser une presse, il faut soutenir le manchon ou l'écrou desserré, et chasser le roulement du manchon.



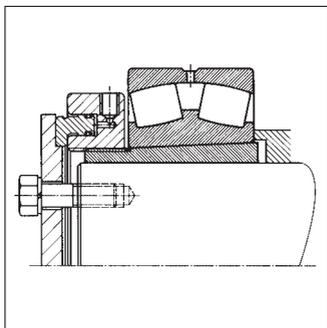
90 : Démontage d'un petit roulement à rotule sur rouleaux avec manchon de serrage. La bague intérieure est chassée du manchon à l'aide d'un chassoir en métal.



91 : Démontage d'un roulement à rotule sur billes avec manchon de serrage. L'utilisation d'une douille de frappe évite des détériorations du roulement.

Démontage

92 : Utilisation de l'écrou hydraulique pour démonter un roulement à rotule sur rouleaux avec manchon de serrage.



Un manchon de serrage peut être démonté à l'aide d'un écrou hydraulique, si le roulement repose sur une bague d'appui. L'écrou doit naturellement appuyer sur une plaque située en bout d'arbre ou sur un moyen similaire, fig. 92.

4.1.2.2 Démontage de roulements avec manchons de démontage

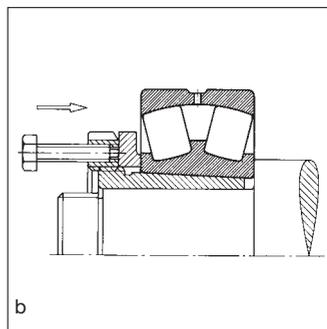
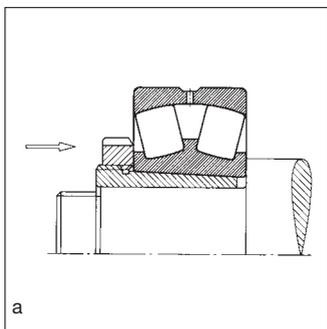
Les roulements montés sur manchons de démontage sont retirés à l'aide de l'écrou de démontage, fig. 93a. A cet effet, démonter les éléments de fixation axiale. Dans les cas difficiles, surtout s'il s'agit de gros roulements, on peut utiliser des écrous avec vis de pression additionnelles, fig. 93b. Dans ce cas, on place une rondelle entre la bague intérieure et les vis de pression.

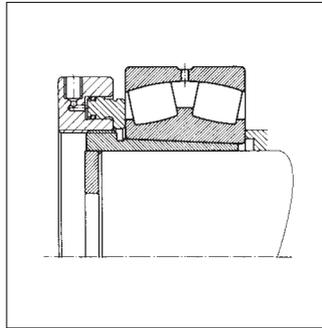
Le démontage de manchons de démontage est plus facile et plus économique avec un écrou hydraulique, fig. 94. Les manchons de démontage qui sont en saillie de l'arbre doivent être soutenus avec une bague à paroi épaisse.

93 : Extraction d'un manchon de démontage

a: avec un écrou de démontage

b: avec un écrou et des vis de pression qui pressent contre la bague intérieure par une rondelle.





94 : Ecrou hydraulique pour démonter un roulement à rotule sur rouleaux avec manchon de démontage. Le manchon de démontage en saillie repose sur une bague d'appui de paroi épaisse.

4.2 Méthodes thermiques

4.2.1 Bague de chauffage *)

Les bagues de chauffage facilitent le démontage de bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques ou de roulements à aiguilles avec un seul ou sans épaulement. Les bagues de chauffage en alliage léger sont fendues radialement. Des poignées isolées facilitent le maniement, fig. 95.

Les bagues de chauffage sont portées à la température de 200 à 300 °C sur une plaque chauffante. Puis, elles sont glissées sur la bague intérieure à démonter, et serrées à l'aide des poignées. La chaleur est rapidement transmise de la bague de chauffage à la bague intérieure. Lorsque le serrage sur l'arbre est supprimé, on retire simultanément les deux bagues. Après démontage, il faut immédiatement enlever la bague de roulement de la bague de chauffage afin d'éviter sa surchauffe. Les bagues de chauffage sont une bonne solution surtout pour le démontage occasionnel de bagues de roulements de petites et moyennes dimensions. Pour chaque taille de roulement, il faut donc une bague de chauffage séparée.

*) Pour de plus amples détails, se reporter à la notice FAG N° WL80-9 «Bagues de chauffage en aluminium FAG»



95 : Bagues de chauffage pour le démontage de bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques et roulements à aiguilles.

4.2.2 Dispositif de montage avec chauffage par induction*)

On utilise les dispositifs de montage avec chauffage par induction (voir chapitre 3.2.5) surtout pour le démontage de bagues intérieures frettées de roulements à rouleaux cylindriques et de roulements à aiguilles à partir de 100 mm de diamètre d'alésage. Le chauffage est si rapide que la transmission de la chaleur sur l'arbre est minimisée; cela permet un démontage facile des bagues.

Ces appareils peuvent être branchés sur les deux phases d'un réseau de courant triphasé (50 ou 60 Hz). Pour extraire les roulements avec alésage jusqu'à 200 mm, il est possible d'utiliser des appareils branchés directement sur le réseau 380 V. Pour les roulements plus grands, il est recommandé de travailler avec les voltages faibles et, par conséquent, moins dangereux, de 20 à 40 V (50 ou 60 Hz).

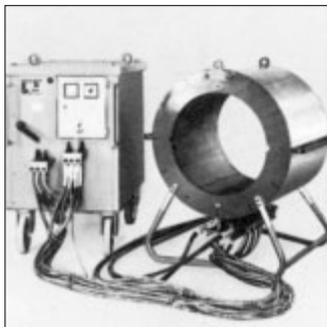
Les appareils d'induction à bas voltages sont reliés au réseau 380 V par l'intermédiaire d'un transformateur, fig. 96. Le bobinage refroidi par circulation d'eau donne un meilleur rendement et permet de réaliser un appareil plus maniable et plus léger.

Dans le cas de démontage, le monteur met en place l'appareil sur la bague intérieure et enclenche les verrous dans les encoches situées derrière la bague. Ces encoches sont prévues dans la bague labyrinthe. Il branche ensuite l'appareil; dès que la bague a atteint la température de 80 à 100 °C, il coupe le courant et retire la bague du roulement à l'aide du dispositif.

*) Détails voir publication «Dispositifs FAG de montage avec chauffage par induction», publ.no. WL 80 107/2 FA.

96: Dispositif de montage pour bas voltages avec transformateur EFB 125/1 pour bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques avec un diamètre d'alésage de 635 mm:

Masse de la bague	390 kg
Masse du dispositif	70 kg env.



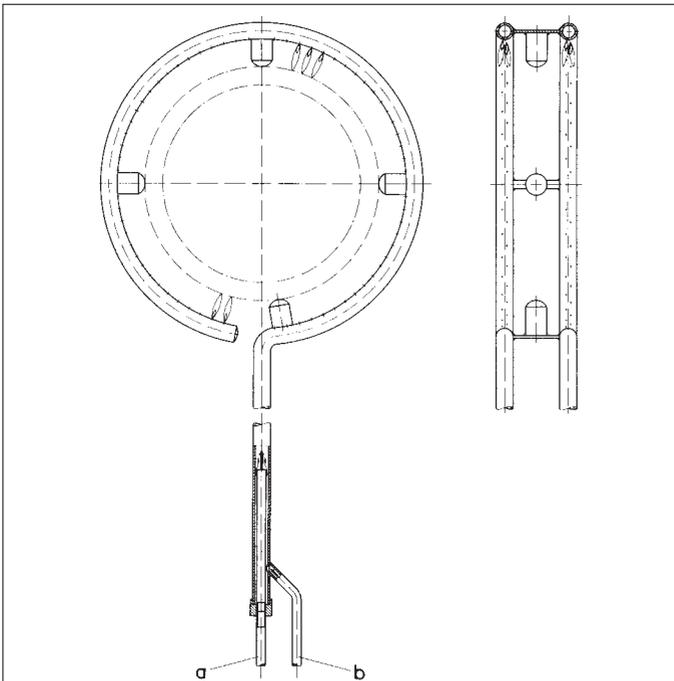
4.2.3 Chauffage à la flamme

Si l'arbre ne présente pas les canalisations nécessaires au montage hydraulique et s'il ne semble pas utile pour des raisons économiques d'acheter un dispositif de chauffage électrique, on peut, à la rigueur, chauffer à la flamme les bagues de gros roulements dissociables.

Il ne faut en aucun cas, utiliser un chalumeau, car il y aurait alors risque d'échauffement inégal et excessif des bagues qui aurait pour conséquence une destructuration des bagues.

Par contre, les brûleurs circulaires, fig. 97, sont utilisés avec succès. La distance des tubes du brûleur à la surface des bagues doit être comprise entre 40 et 50 mm. Pour une pression normale du gaz, le diamètre des orifices doit être de l'ordre de 2 mm.

Utiliser des brûleurs circulaires



97 : Brûleur circulaire pour chauffer les bagues intérieures au montage
a = gaz, b = air

Démontage

Par l'addition plus ou moins importante d'air, on peut faire varier la température et la longueur des flammes. La distance des orifices du brûleur répartis sur la circonférence du tube doit être de 20 à 25 mm. Dans le cas de petites bagues fortement serrées, il faut s'efforcer d'atteindre la plus grande puissance du brûleur. Le mélange d'air ne doit être effectué qu'après allumage du gaz. La pression d'air doit être réglée avec précision. Si elle était trop forte, l'air pourrait refouler le gaz dans la canalisation.

Démontage par éclatement
des bagues devenues
inutilisables

La surface trempée des roulements est susceptible de perdre en dureté et de changer de dimensions, si les températures sont trop élevées. Toujours veiller à ce que le brûleur se trouve concentrique par rapport à la bague. Durant le chauffage, il faut déplacer le brûleur lentement et à vitesse constante en sens axial devant la surface de la bague. Ce n'est que par un chauffage régulier de l'ensemble de la bague qu'il est possible d'éviter l'effet de revenu et les tensions supplémentaires.

Observer les prescriptions
de sécurité

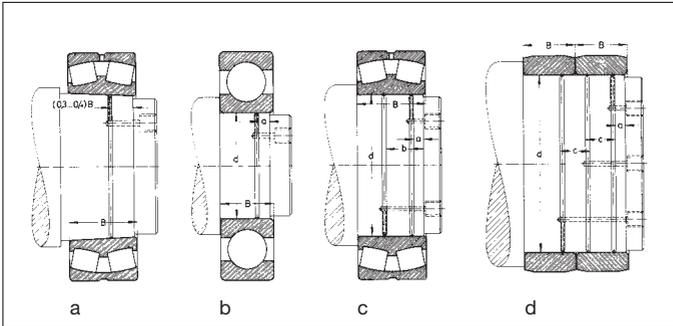
Les bagues détériorées au point de n'être plus utilisables ne sont pas toujours démontables par la méthode décrite en raison de la rouille de contact ou du grippage à froid. Dans ce cas, le démontage s'effectue de la façon suivante: on chauffe la bague au chalumeau à 350 °C environ et l'arrose au jet d'eau froide; on produit ainsi des tensions si élevées dans la bague qu'elle éclate. A cause du danger d'accidents, protéger le lieu de travail.

Lorsque l'on atteint une température de 300 °C et plus en chauffant p.ex. le roulement à démonter à l'aide d'un chalumeau, des matériaux fluorés peuvent dégager des gaz et des vapeurs toxiques. FAG emploie de tels matériaux dans les joints en caoutchouc fluoré (FKM, FPM, p.ex. Viton®) ou dans les graisses fluorées telles que, par exemple, la graisse pour roulements Arcanol L79V. Si une température élevée ne peut pas être évitée, il est alors conseillé de respecter les prescriptions de sécurité que nous tenons à votre disposition.

4.3 Méthode hydraulique

La méthode hydraulique consiste à introduire de l'huile entre les surfaces en contact. Le film d'huile supprime le contact des pièces assemblées ce qui facilite le déplacement d'une pièce par rapport à l'autre sans que l'on risque de détériorer les surfaces, voir chapitre 3.3.

La méthode hydraulique convient au démontage de roulements montés sur portée conique ou cylindrique. Dans les deux cas, il faut prévoir des rainures et canaux d'huile ainsi que des filetages de raccord pour les générateurs de pression, fig. 98. Les manchons de serrage et les manchons de démontage de grandes dimensions sont équipées de rainures et trous correspondants, fig. 101 et 102.



98: Position des rainures d'huile pour le démontage par la méthode hydraulique

- a: portée conique;
- b: portée cylindrique; largeur du roulement $B \leq 80$ mm; $a \approx \sqrt{d}$;
- c: portée cylindrique; largeur du roulement $B > 80$ mm; $a \approx \sqrt{d}$; $b \approx (0,5 \text{ à } 0,6) \cdot B$;
- d: portée cylindrique; deux bagues intérieures disposées côte à côte; largeur du roulement $B > 80$ mm; $a \approx \sqrt{d}$, $c \approx B - (1,5 \text{ à } 2) \cdot \sqrt{d}$

Pour le démontage de roulements à alésage conique montés directement sur l'arbre, il suffit d'utiliser des injecteurs en tant que générateurs de pression, fig. 51. Pour le montage de roulements à alésage cylindrique et de manchons de serrage et de démontage, il faut recourir à une pompe, fig. 52 (chapitre 3.3).

Pour le démontage, on peut utiliser une huile plus visqueuse de $150 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) à 20°C environ (viscosité nominale $46 \text{ mm}^2/\text{s}$ à 40°C). Au cas où les surfaces d'ajustement seraient détériorées, on préfère une huile à engrenages ou à cylindres de $1150 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) environ à 20°C (viscosité nominale $320 \text{ mm}^2/\text{s}$ à 40°C). La rouille de contact est en partie supprimée en ajoutant à l'huile des additifs anti-corrosifs.

4.3.1 Démontage de roulements à alésage conique

Pour démonter des roulements montés, soit directement sur un tourillon conique, soit sur un manchon de démontage ou de serrage, il suffit d'injecter de l'huile entre les surfaces en contact. Attention : les pièces serrées se dégagent brusquement! Pour éviter des accidents, il faut donc limiter le mouvement axial du roulement ou du manchon à démonter par un écrou d'arbre, un écrou de manchon de serrage ou une butée quelconque, fig. 99 à 102.

**Limiter le mouvement axial!
Les pièces se dégagent brusquement**



99 : Démontage d'un roulement à rotule sur rouleaux à l'aide de la méthode hydraulique

Démontage

Supprimer la rouille de contact par des additifs

La rouille de contact complique fréquemment le démontage. Il est donc recommandé d'utiliser un liquide anti-rouille, en particulier, s'il s'agit de roulements qui sont démontés au bout d'une longue durée de fonctionnement. Dans des cas difficiles, on peut faciliter le dégagement du manchon de démontage au moyen de l'écrou du manchon de démontage. Au cas où celui-ci est pourvu de vis de pression, fig. 103, il faut interposer une rondelle de pression pour éviter que les efforts d'extraction n'agissent directement sur l'épaulement de la bague intérieure du roulement.

100 : Appui direct sur l'arbre. Introduire l'huile sous pression entre les surfaces en contact. Le roulement se dégage de lui-même. Laisser une butée sur l'arbre pour arrêter la bague intérieure du roulement.

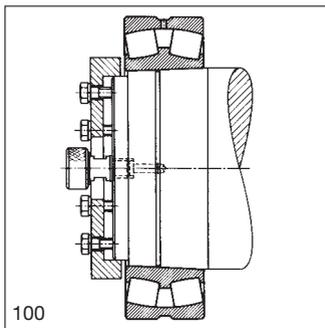
101 : Roulement sur manchon de démontage. Injecter l'huile sous pression dans les canalisations du manchon. Le manchon se dégage de lui-même. Laisser l'écrou sur l'arbre.

102 a-b : Roulement sur manchon de serrage. Injecter l'huile sous pression dans les canalisations du manchon. Le roulement se dégage de lui-même. Laisser une butée sur le manchon.

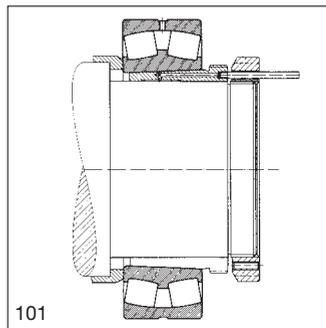
a : Raccord d'huile, côté filetage

b : Raccord d'huile, côté cône

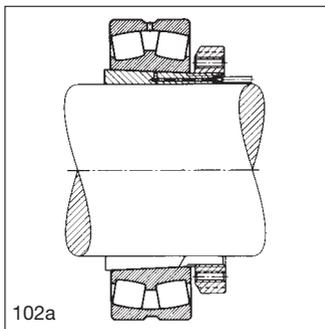
103 : Démontage dans des cas difficiles. L'huile avec additifs dissolvant la rouille est injectée sous pression dans les canalisations du manchon. Choisir une huile de viscosité élevée. Faciliter le dégagement du manchon au moyen d'un écrou avec vis de pression.



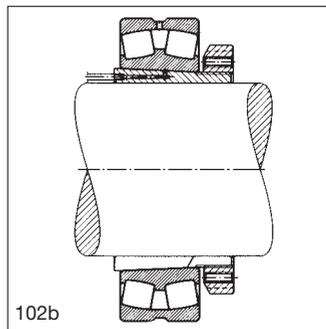
100



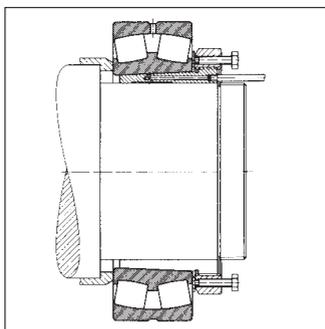
101



102a



102b

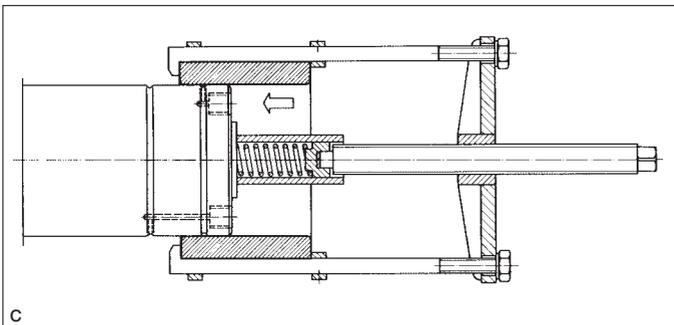
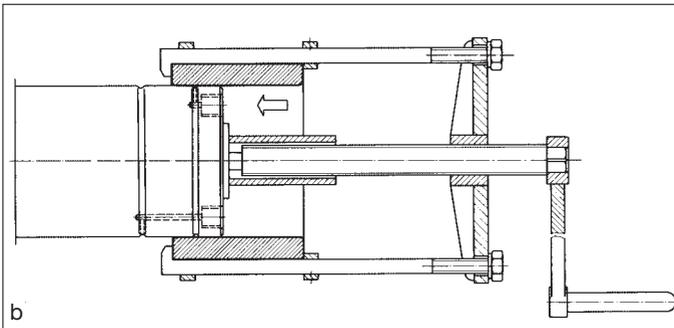
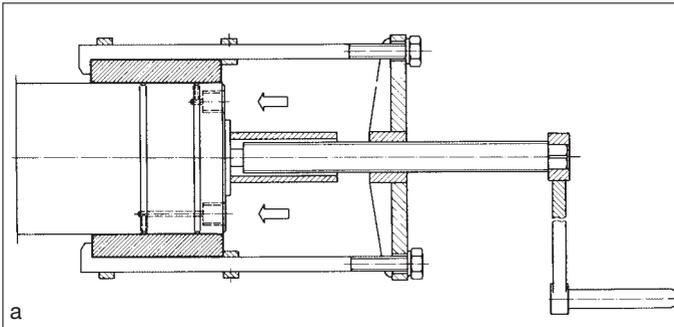


4.3.2 Démontage de roulements à alésage cylindrique

Dans le cas de roulements à alésage cylindrique, la méthode hydraulique n'est utilisée, en général, que pour le démontage.

On applique un appareil d'extraction sur la bague du roulement, fig. 1 04a-c, et l'on injecte l'huile dans les rainures.

Lorsque la bague se laisse extraire facilement, on la retire d'abord, jusqu'à ce que la rainure arrière soit découverte et ne



104 : Démontage d'une bague intérieure à alésage cylindrique par la méthode hydraulique.

- a: Appliquer le dispositif de démontage sur la bague intérieure et injecter de l'huile sous pression dans les deux rainures d'huile.
- b: Tirer la bague jusqu'à découvrir la première rainure. Supprimer l'arrivée d'huile sous cette dernière en maintenant la pression sur la seconde tout en continuant l'extraction de la bague de roulement.
- c: Le dispositif muni d'un ressort préchargé permet d'extraire plus rapidement la bague, tout en maintenant la pression dans la dernière rainure.

Démontage

l'alimente plus d'huile. Puis la bague est retirée ultérieurement, jusqu'à ce que la rainure avant se trouve à peu près au milieu de la surface de bague restant sur l'arbre, fig. 104b.

Dans cette position, on interrompt l'alimentation de la rainure avant de telle sorte que la bague soit à nouveau serrée. On place un ressort dans le manchon de guidage du dispositif de démontage. Ce dispositif doit permettre d'arrêter le ressort en position préchargée, fig.104c.

Amortir le démontage brusque de la bague

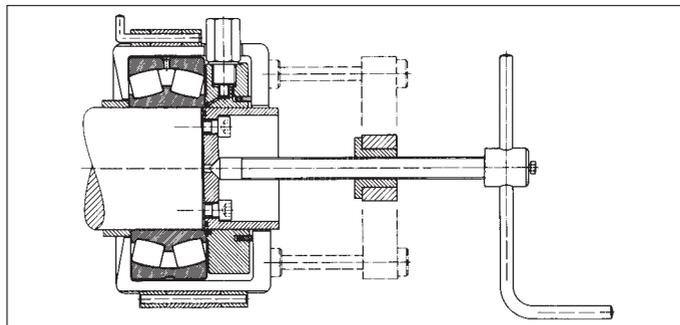
La force et le déplacement du ressort doivent être supérieurs à la partie de la bague restant en place. Si l'on rétablit le film d'huile en actionnant à nouveau la pompe, la bague intérieure saute de l'arbre grâce à la précharge du ressort. Il faut, dans ce cas, prendre des mesures appropriées pour amortir le démontage brusque de la bague. La précharge F du ressort doit être environ $F = 20 d$ (F en N, diamètre du tourillon en mm). Si plusieurs bagues sont montées côte à côte sur l'arbre, on les démonte l'une après l'autre de la façon décrite.

Dans le cas de roulements montés sur des arbres dépourvus de rainures ou de canalisations d'huile, injecter l'huile sous pression latéralement entre les surfaces de contact

Le déplacement des bagues jusqu'au point où elles recouvrent la dernière rainure peut être effectué à la main dans la plupart des cas, parce qu'elles glissent très facilement après l'injection d'huile sous pression. Plus la bague «flotte», lorsqu'elle se dégage sous l'effet de la précharge du ressort lors de la dernière phase de démontage, plus on est sûr qu'elle ne restera pas accrochée.

Si l'arbre ne présente ni rainures ni canaux d'huile, on peut aussi injecter l'huile par le côté, fig. 105. A cet effet, on monte sur la face frontale de l'assemblage une bague de pression étanche qui permet d'injecter l'huile dans le joint d'ajustement.

105 : Dispositif spécial pour retirer un roulement à rotule sur rouleaux à alésage cylindrique d'un arbre sans rainures d'huile. L'huile est injectée par le côté.



Grâce à une douille fixée à la face latérale de l'arbre, on garantit que l'huile soit introduite entre les surfaces au contact jusqu'à ce que l'opération de démontage soit terminée. Quand il est impossible de monter une telle douille, on doit utiliser une huile très visqueuse avec une viscosité de 320 mm²/s (cSt) à 40°C. Avec une telle huile, le film d'huile dans le joint sera maintenu pendant au moins 5 minutes. Ce temps suffit pour retirer le roulement.

Ces dispositifs spéciaux d'extraction sont relativement compliqués et coûteux. On les utilise par exemple, lorsqu'il est impossible de prévoir des rainures d'huile aux arbres ou essieux pour des raisons de solidité, mais que l'on doit fréquemment démonter les roulements (p.ex. dans les véhicules ferroviaires).

5. Lubrification

Le lubrifiant a pour mission, en premier lieu, de former un film séparateur de haute capacité entre les pièces de roulement glissant ou roulant l'une sur l'autre, de telle sorte que le frottement et l'usure sont réduits à un minimum. Il doit, de plus, protéger le roulement contre la corrosion. En outre, les graisses lubrifiantes contribuent à l'étanchéité. Un système de circulation d'huile permet d'évacuer des calories.

Par suite du vieillissement et des charges mécaniques, les lubrifiants deviennent inutilisables après une certaine période de fonctionnement. La durée d'utilisation est améliorée par la relubrification ou le remplacement du lubrifiant, c'est à dire l'entretien des roulements. Une sélection appropriée des lubrifiants permet une lubrification à vie dans certaines conditions d'étanchéité et d'environnement. Pour plus d'informations, voir publication FAG no. WL 81115 «Lubrification des roulements».

5.1 Graisses

Ne peuvent être utilisées que des graisses de haute qualité - en général à base de saponification métallique. Les graisses pour des températures extrêmes contiennent d'autres épaississants et une huile synthétique au lieu d'une huile minérale. Des graisses avec additifs extrême-pression sont utilisées pour des roulements fortement chargés et tournant à des vitesses faibles. Des roulements pour vitesses élevées et des roulements devant tourner à frottement faible sont lubrifiés avec des graisses contenant une huile de base synthétique peu visqueuse.

Utiliser exclusivement des graisses pour roulements

En ce qui concerne les températures d'utilisation, il faut strictement observer les indications du fabricant. Les graisses pour roulements doivent être inaltérables et ne pas changer leur structure de façon notable même après une longue période de fonctionnement.

Respecter le champ d'utilisation de la graisse

Lubrification

Le tableau 7.18, page 111, énumère les graisses éprouvées Arcanol de FAG pour roulements et leurs caractéristiques.

5.2 Huiles

Pour les roulements, on utilise normalement des huiles minérales pour lesquelles on exige:

une propreté maximale, une résistance à l'altération, un bon comportement viscosité-température et un bon pouvoir de séparation d'eau. En outre, l'huile doit assurer la protection du roulement contre la corrosion. Pour des températures extrêmes de fonctionnement, il faut des huiles synthétiques. Des huiles pour roulements fortement chargés et tournant à des vitesses faibles doivent contenir des additifs extrême-pression.

5.3 Choix du lubrifiant

En général, on préfère la lubrification à la graisse à cause de la simplicité d'entretien et de l'étanchéité qu'elle assure. L'avantage de l'huile réside dans la faculté d'atteindre tous les points et d'évacuer la chaleur. L'inconvénient d'une lubrification à l'huile réside dans une construction plus compliquée, et, par conséquent, plus chère du palier et surtout du système d'étanchéité.

Le choix du type de lubrifiant est déterminé par certains facteurs :

Température de fonctionnement

En fonction de la vitesse, la température d'un palier résulte du frottement du roulement, du frottement du lubrifiant ainsi que de la dissipation de la chaleur vers l'extérieur ou éventuellement d'une source de chaleur extérieure.

Si la température se stabilise à une valeur constante admissible pour l'application considérée, on peut s'attendre à un fonctionnement sûr. Si, par contre, la température du roulement ne cesse d'augmenter, il faut prendre des mesures particulières (p.ex. refroidissement supplémentaire, changement du lubrifiant, etc.). La relubrification provoque une brève augmentation de la température.

Dans le cas des huiles de lubrification, la viscosité diminue, lorsque la température augmente et inversement. Préférables sont les huiles dont la viscosité ne varie que peu avec la température (bon comportement V-T).

Plus la température de régime à laquelle il faut s'attendre est élevée, plus la viscosité nominale de l'huile doit être élevée.

Ne pas utiliser des huiles de qualité médiocre

Observer la température de régime

Observer la viscosité à température de régime

Par viscosité nominale, on comprend l'indication courante de la viscosité, c.-à-d. la viscosité des huiles à 40°C. Les huiles sont répertoriées en classes de viscosité (ISO VG) (DIN 51 519).

Les graisses de base de saponification différente ont des limites de température d'utilisation différentes. En général, la température-limite supérieure est:

+ 50 °C	pour les graisses au savon de chauxde
+ 70 à + 120 °C	pour les graisses au savon de sodiumde
+ 110 à + 130 °C	pour les graisses au savon de lithium

Différentes graisses à savons complexes, graisses de gel et graisses contenant des épaississants complètement synthétiques conviennent pour des températures supérieures à 130°C. Les graisses contenant des huiles de base synthétique peu visqueuses se prêtent particulièrement au fonctionnement à basses températures.

Les valeurs exactes valables pour les différentes graisses sont indiquées par les fabricants.

En choisissant les huiles et graisses de lubrification, il faut tenir compte du fait que les températures élevées entraînent un vieillissement plus rapide et une durée d'utilisation réduite.

Charge et vitesse

Le lubrifiant doit former un film d'une capacité de charge suffisante pour supporter les conditions de fonctionnement données. La capacité du film de graissage est, en premier lieu, déterminée par la viscosité de l'huile. Plus la vitesse du roulement est faible, plus la viscosité de service de l'huile doit être élevée. Pour plus de détails concernant la viscosité requise v_1 , voir le catalogue FAG WL 41 520. Il faut tenir compte du fait que la température du roulement est fonction de la charge et de la vitesse. La température de fonctionnement nécessaire pour déterminer la viscosité nominale doit être estimée.

Si la vitesse augmente, le frottement et, par conséquent, la température de frottement augmentent. D'une part, le frottement est d'autant plus grand que le lubrifiant est visqueux; d'autre part, la viscosité et, en conséquence, la capacité de charge du film d'huile diminue lorsque la température augmente.

Les vitesses admises pour les différents types et dimensions de roulements avec lubrification à la graisse ou à l'huile sont indiquées dans les catalogues de roulements FAG.

Des lubrifiants solides tels que graphite et bisulfure de molybdène ne s'emploient que pour faibles vitesses et mouvements lents.

Dans le cas de vitesses élevées, il faut utiliser des huiles avec additifs extrême-pression. Des graisses pour roulements fortement chargés contiennent des huiles de base très visqueuses et des additifs extrême-pression (EP).

Observer les limites d'utilisation des graisses de différente base de saponification indiquées par les fabricants

Huiles visqueuses pour faibles vitesses

Correlation entre vitesse, frottement, température et viscosité

Vitesses limites pour lubrification à la graisse et à l'huile, voir catalogues de roulements FAG

Lubrifiants solides seulement à vitesses minimales

Lubrification

Dimensions des roulements

Pour les petits roulements, on choisit, en général, une huile de faible viscosité ou une graisse très molle, afin de réduire autant que possible le frottement du lubrifiant. Par contre, dans le cas de grands roulements, le frottement du lubrifiant est sans importance de telle sorte qu'on est plus libre dans le choix du lubrifiant.

Humidité

Observer le comportement des lubrifiants vis-à-vis de l'humidité

Les graisses pour roulements se comportent différemment vis-à-vis de l'humidité. Seules les graisses hydrofuges non solubles au savon de chaux (graisse Ca) garantissent l'étanchéité à l'eau. On en garnit donc les chicanes à condition que la température de fonctionnement ne dépasse pas +50°C.

Les graisses à savon de sodium (grasses Na) se prêtent à des températures plus élevées que les graisses Ca. Elles émulsionnent avec l'eau et s'utilisent donc lorsqu'il faut s'attendre à une certaine humidité (p. ex. eau de condensation). Mais comme les graisses Na sont solubles dans l'eau, elles risquent de se liquéfier et de s'écouler hors du palier en cas de pénétration importante d'eau.

Les graisses à savon de lithium absorbent moins d'eau que les graisses Na. Grâce à leur plus grande résistance à l'eau et à la large gamme de températures admissibles, on les préfère donc pour le graissage des roulements.

Le comportement vis-à-vis de l'humidité et de l'eau est aussi important pour les huiles. On préfère des huiles hydrofuges, car en leur présence, l'eau se dépose au fond du réservoir d'huile pendant l'arrêt de la machine.

La protection des huiles et graisses contre la corrosion est améliorée par l'addition d'inhibiteurs

Impuretés

Veiller à la propreté des réservoirs, des pompes de lubrifiant et des graisseurs

La pénétration de pollution dans le roulement est particulièrement risquée lors des graissages d'entretien. Il faut donc veiller à ce que le réservoir de lubrifiant et les dispositifs de graissage soient propres et que le lubrifiant ne soit pas pollué lors du transvasement. Les graisseurs doivent être nettoyés avant graissage.

Mélange de différents lubrifiants

Ne pas mélanger différents lubrifiants

Les graisses à base de saponification différente ne doivent pas être mélangées, car le mélange se traduit par une réduction de la résistance aux températures élevées et aux propriétés lubrifiantes. De même, il faut éviter le mélange de différents types d'huiles.

Quantité de lubrifiant

Dans le cas d'une lubrification à la graisse, les espaces libres doivent être remplis de graisse. L'espace intérieur libre des roulements tournant à des vitesses très élevées, est rempli de graisse à 20-35%. Les quantités à introduire dans les cavités de part et d'autre du roulement sont fonction du produit $n \cdot d_m$:

(n = vitesse maximale de fonctionnement

$$d_m = \frac{D+d}{2} \text{ diamètre moyen du roulement)}$$

Indice de vitesse

Taux de remplissage
des cavités

$$n \cdot d_m < 50000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$$

plein

$$n \cdot d_m = 50000 - 500000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$$

60%

Un graissage excessif est particulièrement nuisible dans le cas de vitesses moyennes ou élevées, parce que le malaxage entraîne une augmentation de la température qui est nuisible au roulement et au lubrifiant.

Les roulements avec joints et déflecteurs ne sont remplis de graisse qu'à environ 35% au montage.

Dans le cas d'une lubrification à l'huile, une trop grande quantité de lubrifiant a des inconvénients similaires: l'huile est surchauffée par le brassage et exposée à l'oxygène de l'air ambiant. Ceci entraîne l'oxydation et la formation d'écume.

En général, on peut dire que les paliers sont suffisamment remplis lorsque, à l'arrêt, le corps roulant le plus bas plonge à moitié dans l'huile.

6. Avaries de roulements

6. Avaries de roulements

La durée d'un roulement est fonction du nombre de passages des corps roulants ainsi que de la charge supportée par ceux-ci et par les chemins de roulement.

La méthode de calcul normalisée pour des roulements sous charge dynamique est basée sur la fatigue de la matière (formation de pitting ou écaillage), étant la cause de défaillance des roulements.

La fatigue normale se manifeste par un écaillage des surfaces de roulement, fig. 106. Une sollicitation continue peut même provoquer une rupture brutale des bagues, fig. 107.

Si le roulement est mis hors d'usage très prématurément par rapport à la durée calculée, il faut vérifier, s'il n'a pas été surchargé. Si tel n'est pas le cas, la cause peut être un montage défectueux ou un manque d'entretien ou bien l'usure due aux conditions de fonctionnement. Nous donnons, ci-après, les détériorations les plus courantes et leurs causes:

106 : Ecaillage sur la bague intérieure d'un roulement à billes à gorges profondes

107 : Dernière phase d'une fatigue normale : rupture brutale de la bague intérieure d'un roulement à billes à gorges profondes



106



107

6.1 Causes des avaries de roulements

6.1.1 Montage défectueux

Des détériorations locales des chemins de roulement telles que rayures et cratères peuvent être attribuées à un montage défectueux. Ces détériorations interviennent par exemple, si la bague intérieure d'un roulement à rouleaux cylindriques est gauchie, lorsqu'on l'introduit dans la bague extérieure, ou si les efforts d'emmanchement sont transmis par les corps roulants, fig. 108 à 111.

Des détériorations superficielles peuvent également être provoquées par la pénétration et le laminage de corps étrangers dans le roulement (voir chapitre 6.1.2).

La détérioration peut se manifester à court terme p.ex. par un bruit anormal; à long terme, elle peut causer une fatigue prématurée des surfaces de roulement.

Le signe typique de détériorations superficielles est caractérisé par des empreintes présentant des bords plus ou moins relevés (refoulement de métal).



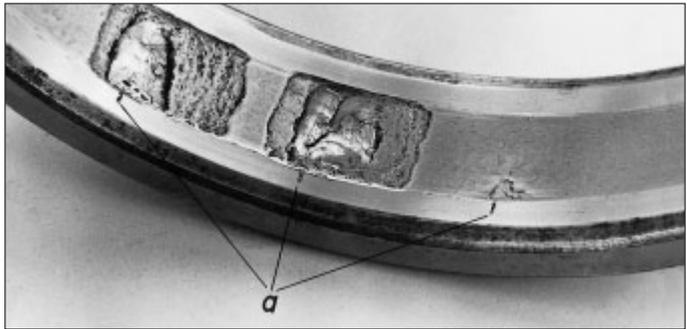
108 : Empreintes dans les pistes d'un roulement à billes à gorges profondes dues au montage défectueux .

Avaries de roulements

109 : Rayures sur le chemin de roulement d'une bague intérieure d'un roulement à rouleaux cylindriques



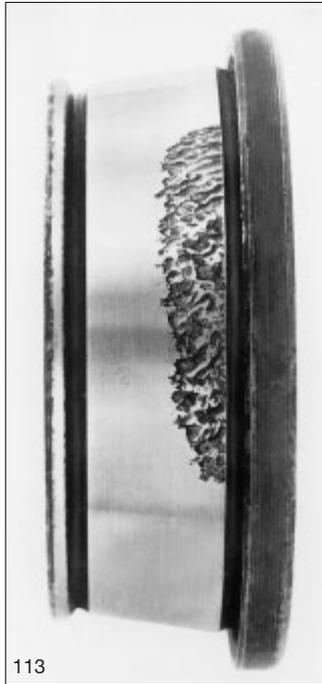
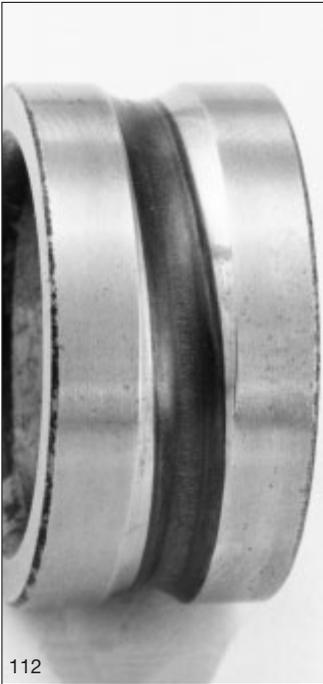
110 : Fatigue prématurée d'une bague extérieure d'un roulement à rouleaux cylindriques précédée par des rayures qu'on peut encore observer en «a».



111 : Epaulement brisé sur un roulement à rotule sur une rangée de rouleaux dont la bague intérieure a été emmanchée à coups de marteau .



La position de la zone de charge sur la bague considérée résulte du sens des efforts extérieurs agissant sur le roulement et des conditions de rotation. Après une durée de fonctionnement relativement brève, la zone de charge se manifeste par des pistes légèrement ternes, indiquant ainsi si le roulement était correctement chargé.



112 : Trace de rotation oblique par suite d'un mauvais alignement de la bague intérieure fixe d'un roulement à billes à gorges profondes.

113 : Ecaillage unilatéral par suite d'un mauvais alignement de la bague intérieure fixe d'un roulement à rouleaux coniques.

Une trace irrégulière de passage des corps roulants indique une précharge anormale due par exemple à un ajustement trop serré, à un réglage axial excessif, à des défauts de forme du logement ou de l'arbre, à des défauts d'alignement ou au blocage d'un roulement libre, fig. 112 et 113.

6.1.2 Pollution

Des empreintes des corps étrangers sur les surfaces de roulement peuvent être à l'origine d'une fatigue prématurée, voir chapitre 6.1.1. Des corps étrangers possédant un pouvoir abrasif concourent à l'accélération de la défaillance par usure. Les surfaces de roulement sont rugueuses et ternes. Une usure avancée cause un jeu excessif inadmissible.

Causes possibles:

- pièces sales
- sable de fonderie dans le logement
- mauvaise étanchéité du palier
- lubrifiants pollués
- particules d'abrasion métalliques provenant des engrenages et introduites dans le roulement avec le lubrifiant.

Avaries de roulements

6.1.3 Corrosion

Le phénomène de corrosion sur les roulements peut se manifester sous des formes différentes ayant des causes variées. Il est à l'origine d'une marche irrégulière et d'un bruit anormal. La rouille écrasée par les corps roulants agit comme abrasif et entraîne l'usure.

Les figures 114 et 115 montrent des détériorations de corrosion dues à l'humidité ou des liquides corrosifs.

Causes possibles :

- mauvaise étanchéité à l'humidité
- vapeurs d'acides
- lubrifiants acides
- eau de condensation
- mauvais stockage des roulements.

Le faux-brinelling apparaît sous forme d'empreintes sur les pistes, à distance correspondant à l'écartement des éléments roulants. Contrairement aux empreintes de corps roulants provoquées par montage défectueux, le faux-brinelling ne présente pas de bords haussés, fig. 116. Lorsqu'à l'arrêt, la couronne d'éléments roulants change de position, les traces de vibrations se reproduisent, fig. 117.

Le faux-brinelling est dû à des vibrations aux zones de contact des éléments roulants, donnant naissance à l'usure.

114 : Corrosion sur la bague intérieure d'un roulement à rouleaux coniques

115 : Traces d'attaque sur la piste extérieure d'un roulement à rotule sur billes



114



115

On rencontrera ces avaries sur des machines qui subissent des vibrations à l'arrêt ou pendant leur transport. Remède possible: caler les arbres ou mettre en mouvement le palier par intermittence (p.ex. à bord de navires).

La corrosion de contact, par contre, est localisée sur les faces d'appui, donc dans l'alésage ou sur le diamètre extérieur du roulement. Cette détérioration est provoquée par un ajustement relativement libre ou des pièces attenantes pas assez dures. Les micro-mouvements dans la zone de contact entraînent une usure si forte que le roulement libre perd sa fonction ou que l'arbre peut même casser à cause des contraintes. Remède possible : ajustement serré ou renforcement des pièces attenantes.

6.1.4 Passage de courant électrique

Un passage continu de courant électrique entraîne des stries parallèles à l'axe et de coloration brune sur toute la circonférence des pistes ainsi que sur les éléments roulants, fig. 118 et 119.

6.1.5 Lubrification défectueuse

Une lubrification déficiente peut être provoquée par une alimentation insuffisante en lubrifiant ou par un lubrifiant inadapté. Le film lubrifiant, qui n'assure plus la séparation suffisante des composants en contact, entraîne en fonctionnement des glissements et de l'usure.



116



117

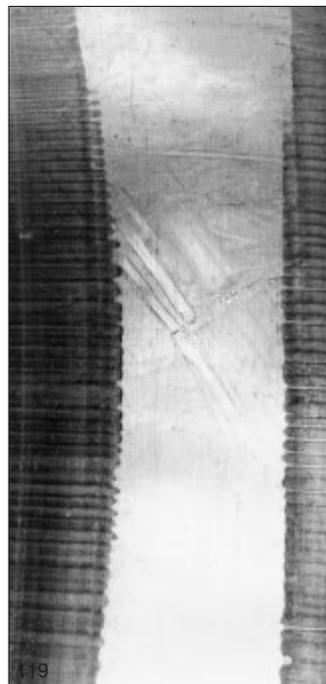
116 : Cratères dans la piste de la bague extérieure d'un roulement à rotule sur billes produits par la rouille de contact (faux-brinelling)

117 : Traces de vibration sur le chemin de roulement d'une bague intérieure d'un roulement à rouleaux cylindriques

Avaries de roulements

118 : Stries sur les rouleaux d'un roulement à rotule sur rouleaux causées par le passage de courant

119 : Stries dans la piste extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux produites par le passage de courant

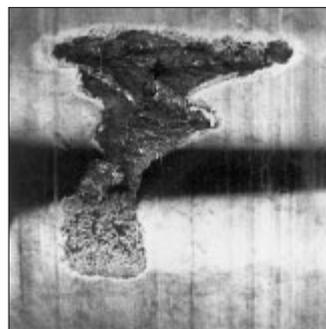
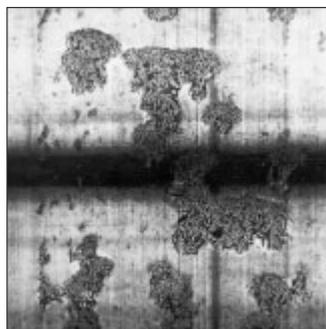


Étant donné que les contraintes maximales se produisent aux sur faces des pistes, elles peuvent entraîner d'abord un micro-pitting et aboutir à l'arrachement de fragments de matériau, fig. 120.

Dans le cas d'un excès de lubrifiant, celui-ci s'échauffe en raison du malaxage ou brassage et perd son pouvoir lubrifiant. Ce phénomène provoque à terme un échauffement, donc la destruction totale du roulement. Il faut veiller surtout dans les roulements tournant à vitesses élevées à ce que le lubrifiant ne soit pas refoulé dans le roulement.

Les conséquences possibles de lubrifiants encrassés sont décrites au chapitre 6.1.2.

120 : Un film lubrifiant insuffisant entraîne l'arrachement de fragments plus grands de matériau.



0  0,5 mm

6.2 Comment reconnaître les détériorations de roulements en service?

Comportement du roulement en marche	Cause possible	Exemples
Marche irrégulière	Détérioration sur les bagues et éléments roulants Pollution Jeu trop grand	Automobiles: Dandinement de plus en plus important des roues. Vibrations dans les organes de direction Ventilateurs: Accentuation des vibrations Châssis de scie: Chocs et coups d'intensité croissante dans les bielles Moteurs à combustion: Vibrations croissantes dans le vilebrequin
Précision de travail décroissante	Usure par pollution ou lubrification insuffisante Détérioration sur les bagues et corps roulants	Tours: Traces de vibrations toujours plus importantes sur les pièces usinées Rectifieuses: Surfaces onduleuses Laminoirs à froid: Apparition de défauts le plus souvent périodiques sur la surface du produit laminé, tels que ondulations etc.
Bruit anormal: hurlement ou sifflement	Jeu de fonctionnement trop faible	Moteurs électriques Boîtes
Grondement ou bruit irrégulier	Jeu de fonctionnement trop grand Détérioration sur les surfaces de roulement Encrassement Lubrifiant impropre	(dans les boîtes de vitesses, les bruits des roulements sont difficile à détecter, car le bruit des dentures couvre tous les autres)
Bruits variables	Changements du jeu de fonctionnement sous l'effet de la température. Détérioration du chemin de roulement (p. ex. par impuretés ou fatigue).	

Avaries de roulements

6.3 Que faut-il observer dans le cas d'une avarie d'un roulement?

Les exemples fig. 106 à 120 se rapportent à des cas nettement décelables où il n'y pas de difficultés à reconnaître les caractéristiques de détérioration et où il n'y a aucun doute en ce qui concerne leurs causes. Il va sans dire qu'il est impossible de traiter de façon détaillée toutes les combinaisons qui peuvent se produire.

En pratique, il est parfois difficile de reconnaître sur un roulement défectueux la cause principale du défaut. Dans bien des cas, on peut tirer certaines conclusions p.ex. à partir de la nature des traces de fonctionnement; mais il est à peine possible de donner en toute certitude des conseils pour éviter à l'avenir des avaries, à moins de connaître les conditions exactes de fonctionnement, le type de lubrification et la construction de l'ensemble de la machine. En outre, il faudrait être informé des phénomènes à l'aide desquels l'avarie s'est fait remarquer ainsi que les actions secondaires observées en même temps.

Observer le fonctionnement
et noter les observations

6.3.1 Avant le démontage

Avant le démontage, il faudrait examiner les quatre points essentiels caractérisant le comportement du roulement et noter le résultat; car une fois le palier démonté, le roulement et le logement lavés, des données ne peuvent plus être reconstituées.

Pollution

Il faudra examiner au préalable l'état général de la machine, en particulier les pièces attenantes aux roulements. Est-ce qu'il y a à proximité des roulements des accumulations de boue ou des déchets du matériau travaillé? Est-il possible que de l'eau, des lessives, de l'huile de coupe ou des vapeurs aient pu pénétrer dans le palier?

Perte de lubrifiant

Est-ce que le lubrifiant a pu s'écouler? A cet effet, contrôler le niveau d'huile au regard et les passages d'arbre, ainsi que tous les joints entre le corps de boîte et les couvercles, et les dispositifs d'étanchéité des canalisations d'huile, du bouchon d'huile et du regard.

Bruits de fonctionnement

On reconnaît fréquemment les avaries de roulements au changement du bruit de fonctionnement. Dans ce cas, on doit essayer de décrire le bruit en donnant des indications telles que constant ou pulsatoire, périodique ou irrégulier, bourdonnant, sifflant, chantant, battant. Si l'on trouve une série de bruits se répétant régulièrement, on tâchera d'en décrire la fréquence.

Il est vrai qu'à des vitesses élevées, ceci sera presque impossible à moins d'avoir recours à des appareils compliqués; mais dans le cas de vitesses inférieures, on a opéré très souvent avec succès en battant avec un crayon au rythme du bruit sur un papier et en comptant les points ainsi obtenus au bout d'un certain nombre de secondes. A partir de ce résultat, on peut déterminer, si la défektivité apparaît, p.ex. avec la fréquence de la bague intérieure ou de la cage. Il faudrait également essayer d'évaluer l'intensité sonore du bruit.

Observer le fonctionnement et noter ces observations

Avant le démontage du roulement, il est également nécessaire de faire tourner le roulement une fois à la main. De cette manière, on peut souvent assez facilement déceler et également décrire d'éventuels écarts du fonctionnement régulier connu.

Mécanisme de l'avarie et phénomènes secondaires

Il est nécessaire de noter les différentes phases de détérioration tant qu'elles sont présentes à la mémoire. Il importe de noter tous les détails, tels que le moment où l'on a enregistré les premiers signes de défektivité, la nature de celle-ci et les changements de bruit ou de température constatés par la suite. Lorsque cette avarie s'est produite brusquement, on notera la position des leviers de commande et la position de travail de la machine. Des modifications antérieures de la machine, telles que le réglage du jeu, le montage d'arbres nouveaux, de manchons ou d'entretoises, ainsi que l'augmentation de la puissance ou de la vitesse de rotation - peuvent être d'une importance considérable pour l'évaluation. Si ces modifications coïncident avec le changement survenu dans le comportement des roulements, l'expert est capable de tirer des conclusions importantes.

6.3.2 Lors du démontage

Au démontage, il faut observer les quatre points ci-après:

Lubrification

Lorsque l'on veut examiner la cause de la détérioration d'un roulement démonté, il ne faut pas enlever le lubrifiant usagé. Même un expert de roulements n'est pas capable de déceler la cause d'une avarie, si on lui présente le roulement endommagé, soigneusement nettoyé. Dans l'attente de l'expertise, il faut protéger les roulements endommagés à expertiser contre les encrassements, salissures ou corrosion additionnelles.

Ne pas laver le lubrifiant, prélever des échantillons

Lubrification à l'huile

Dans le cas de roulements lubrifiés à l'huile, il faut d'abord évacuer l'huile, et, le cas échéant, également le liquide de refroidissement.

Avaries de roulements

Recueillir l'huile dans un récipient propre, surtout s'il faut s'attendre à ce qu'elle contienne de la boue, des fragments de métal ou de la limaille provenant d'engrenages voisins. Dans le cas où ces soupçons se trouvent confirmés, on disposera de quantités suffisantes d'huile pour procéder à un examen approfondi.

Lubrification à la graisse

Dans le cas d'une lubrification à la graisse, on enlève d'abord les couvercles, chapeaux ou flasques. Ces pièces ne doivent pas être lavées tout de suite, mais il faut les déposer à un endroit propre jusqu'à ce que l'avarie soit tirée au clair. Il en est de même pour des joints de feutre ou de caoutchouc et toutes les autres bagues et rondelles d'étanchéité. Bien qu'il soit prescrit de remplacer à chaque révision les joints d'étanchéité, il ne faut pas rejeter les vieux joints tout de suite; car il serait possible que leur état soulève la question de savoir si le dispositif d'étanchéité existant assurait une efficacité suffisante.

Pour l'examen de la graisse, il convient de prélever deux échantillons: l'un devrait provenir de l'intérieur du roulement même et l'autre d'une partie du corps de palier éloignée du roulement. Un fort encrassement des graisseurs indique qu'éventuellement, déjà lors de l'entretien, de la graisse polluée a pu pénétrer dans le palier. Dans ce cas, il convient de prélever également un échantillon dans la canalisation de graisse.

Le volume de chaque échantillon ne doit pas être trop petit. Placer tous les échantillons dans un papier huilé propre et les marquer afin de pouvoir plus tard établir leur provenance sans difficulté.

Relâchement des éléments de fixation

En poursuivant le démontage, s'assurer d'abord que les écrous fixant axialement la bague intérieure sont encore bien serrés. Ceci est particulièrement important dans le cas de roulements à contact oblique à deux rangées de billes avec bague intérieure en deux parties, et dans le cas de roulements à quatre points de contact. Car un desserrage des organes de fixation axiale entraîne une modification des conditions du jeu de fonctionnement et du contact entre éléments roulants et pistes. Il en est de même pour les roulements à rouleaux coniques et les roulements à billes à contact oblique. Dans le cas de manchons de serrage et de démontage ainsi que dans le cas de portées coniques, il faut vérifier le serrage de l'écrou de serrage ou de fixation.

Position des bagues de roulement

Après le desserrage des écrous de fixation, nettoyer les faces latérales des bagues pour examiner dans quelle position par rapport au logement et à l'arbre les bagues avaient été montées. Dans la majorité des cas, le sens de la charge est nettement indiqué par les traces de roulement sur les pistes. Mais, si ces traces sont anormales, cette seule constatation servira peu, si l'on ignore la position de la bague

Contrôler le serrage
des écrous

extérieure par rapport au logement et de la bague intérieure par rapport au tourillon, l'excentrique ou organes semblables.

Dans ce but, il faut dresser un croquis qui indique la position des bagues, p.ex. la référence du roulement - par rapport à un point de repère du logement ou de l'arbre. De plus noter la position des faces des bagues du roulement l'une par rapport à l'autre dans le sens du démontage. Ceci est surtout valable pour les deux bagues dans le cas de roulements dissociables tels que les roulements à rouleaux cylindriques, les roulements à billes dissociables et les roulements à quatre points de contact. Si, après le démontage, on découvre des traces de roulement anormales, on peut en tirer certaines conclusions concernant la nature et le sens de la charge et même une éventuelle précharge nuisible, permettant d'obtenir des indications sur la cause de l'avarie.

Dresser un croquis

Contrôle des ajustements

En retirant les bagues de leurs portées, noter si l'effort qu'il faut déployer à cet effet est anormal, c.-à-d. trop élevé ou trop faible. Lorsqu'il s'agit de roulements dissociables de dimensions identiques, différents éléments de chaque roulement doivent rester ensemble et ne peuvent être échangés avec ceux d'autres roulements.

De plus, il faut examiner l'état des autres éléments de machine, surtout lorsqu'on est obligé, pour prévenir un arrêt prolongé de la production, de remonter la machine aussitôt après le remplacement des roulements. En tout cas, il sera nécessaire de mesurer le diamètre de l'arbre et l'alésage du logement; vérifier en particulier, si les portées sont bien circulaires. De même, il faudrait examiner l'état des organes menants et menés, en particulier des roues dentées et de tous les autres organes mobiles de la machine. Les différentes traces de glissement et de contact permettent souvent de conclure, si les arbres avaient été bien alignés ou si il y avait eu des contraintes irrégulières.

Mesurer le diamètre d'arbre et l'alésage du logement, contrôler la circularité des portées

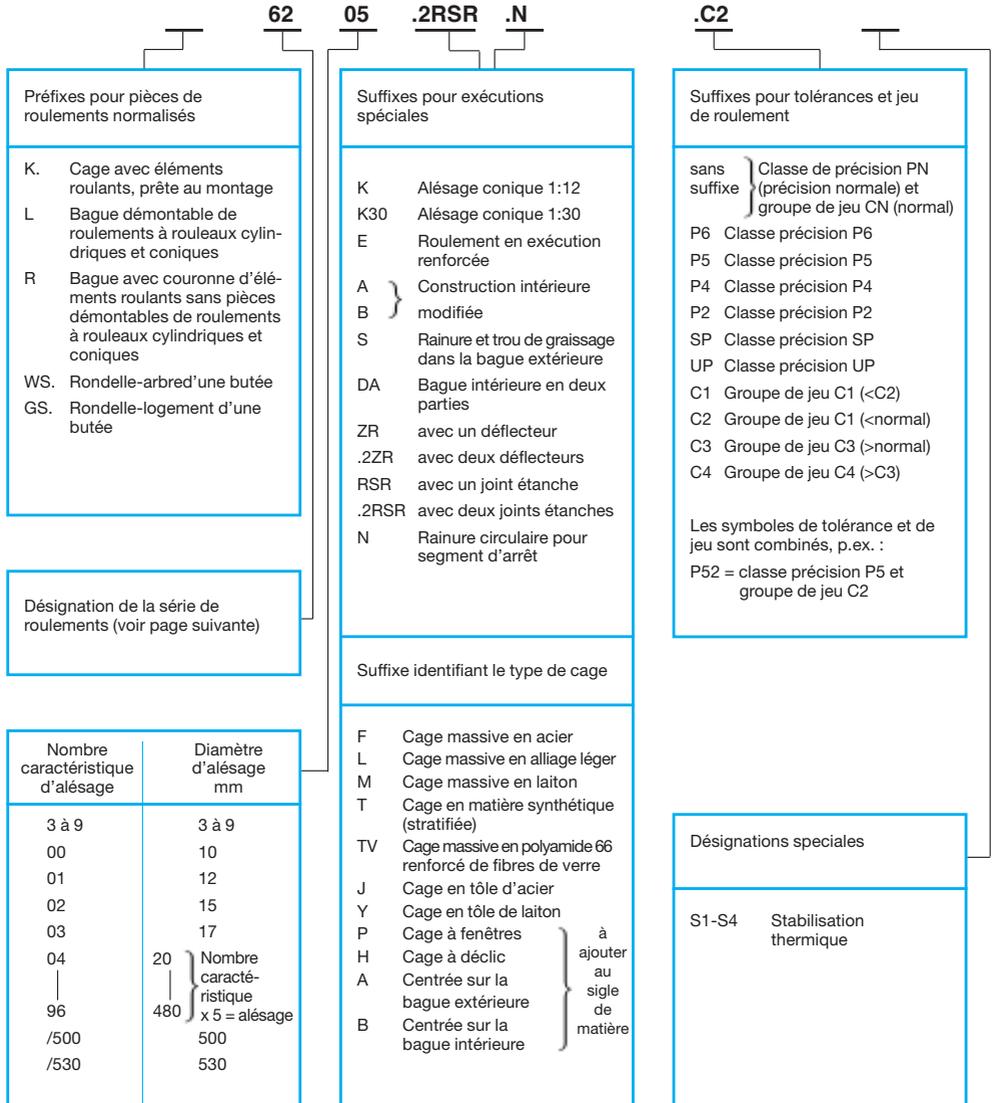
6.3.3 Lors de l'examen

Le démontage terminé, on peut procéder à l'examen du roulement endommagé. Pour le roulement complet, on contrôle la propreté, l'état des surfaces de contact (précision dimensionnelle) et le fonctionnement (marche légère, jeu du roulement). Les caractéristiques de détérioration du roulement et les données secondaires décrites permettent le plus souvent de se faire une idée de la cause et du mécanisme de l'avarie. En cas de doute, veuillez consulter l'agence FAG la plus proche.

En cas de doute, consulter l'agence FAG la plus proche

Dans beaucoup de cas, on n'aura pas à considérer tous les indices suggérés. De même, on renoncera à des recherches systématiques et par conséquent onéreuses, lorsque le prix du roulement neuf ne justifie pas de telles dépenses. Par contre, dans la construction mécanique lourde où de grandes installations sont fabriquées en petites séries et où l'on constate de temps en temps des avaries qui échappent d'abord à toute explication, là il y aura lieu d'observer tous ces indices.

7.1 Désignation des roulements



Tableaux

7.2 Désignation des séries de roulements : Roulements à billes

Série de roulements	Roulements à billes								Série de largeurs ou de hauteurs	Série de diamètres	
	Type										
	Roulement à billes à gorges profondes	Roulement à billes à contact oblique	Roulement à rotule sur billes	Butée à billes	Butée à billes à contact oblique	à une rangée de billes ou à simple effet	à deux rangées de billes ou à double effet	à ronds-logement planes	à ronds-logement sphériques		
618	x					x				1	8
160	x					x				0	0
60	x					x				1	0
62	x					x				0	2
63	x					x				0	3
64	x					x				0	4
42	x						x			2	2
43	x						x			2	3
12			x				x			0	2
112			x				x			0	2
13			x				x			0	3
113			x				x			0	3
22			x				x			2	2
23			x				x			2	3
B 719		x				x				1	9
B 70		x				x				1	0
B 72		x				x				0	2
72		x				x				0	2
73		x				x				0	3
QJ 2		x				x				0	2
QJ 3		x				x				0	3
32		x					x			3	2
33		x					x			3	3
511				x		x		x		1	1
512				x		x		x		1	2
513				x		x		x		1	3
514				x		x		x		1	4
532				x		x			x		2
533				x		x			x		3
534				x		x			x		4
522				x			x	x		2	2
523				x			x	x		2	3
524				x			x	x		2	4
542				x			x		x		2
543				x			x		x		3
544				x			x		x		4
2344					x			x			
2347					x			x			
7602					x	x					
7603					x	x					

7.2 Désignation des séries de roulements : Roulements à rouleaux

Série de roulements	Roulements à rouleaux							Série de largeurs ou de hauteurs	Série de diamètres
	Roule-ment à rouleaux cylindriques	Roule-ment à rouleaux coniques	Roule-ment à rotule sur une rangée de rouleaux	Type		à une rangée de rouleaux	à deux rangées de rouleaux		
			Roule-ment à rotule sur deux rangées de rouleaux	Butée à rouleaux cylindriques	Butée à rotule sur rouleaux				
N 2; NU 2; NJ 2; NUP 2	x						x	0	2
N 3; NU 3; NJ 3; NUP 3	x						x	0	3
N 4; NU 4; NJ 4; NUP 4	x						x	0	4
NU 10	x						x	1	0
NU 22; NJ 22; NUP 22	x						x	2	2
NU 23; NJ 23; NUP 23	x						x	2	3
NN 30	x							3	0
NNU 49	x							4	9
302		x					x	0	2
303		x					x	0	3
313		x					x	1	3
320		x					x	2	0
322		x					x	2	2
323		x					x	2	3
329		x					x	2	9
330		x					x	3	0
331		x					x	3	1
332		x					x	3	2
202			x				x	0	2
203			x				x	0	3
204			x				x	0	4
213				x				0	3
222				x				2	2
223				x				2	3
230				x				3	0
231				x				3	1
232				x				3	2
233				x				3	3
239				x				3	9
240				x				4	0
241				x				4	1
292						x	x	9	2
293						x	x	9	3
294						x	x	9	4
811					x		x	1	1
812					x		x	1	2

Tableaux

7.3 Tolérances pour arbres

Cotes en mm

Cote nominale au-dessus de de l'arbre jusqu'à	3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180
	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200

Valeurs des tolérances en microns (Précision normale)

Ecart du diamètre d'alésage roulement Δ_{dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-10	-12	-15	-15	-15	-20	-20	-25	-25	-25	-30

Ajustements Arbre Roulement Tolérances pour arbres en microns

e 7		-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-60 -90	-72 -107	-72 -107	-85 -125	-83 -125	-85 -125	-100 -146
e 8		-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-60 -106	-72 -126	-72 -126	-85 -148	-85 -148	-85 -148	-100 -172
f 6		-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-30 -49	-36 -58	-36 -58	-43 -68	-43 -68	-43 -68	-50 -79
f 7		-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-30 -60	-36 -71	-36 -71	-43 -83	-43 -83	-43 -83	-50 -96
g 5		-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-10 -23	-12 -27	-12 -27	-14 -32	-14 -32	-14 -32	-15 -35
g 6		-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-10 -29	-12 -34	-12 -34	-14 -39	-14 -39	-14 -39	-15 -44
h 5		0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -13	0 -15	0 -15	0 -18	0 -18	0 -18	0 -20
h 6		0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -19	0 -22	0 -22	0 -25	0 -25	0 -25	0 -29
j 5		+3 -2	+4 -2	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+6 -7	+6 -7	+6 -9	+6 -9	+7 -11	+7 -11	+7 -11	+7 -13
j 6		+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+12 -7	+13 -9	+13 -9	+14 -11	+14 -11	+14 -11	+16 -13
js 3		+1,25 -1,25	+1,25 -1,25	+1,5 -1,5	+2 -2	+2 -2	+2,5 -2,5	+2,5 -2,5	+3 -3	+3 -3	+4 -4	+4 -4	+4 -4	+5 -5
js 4		+2 -2	+2 -2	+2,5 -2,5	+3 -3	+3,5 -3,5	+4 -4	+4 -4	+5 -5	+5 -5	+6 -6	+6 -6	+6 -6	+7 -7
js 5		+2,5 -2,5	+3 -4	+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+6,5 -6,5	+7,5 -7,5	+7,5 -7,5	+9 -9	+9 -9	+9 -9	+10 -10
js 6		+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+9,5 -9,5	+11 -11	+11 -11	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5
k 3		+2,5 0	+2,5 0	+3 0	+4 0	+4 0	+5 0	+5 0	+6 0	+6 0	+8 0	+8 0	+8 0	+10 0
k 4		+5 +1	+5 +1	+6 +1	+8 +2	+9 +2	+10 +2	+10 +2	+13 +3	+13 +3	+15 +3	+15 +3	+15 +3	+18 +4
k 5		+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+15 +2	+18 +3	+18 +3	+21 +3	+21 +3	+21 +3	+24 +4
k 6		+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+21 +2	+25 +3	+25 +3	+28 +3	+28 +3	+28 +3	+33 +4

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1120
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1250	1250

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-125	-125

-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195	-195	-195
-146	-146	-162	-162	-182	-182	-198	-198	-215	-215	-240	-240	-260	-260	-300	-300	-300	-300
-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195	-195	-195
-172	-172	-191	-191	-214	-214	-232	-232	-255	-255	-285	-285	-310	-310	-360	-360	-360	-360
-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98	-98	-98
-79	-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-120	-120	-130	-130	-142	-142	-164	-164	-164	-164
-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98	-98	-98
-96	-96	-108	-108	-119	-119	-131	-131	-146	-146	-160	-160	-176	-176	-203	-203	-203	-203
-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28	-28	-28
-35	-35	-40	-40	-43	-43	-47	-47	-51	-51	-56	-56	-62	-62	-70	-70	-70	-70
-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28	-28	-28
-44	-44	-49	-49	-54	-54	-60	-60	-66	-66	-74	-74	-82	-82	-94	-94	-94	-94
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-20	-20	-23	-23	-25	-25	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-36	-36	-42	-42	-42	-42
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-29	-29	-32	-32	-36	-36	-40	-40	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-66	-66
+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7										
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20										
+16	+16	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+33	+33
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-33	-33
+5	+5	+6	+6	+6,5	+6,5	+7,5	+7,5										
-5	-5	-6	-6	-6,5	-6,5	-7,5	-7,5										
+7	+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10										
-7	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10										
+10	+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5	+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+21	+21	+21	+21
-10	-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5	-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-21	-21	-21	-21
+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+33	+33
-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-33	-33
+10	+10	+12	+12	+13	+13	+15	+15										
0	0	0	0	0	0	0	0										
+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25										
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5										
+24	+24	+27	+27	+29	+29	+32	+32	+29	+29	+32	+32	+36	+36	+42	+42	+42	+42
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+33	+33	+36	+36	+40	+40	+45	+45	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+66	+66
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0

Tableaux

7.3 Tolerances por arbres, suite

Cotes en mm

Cote nominale au-dessus de de l'arbre jusqu'à	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200
---	--------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------

Valeurs des tolérances en microns (Précision normale)

Ecart du diamètre d'alésage roulement Δ_{dmp}	0 -8	0 -8	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -15	0 -20	0 -20	0 -25	0 -25	0 -25	0 -30
--	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Ajustements

Arbre Roulement

Tolérances pour arbres en microns

m 5		+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+24 +11	+28 +13	+28 +13	+33 +15	+33 +15	+33 +15	+37 +17
m 6		+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+30 +11	+35 +13	+35 +13	+40 +15	+40 +15	+40 +15	+46 +17
n 5		+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+33 +20	+38 +23	+38 +23	+45 +27	+45 +27	+45 +27	+51 +31
n 6		+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+39 +20	+45 +23	+45 +23	+52 +27	+52 +27	+52 +27	+60 +31
p 6		+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+51 +32	+59 +37	+59 +37	+68 +43	+68 +43	+68 +43	+79 +50
p 7		+24 +12	+30 +15	+36 +18	+43 +22	+51 +26	+62 +32	+62 +32	+72 +37	+72 +37	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50
r 6		+23 +15	+28 +19	+34 +23	+41 +28	+50 +34	+60 +41	+62 +43	+73 +51	+76 +54	+88 +63	+90 +65	+93 +68	+106 +77
r 7		+27 +15	+34 +19	+41 +23	+49 +28	+59 +34	+71 +41	+73 +43	+86 +51	+89 +54	+103 +63	+105 +65	+108 +68	+123 +77
s 6		+27 +19	+32 +23	+39 +28	+48 +35	+59 +43	+72 +53	+78 +59	+93 +71	+101 +79	+117 +92	+125 +100	+133 +108	+151 +122
s 7		+31 +19	+38 +23	+46 +28	+56 +35	+68 +43	+83 +53	+89 +59	+106 +71	+114 +79	+132 +92	+140 +100	+148 +108	+168 +122

Tolérances d'arbre pour manchos de démontage et de serrage en microns

h7/IT5		0 -12 2,5	0 -15 3	0 -18 4	0 -21 4,5	0 -25 5,5	0 -30 6,5	0 -30 6,5	0 -35 7,5	0 -35 7,5	0 -40 9	0 -40 9	0 -40 9	0 -46 10
h8/IT5		0 -18 2,5	0 -22 3	0 -27 4	0 -33 4,5	0 -39 5,5	0 -46 6,5	0 -46 6,5	0 -54 7,5	0 -54 7,5	0 -63 9	0 -63 9	0 -63 9	0 -72 10
h9/IT6		0 -30 4	0 -36 4,5	0 -43 5,5	0 -52 6,5	0 -62 8	0 -74 9,5	0 -74 9,5	0 -87 11	0 -87 11	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -115 14,5
h10/IT7		0 -48 6	0 -58 7,5	0 -70 9	0 -84 10,5	0 -100 12,5	0 -120 15	0 -120 15	0 -140 17,5	0 -140 17,5	0 -160 20	0 -160 20	0 -160 20	0 -185 23

La tolérance de cylindricité (chiffres **bleus**) se réfère au rayon (DIN ISO 1101).
 Doubler les valeurs de tolérance pour mesurer le diamètre d'arbre.
 Pour la mécanique générale, viser les valeurs d' après h7 et h8.

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1250
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1250	1250

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-125	-125

+37	+37	+43	+43	+46	+46	+50	+50	+55	+55	+62	+62	+70	+70	+82	+82		
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40		
+46	+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+106	+106		
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40		
+51	+51	+57	+57	+62	+62	+67	+67	+73	+73	+82	+82	+92	+92	+108	+108		
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66		
+60	+60	+66	+66	+73	+73	+80	+80	+88	+88	+100	+100	+112	+112	+132	+132		
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66		
+79	+79	+88	+88	+98	+98	+108	+108	+122	+122	+138	+138	+156	+156	+186	+186		
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120		
+96	+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+148	+148	+168	+168	+190	+190	+225	+225		
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120		
+109	+113	+126	+130	+144	+150	+166	+172	+194	+199	+225	+235	+266	+276	+316	+326		
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260		
+126	+130	+146	+150	+165	+171	+189	+195	+220	+225	+255	+265	+300	+310	+355	+365		
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260		
+159	+169	+190	+202	+226	+244	+272	+292	+324	+354	+390	+430	+486	+526	+586	+646		
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580		
+176	+186	+210	+222	+247	+265	+295	+315	+350	+380	+420	+460	+520	+560	+625	+685		
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580		

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-46	-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105	-105	-105
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21	21	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-72	-72	-81	-81	-89	-89	-97	-97	-110	-110	-125	-125	-140	-140	-165	-165	-165	-165
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21	21	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-115	-115	-130	-130	-140	-140	-155	-155	-175	-175	-200	-200	-230	-230	-260	-260	-260	-260
14,5	14,5	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	33	33	33	33
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-185	-185	-210	-210	-230	-230	-250	-250	-280	-280	-320	-320	-360	-360	-420	-420	-420	-420
23	23	26	26	28,5	28,5	31,5	31,5	35	35	40	40	45	45	52,5	52,5	52,5	52,5

Tableaux

7.4 Tolérances pour logements

Cote nominale de l'alésage logement	Cotes en mm												
	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200
au-dessus de jusqu'à	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225

Valeurs des tolérances en microns (Précision normale)

Ecart du diamètre extérieur du roulement Δ_{Dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-9	-11	-13	-13	-15	-15	-18	-18	-25	-30	-30

Ajustements Logement Roulement Tolérances pour logements en microns

D 10		+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+220 +100	+260 +120	+260 +120	+305 +145	+305 +145	+305 +145	+355 +170	+355 +170
E 8		+47 +25	+59 +32	+73 +40	+89 +50	+106 +60	+106 +60	+126 +72	+126 +72	+148 +85	+148 +85	+148 +85	+172 +100	+172 +100
F 7		+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+60 +30	+71 +36	+71 +36	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50	+96 +50
G 6		+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+29 +10	+34 +12	+34 +12	+39 +14	+39 +14	+39 +14	+44 +15	+44 +15
G 7		+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+40 +10	+47 +12	+47 +12	+54 +14	+54 +14	+54 +14	+61 +15	+61 +15
H 5		+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+13 0	+15 0	+15 0	+18 0	+18 0	+18 0	+20 0	+20 0
H 6		+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+19 0	+22 0	+22 0	+25 0	+25 0	+25 0	+29 0	+29 0
H 7		+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+30 0	+35 0	+35 0	+40 0	+40 0	+40 0	+46 0	+46 0
H 8		+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+46 0	+54 0	+54 0	+63 0	+63 0	+63 0	+72 0	+72 0
J 6		+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6	+13 -6	+16 -6	+16 -6	+18 -7	+18 -7	+18 -7	+22 -7	+22 -7
J 7		+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+18 -12	+22 -13	+22 -13	+26 -14	+26 -14	+26 -14	+30 -16	+30 -16
JS 4		+2 -2	+2,5 -2,5	+3 -3	+3,5 -3,5	+4 -4	+4 -4	+5 -5	+5 -5	+6 -6	+6 -6	+6 -6	+7 -7	+7 -7
JS 5		+3 -3	+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+6,5 -6,5	+7,5 -7,5	+7,5 -7,5	+9 -9	+9 -9	+9 -9	+10 -10	+10 -10
JS 6		+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+9,5 -9,5	+11 -11	+11 -11	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5	+14,5 -14,5
JS 7		+7,5 -7,5	+9 -9	+10,5 -10,5	+12,5 -12,5	+15 -15	+15 -15	+17,5 -17,5	+17,5 -17,5	+20 -20	+20 -20	+20 -20	+23 -23	+23 -23
K 4		+0,5 -3,5	+1 -4	0 -6	+1 -6	+1 -7	+1 -7	+1 -9	+1 -9	+1 -11	+1 -11	+1 -11	0 -14	0 -14
K 5		+1 -5	+2 -6	+1 -8	+2 -9	+3 -10	+3 -10	+2 -13	+2 -13	+3 -15	+3 -15	+3 -15	+2 -18	+2 -18
K 6		+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -15	+4 -18	+4 -18	+4 -21	+4 -21	+4 -21	+5 -24	+5 -24

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160

+355	+400	+400	+440	+440	+480	+480	+540	+540	+610	+610	+680	+680	+770	+770	+890
+170	+190	+190	+210	+210	+230	+230	+260	+260	+290	+290	+320	+320	+350	+350	+390
+172	+191	+191	+214	+214	+232	+232	+255	+255	+285	+285	+310	+310	+360	+360	+415
+100	+110	+110	+125	+125	+135	+135	+145	+145	+160	+160	+170	+170	+195	+195	+220
+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+144	+144	+160	+160	+176	+176	+203	+203	+235
+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+76	+76	+80	+80	+86	+86	+98	+98	+110
+44	+49	+49	+54	+54	+60	+60	+66	+66	+74	+74	+82	+82	+94	+94	+108
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+61	+69	+69	+75	+75	+83	+83	+92	+92	+104	+104	+116	+116	+133	+133	+155
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+20	+23	+23	+25	+25	+27	+27									
0	0	0	0	0	0	0									
+29	+32	+32	+36	+36	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+78
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+105	+105	+125
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+72	+81	+81	+89	+89	+97	+97	+110	+110	+125	+125	+140	+140	+165	+165	+195
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+22	+25	+25	+29	+29	+33	+33									
-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7									
+30	+36	+36	+39	+39	+43	+43									
-16	-16	-16	-18	-18	-20	-20									
+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10									
-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10									
+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5									
-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5									
+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+39
-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-39
+23	+26	+26	+28,5	+28,5	+31,5	+31,5	+35	+35	+40	+40	+45	+45	+52	+52	+62
-23	-26	-26	-28,5	-28,5	-31,5	-31,5	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-52	-52	-62
0	0	0	0	0	0	0									
-14	-16	-16	-17	-17	-20	-20									
+2	+3	+3	+3	+3	+2	+2									
-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25									
+5	+5	+5	+7	+7	+8	+8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-24	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78

Tables

7.4 Tolerances pour logements, suite

Cotes en mm

Cote nominale au-dessus de jusqu'à l'alésage logement	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225
	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	

Valeurs des tolérances en microns (Précision normale)

Ecart du diamètre extérieur du roulement Δ_{Dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-9	-11	-13	-13	-15	-15	-18	-18	-25	-30	-30	

Ajustements Logements Roulements Tolérances pour logements en microns

Ajustements Logements Roulements	+5	+6	+6	+7	+9	+9	+10	+10	+12	+12	+12	+13	+13
K 7	-10	-12	-15	-18	-21	-21	-25	-25	-28	-28	-28	-33	-33
M 6	-12	-15	-17	-20	-24	-24	-28	-28	-33	-33	-33	-37	-37
M 7	-18	-21	-21	-25	-30	-30	-35	-35	-40	-40	-40	-46	-46
N 6	-20	-24	-24	-28	-33	-33	-38	-38	-45	-45	-45	-51	-51
N 7	-23	-28	-28	-33	-39	-39	-45	-45	-52	-52	-52	-60	-60
P 6	-26	-31	-31	-37	-45	-45	-52	-52	-61	-61	-61	-70	-70
P 7	-29	-35	-35	-42	-51	-51	-59	-59	-68	-68	-68	-79	-79
R 6	-31	-37	-37	-45	-56	-56	-66	-66	-81	-81	-81	-97	-97
S 6	-36	-44	-44	-54	-66	-66	-86	-86	-110	-110	-118	-142	-142

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1250
250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160	

+13	+16	+16	+17	+17	+18	+18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-33	-36	-36	-40	-40	-45	-45	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105	-125	
-8	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-26	-26	-30	-30	-34	-34	-40	-40	-48	
-37	-41	-41	-46	-46	-50	-50	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-106	-106	-126	
0	0	0	0	0	0	0										
-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63										
-22	-25	-25	-26	-26	-27	-27	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78	
-51	-57	-57	-62	-62	-67	-67	-88	-88	-100	-100	-112	-112	-132	-132	-156	
-14	-14	-14	-16	-16	-17	-17										
-60	-66	-66	-73	-73	-80	-80										
-41	-47	-47	-51	-51	-55	-55	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140	
-70	-79	-79	-87	-87	-95	-95	-122	-122	-138	-138	-156	-156	-186	-186	-218	
-33	-36	-36	-41	-41	-45	-45	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140	
-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-148	-148	-168	-168	-190	-190	-225	-225	-265	
-75	-85	-89	-97	-103	-113	-119	-150	-155	-175	-185	-210	-220	-250	-260	-300	
-104	-117	-121	-133	-139	-153	-159	-194	-199	-225	-235	-266	-276	-316	-326	-378	
-131	-149	-161	-179	-197	-219	-239										
-160	-181	-193	-215	-233	-259	-279										

Tableaux

7.5 Tolérances normales des roulements radiaux FAG (sauf roulements à rouleaux coniques)

Bague intérieure

Cotes en mm

Alésage nominal	au-dessus de 2,5	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
jusqu'à	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	

Classe de précision PN (Précision normale)

Tolérances en microns

Alésage cylindrique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecart Δ_{amp}	-8	-8	-10	-12	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-75	-100	-125	
Variation V_{dp}	série de diam. 7 · 8 · 9															
	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56	63				
	0 · 1															
	8	8	10	12	19	25	31	38	44	50	56	63				
	2 · 3 · 4															
	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38				
Variation V_{amp}	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38				
Alésage, conique 1:12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57	+63	+70	+80	+90	+105	
Ecart Δ_{amp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ecart Δ_{d1mp}	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57	+63	+70	+80	+90	+105	
Ecart Δ_{amp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Variation V_{dp}	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56					
Alésage, conique 1:30					+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50	+75	+100	+125	
Ecart Δ_{amp}					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ecart Δ_{d1mp}					+35	+40	+50	+55	+60	+65	+75	+85	+100	+100	+115	
Ecart Δ_{amp}					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Variation V_{dp}					19	25	31	38	44	50	56	63				
Ecart de largeur Δ_{Bs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	-120	-120	-120	-150	-200	-250	-300	-350	-400	-450	-500	-750	-1000	-1250	
Variation de largeur V_{Bs}	15	20	20	20	25	25	30	30	35	40	50	60	70	80	100	
Faux-rond de rotation K_{α}	10	10	13	15	20	25	30	40	50	60	65	70	80	90	100	

Diamètre d' alésage

- Δ_{dmp} écart du diamètre moyen d' alésage de la cote nominale
- Δ_{d1mp} écart du diamètre moyen du grand diamètre d' un alésage conique de la cote nominale
- V_{dp} variation du diamètre d' alésage dans un plan radial
- V_{dmp} variation du diamètre moyen d' alésage; différence entre le plus grand et le plus petit des diamètres moyens d' alésage

Diamètre extérieur

- Δ_{Dmp} écart du diamètre extérieur moyen de la cote nominale
- V_{Dp} variation du diamètre extérieur dans un plan radial
- V_{Dmp} variation du diamètre extérieur moyen; différence entre le plus grand et le plus petit des diamètres extérieurs moyens

Bague extérieure

Diamètre extérieur nominal D	Cotes en mm																
	au-dessus de 6	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
jusqu'à	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	

Classe de précision PN (Précision normale)

Ecart	$\Delta_{Dmp}^{1)}$	Tolérances in microns															
		0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation V_{Dp}	série de diam. 7-8-9	10	12	14	16	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125		
	0-1	8	9	11	13	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125		
	2-3-4	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75		
	roulements étanches 2-3-4	10	12	16	20	26	30	38									
Variation	V_{Dmp}	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75		
Faux-rond de rotation	K_{ea}	15	15	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	140	160	190

Les tolérances de largeur Δ_{Cs} et V_{Cs} sont identiques à Δ_{Bs} et V_{Bs} de la bague intérieure respective.

¹⁾ L'écart du diamètre extérieur est de 0/+10 microns pour les roulements à billes dissociables.

Largeur

Δ_B, Δ_{Cs} écart d'une largeur isolée de la bague intérieure et de la bague extérieure de la cote nominale

V_{Bs}, V_{Cs} variation de la largeur de la bague intérieure et de la bague extérieure

Précision de rotation

K_{ia} faux-rond de rotation de la bague intérieure sur roulement assemblé

K_{ea} faux-rond de rotation de la bague extérieure sur roulement assemblé

Tableaux

7.6 Tolérances normales des roulements FAG à rouleaux coniques en cotes métriques

Cône

		Cotes en mm										
Alésage nominal d	au-dessus de jusqu'à	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500
		18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630

Classe de précision PN (Précision normale)

		Tolérances en microns										
Ecart	Δ_{dmp}	0 -12	0 -12	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50
Variation	V_{dp}	12	12	12	15	20	25	30	35	40	45	50
	V_{dmp}	9	9	9	11	15	19	23	26	30		
Ecart de largeur	Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500
Faux-rond de rotation	K_{ia}	15	18	20	25	30	35	50	60	70	70	85
Ecart de largeur	Δ_{Ts}	+200 0	+200 0	+200 0	+200 0	+200 -200	+350 -250	+350 -250	+350 -250	+400 -400	+400 -400	+500 -500
	Δ_{T1s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+150 -150	+150 -150	+150 -150	+200 -200		
	Δ_{T2s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -200		

Cuvette

		Cotes en mm												
Diamètre extérieur nominal D	au-dessus de jusqu'à	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800
		30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000

Classe de précision PN (Précision normale)

		Tolérances en microns												
Ecart	Δ_{Dmp}	0 -12	0 -14	0 -16	0 -18	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100
Variation	V_{Dp}	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	75	100
	V_{Dmp}	9	11	12	14	15	19	23	26	30	34	38		
Faux-rond de rotation	K_{ba}	18	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	120

La tolérance de largeur Δ_{Cs} est identique à Δ_{Bs} du cône respectif

T_s	largeur totale isolée d'un roulement à rouleaux coniques
T_{1s}	largeur totale isolée d'un roulement à rouleaux coniques obtenue avec un cône et une cuvette étalon
T_{2s}	largeur totale isolée d'un roulement à rouleaux coniques obtenue avec un cône étalon et une cuvette
$\Delta_{Ts} = T_s - T$, $\Delta_{T1s} = T_{1s} - T_1$, $\Delta_{T2s} = T_{2s} - T_2$	écart d'une largeur totale isolée d'un roulement à rouleaux coniques de la cote nominale
$H_s, H_{1s}, H_{2s}, H_{3s}, H_{4s}$	hauteur isolée d'une butée
$\Delta_{Hs} = H_s - H$, $\Delta_{H1s} = H_{1s} - H_1$, $\Delta_{H2s} = H_{2s} - H_2, \dots$	écart d'une hauteur isolée de butée de la cote nominale
H	hauteur totale d'une butée à billes à simple effet
H_1	hauteur totale d'une butée à billes à simple effet avec contreplaque
H_2	hauteur totale d'une butée à billes à double effet
H_3	hauteur totale d'une butée à billes à double effet avec contreplaques
H_4	hauteur totale d'une butée à rotule sur rouleaux

7.7 Tolérances normales des butées FAG

Rondelle-arbre

		Cotes en mm													
Alésage nominal d_w	au-dessus de jusqu'à	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
		18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250

Classe de précision PN (Précision normale)

		Tolérances en microns													
Ecart	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variation	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Voile (battement axial) S_{Tj}		10	10	10	10	15	15	20	25	30	30	35	40	45	50
Ecart de la contreplaque Δ_{du}		+70 0	+70 0	+85 0	+100 0	+120 0	+140 0	+140 0	+160 0	+180 0	+180 0				

Rondelle-logement

		Cotes en mm														
Diamètre extérieur nominal D_g	au dessus de jusqu'à	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
		30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	

Classe de précision PN (Précision normale)

		Tolérances en microns													
Ecart	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Ecart de la contreplaque	Δ_{Du}	0 -30	0 -35	0 -45	0 -60	0 -75	0 -90	0 -105	0 -120	0 -135	0 -180				

*) Variation d'épaisseur des rondelles-arbre et rondelles-logement (battement axial)

Hauteurs des butées

		Cotes en mm												
Alésage nominal d_w	au-dessus de jusqu'à	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
		30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250

Classe de précision PN à P4

		Tolérances in microns												
Ecart	Δ_{Hs}	+20 -250	+20 -250	+20 -300	+25 -300	+25 -400	+30 -400	+40 -400	+40 -500	+50 -500	+60 -600	+70 -750	+80 -1000	+100 -1400
	Δ_{H1s}	+100 -250	+100 -250	+100 -300	+150 -300	+150 -400	+150 -400	+200 -400	+200 -500	+300 -500	+350 -600	+400 -750	+450 -1000	+500 -1400
	Δ_{H2s}	+150 -400	+150 -400	+150 -500	+200 -500	+200 -600	+250 -600	+350 -700	+350 -700	+400 -900	+500 -1100	+600 -1300	+700 -1500	+900 -1800
	Δ_{H3s}	+300 -400	+300 -400	+300 -500	+400 -500	+400 -600	+500 -600	+600 -700	+600 -700	+750 -900	+900 -1100	+1100 -1300	+1300 -1500	+1600 -1800
	Δ_{H4s}	+20 -300	+20 -300	+20 -400	+25 -400	+25 -500	+30 -500	+40 -700	+40 -700	+50 -900	+60 -1200	+70 -1400	+80 -1800	+100 -2400

Tableaux

7.8 Tolérances du rayon de l'arrondi

Symboles

r_{1s}, r_{3s}	Arrondi en direction radiale
r_{2s}, r_{4s}	Arrondi en direction axiale
r_{smin}	Symbole général pour la cote minimale $r_{1smin}, r_{2smin}, r_{3smin}, r_{4smin}$
r_{1smax}, r_{3smax}	Cote maximale en direction radiale
r_{2smax}, r_{4smax}	Cote maximale en direction axiale

Arrondi des roulements (sauf roulements à rouleaux coniques)

		Cotes en mm												
		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5					
r_{smin}														
Alésage nominal d	au-dessus de jusqu'à				40	40	40	50	50	120	120	120	120	
r_{1smax}		0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,5	1,9	2	2,5	2,3	3
r_{2smax}		0,4	0,6	0,8	1	1	2	2	3	3	3,5	4	4	5

Arrondi des roulements à rouleaux coniques en cotes métriques

Cône

		Cotes en mm											
		0,3	0,6	1	1,5	2							
r_{smin}													
Alésage nominal d	au-dessus de jusqu'à	40	40	40	40	50	50	120	250	250	120	250	250
r_{1smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{2smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

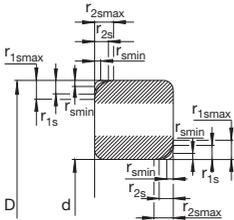
Cuvette

		Cotes en mm											
		0,3	0,6	1	1,5	2							
r_{smin}													
Diamètre extérieur nominal D	au-dessus de jusqu'à	40	40	40	40	50	50	120	250	250	120	250	250
r_{3smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{4smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

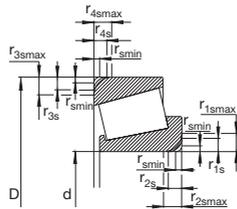
Arrondi des butées

		Cotes en mm																		
		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5	2	2,1	3	4	5	6	7,5	9,5	12	15	19
r_{smin}																				
r_{1smax}, r_{2smax}		0,2	0,3	0,5	0,8	1,5	2,2	2,7	3,5	4	4,5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25

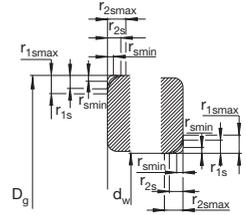
Roulements



Roulements à rouleaux coniques



Butées



2			2,1		2,5			3		4		5		6		7,5		9,5		12		15		19	
80	80	220	220	280	280	100	100	280	280	280															
3	3,5	3,8	4	4,5	3,8	4,5	5	5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25								
4,5	5	6	6,5	7	6	6	7	8	8	9	10	13	17	19	24	30	38								

2,5			3				4				5			6			
120	120	250	250	120	120	250	400	400	120	120	250	400	400	180	180	180	180
3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9			
5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11			

2,5			3				4				5			6			
120	120	250	250	120	120	250	400	400	120	120	250	400	400	180	180	180	180
3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9			
5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11			

Tableaux

7.9 Jeu radial des roulements FAG à billes à gorges profondes

Cotes en mm

Alésage nominal	au-dessus de	2,5	6	10	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180
	jusqu'à	6	10	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
	max	7	7	9	10	11	11	11	15	15	18	20	23	23	25	30
Groupe de jeu CN (norm.)	min	2	2	3	5	5	6	6	8	10	12	15	18	18	20	25
	max	13	13	18	20	20	20	23	28	30	36	41	48	53	61	71
Groupe de jeu C3	min	8	8	11	13	13	15	18	23	25	30	36	41	46	53	63
	max	23	23	25	28	28	33	36	43	51	58	66	81	91	102	117
Groupe de jeu C4	min		14	18	20	23	28	30	38	46	53	61	71	81	91	107
	max		29	33	36	41	46	51	61	71	84	97	114	130	147	163

Cotes en mm

Alésage nominal	au-dessus de	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
	jusqu'à	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min	4	4	4	8	8	8	10	10	20	20	30	30	30	40	40	40
	max	32	36	39	45	50	60	70	80	90	100	120	130	150	160	170	180
Groupe de jeu CN (norm.)	min	28	31	36	42	50	60	70	80	90	100	120	130	150	160	170	180
	max	82	92	97	110	120	140	160	180	200	220	250	280	310	340	370	400
Groupe de jeu C3	min	73	87	97	110	120	140	160	180	200	220	250	280	310	340	370	400
	max	132	152	162	180	200	230	260	290	320	350	390	440	490	540	590	640
Groupe de jeu C4	min	120	140	152	175	200	230	260	290	320	350	390	440	490	540	590	640
	max	187	217	237	260	290	330	370	410	460	510	560	620	690	760	840	910

7.10 Jeu radial des roulements FAG à rotule sur billes

Cotes en mm

Alésage au-dessus de nominal jusqu'à	2,5 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160
--------------------------------------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------

à alésage cylindrique

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	15
	max	8	9	10	12	14	16	18	19	21	24	27	31	38	44
Groupe de jeu CN (norm.)	min	5	6	6	8	19	11	13	14	16	18	22	25	30	35
	max	15	17	19	21	23	24	29	31	36	40	48	56	68	80
Groupe de jeu C3	min	10	12	13	15	17	19	23	25	30	35	42	50	60	70
	max	20	25	26	28	30	35	40	44	50	60	70	83	100	120
Groupe de jeu C4	min	15	19	21	23	25	29	34	37	45	54	64	75	90	110
	max	25	33	35	37	39	46	53	57	69	83	96	114	135	161

à alésage conique

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min					7	9	12	14	18	23	29	35	40	45
	max					17	20	24	27	32	39	47	56	68	74
Groupe de jeu CN (norm.)	min					13	15	19	22	27	35	42	50	60	65
	max					26	28	35	39	47	57	68	81	98	110
Groupe de jeu C3	min					20	23	29	33	41	50	62	75	90	100
	max					33	39	46	52	61	75	90	108	130	150
Groupe de jeu C4	min					28	33	40	45	56	69	84	100	120	140
	max					42	50	59	65	80	98	116	139	165	191

Tableaux

7.11 Jeu radial des roulements FAG à rouleaux cylindriques

Alésage nominal	au-dessus de jusqu'à	Cotes en mm													
		24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250

à alésage cylindrique

Jeu en microns

Groupe de jeu C1NA ¹)	min max	5 15	5 15	5 15	5 18	5 20	10 25	10 30	10 30	10 35	10 35	10 40	15 45	15 50	15 50
Groupe de jeu C2	min max	0 25	0 25	5 30	5 35	10 40	10 45	15 50	15 55	15 60	20 70	25 75	35 90	45 105	45 110
Groupe de jeu CN (norm.)	min max	20 45	20 45	25 50	30 60	40 70	40 75	50 85	50 90	60 105	70 120	75 125	90 145	105 165	110 175
Groupe de jeu C3	min max	35 60	35 60	45 70	50 80	60 90	65 100	75 110	85 125	100 145	115 165	120 170	140 195	160 220	170 235
Groupe de jeu C4	min max	50 75	50 75	60 85	70 100	80 110	90 125	105 140	125 165	145 190	165 215	170 220	195 250	220 280	235 300

à alésage conique

Jeu en microns

Groupe group C1NA ¹)	min max	10 20	15 25	15 25	17 30	20 35	25 40	35 55	40 60	45 70	50 75	55 85	60 90	60 95	65 100
Groupe de jeu C2	min max	15 40	20 45	20 45	25 55	30 60	35 70	40 75	50 90	55 100	60 110	75 125	85 140	95 155	105 170
Groupe de jeu CN (norm.)	min max	30 55	35 60	40 65	45 75	50 80	60 95	70 105	90 130	100 145	110 160	125 175	140 195	155 215	170 235
Groupe de jeu C3	min max	40 65	45 70	55 80	60 90	70 100	85 120	95 130	115 155	130 175	145 195	160 210	180 235	200 260	220 285
Groupe de jeu C4	min max	50 75	55 80	70 95	75 105	90 120	110 145	120 155	140 180	160 205	180 230	195 245	220 275	245 305	270 335

250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	1800	2000
280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000		

20	20	20	25	25	25	25	30	30	35	35	35	50	60	60	70	80	100		
55	60	65	75	85	95	100	110	130	140	160	180	200	220	240	270	300	320		
55	55	65	100	110	110	120	140	145	150	180	200	220	230	270	330	380	400		
125	130	145	190	210	220	240	260	285	310	350	390	430	470	530	610	700	760		
195	205	225	280	310	330	360	380	425	470	520	580	640	710	790	890	1020	1120		
190	200	225	280	310	330	360	380	425	470	520	580	640	710	790	890	1020	1120		
260	275	305	370	410	440	480	500	565	630	690	770	850	950	1050	1170	1340	1480		
260	275	305	370	410	440	480	500	565	630	690	770	850	950	1050	1170	1340	1480		
330	350	385	460	510	550	600	620	705	790	860	960	1060	1190	1310	1450	1660	1840		

75	80	90	100	110	120	130	140	160	170	190	210	230	250	270	300	320	340		
110	120	135	150	170	190	210	230	260	290	330	360	400	440	460	500	530	560		
115	130	145	165	185	205	230	260	295	325	370	410	455	490	550	640	700	760		
185	205	225	255	285	315	350	380	435	485	540	600	665	730	810	920	1020	1120		
185	205	225	255	285	315	350	380	435	485	540	600	665	730	810	920	1020	1120		
255	280	305	345	385	425	470	500	575	645	710	790	875	970	1070	1200	1340	1480		
240	265	290	330	370	410	455	500	565	630	700	780	865	960	1070	1200	1340	1480		
310	340	370	420	470	520	575	620	705	790	870	970	1075	1200	1330	1480	1660	1840		
295	325	355	405	455	505	560	620	695	775	860	960	1065	1200	1330	1480	1660	1840		
365	400	435	495	555	615	680	740	835	935	1030	1150	1275	1440	1590	1760	1980	2200		

1) Les roulements à une et à deux rangées de rouleaux cylindriques des classes de précision SP et UP sont fabriqués en jeu C1NA.

Tableaux

7.12 Jeu radial des roulements FAG à rotule sur deux rangées de rouleaux

Cotes en mm

Alésage au-dessus de nominal jusqu'à	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250
--------------------------------------	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

à alésage cylindrique

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min max	10 20	15 25	15 30	20 35	20 40	30 50	35 60	40 75	50 95	60 110	65 120	70 130	80 140	90 150
Groupe de jeu CN (norm.)	min max	20 35	25 40	30 45	35 55	40 65	50 80	60 100	75 120	95 145	110 170	120 180	130 200	140 220	150 240
Groupe de jeu C3	min max	35 45	40 55	45 60	55 75	65 90	80 110	100 135	120 160	145 190	170 220	180 240	200 260	220 290	240 320
Groupe de jeu C4	min max	45 60	55 75	60 80	75 100	90 120	110 145	135 180	160 210	190 240	220 280	240 310	260 340	290 380	320 420

à alésage conique

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min max	15 25	20 30	25 35	30 45	40 55	50 70	55 80	65 100	80 120	90 130	100 140	110 160	120 180	140 200
Groupe de jeu CN (norm.)	min max	25 35	30 40	35 50	45 60	55 75	70 95	80 110	100 130	120 160	130 180	140 200	160 220	180 250	200 270
Groupe de jeu C3	min max	35 45	40 55	50 65	60 80	75 95	95 120	110 140	135 170	160 200	180 230	200 260	220 290	250 320	270 350
Groupe de jeu C4	min max	45 60	55 75	65 85	80 100	95 120	120 150	140 180	170 220	200 260	230 300	260 340	290 370	320 410	350 450

250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600

100	110	120	130	140	140	150	170	190	210	230	260	290	320	350	380
170	190	200	220	240	260	180	310	350	390	430	480	530	580	630	700
170	190	200	220	240	260	180	310	350	390	430	480	530	580	630	700
260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020
350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390
350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390
460	500	550	600	660	720	780	850	920	1010	1120	1220	1430	1560	1700	1890

150	170	190	210	230	260	290	320	350	390	440	490	540	600	660	740
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930	1020	1120	1220	1380
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
490	540	590	650	720	790	870	980	1090	1220	1370	1520	1650	1800	1960	2200

Tableaux

7.13 Jeu radial des roulements FAG à rotule sur une rangée de rouleaux

Cotes en mm

Alésage au-dessus de nominal jusqu'à	30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 225	225 250	250 280	280 315	315 355
--------------------------------------	----	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

à alésage cylindrique

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min	2	3	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	40	45
	max	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
Groupe de jeu CN (norm.)	min	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
	max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Groupe de jeu C3	min	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
	max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Groupe de jeu C4	min	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
	max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175

à alésage conique

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
	max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Groupe de jeu CN (norm.)	min	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
	max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Groupe de jeu C3	min	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
	max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
Groupe de jeu C4	min	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
	max	55	60	65	75	95	120	125	140	155	160	165	170	175	205	210

7.14 Jeu axial des roulements FAG à deux rangées de billes à contact oblique

Séries 32, 32B, 33 et 33B

		Cotes en mm										
Alésage nominal	au-dessus de jusqu'à	6	10	18	24	30	40	50	65	80	100	120
		10	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140

		Jeu en microns										
Groupe de jeu C2	min	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	
	max	11	12	14	15	16	18	22	24	26	30	34
Groupe de jeu CN (norm.)	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	21	23	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Groupe de jeu C3	min	12	13	16	18	21	23	26	30	35	42	48
	max	28	31	34	37	40	44	48	54	63	73	82
Groupe de jeu C4	min	25	27	28	30	33	36	40	46	55	65	74
	max	45	47	48	50	54	58	63	71	83	96	108

Séries 32 DA et 33 DA

		Jeu en microns										
Groupe de jeu C2	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	22	24	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Groupe de jeu CN (norm.)	min	11	13	14	16	18	22	25	29	35	42	48
	max	28	31	32	35	38	44	48	54	63	73	82
Groupe de jeu C3	min	20	23	24	27	30	36	40	46	55	65	74
	max	37	41	42	46	50	58	63	71	83	96	108

Tableaux

7.15 Jeu axial des roulements FAG à billes à quatre points de contact

Cotes en mm

Alésage nominal	au-dessus de jusqu'à	18	18	40	60	80	100	140	180	220	260	300	355	400	450	500

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200	220	240	270	290	310	
	max	60	70	90	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	330	360	390		
Groupe de jeu CN (norm.)	min	50	60	80	90	100	120	140	160	180	200	220	240	280	300	330	360	390	290	270
	max	90	110	130	140	160	180	200	220	240	260	280	300	330	355	380	400	430	450	470
Groupe de jeu C3	min	80	100	120	130	140	160	180	200	220	240	260	280	310	340	360	390	430	370	340
	max	120	150	170	180	200	220	240	260	280	300	340	360	390	430	470				

Cotes en mm

Alésage nominal	au-dessus de jusqu'à	500	560	630	710	800	900	1000

Jeu en microns

Groupe de jeu C2	min	240	260	280	300	330	360
	max	330	360	390	420	460	500
Groupe de jeu CN (norm.)	min	310	340	370	400	440	480
	max	420	450	490	540	590	630
Groupe de jeu C3	min	400	430	470	520	570	620
	max	510	550	590	660	730	780

7.16 Réduction du jeu radial pour roulements FAG à rouleaux cylindriques à alésage conique

Alésage nom. d au-dess. jusqu'à de mm	Jeu radial avant montage Groupe de jeu CN (normal) C3 C4 min max min max min max	Réduction du jeu radial ¹⁾		Déplacement axial sur le cône 1:12 ¹⁾				Valeur de contrôle du jeu radial après montage			
		min mm	max mm	Arbre min mm	max mm	Manchon min mm	max mm	CN min mm	C3 min mm	C4 min mm	
24 30	0,035 0,06	0,045 0,07	0,055 0,08	0,015 0,02	0,3 0,35	0,3 0,4	0,02 0,025	0,025 0,03	0,02 0,03	0,025 0,04	0,035 0,045
30 40	0,04 0,065	0,055 0,08	0,07 0,095	0,02 0,025	0,35 0,4	0,35 0,45	0,02 0,025	0,025 0,03	0,02 0,03	0,025 0,04	0,04 0,045
40 50	0,045 0,075	0,06 0,09	0,075 0,105	0,025 0,03	0,4 0,45	0,45 0,5	0,02 0,025	0,025 0,03	0,02 0,03	0,025 0,04	0,045 0,05
50 65	0,05 0,08	0,07 0,1	0,09 0,12	0,03 0,035	0,45 0,55	0,5 0,65	0,02 0,035	0,035 0,05	0,02 0,035	0,035 0,05	0,05 0,07
65 80	0,06 0,095	0,085 0,12	0,11 0,145	0,035 0,04	0,55 0,6	0,65 0,7	0,025 0,04	0,04 0,07	0,025 0,04	0,04 0,07	0,07 0,075
80 100	0,07 0,105	0,095 0,13	0,12 0,155	0,04 0,045	0,6 0,7	0,65 0,8	0,03 0,05	0,05 0,075	0,03 0,05	0,05 0,075	0,075 0,075
100 120	0,09 0,13	0,115 0,155	0,14 0,18	0,045 0,055	0,7 0,85	0,8 0,95	0,045 0,065	0,065 0,085	0,045 0,065	0,065 0,085	0,085 0,085
120 140	0,1 0,145	0,13 0,175	0,16 0,205	0,055 0,065	0,85 1	0,95 1,1	0,045 0,07	0,07 0,095	0,045 0,07	0,07 0,095	0,095 0,095
140 160	0,11 0,16	0,145 0,195	0,18 0,23	0,06 0,075	0,9 1,2	1 1,3	0,05 0,075	0,075 0,105	0,05 0,075	0,075 0,105	0,105 0,105
160 180	0,125 0,175	0,16 0,21	0,195 0,245	0,065 0,085	1 1,3	1,1 1,5	0,06 0,08	0,08 0,11	0,06 0,08	0,08 0,11	0,11 0,11
180 200	0,14 0,195	0,18 0,235	0,22 0,275	0,075 0,095	1,2 1,5	1,3 1,7	0,065 0,09	0,09 0,125	0,065 0,09	0,09 0,125	0,125 0,125
200 225	0,155 0,215	0,2 0,26	0,245 0,305	0,085 0,105	1,3 1,6	1,4 1,8	0,07 0,1	0,1 0,14	0,07 0,1	0,1 0,14	0,14 0,14
225 250	0,17 0,235	0,22 0,285	0,27 0,335	0,095 0,115	1,5 1,8	1,6 2	0,075 0,105	0,105 0,155	0,075 0,105	0,105 0,155	0,155 0,155
250 280	0,185 0,255	0,24 0,31	0,295 0,365	0,105 0,125	1,6 2	1,7 2,3	0,08 0,125	0,125 0,17	0,08 0,125	0,125 0,17	0,17 0,17
280 315	0,205 0,28	0,265 0,34	0,325 0,4	0,115 0,14	1,8 2,2	1,9 2,4	0,09 0,13	0,13 0,185	0,09 0,13	0,13 0,185	0,185 0,185
315 355	0,225 0,305	0,29 0,37	0,355 0,435	0,13 0,16	2 2,5	2,2 2,7	0,095 0,14	0,14 0,195	0,095 0,14	0,14 0,195	0,195 0,195
355 400	0,255 0,345	0,33 0,42	0,405 0,495	0,14 0,17	2,2 2,6	2,5 2,9	0,115 0,165	0,165 0,235	0,115 0,165	0,165 0,235	0,235 0,235
400 450	0,285 0,385	0,37 0,47	0,455 0,555	0,15 0,185	2,3 2,8	2,6 3,1	0,135 0,19	0,19 0,27	0,135 0,19	0,19 0,27	0,27 0,27
450 500	0,315 0,425	0,41 0,52	0,505 0,615	0,16 0,195	2,5 3	2,8 3,4	0,155 0,215	0,215 0,31	0,155 0,215	0,215 0,31	0,31 0,31
500 560	0,35 0,47	0,455 0,575	0,56 0,68	0,17 0,215	2,7 3,4	3,1 3,8	0,18 0,24	0,24 0,345	0,18 0,24	0,24 0,345	0,345 0,345
560 630	0,38 0,5	0,5 0,62	0,62 0,74	0,185 0,24	2,9 3,7	3,5 4,2	0,195 0,26	0,26 0,38	0,195 0,26	0,26 0,38	0,38 0,38
630 710	0,435 0,575	0,565 0,705	0,695 0,835	0,2 0,26	3,1 4,1	3,6 4,7	0,235 0,305	0,305 0,435	0,235 0,305	0,305 0,435	0,435 0,435
710 800	0,485 0,645	0,63 0,79	0,775 0,935	0,22 0,28	3,4 4,4	3,9 5,3	0,26 0,35	0,35 0,495	0,26 0,35	0,35 0,495	0,495 0,495
800 900	0,54 0,71	0,7 0,87	0,86 1,03	0,24 0,31	3,7 4,8	4,3 5,5	0,3 0,39	0,39 0,55	0,3 0,39	0,39 0,55	0,55 0,55
900 1000	0,6 0,79	0,78 0,97	0,96 1,15	0,26 0,34	4,1 5,3	4,8 6,2	0,34 0,44	0,44 0,62	0,34 0,44	0,44 0,62	0,62 0,62
1000 1120	0,665 0,875	0,865 1,075	1,065 1,275	0,28 0,37	4,4 5,8	5,2 7	0,385 0,5	0,5 0,7	0,385 0,5	0,5 0,7	0,7 0,7
1120 1250	0,73 0,97	0,96 1,2	1,2 1,44	0,31 0,41	4,8 6,4	5,7 7,6	0,42 0,55	0,55 0,79	0,42 0,55	0,55 0,79	0,79 0,79
1250 1400	0,81 1,07	1,07 1,33	1,33 1,59	0,34 0,45	5,3 7	6,3 8,3	0,47 0,62	0,62 0,85	0,47 0,62	0,62 0,85	0,85 0,85

¹⁾ Seulement valables pour arbres pleins en acier ou pour arbres creux dont l'alésage est égal ou inférieur à la moitié du diamètre de l'arbre.

La règle suivante s'applique: les roulements dont le jeu radial avant montage est proche de la limite maxi de la tolérance du jeu sont montés avec la valeur la plus grande de la réduction du jeu ou du déplacement axial. Les roulements dont le jeu radial avant montage est proche de la limite mini sont montés avec la valeur la plus faible de la réduction du jeu ou du déplacement axial.

Tableaux

7.17 Réduction du jeu radial pour roulements FAG à rotule sur deux rangées de rouleaux à alésage conique

Alésage nom. du roulement	Jeu radial avant montage	Réduction du jeu radial ¹⁾								Déplacement axial sur le cône 1:12 ¹⁾				Déplacement axial sur le cône 1:30 ¹⁾				Valeur de contrôle du jeu radial après montage		
		Groupe de jeu CN (normal)		C3		C4		min	max	Arbre		Manchon		Arbre		Manchon		CN	C3	C4
		min	max	min	max	min	max			min	max	min	max	min	max	min	max			
24 30	0,03	0,04	0,04	0,055	0,055	0,075	0,015	0,02	0,3	0,35	0,3	0,4	-	-	-	-	0,015	0,02	0,035	
30 40	0,035	0,05	0,05	0,065	0,065	0,085	0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	-	-	-	-	0,015	0,025	0,04	
40 50	0,045	0,06	0,06	0,08	0,08	0,1	0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	-	-	-	-	0,02	0,03	0,05	
50 65	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,12	0,03	0,04	0,45	0,6	0,5	0,7	-	-	-	-	0,025	0,035	0,055	
65 80	0,07	0,095	0,095	0,12	0,12	0,15	0,04	0,05	0,6	0,75	0,7	0,85	-	-	-	-	0,025	0,04	0,07	
80 100	0,08	0,11	0,11	0,14	0,14	0,18	0,045	0,06	0,7	0,9	0,75	1	1,7	2,2	1,8	2,4	0,035	0,05	0,08	
100 120	0,1	0,135	0,135	0,17	0,17	0,22	0,05	0,07	0,7	1,1	0,8	1,2	1,9	2,7	2	2,8	0,05	0,065	0,1	
120 140	0,12	0,16	0,16	0,2	0,2	0,26	0,065	0,09	1,1	1,4	1,2	1,5	2,7	3,5	2,8	3,6	0,055	0,08	0,11	
140 160	0,13	0,18	0,18	0,23	0,23	0,3	0,075	0,1	1,2	1,6	1,3	1,7	3	4	3,1	4,2	0,055	0,09	0,13	
160 180	0,14	0,2	0,2	0,26	0,26	0,34	0,08	0,11	1,3	1,7	1,4	1,9	3,2	4,2	3,3	4,6	0,06	0,1	0,15	
180 200	0,16	0,22	0,22	0,29	0,29	0,37	0,09	0,13	1,4	2	1,5	2,2	3,5	4,5	3,6	5	0,07	0,1	0,16	
200 225	0,18	0,25	0,25	0,32	0,32	0,41	0,1	0,14	1,6	2,2	1,7	2,4	4	5,5	4,2	5,7	0,08	0,12	0,18	
225 250	0,2	0,27	0,27	0,35	0,35	0,45	0,11	0,15	1,7	2,4	1,8	2,6	4,2	6	4,6	6,2	0,09	0,13	0,2	
250 280	0,22	0,3	0,3	0,39	0,39	0,49	0,12	0,17	1,9	2,6	2	2,9	4,7	6,7	4,8	6,9	0,1	0,14	0,22	
280 315	0,24	0,33	0,33	0,43	0,43	0,54	0,13	0,19	2	3	2,2	3,2	5	7,5	5,2	7,7	0,11	0,15	0,24	
315 355	0,27	0,36	0,36	0,47	0,47	0,59	0,15	0,21	2,4	3,4	2,6	3,6	6	8,2	6,2	8,4	0,12	0,17	0,26	
355 400	0,3	0,4	0,4	0,52	0,52	0,65	0,17	0,23	2,6	3,6	2,9	3,9	6,5	9	5,8	9,2	0,13	0,19	0,29	
400 450	0,33	0,44	0,44	0,57	0,57	0,72	0,2	0,26	3,1	4,1	3,4	4,4	7,7	10	8	10,4	0,13	0,2	0,31	
450 500	0,37	0,49	0,49	0,63	0,63	0,79	0,21	0,28	3,3	4,4	3,6	4,8	8,2	11	8,4	11,2	0,16	0,23	0,35	
500 560	0,41	0,54	0,54	0,68	0,68	0,87	0,24	0,32	3,7	5	4,1	5,4	9,2	12,5	9,6	12,8	0,17	0,25	0,36	
560 630	0,46	0,6	0,6	0,76	0,76	0,98	0,26	0,35	4	5,4	4,4	5,9	10	13,5	10,4	14	0,2	0,29	0,41	
630 710	0,51	0,67	0,67	0,85	0,85	1,09	0,3	0,4	4,6	6,2	5,1	6,8	11,5	15,5	12	16	0,21	0,31	0,45	
710 800	0,57	0,75	0,75	0,96	0,96	1,22	0,34	0,45	5,3	7	5,8	7,6	13,3	17,5	13,6	18	0,23	0,35	0,51	
800 900	0,64	0,84	0,84	1,07	1,07	1,37	0,37	0,5	5,7	7,8	6,3	8,5	14,3	19,5	14,8	20	0,27	0,39	0,57	
900 1000	0,71	0,93	0,93	1,19	1,19	1,52	0,41	0,55	6,3	8,5	7	9,4	15,8	21	16,4	22	0,3	0,43	0,64	
1000 1120	0,78	1,02	1,02	1,3	1,3	1,65	0,45	0,6	6,8	9	7,6	10,2	17	23	18	24	0,32	0,48	0,7	
1120 1250	0,86	1,12	1,12	1,42	1,42	1,8	0,49	0,65	7,4	9,8	8,3	11	18,5	25	19,6	26	0,34	0,54	0,77	
1250 1400	0,94	1,22	1,22	1,55	1,55	1,96	0,55	0,72	8,3	10,8	9,3	12,1	21	27	22,2	28,3	0,36	0,59	0,84	

¹⁾ Seulement valables pour arbres pleins en acier ou pour arbres creux dont l'alésage est égal ou inférieur à la moitié du diamètre de l'arbre.

La règle suivante s'applique: les roulements dont le jeu radial avant montage est proche de la limite maxi de la tolérance du jeu sont montés avec la valeur la plus grande de la réduction du jeu ou du déplacement axial. Les roulements dont le jeu radial avant montage est proche de la limite mini sont montés avec la valeur la plus faible de la réduction du jeu ou du déplacement axial.

7.18 Graisses ARCANOL pour Roulements - Caractéristiques physico-chimiques et indication d'utilisation

Graisse Arcanol	Epaississant	Viscosité de l'huile de base à 40°C (mm ² /s)	Consistance Classe NLGI	Température d'utilisation °C	Caractéristiques principales	Exemples d'utilisation
MULTITOP (anciennement L135V)	Savon de lithium avec additifs EP	85	2	-40...+150	Graisse standard pour roulements à vitesses élevées charges élevées, basses et hautes températures	Laminiers, machines de travaux publics, véhicules automobiles, broches textiles et machines-outils
MULTI2 (anciennement L78V)	Savon de lithium	ISO VG 100	2	-30...+140	Graisse standard pour petits roulements à billes (D ≤62 mm)	Petits moteurs électriques, machines agricoles et de travaux publics, appareils électroménagers
MULTI3 (anciennement L71V)	Savon de lithium	80	3	-30...+140	Graisse standard pour grands roulements à billes (D ≥62 mm)	Gros moteurs électriques machines agricoles et de travaux publics, ventilateurs
LOAD220 (anciennement L215V)	Savon de lithium/calcium avec additifs EP	ISO VG 220	2	-20...+140	Graisse spéciale pour roulements sous charges élevées, grande gamme de vitesses, taux d'humidité important.	Laminiers, véhicules ferroviaires
LOAD400 (anciennement L186V)	Savon de lithium/calcium avec additifs EP	400	2	-25...+140	Graisse spéciale pour roulements sous charges extrêmes, vitesses moyennes, températures moyennes	Matériel de carrières, machines de travaux publics
LOAD1000 (anciennement L223V)	Savon de lithium/calcium avec additifs EP	ISO VG 1000	2	-20...+140	Graisse spéciale pour roulements sous charges extrêmes, vitesses faibles, températures moyennes	Matériel de carrières, machines de travaux publics avec chocs et roulements de grande dimension
TEMP90 (anciennement L12V)	Polyurique de calcium avec additifs EP	130	2	-40...+160	Graisse spéciale pour roulements sous grandes charges, hautes températures	Accouplements, machines électriques, (moteurs, générateurs), véhicules automobiles
TEMP110 (anciennement L30V)	Savon complexe de lithium	ISO VG 150	2	-40...+160	Graisse spéciale pour roulements sous grandes vitesses, hautes températures	Machines électriques, véhicules automobiles
TEMP120 (anciennement L195V)	Polyurique avec additifs EP	ISO VG 460	2	-35...+180	Graisse spéciale pour roulements sous grandes charges, hautes températures	Coulée continue
TEMP200 (anciennement L79V)	PTFE	400	2	-40...+260	Graisse spéciale pour roulements à vitesses très élevées, (conseil de sécurité page 60) environnchimiquement agressif	Galets dans les fours automatiques piston de compresseurs, wagonnets de fours, installations chimiques
SPEED2,6 (anciennement L75)	Polyurique	ISO VG 22	2-3	-50...+120	Graisse spéciale pour roulements à billes à vitesses très élevées, basses températures	Machine-outils, instrumentation
VIB3 (anciennement L166V)	Savon complexe de lithium avec additifs EP	170	3	-30...+150	Graisse spéciale pour roulements sous charges élevées, températures élevées mouvements oscillatoires	Mécanismes de pales de rotors sur les éoliennes machines d'emballages
BIO2	Savon de lithium/calcium	58	2	-30...+120	Graisse spéciale pour roulements dans applications à risques environnementaux	
FOOD2	Savon complexe d'aluminium	192	2	-30...+120	Graisse spéciale pour roulements dans applications avec contact alimentaire, USDA H1	

Cours fondamental

Armoire de Montage et Kits de Montage - Cours de formation professionnelle*)

Il existe une multitude d'ouvrages portant sur le bon montage des roulements. Ce qui toutefois, manque trop souvent au stagiaire, ce sont les pièces lui permettant de faire des exercices répondant le plus possible à la réalité. C'est la raison pour laquelle les formateurs des ateliers d'apprentissage FAG ont décidé de créer un cours d'instruction.

Ce cours a pour but de répondre aux nombreuses questions concernant le choix des roulements, de permettre aux utilisateurs de procéder à un montage et démontage corrects ainsi qu'à l'entretien des divers paliers. Il est donc composé de deux parties. La partie théorique aborde les connaissances de base de la notion de roulements alors que la partie pratique donne les informations essentielles pour le montage et le démontage des roulements.

Cet apprentissage suit une certaine gradation de façon à assurer une assimilation suffisante des matières dessins, calculs et principes de base. Dans la partie pratique, on dispose de pièces attenantes (arbres, logements) simplifiées; ce qui permet à l'utilisateur de s'exercer au montage et démontage des types de roulements les plus courants et cela au moyen des dispositifs mécaniques ou hydrauliques mis à sa disposition.

On a essayé, dans la partie théorique, de regrouper les différentes connaissances essentielles en ne dépassant pas le degré de difficulté requis de nos jours en formation professionnelle.

Ce cours de formation permet également de préparer d'autres mécanismes tels que boîtes de vitesses, pompes, broches, roues de véhicules automobiles ou autres.

Manuel 1 (Partie Théorique)

Principes de base mécaniques

Calcul

Dessin industriel

Manuel 2 (Partie Pratique)

Montage des roulements à alésage cylindrique

Montage des roulements à alésage conique

Méthode hydraulique

Exercices pratiques avec arbres et paliers

Données techniques

Armoire de montage :

Dimensions: 1135 x 710 x 380 mm

Masse 94 kg (y compris contenu)

Equipé pour 10 exercices de montages :

5 avec arbres, 2 avec paliers, 3 avec arbres et paliers

Plus petit diamètre d'arbre 15 mm

Plus grand diamètre d'arbre 55 mm

Equerre de montage: dimensions 500x300x300 mm

Masse 40 kg

*) Outre l'Armoire de montage, ses accessoires et son équerre de montage, d'autres kits de montage sont disponibles, voir la publication N° WL 80 111

FAG Kugelfischer AG

Industrial Bearings and Services

Postfach 1260 · D-97419 Schweinfurt

Tél.: +49 9721 91-3691 · Fax +49 9721 91-3809

www.fag.com



Sélection de Publications FAG

La liste suivante donne une sélection de nombreuses publications FAG disponibles.
Autres informations sur demande.

Catalogue WL 41 520	Roulements FAG
Publ. no. WL 00 106	WLS, Système Interactif de Formation sur les Roulements
Publ. no. WL 80 102	Méthode hydraulique pour le montage et le démontage des roulements
Publ. no. WL 80 103	Ecrous hydrauliques FAG
Publ. no. WL 80 107	Dispositifs de montage FAG avec chauffage par induction
Publ. no. WL 80 111	Armoire de Montage et Kits de Montage - Cours de formation professionnelle
Publ. no. WL 80 123	Autour du roulement – L'offre d'enseignement de FAG au sujet du roulement, théorie et pratique
Publ. no. WL 80 134	Vidéo FAG : Montage et démontage des roulements
Publ. no. WL 80 135	Vidéo FAG : Méthode hydraulique de montage et de démontage des roulements
Publ. no. WL 80 250	Outils, équipements et services FAG pour le montage, le démontage et la maintenance des roulements
Publ. no. WL 81 115	La lubrification des roulements
Publ. no. WL 81 116	Graisses à roulements Arcanol de FAG
Publ. no. WL 82 102	Avaries des roulements

Notices techniques

TI no. WL 00-11	Vidéo FAG : Technique des roulements
TI no. WL 80-9	Bagues de chauffage en aluminium FAG
TI no. WL 80-14	Montage et démontage des roulements à rotule sur deux rangées de rouleaux à alésage conique
TI no. WL 80-38	Montage de roulements à rotule sur billes sur manchons de serrage
TI no. WL 80-46	Kits de pompe à main FAG
TI no. WL 80-47	Appareils de chauffage par induction FAG
TI no. WL 80-48	Extracteurs mécaniques FAG
TI no. WL 80-49	Malettes de douilles de frappe EINBAU.SET.ALU et EINBAU.SET.ST
TI no. WL 80-51	Sonde de température FAG TEMP.MG175830
TI no. WL 80-60	Diagnostic des roulements avec les appareils et les services FAG

Schaeffler France

93 route de Bitche

BP 30186

67506 Haguenau Cedex

Téléphone +33 (0)3 88 63 40 40

Télécopie +33 (0)3 88 63 40 41

Internet www.schaeffler.fr

Ce document a été soigneusement composé et toutes ses données vérifiées. Toutefois, nous déclinons toute responsabilité en cas d'erreurs ou d'omissions. Nous nous réservons tout droit de modification.

© Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG

Edition : 2011, juin

Aucune reproduction, même partielle, n'est autorisée sans notre accord préalable.

WL 80 100/3 FB