

# Manuel de maintenance pour roulements SKF



© SKF, @PTITUDE, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOCOAT, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTENANCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE et VIBRACON sont des marques déposées du Groupe SKF.

™ SKF EXPLORER est une marque déposée du Groupe SKF.

Epocast 36 Explorer est une marque déposée du H. A. Springer marine + industrie service GmbH, an Illinois Tool Works company

© Groupe SKF 2018

Le contenu de cette publication est soumis au copyright de l'éditeur et sa reproduction, même partielle, est interdite sans autorisation écrite préalable. Le plus grand soin a été apporté à l'exactitude des informations données dans cette publication mais SKF décline toute responsabilité pour les pertes ou dommages directs ou indirects découlant de l'utilisation du contenu du présent document.

**PUB SR/P7 10001/1 FR** · Juin 2018

**ISBN 978-91-978966-4-1**

Certaines photos/ images sont soumises au copyright  
Shutterstock.com

Certaines images ont été mises à jour en raison de la RGPD.

1	Principes de base . . . . .	8	1
2	Montage des roulements . . . . .	44	2
3	Montage des paliers complets . . . . .	92	3
4	Montage des paliers . . . . .	122	4
5	Montage des joints . . . . .	140	5
6	Alignement . . . . .	158	6
7	Lubrification . . . . .	178	7
8	Inspection . . . . .	216	8
9	Résolution de problèmes . . . . .	228	9
10	Démontage . . . . .	252	10
11	Endommagement des roulements et leurs causes . .	288	11
12	Assistance pour la maintenance . . . . .	324	12
13	Annexes . . . . .	332	13
14	Index . . . . .	438	14



# Manuel de maintenance pour roulements SKF



# Avant-propos

Le manuel de maintenance pour roulements SKF constitue un guide de travail complet pour les professionnels de la maintenance. Grâce aux conseils contenus dans ce manuel, SKF veut encourager des pratiques de maintenance sûres et habiles qui puissent aider à prolonger la durée de service des roulements, réduire les arrêts-machines et minimiser les activités de maintenance imprévues.

Ce manuel ne fait pas office de catalogue de conception d'applications. Pour obtenir davantage d'informations sur la conception de montages de roulements, veuillez vous reporter au *Catalogue technique interactif SKF* disponible en ligne sur [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

## Structure du manuel

Ce manuel est divisé en quatorze chapitres, marqués par des onglets bleus numérotés dans la marge de droite :

- Le chapitre 1 traite des principes de base concernant les roulements, les produits associés et les montages de roulements.
- Les chapitres 2 à 5 contiennent des instructions pour le montage des roulements, des paliers, des paliers complets et des joints.
- Le chapitre 6 décrit les activités de maintenance liées à l'alignement des machines.
- Le chapitre 7 fournit des informations et des conseils sur les activités de maintenance importantes dans le domaine de la lubrification relative aux roulements.
- Le chapitre 8 englobe les activités de maintenance d'inspection et de maintenance conditionnelle.
- Le chapitre 9 traite de la résolution des pannes. Il présente les problèmes les plus courants et les solutions proposées.

- Le chapitre 10 contient des consignes pour le démontage des roulements, des paliers complets, des paliers et des joints.
- Le chapitre 11 est consacré aux endommagements des roulements et inclut la classification ISO.
- Le chapitre 12 présente les ressources supplémentaires dont dispose SKF pour proposer une aide à la maintenance.
- Le chapitre 13 contient les Annexes qui présentent des informations de référence importantes pour les travaux de maintenance, ainsi qu'un aperçu des produits de maintenance de SKF.
- Le chapitre 14 constitue l'index.

Tous les efforts ont été mis en œuvre pour assurer la précision des informations et pour que les instructions contenues dans ce manuel soient claires et reflètent les bonnes pratiques, mais aucune responsabilité ne peut être acceptée pour toute erreur ou omission, ainsi que pour toute mauvaise utilisation des outils et d'autres équipements fournis par SKF.

## Remarque concernant le développement durable

Le développement durable est la manière de mener des activités en économisant les ressources de sorte à ne pas compromettre les générations futures. L'énergie peut être économisée dans de nombreux domaines de la maintenance des roulements, qu'il s'agisse de la gestion des déchets, de la réduction de l'utilisation de lubrifiant ou de l'utilisation des équipements et des outils en eux-mêmes. SKF s'engage pour un environnement durable et encourage ceux qui l'entourent à contribuer à l'économie d'énergie et de matériaux.

# SKF en bref

Tout a commencé en 1907. Un groupe d'ingénieurs mit au point une solution simple mais astucieuse à un problème de désalignement dans une usine de textile suédoise. C'était la naissance de SKF, qui depuis n'a cessé de croître pour devenir un leader mondial du savoir-faire industriel. Au fil des années, nous avons développé notre expertise en matière de roulements et l'avons étendue aux solutions d'étanchéité, à la mécatronique, aux services et aux systèmes de lubrification. Notre réseau de compétences regroupe 46 000 collaborateurs, 15 000 partenaires distributeurs, des agences dans plus de 130 pays et l'implantation de sites SKF Solution Factory partout dans le monde.

## Recherche et développement

Nous disposons d'une large expérience dans plus d'une quarantaine d'industries différentes. L'expertise de nos collaborateurs repose sur les connaissances acquises dans des applications concrètes. Nous disposons, par ailleurs, d'une équipe d'experts, constituée de partenaires uni-



versitaires reconnus mondialement, précurseurs en recherche et développement théoriques dans des domaines tels que la tribologie, la maintenance préventive, la gestion des équipements et la théorie sur la durée de vie des roulements. Notre engagement continu dans la recherche et le développement nous permet d'aider nos clients à rester à la pointe de leurs secteurs industriels.



*Les sites SKF Solution Factory donnent accès, à l'échelle locale, à toute l'expertise SKF en matière de solutions et de services spécifiques à vos besoins.*



## Répondre aux défis technologiques

Notre savoir-faire et notre expérience, combinés à nos différentes plates-formes technologiques, nous permettent de répondre aux défis les plus ambitieux en proposant des solutions innovantes. Nous travaillons en étroite collaboration avec nos clients tout au long du cycle de vie des équipements et les aidons ainsi à faire croître leurs activités de manière rentable et responsable.

## Le développement durable au cœur de nos préoccupations

Depuis 2005, SKF s'efforce de réduire l'impact sur l'environnement de ses propres activités et de celles de ses fournisseurs. Notre développement technologique permanent a permis de lancer le portefeuille de produits et de services SKF BeyondZero. L'objectif est d'améliorer l'efficacité, de réduire les pertes énergétiques et de favoriser le développement de nouvelles technologies exploitant l'énergie éolienne, solaire et maritime. Cette approche globale contribue à réduire l'empreinte environnementale de nos activités et celle de nos clients.



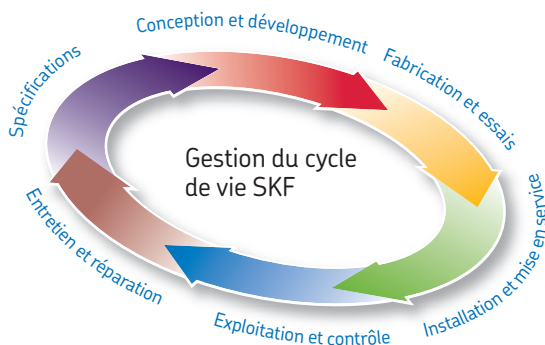
*En travaillant avec les systèmes informatiques et logistiques SKF, ainsi qu'avec ses experts en applications, les Distributeurs Agréés SKF, présents dans le monde entier, apportent à leurs clients un support précieux en termes de connaissances produits et applications.*



# SKF – the knowledge engineering company

## Notre expertise au service de votre réussite

*La gestion du cycle de vie SKF, c'est la combinaison de nos plates-formes de compétences et de nos services de pointe, appliquée à chaque étape du cycle de vie des équipements. Notre objectif est d'aider nos clients à augmenter leur rentabilité et à réduire leur impact environnemental.*



### Une collaboration étroite

Notre objectif est d'aider nos clients à augmenter leur productivité, à minimiser leurs besoins en maintenance, à améliorer leur rendement énergétique et leur utilisation des ressources, tout en optimisant les conceptions des machines pour une durée de service et une fiabilité maximales.

### Des solutions innovantes

Que votre application soit linéaire ou tournante, voire les deux, les ingénieurs SKF peuvent vous aider, à chaque étape du cycle de vie de vos équipements, à améliorer les performances de vos machines. Cette approche n'est pas uniquement centrée sur les composants tels que les roulements ou les dispositifs d'étanchéité. En

effet, l'application est considérée dans son intégralité afin de voir comment les composants interagissent entre eux.

### Optimisation et vérification de la conception

SKF peut vous aider à optimiser vos conceptions actuelles ou à venir, à l'aide d'un logiciel exclusif de modélisation 3D. Ce dernier peut également servir de banc d'essai virtuel pour confirmer la validité de la conception.



### **Roulements et ensembles-roulements**

*SKF est leader mondial dans la conception, le développement et la fabrication de roulements, de rotules, d'ensembles-roulements et de paliers haute performance.*



### **Maintenance d'équipements**

*Les technologies et les services de maintenance préventive SKF permettent de minimiser les arrêts imprévus des machines, d'améliorer l'efficacité opérationnelle et de réduire les coûts de maintenance.*



### **Solutions d'étanchéité**

*SKF propose des joints standard et des solutions d'étanchéité sur mesure pour augmenter la disponibilité et améliorer la fiabilité des machines, réduire le frottement et les pertes de puissance et prolonger la durée de vie du lubrifiant.*



### **Mécatronique**

*Les systèmes SKF Fly-by-Wire avionique et Drive-by-Wire pour véhicules tout-terrain, engins agricoles et chariots élévateurs viennent remplacer les systèmes mécaniques et hydrauliques lourds, gros consommateurs de lubrifiants et d'énergie.*



### **Solutions de lubrification**

*Des lubrifiants spécialisés aux systèmes de lubrification de pointe en passant par les services de gestion de la lubrification, les solutions de lubrification SKF vous aident à réduire les arrêts machines liés à la lubrification ainsi que la consommation de lubrifiant.*



### **Déplacement et contrôle de position**

*SKF a développé une large gamme de produits (vérins, vis à billes ou à rouleaux, guidages à billes sur rail), afin de répondre aux exigences de vos applications en matière de mouvement linéaire.*



# Principes de base

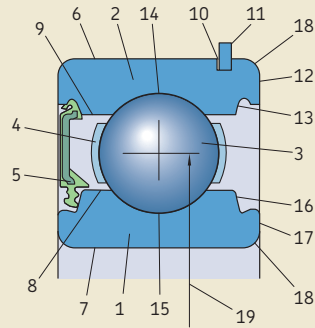
<b>Terminologie</b> .....	<b>10</b>	<b>Méthodes de fixation des roulements</b> ...	<b>31</b>
<b>Types et modèles de roulements</b> .....	<b>12</b>	Fixation radiale des roulements.....	31
Roulements radiaux.....	12	Choix de l'ajustement.....	32
Butées .....	18	Ajustements et tolérances recommandés .....	35
Galets .....	19	Exigences de dimensions, de forme et de précision de rotation.....	35
Roulements Y.....	21	Rugosité de surface des portées de roulements .....	36
<b>Système de désignation des roulements</b> ..	<b>22</b>	Fixation axiale des roulements.....	37
Désignations de base.....	22	Cotes de montage .....	38
Suffixes de désignation .....	24	<b>Dispositifs d'étanchéité</b> .....	<b>39</b>
<b>Identification des produits SKF</b> .....	<b>26</b>	Joints externes.....	39
Identification des roulements.....	26	Solutions d'étanchéité de roulements intégrées .....	40
Identification des paliers en deux parties et des paliers complets.....	27	<b>Stockage des roulements, des joints et des lubrifiants</b> .....	<b>41</b>
Joints de rechange.....	27	Stockage des roulements, des paliers complets et des paliers.....	41
<b>Durée de vie d'un roulement</b> .....	<b>27</b>	Stockage des joints en élastomère.....	42
Durée nominale .....	27	Stockage des lubrifiants.....	42
Durée SKF .....	27	Élimination des lubrifiants.....	43
<b>Durée de service</b> .....	<b>28</b>	<b>Jeu interne de roulement</b> .....	<b>29</b>
Durée de service des roulements.....	28	<b>Montages de roulements</b> .....	<b>30</b>
Durée de service des joints .....	28	Types de montages de roulements ...	30
Durée de service des lubrifiants.....	28	Montages de roulements fixes et libres	30
Propreté.....	28	Montages de roulements ajustés ...	31

# Terminologie

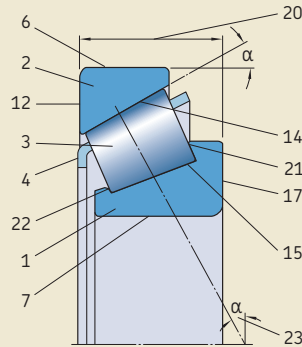
## Roulements (→ fig. 1)

- 1 Bague intérieure
- 2 Bague extérieure
- 3 Élément roulant : bille, rouleau cylindrique, aiguille, rouleau conique, rouleau sphérique, rouleau toroïdal
- 4 Cage
- 5 Dispositif d'étanchéité  
Joint – en élastomère, frottant (illustré sur la figure) ou non frottant  
Flasque – en tôle d'acier, sans frottement
- 6 Diamètre extérieur de la bague extérieure
- 7 Alésage de la bague intérieure
- 8 Diamètre de l'épaulement de la bague intérieure
- 9 Diamètre de l'épaulement de la bague extérieure
- 10 Rainure pour segment d'arrêt
- 11 Segment d'arrêt
- 12 Face latérale de la bague extérieure
- 13 Rainure d'ancrage du joint
- 14 Chemin de roulement de la bague extérieure
- 15 Chemin de roulement de la bague intérieure
- 16 Rainure pour joint
- 17 Face latérale de la bague intérieure
- 18 Chanfrein
- 19 Diamètre primitif du roulement
- 20 Largeur totale du roulement
- 21 Épaulement de guidage
- 22 Épaulement latéral
- 23 Angle de contact
- 24 Rondelle-arbre
- 25 Ensemble cage et éléments roulants
- 26 Rondelle-logement
- 27 Rondelle-logement avec surface de portée sphérique
- 28 Contreplaque

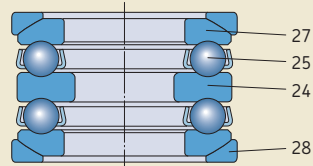
Fig. 1



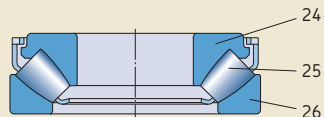
Roulement rigide à billes



Roulement à rouleaux coniques



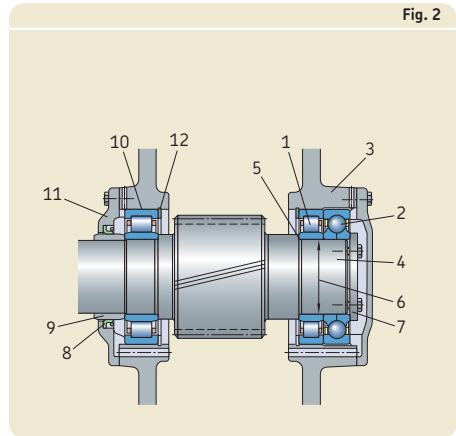
Butée à billes à double effet



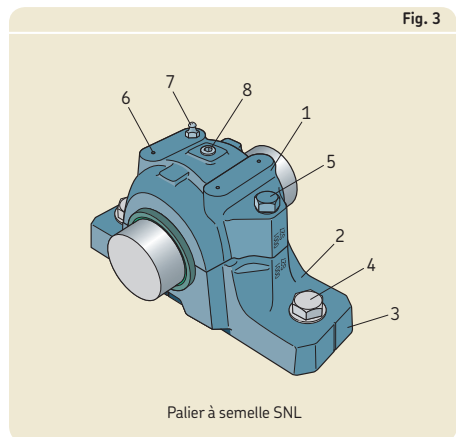
Butée à rotule sur rouleaux

**Montages de roulements (→ fig. 2)**

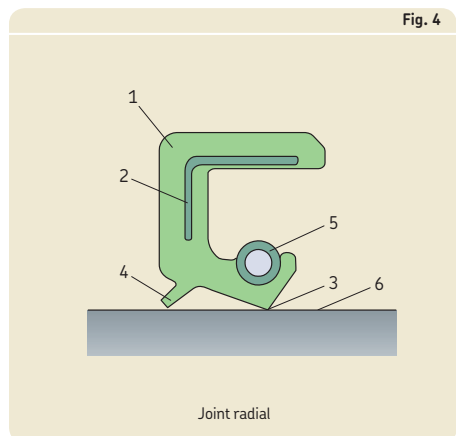
- 1 Roulement à rouleaux cylindriques
- 2 Roulement à billes à quatre points de contact
- 3 Palier
- 4 Arbre
- 5 Épaulement d'appui de l'arbre
- 6 Diamètre d'arbre
- 7 Plaque de blocage
- 8 Joint radial
- 9 Entretoise
- 10 Alésage du palier
- 11 Couvercle du palier
- 12 Segment d'arrêt

**Paliers (→ fig. 3)**

- 1 Chapeau du palier
- 2 Semelle du palier
- 3 Pied du palier
- 4 Vis de fixation
- 5 Vis d'assemblage
- 6 Repère
- 7 Raccord de graissage
- 8 Orifices pour boulon à œil

**Joints (→ fig. 4)**

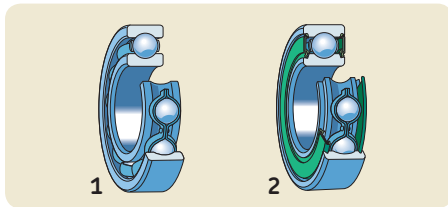
- 1 Enveloppe en caoutchouc
- 2 Armature en tôle d'acier
- 3 Lèvre d'étanchéité
- 4 Lèvre d'étanchéité auxiliaire
- 5 Ressort de retenue
- 6 Surface d'appui du joint



## Types et modèles de roulements

Vous trouverez dans cette section un résumé des différents types et modèles de roulements standard. La plupart d'entre eux sont montrés en images.

### Roulements radiaux



#### Roulements rigides à billes

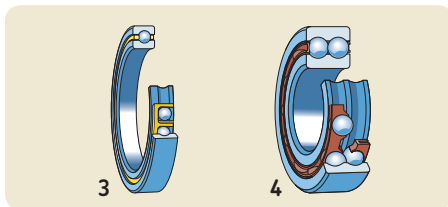
à une rangée, avec ou sans encoches de remplissage

modèle de base ouvert (1)

avec flasques

avec joints frottants (2)

avec une rainure pour segment d'arrêt, avec ou sans segment d'arrêt

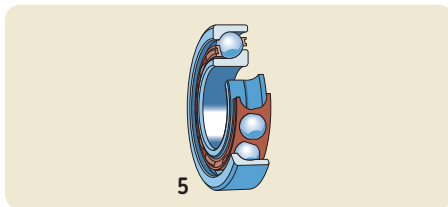


à une rangée avec une section fixe

modèle de base ouvert (3)

avec joints frottants

à deux rangées (4)



#### Roulements à billes à contact oblique

à une rangée

modèle de base pour montage simple

modèle pour appariement universel (5)



à une rangée, haute et super précision

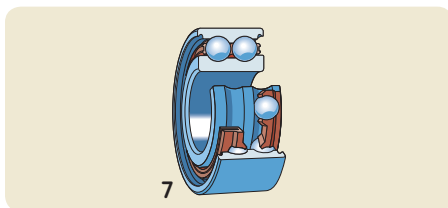
modèle de base ouvert

avec joints frottants

modèle ouvert à grande vitesse

avec joints frottants (6)

modèle ouvert haute capacité  
avec joints frottants



à deux rangées

avec bague intérieure en une pièce (7)

modèle de base ouvert

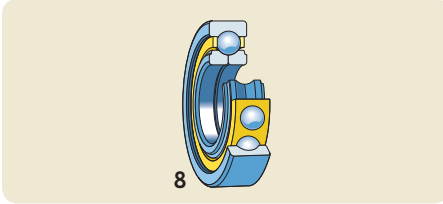
avec flasques

avec joints frottants

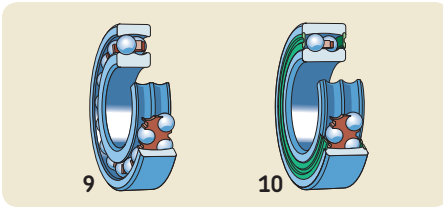
avec bague intérieure en deux pièces



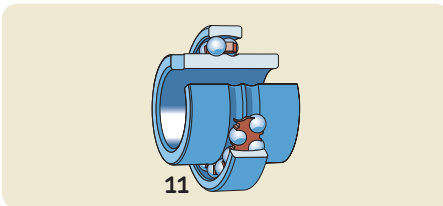
## Roulements radiaux



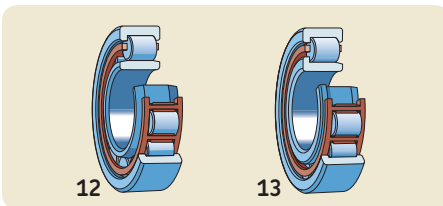
Roulements à billes à quatre points de contact (8)



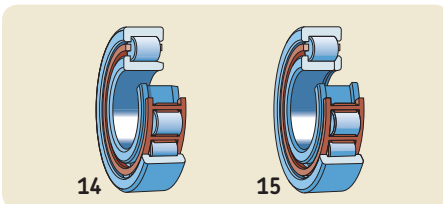
Roulements à rotule sur billes  
à alésage cylindrique ou conique  
modèle de base ouvert (9)  
avec joints frottants (10)



avec bague intérieure élargie (11)

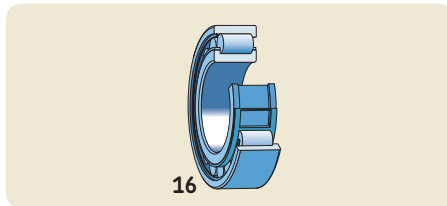


Roulements à rouleaux cylindriques  
à une rangée  
modèle NU (12)  
avec bague d'épaulement  
modèle N (13)

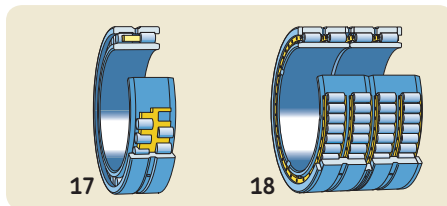


à une rangée  
modèle NJ (14)  
avec bague d'épaulement  
modèle NUP (15)

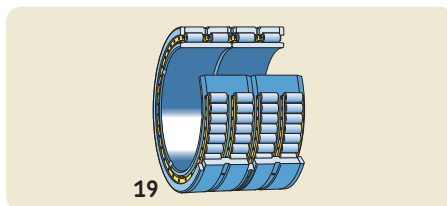
Roulements radiaux



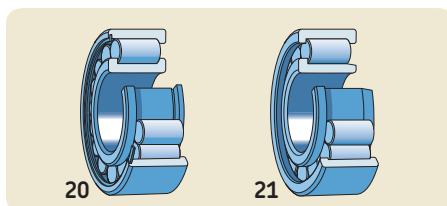
Roulements à rouleaux cylindriques  
à une rangée  
modèle NCF haute capacité (16)



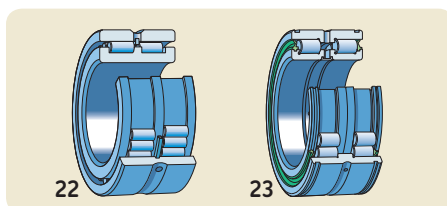
à deux rangées  
à alésage cylindrique ou conique  
modèle NNU (17)  
modèle NN (18)  
modèle NNUP



à quatre rangées  
à alésage cylindrique ou conique  
modèle ouvert (19)  
avec joints frottants

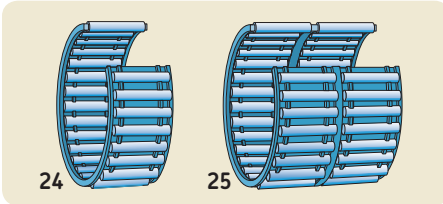


Roulements à rouleaux cylindriques jointifs  
à une rangée  
modèle NCF (20)  
modèle NJG (21)



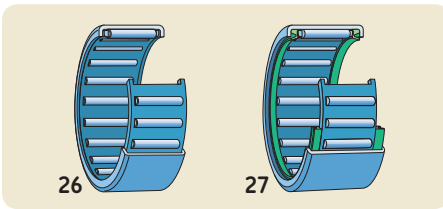
à deux rangées  
avec épaulements fixes sur la bague  
intérieure (22)  
avec épaulements fixes sur les bagues  
intérieures et extérieures  
avec joints frottants (23)

## Roulements radiaux

**Cages à aiguilles**

à une rangée (24)

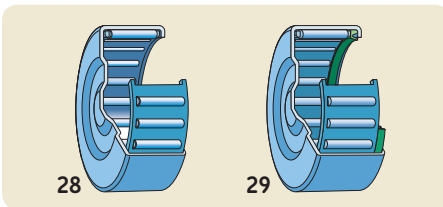
à deux rangées (25)

**Douilles à aiguilles sans fond**

à une et deux rangées

modèle de base ouvert (26)

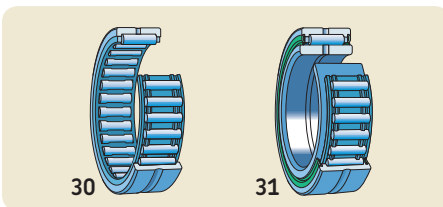
avec joints frottants (27)

**Douilles à aiguilles avec fond**

à une et deux rangées

modèle de base ouvert (28)

avec joint frottants (29)

**Roulements à aiguilles avec épaulements**

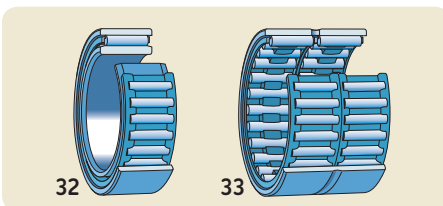
à une et deux rangées

sans bague intérieure (30)

avec bague intérieure

modèle de base ouvert

avec joints frottants (31)

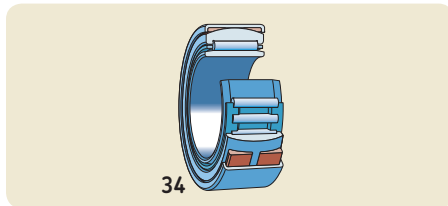
**Roulements à aiguilles sans épaulements**

à une et deux rangées

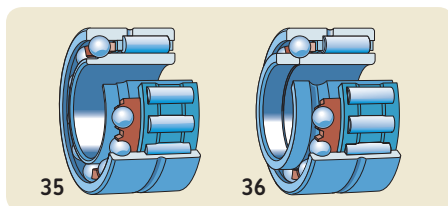
avec bague intérieure (32)

sans bague intérieure (33)

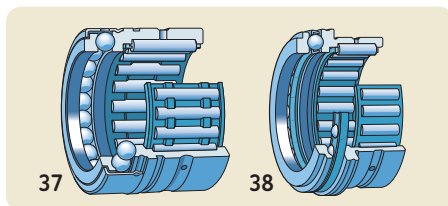
## Roulements radiaux



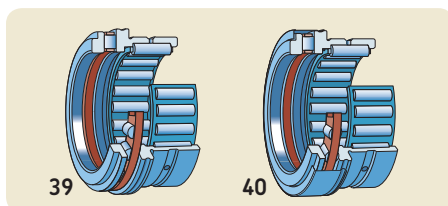
**Roulements à aiguilles auto-aligneurs**  
sans bague intérieure  
avec bague intérieure (34)



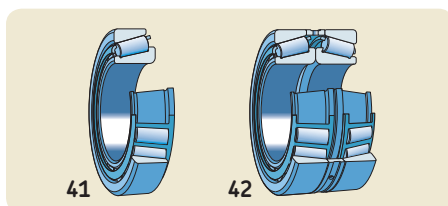
**Roulements à aiguilles combinés**  
Roulements à aiguilles / à billes à contact oblique  
à simple effet (35)  
à double effet (36)



**Roulements à aiguilles / butées à billes**  
avec butée à billes jointives (37)  
avec jeu de billes guidé par la cage  
avec ou sans (38) couvercle

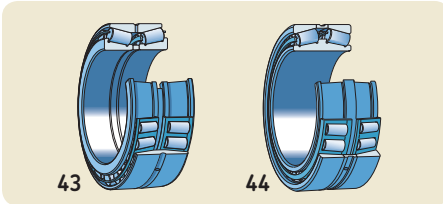


**Roulements à aiguilles / butées à rouleaux cylindriques**  
sans couvercle (39)  
avec couvercle (40)

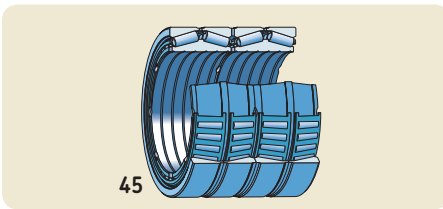


**Roulements à rouleaux coniques**  
à une rangée  
roulements simples (41)  
ensembles de roulements appariés  
disposés en X (42)  
disposés en O  
disposés en T

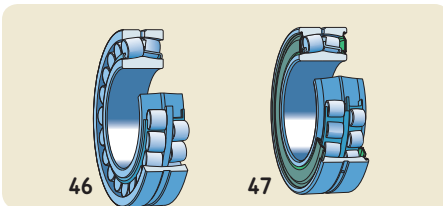
## Roulements radiaux



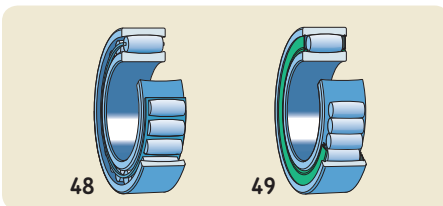
à deux rangées  
configuration TDO (disposition en O) (43)  
configuration TDI (disposition en X) (44)



à quatre rangées  
modèle ouvert  
avec joints frottants  
configuration TQO (45)  
configuration TQI

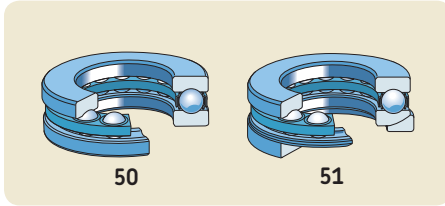


**Roulements à rotule sur rouleaux**  
à alésage cylindrique ou conique  
modèles de base ouverts (46)  
avec joints frottants (47)



**Roulements CARB à rouleaux toroïdaux**  
à alésage cylindrique ou conique  
modèles de base ouverts  
avec jeu de rouleaux guidé par la cage (48)  
avec jeu de rouleaux jointifs  
avec joints frottants (49)

Butées



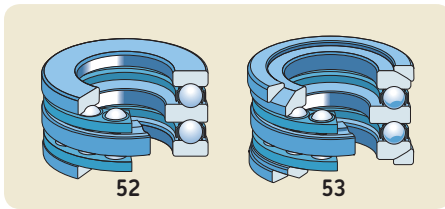
**Butées à billes**

à simple effet

avec rondelle-logement plate (50)

avec rondelle-logement sphérique

avec (51) ou sans contreplaque

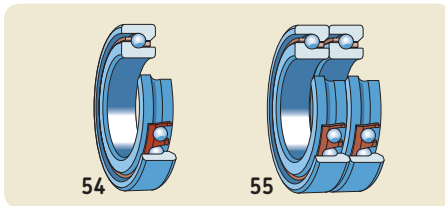


à double effet

avec rondelles-logements plates (52)

avec rondelles-logements sphériques

avec (53) ou sans contreplaques



**Butées à billes à contact oblique**

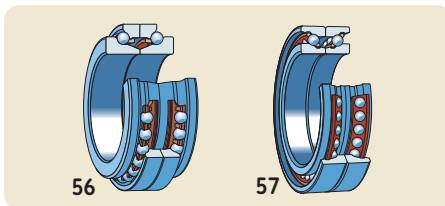
roulements haute et super précision

à simple effet

modèle de base pour montage simple (54)

modèle pour appariement universel

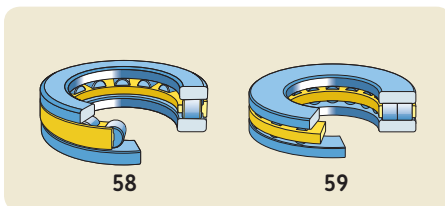
ensembles de roulements appariés (55)



à double effet

modèle de base (56)

modèle à grande vitesse (57)



**Butées à rouleaux cylindriques**

à simple effet

à une rangée (58)

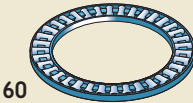
à deux rangées (59)

composants

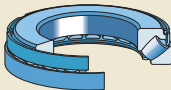
cages à rouleaux cylindriques axiaux

rondelles-arbres et rondelles-logements

## Butées

**Butées à aiguilles**

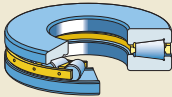
à simple effet  
cages à aiguilles (60)  
rondelles flottantes  
rondelles de butée



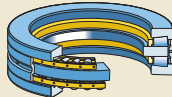
61

**Butées à rotule sur rouleaux**

à simple effet (61)



62

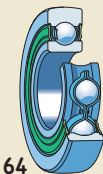


63

**Butées à rouleaux coniques**

à simple effet  
avec ou sans (62) couvercle  
roulements avec vis de blocage  
à double effet (63)

## Galets



64

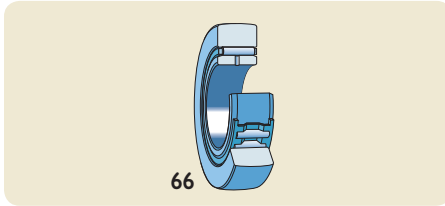


65

**Galets de came**

galet de came à une rangée de billes (64)  
galet de came à deux rangées de billes (65)

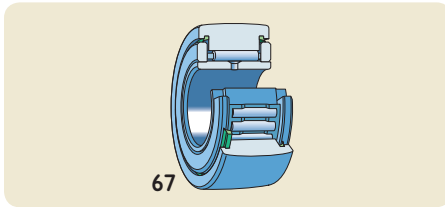
Galets



66

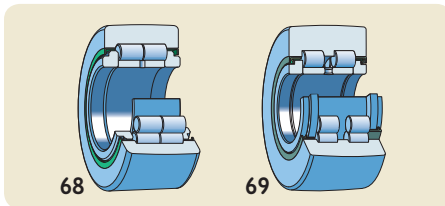
**Galets-supports**

avec cage à aiguilles, sans guidage axial  
avec ou sans joints frottants  
sans bague intérieure  
avec bague intérieure **(66)**



67

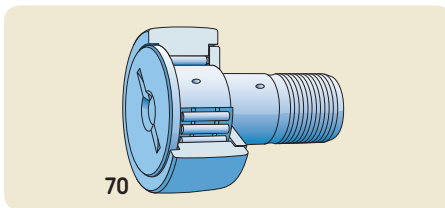
avec aiguilles et rondelles de butée pour  
guidage axial  
avec ou sans joints frottants  
avec cage à aiguilles **(67)**  
avec rouleaux jointifs



68

69

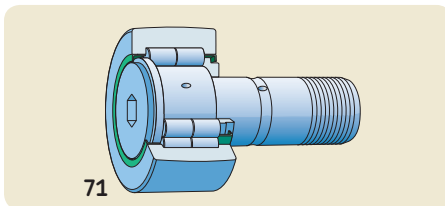
avec rouleaux cylindriques jointifs, guidés  
axialement par épaulements  
avec joints à chicane **(68)**  
avec joints frottants **(69)**  
avec joints lamellaires



70

**Galets de came avec axe**

avec aiguilles, guidés axialement par l'axe, la  
plaque de butée et les épaulements de rouleaux  
avec ou sans joints frottants  
avec portée concentrique **(70)**  
avec bague de blocage excentrique  
avec cage à aiguilles **(70)**  
avec rouleaux à aiguilles jointifs

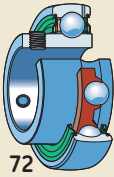


71

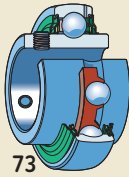
avec rouleaux cylindriques jointifs, guidés axia-  
lement par l'axe, la bague d'épaulement et les  
épaulements des rouleaux  
avec joints à chicane **(71)**  
avec joints frottants  
avec portée concentrique **(71)**  
avec bague de blocage excentrique



## Roulements Y



72



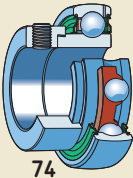
73

**Roulements Y (roulements « insert »)**

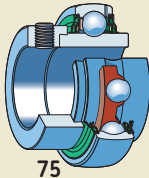
avec vis de blocage

bague intérieure débordante d'un côté (72)

bague intérieure débordante des deux côtés (73)



74



75

avec bague de blocage excentrique

bague intérieure débordante d'un côté (74)

bague intérieure débordante des deux côtés (75)

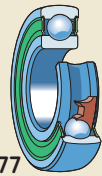


76

à alésage conique

bague intérieure débordante des deux côtés (76)

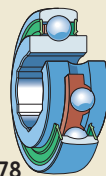
pour montage sur manchon de serrage



77

avec bague intérieure standard

disposition sur l'arbre avec un ajustement serré (77)



78

à alésage hexagonal (78)

bague intérieure débordante des deux côtés

# Système de désignation des roulements

## Désignations de base

Tous les roulements standard SKF possèdent une désignation de base caractéristique, constituée généralement de trois, quatre ou cinq chiffres, ou d'une combinaison de lettres et de chiffres. La conception de ce système, utilisé pour la plupart des types de roulements à billes et à rouleaux standard, est représentée dans le **diagramme 1**. Les chiffres et les combinaisons de lettres et de chiffres ont les significations suivantes :

- Le premier chiffre ou la première lettre ou combinaison de lettres identifie le type de roulement et éventuellement une variante de base.
- Les deux chiffres qui suivent identifient la série de dimensions ISO. Le premier chiffre indique la série de largeurs ou de hauteurs (dimensions B, T ou H) et le second la série de diamètres (dimension D).
- Les deux derniers chiffres de la désignation de base indiquent le code de dimensions du roulement. Multiplié par 5, ce code indique le diamètre d'alésage en millimètres.

Les exceptions les plus importantes du système de désignation de base sont indiquées ci-après.

- 1 Dans certains cas, le chiffre indiquant le type de roulement ou le premier chiffre de la série de dimensions est omis. Ces chiffres sont donnés entre parenthèses dans le **diagramme 1**.
- 2 Les codes d'identification de dimensions des roulements aux diamètres d'alésage de 10, 12, 15 ou 17 mm sont les suivants :  
00 = 10 mm  
01 = 12 mm  
02 = 15 mm  
03 = 17 mm

- 3 Pour les roulements au diamètre d'alésage inférieur à 10 mm, ou de 500 mm et plus, le diamètre d'alésage est généralement indiqué en millimètres et n'est pas codé. L'identification des dimensions est séparée du reste de la désignation du roulement par une barre oblique, par exemple 618/8 (d = 8 mm) ou 511/530 (d = 530 mm). Cela s'applique également aux roulements standard conformes à la norme ISO 15:1998 aux diamètres d'alésage de 22, 28 ou 32 mm, par exemple 62/22 (d = 22 mm).
- 4 Pour certains roulements de petites dimensions au diamètre d'alésage inférieur à 10 mm, comme les roulements rigides à billes, à rotule et à contact oblique, le diamètre d'alésage est également indiqué en millimètres (non codé), mais il n'est pas séparé de la désignation de série par une barre oblique, par exemple 629, 129 ou 709 (d = 9 mm).
- 5 Les diamètres d'alésage qui diffèrent des diamètres d'alésage standard ne sont pas codés et sont indiqués en millimètres avec un maximum de trois chiffres après la virgule. Cette identification de diamètres d'alésage fait partie de la désignation de base et en est séparée par une barre oblique, par exemple, 6202/15.875 (roulement 6202 à alésage spécial d = 15,875 mm = 5/8 in.).

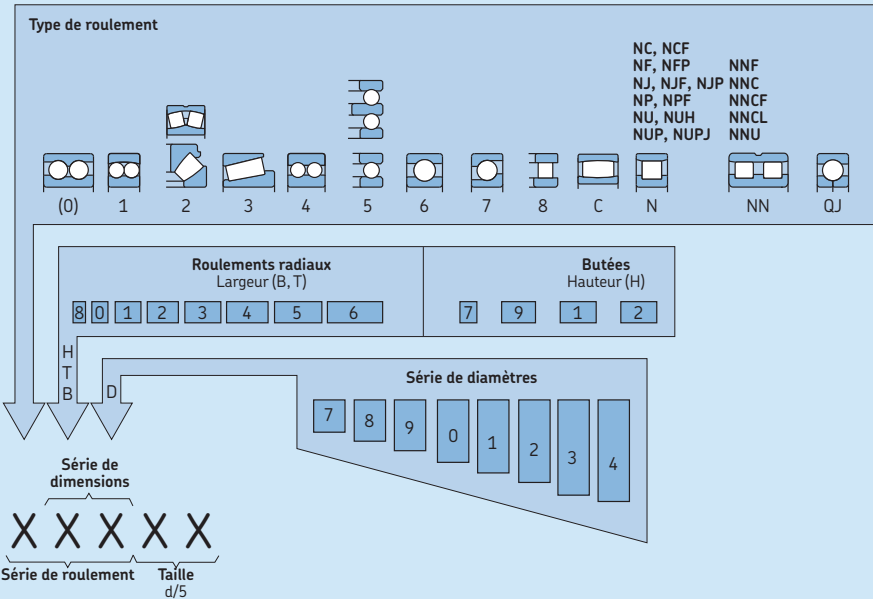
## Désignations de série

Chaque roulement standard appartient à une série donnée, identifiée par la désignation de base sans indication de la taille. Les désignations de série incluent souvent un suffixe A, B, C, D ou E ou une combinaison de ces lettres, comme CA, par exemple. Ces dernières sont utilisées pour identifier des différences de conception interne, par exemple l'angle de contact.

Les désignations de série de roulements les plus courantes sont indiquées dans le **diagramme 1**, au-dessus des schémas de roulements. Les chiffres entre parenthèses sont omis dans la désignation de série.

Système de désignation des roulements à billes et à rouleaux standard SKF à cotes métriques

Série de roulement				6(0)4									
				544	623					(0)4			
		223		524	6(0)3					33			
		213		543	622					23			
		232		523	6(0)2					(0)3			
		222		542	630			23		32			
		241		522	6(1)0					22			
		231			16(0)0					41			(0)2
		240	323	534	639					31	31		41
		230	313	514	619					60	30		31
		249	303	533	609					50	20		60
	139	239	332	513	638	7(0)4	814			40	10		50
	130	248	322	532	628	7(0)3	894			30	39		40
	(1)23	238	302	512	618	7(0)2	874			69	29		30
	1(0)3		331	511	608	7(1)0	813			59	19		69
	(1)22	294	330	510	637	719	893			49	38		49
(0)33	1(0)2	293	320	4(2)3	591	627	718			812	39		28
(0)32	1(1)0	292	329	4(2)2	590	617	708			811	29		18
													48
													19



Code	Type de roulement	Code	Type de roulement	Code	Type de roulement
0	Roulement à billes à contact oblique à deux rangées	7	Roulement à billes à contact oblique à une rangée	QJ	Roulement à billes à quatre points de contact
1	Roulement à rotule sur billes	8	Butée à rouleaux cylindriques	T	Roulement à rouleaux coniques conforme à la norme ISO 355-2007
2	Roulement à rotule sur rouleaux, butée à rotule sur rouleaux	C	Roulement à rouleaux toroïdaux CARB		
3	Roulement à rouleaux coniques	N	Roulement à rouleaux cylindriques. Au moins deux lettres sont utilisées pour identifier le nombre de rangées ou la configuration des épaulements, par exemple, NJ, NU, NUP, NN, NNU, NNCF, etc.		
4	Roulement rigide à deux rangées de billes				
5	Butée à billes				
6	Roulement rigide à une rangée de billes				

## Principes de base

### Suffixes de désignation

Les suffixes de désignation sont utilisés pour identifier les modèles, les variantes ou les caractéristiques qui diffèrent du roulement standard d'origine ou courant. La liste des suffixes de désignation les plus courants est présentée ci-après.

- CN** Jeu interne normal, utilisé en général uniquement avec une lettre supplémentaire pour identifier une plage de jeu réduite ou déplacée
- CS** Joint frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement
- 2CS** Joint frottant CS des deux côtés du roulement
- CS2** Joint frottant en caoutchouc fluoré (FKM) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement
- 2CS2** Joint frottant CS2 des deux côtés du roulement
- CS5** Joint frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène hydrogéné (HNBR) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement
- 2CS5** Joint frottant CS5 des deux côtés du roulement
- C1** Jeu interne du roulement inférieur à C2
- C2** Jeu interne du roulement inférieur au jeu Normal (CN)
- C3** Jeu interne du roulement supérieur au jeu Normal (CN)
- C4** Jeu interne du roulement supérieur à C3
- C5** Jeu interne du roulement supérieur à C4
- F** Cage usinée en acier ou en fonte spéciale, élément roulant centré
- FA** Cage usinée en acier ou en fonte spéciale, bague extérieure centrée
- FB** Cage usinée en acier ou cage en fonte spéciale, bague intérieure centrée
- G..** Remplissage de graisse. Une deuxième lettre indique la plage de températures de la graisse et une troisième lettre identifie la graisse utilisée. Le chiffre qui suit le code à trois lettres de la graisse indique que le taux de remplissage est différent du taux standard : Les chiffres 1, 2 et 3 indiquent un remplissage inférieur au remplissage standard et les chiffres compris entre 4 et 9 signalent un remplissage supérieur.
- H** Cage encliquetable emboutie en acier, trempée
- HT** Remplissage de graisse pour températures élevées. HT ou un nombre à deux chiffres suivant HT indique la graisse utilisée. Les taux de remplissage autres que le taux standard sont identifiés par une lettre ou une combinaison lettre/chiffre qui suit HTxx.
- J** Cage emboutie en acier, élément roulant centré, non trempée
- K** Alésage conique, conicité 1:12
- K30** Alésage conique, conicité 1:30
- LHT** Remplissage de graisse pour températures basses et élevées. LHT ou un nombre à deux chiffres suivant LHT indique la graisse utilisée. Les taux de remplissage autres que le taux standard sont identifiés par une lettre ou une combinaison lettre/chiffre qui suit LHTxx.
- LS** Joint frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) ou en polyuréthane (AU) avec ou sans armature métallique en tôle d'acier, d'un côté du roulement
- 2LS** Joint frottant LS des deux côtés du roulement
- LT** Remplissage de graisse pour basses températures. LT ou un nombre à deux chiffres suivant LT indique la graisse utilisée. Les taux de remplissage autres que le taux standard sont identifiés par une lettre ou une combinaison lettre/chiffre qui suit LTxx.
- M** Cage usinée en laiton, élément roulant centré
- MA** Cage usinée en laiton, bague extérieure centrée
- MB** Cage usinée en laiton, bague intérieure centrée

<b>ML</b>	Cage usinée à fenêtres monobloc en laiton, bague intérieure ou extérieure centrée	<b>RZ</b>	Joint non frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement
<b>MT</b>	Remplissage de graisse pour températures moyennes. MT ou un nombre à deux chiffres suivant MT indique la graisse utilisée. Les taux de remplissage autres que le taux standard sont identifiés par une lettre ou une combinaison lettre/chiffre qui suit MTxx.	<b>2RZ</b>	Joint non frottant RZ des deux côtés du roulement
<b>N</b>	Bague extérieure avec rainure pour segment d'arrêt	<b>TN</b>	Cage moulée par injection en polyamide 66 (PA66), élément roulant centré
<b>NR</b>	Bague extérieure avec rainure et segment d'arrêt correspondant	<b>TNH</b>	Cage moulée par injection en polyétheréthercétone (PEEK) renforcé de fibres de verre, élément roulant centré
<b>P</b>	Cage moulée par injection en polyamide 66 (PA66) renforcé de fibre de verre, élément roulant centré	<b>TN9</b>	Cage moulée par injection en polyamide 66 (PA66) renforcé de fibre de verre, élément roulant centré
<b>PHA</b>	Cage moulée par injection en polyétheréthercétone (PEEK) renforcé de fibres de verre, bague extérieure centrée	<b>V</b>	Roulement à éléments jointifs (sans cage)
<b>RS</b>	Joint frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) avec ou sans armature métallique en tôle d'acier d'un côté du roulement	<b>WT</b>	Remplissage de graisse pour températures basses et élevées. WT ou un nombre à deux chiffres suivant WT indique la graisse utilisée. Les taux de remplissage autres que le taux standard sont identifiés par une lettre ou une combinaison lettre/chiffre qui suit WTxx.
<b>2RS</b>	Joint frottant RS des deux côtés du roulement	<b>W64</b>	Remplissage avec Solid Oil
<b>RSH</b>	Joint frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement	<b>Y</b>	Cage emboutie en laiton, élément roulant centré
<b>2RSH</b>	Joint frottant RSH des deux côtés du roulement	<b>Z</b>	Flasque en tôle d'acier emboutie d'un côté du roulement
<b>RSL</b>	Joint à faible frottement en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement	<b>ZZ</b>	Flasque Z des deux côtés du roulement
<b>2RSL</b>	Joint à faible frottement RSL des deux côtés du roulement		
<b>RS1</b>	Joint frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement		
<b>2RS1</b>	Joint frottant RS1 des deux côtés du roulement		
<b>RS1Z</b>	Joint frottant en caoutchouc acrylonitrile-butadiène (NBR) avec armature métallique en tôle d'acier d'un côté du roulement et un flasque de l'autre côté		
<b>RS2</b>	Joint frottant en caoutchouc fluoré (FKM) à armature en tôle d'acier d'un côté du roulement		
<b>2RS2</b>	Joint frottant RS2 des deux côtés du roulement		

## Identification des produits SKF

### Identification des roulements

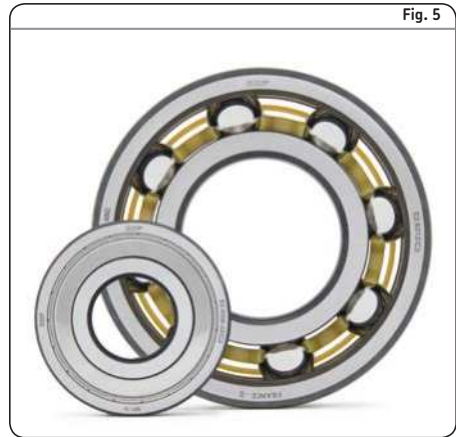
**REMARQUE :** Pour vous assurer de vous procurer un roulement SKF authentique, n'achetez qu'auprès de SKF ou des distributeurs agréés SKF.

Pratiquement tous les roulements SKF portent les codes d'identification suivants sur les faces latérales des bagues intérieure ou extérieure (→ fig. 5) :

- 1 Marque de commerce SKF
- 2 Désignation complète du roulement
- 3 Date de fabrication, codée
- 4 Pays de fabrication

Le type de roulement et ses caractéristiques peuvent être identifiés à partir de sa désignation. Selon le type de roulement, d'autres codes d'identification peuvent également se trouver sur le roulement.

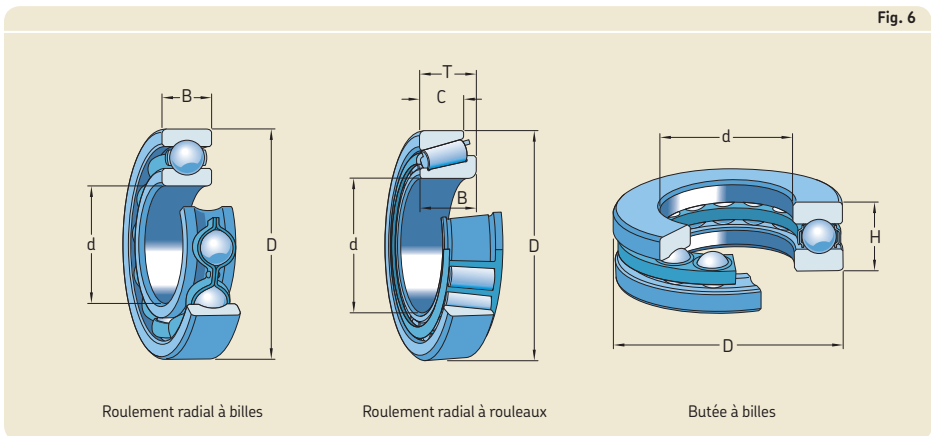
**REMARQUE :** Vous ne trouverez parfois qu'une partie des informations sur une bague. Par exemple, la bague extérieure d'un roulement à rouleaux cylindriques avec cage à rouleaux peut porter l'identification 3NU20 ou 320 E. Cela identifie une série de diamètre 3 de la bague extérieure pour un alésage de 100 mm (20 × 5). Cette bague extérieure peut être associée à une bague intérieure NU, NJ ou NUP pour former un roulement complet. Dans ce cas, la désignation



complète du roulement doit se trouver sur la bague intérieure, par exemple, NJ 320 ECP/C3. La désignation complète est toujours imprimée sur l'emballage et peut souvent se trouver sur les dessins des machines et les spécifications des équipements.

Si la désignation inscrite sur le roulement n'est plus lisible, la désignation de roulement de base peut généralement s'identifier en mesurant les dimensions d'encombrement (→ fig. 6) et en utilisant les informations disponibles sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

- 1 Identifiez le type de roulement (→ *Types et modèles de roulements*, page 12).
- 2 Mesurez l'alésage  $d$  du roulement.



- 3 Mesurez le diamètre extérieur D du roulement.
- 4 Mesurez les largeurs B, C, T ou la hauteur H du roulement.
- 5 Dans la fonction Recherche de produits, disponible sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements), saisissez les dimensions d'encombrement pour identifier la désignation de roulement de base possible.

**REMARQUE :** Pour déterminer la désignation complète du roulement, identifiez le type de cage et le matériau, le modèle de joint et les autres caractéristiques visibles. Pour obtenir de l'aide supplémentaire, veuillez contacter votre distributeur agréé SKF ou le Service applications techniques SKF.

### Identification des paliers en deux parties et des paliers complets

Les désignations de tous les paliers à semelle à joint diamétral SNL, SONL et SAF sont moulées dans le chapeau du palier (→ **fig. 7**). Le chapeau et la semelle de chaque palier sont marqués d'un numéro de série unique pour éviter de mélanger les composants lors du montage de plusieurs paliers en une seule fois.

Pour les paliers complets, identifiez séparément le roulement et le palier (et les autres composants, le cas échéant).

### Joints de rechange

Les joints de rechange doivent correspondre en forme et en matériau à celui d'origine. Les joints d'un matériau différent de celui d'origine ne doivent être utilisés qu'en cas de nécessité absolue.

**ATTENTION :** Lorsque vous remplacez un joint, vérifiez bien le numéro de référence de l'ancien joint. Une simple erreur comme, par exemple, l'utilisation d'un joint en caoutchouc nitrile standard pour remplacer un joint identique en caoutchouc fluoré plus résistant, peut se traduire par une défaillance « mystérieuse » du joint.

Fig. 7



## Durée de vie d'un roulement

### Durée nominale

La durée de vie d'un roulement se définit par le nombre de tours ou le nombre d'heures de service à une vitesse donnée que le roulement peut supporter avant que le premier signe de fatigue n'apparaisse sur une des bagues ou un des éléments roulants. Cette durée de vie peut être calculée en fonction du type de roulement, de sa charge et de sa vitesse, selon la formule de durée nominale

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

ou, si la vitesse est constante

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

avec

$L_{10}$  = durée nominale (à 90 % de fiabilité)  
[millions de tours]

$L_{10h}$  = durée nominale (à 90 % de fiabilité)  
[heures de service]

C = charge dynamique de base [kN]

P = charge dynamique équivalente [kN]

n = vitesse de rotation [tr/min]

p = exposant de la formule de durée

= 3 pour les roulements à billes

= 10/3 pour les roulements à rouleaux

## Principes de base

### Durée SKF

Pour une application donnée, la durée réelle de service des roulements modernes haute performance s'avère parfois très différente de la durée nominale. C'est ainsi que la norme ISO 281 : 2007 contient une formule de durée modifiée venant compléter la durée nominale.

La formule de durée SKF est

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{SKF} \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

ou, si la vitesse est constante

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 n} L_{nm}$$

avec

$L_{nm}$  = durée SKF (à 100 –  $n^1$ ) % de fiabilité  
[millions de tours]

$L_{nmh}$  = durée SKF (à 100 –  $n^1$ ) % de fiabilité  
[heures de service]

$L_{10}$  = durée nominale (à 90 % de fiabilité)  
[millions de tours]

$a_1$  = facteur de correction de la durée relatif à la fiabilité

$a_{SKF}$  = facteur de modification de durée SKF

$C$  = charge dynamique de base [kN]

$P$  = charge dynamique équivalente [kN]

$n$  = vitesse de rotation [tr/min]

$p$  = exposant de la formule de durée

= 3 pour les roulements à billes

= 10/3 pour les roulements à rouleaux

Pour obtenir davantage d'informations sur la manière de calculer la durée SKF, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

## Durée de service

### Durée de service des roulements

Dans une application donnée, lorsque vous calculez la durée nominale, le résultat peut varier considérablement par rapport à la durée de service. La durée de service, qui correspond à la véritable durée de vie d'un roulement dans des conditions de fonctionnement réelles jusqu'à

l'apparition de dysfonctionnements (jusqu'à ce qu'il soit inutilisable), dépend de différents facteurs d'influence comprenant la lubrification, le niveau de contamination de l'environnement du roulement, le défaut d'alignement, l'installation adéquate, ainsi que les conditions de fonctionnement telles que les charges, la vitesse, la température et les niveaux de vibration. Pour prendre en compte ces facteurs d'influence, SKF recommande fortement de calculer la durée SKF en plus de la durée nominale.

### Durée de service des joints

Les joints sont utilisés pour retenir le lubrifiant et empêcher la pénétration de contaminants à l'intérieur du roulement. De cette manière, les joints protègent également le lubrifiant des contaminants et aident ainsi à obtenir une durée de service maximale pour les roulements.

À l'inverse des roulements, la durée de vie d'un joint ne peut pas être calculée. La durée de service des joints est encore plus difficile à prévoir car elle dépend pratiquement entièrement des conditions de fonctionnement, ainsi que du niveau de contamination de l'environnement, de l'alignement des arbres, des procédures d'installation et de l'exposition à des produits chimiques corrosifs, par exemple les agents de nettoyage.

### Durée de service des lubrifiants

Dans pratiquement toutes les applications, le lubrifiant a un impact important sur la durée de service des roulements. Par conséquent, tous les lubrifiants doivent s'accorder avec les conditions de fonctionnement de l'application. Indépendamment du fait qu'un roulement contenu dans un montage soit lubrifié à la graisse ou à l'huile, l'efficacité du lubrifiant se détériorera avec le temps en raison du travail mécanique, du vieillissement et de l'accumulation de contaminants résultant de l'usure des composants et/ou de la pénétration de contaminants. Par conséquent, la durée de service réelle d'un lubrifiant est difficile à prévoir. SKF donne toutefois des recommandations quant aux intervalles de relubrification et aux procédures de maintenance, un peu plus loin dans ce document.

<sup>1)</sup> Le facteur  $n$  représente la probabilité de défaillance, c.-à-d. la différence entre la fiabilité requise et 100 %.



## Propreté

La contamination peut avoir un effet négatif sur la durée de service des roulements et des joints. Elle peut également affecter la durée de service du lubrifiant. Par conséquent, il est primordial que les roulements soient lubrifiés avec de la graisse ou de l'huile propre et que le lubrifiant en question soit totalement protégé des contaminants par un système d'étanchéité efficace.

Il faut veiller à la propreté au cours de toutes les activités de maintenance, qu'il s'agisse du montage, de la relubrification, de l'inspection ou du démontage. Vous trouverez des recommandations détaillées au sujet de la propreté plus loin dans les chapitres correspondants, mais voici quelques conseils d'ordre général :

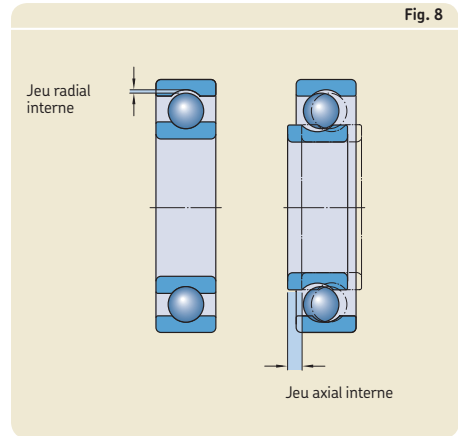
- Gardez les roulements dans leur emballage d'origine, où ils sont bien protégés, jusqu'au moment même du montage.
- Montez les roulements dans un endroit propre, sans poussière ni humidité.
- Utilisez des outils professionnels pour toutes les activités de maintenance.
- Nettoyez immédiatement les tâches de graisse ou d'huile.
- Nettoyez les raccords de graissage avant la relubrification, puis fermez-les avec un bouchon adapté.
- Utilisez des récipients dûment identifiés et propres pour le transport et le remplissage de lubrifiant. L'utilisation d'un récipient séparé pour chaque type de lubrifiant est une bonne façon de procéder fortement conseillée.
- Pour les lavages à l'eau réguliers, orientez les tuyaux loin des joints.

**REMARQUE :** Il vaut mieux éviter que les roulements ne se salissent plutôt que d'avoir à les nettoyer. De nombreux types de roulements ne peuvent pas être séparés et sont donc difficiles à nettoyer.

## Jeu interne de roulement

Le jeu interne de roulement se définit par la distance totale de déplacement d'une bague de roulement par rapport à l'autre (→ **fig. 8**) :

- dans le sens radial (jeu radial interne)
- dans le sens axial (jeu axial interne)



Il est important de faire la distinction entre le jeu interne d'un roulement avant le montage (→ **Annexe E**, à partir de la **page 388**) et le jeu interne d'un roulement monté ayant atteint sa température de fonctionnement (jeu de fonctionnement). Le jeu interne initial (avant montage) est toujours supérieur au jeu de fonctionnement car les bagues se dilatent ou se contractent sous l'effet du serrage éventuel dû à leur ajustement, ainsi qu'en raison des différences de dilatation thermique entre des bagues et des éléments voisins.

Le jeu radial interne d'un roulement est d'une importance majeure pour un fonctionnement satisfaisant. En règle générale :

- Les roulements à billes doivent toujours avoir un jeu de fonctionnement pratiquement nul ou une légère précharge.
- Les roulements à rotule sur rouleaux, à rouleaux cylindriques et toroïdaux CARB doivent toujours conserver un certain jeu résiduel pendant leur fonctionnement.
- Les roulements à rouleaux coniques doivent toujours avoir un jeu résiduel, sauf dans les montages requérant une certaine rigidité, les pignons d'attaque, par exemple où les roulements sont montés avec une certaine précharge.

**REMARQUE :** Lorsque les conditions de fonctionnement et de montage s'écartent de la normale (montage des deux bagues à ajustement serré, températures exceptionnelles, etc.), des roulements ayant un jeu supérieur ou infé-

## Principes de base

rieur au jeu normal peuvent être nécessaires. Dans ce cas, SKF recommande de vérifier le jeu résiduel du roulement après son montage.

## Montages de roulements

En général, deux roulements sont nécessaires pour supporter un élément de machine tournant dans un montage typique comprenant une position de palier fixe et une position de palier libre. Dans certaines applications, les deux roulements partagent la responsabilité de guider l'arbre axialement. Il s'agit des montages de roulements dits ajustés ou en opposition.

### Types de montages de roulements

#### Montages de roulements fixes et libres

Les montages comportant un roulement fixe et un roulement libre sont les plus courants (→ fig. 9).

Le roulement en position fixe, généralement situé côté entraînement d'une machine, supporte l'arbre radialement et le guide axialement dans les deux sens. Il doit donc être immobilisé latéralement sur l'arbre et dans le palier. Parmi les types de roulements adaptés à la position fixe se trouvent :

- les roulements rigides à billes (→ fig. 9)
- les roulements à rotule sur billes
- les roulements à rotule sur rouleaux (→ fig. 10, gauche)
- les roulements à billes à contact oblique à une rangée simple appariés ou à deux rangées
- les roulements à rouleaux coniques appariés
- les roulements à rouleaux cylindriques (types NJ, HJ et NUP)

Un roulement radial pouvant recevoir une charge purement radiale peut également être combiné avec un roulement acceptant la charge axiale, par exemple un roulement à rouleaux cylindriques du type NU et un roulement à billes à quatre points de contact (→ fig. 11).

Le roulement en position libre fournit un support radial et, au besoin, compense le déplacement axial de l'arbre par rapport au palier suite à la dilatation thermique. Certains roulements peuvent contrebalancer le déplacement axial dans le roulement. Parmi ces roulements se trouvent :

Fig. 9

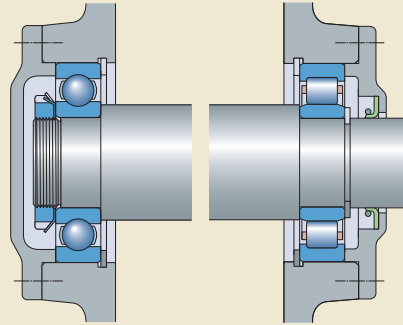


Fig. 10

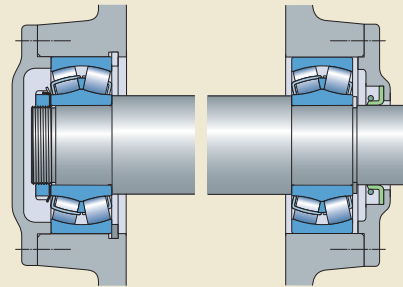
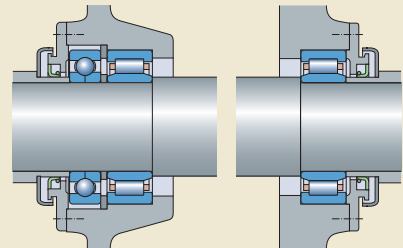


Fig. 11



- les roulements à rouleaux toroïdaux CARB
- les roulements à rouleaux cylindriques avec épaulements sur une bague uniquement, par exemple, les roulements de types N et NU

Pour d'autres roulements en position libre, le déplacement axial prend place entre une des bagues du roulement et sa portée, généralement entre la bague extérieure et l'alésage du palier. Parmi les types de roulements adaptés à la position libre se trouvent :

- les roulements rigides à billes
- les roulements à rotule sur billes
- les roulements à rotule sur rouleaux (→ fig. 10, droite)

### Montages de roulements ajustés

Dans un montage roulements ajustés, l'arbre est fixé axialement par un roulement dans un sens et par l'autre roulement dans le sens contraire. Ce montage, également appelé en opposition, est généralement utilisé pour les arbres courts. Toutes les sortes de roulements radiaux à billes ou à rouleaux qui admettent les charges axiales dans au moins un sens peuvent convenir pour les montages de roulements en opposition, notamment :

- les roulements rigides à billes
- les roulements à billes à contact oblique (→ fig. 12)
- les roulements à rouleaux coniques

## Méthodes de fixation des roulements

### Fixation radiale des roulements

Pour que la capacité de charge d'un roulement puisse être complètement utilisée, ses bagues ou rondelles doivent être supportées sur toute la circonférence et sur toute la largeur du chemin.

En général, une fixation radiale satisfaisante et un support adéquat ne peuvent être obtenus qu'en montant les bagues avec le degré de serrage approprié. Si les bagues sont mal fixées, les roulements et les éléments associés risquent d'être endommagés. Dans les cas où l'ajustement serré ne peut pas être utilisé et qu'un ajustement libre doit être appliqué, des précautions spéciales

Fig. 12

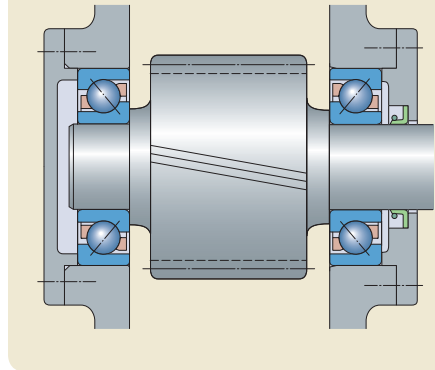
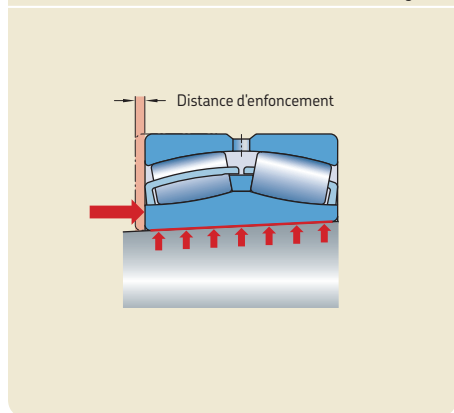


Fig. 13



doivent être prises pour limiter le glissement du roulement, sans quoi la portée du roulement sur l'arbre ou dans le palier peut s'user.

**REMARQUE :** Le glissement est le mouvement relatif entre une bague de roulement et sa portée. Il survient généralement lorsque l'ajustement serré est insuffisant pour les charges reçues ou lorsqu'un ajustement serré ne peut pas être appliqué.

### Choix de l'ajustement

#### Roulements à alésage cylindrique

Lorsque vous sélectionnez les ajustements avec un alésage cylindrique, il faut avant tout prendre en considération les conditions de rota-

## Principes de base

tion (→ **tableau 1**). Il existe essentiellement trois conditions possibles :

- La charge tournante désigne une bague de roulement qui tourne tandis que le sens de la charge exercée est fixe (une charge tournante peut également faire référence à une bague de roulement qui est fixe tandis que le sens de la charge exercée tourne).
- La charge fixe fait référence à une bague de roulement qui reste fixe tandis que le sens de la charge exercée est également fixe (une charge fixe peut également désigner une bague de roulement qui tourne à la même vitesse que la charge).
- Le sens de la charge est dit indéterminé dans le cas de charges extérieures variables, de chocs, de vibrations ou de balourds dans les machines à grande vitesse.

D'autres facteurs à prendre en compte lors du choix des ajustements sont répertoriés dans le **tableau 2, pages 33 et 34**.

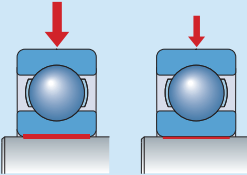
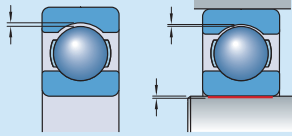
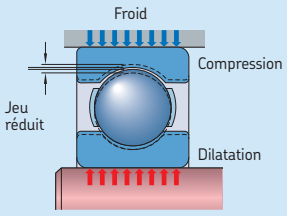
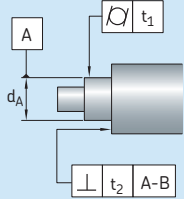
### Roulements à alésage conique

Les roulements comportant un alésage conique sont montés soit directement sur une portée d'arbre conique, soit sur un manchon de serrage ou de démontage sur une portée d'arbre cylindrique. L'ajustement de la bague intérieure est déterminé par proportion selon laquelle la bague est enfoncée sur la portée de l'arbre ou le manchon (→ **fig. 13, page 31**).

Tableau 1

Conditions de rotation et de charge				
Conditions de fonctionnement	Illustration schématique	Condition de charge	Exemple	Ajustements recommandés
Bague intérieure tournante		Charge tournante sur la bague intérieure	Arbres entraînés par courroie	Ajustement serré pour la bague intérieure
Bague extérieure fixe		Charge fixe sur la bague extérieure		Ajustement libre pour la bague extérieure
Charge constante				
Bague intérieure fixe		Charge fixe sur la bague intérieure	Galets de convoyeurs	Ajustement libre pour la bague intérieure
Bague extérieure tournante		Charge tournante sur la bague extérieure	Roulements de moyeu de voiture	Ajustement serré pour la bague extérieure
Charge constante				
Bague intérieure tournante		Charge fixe sur la bague intérieure	Applications vibrantes	Ajustement serré pour la bague extérieure
Bague extérieure fixe		Charge tournante sur la bague extérieure	Tamis ou moteurs vibrants	Ajustement libre pour la bague intérieure
La charge tourne avec la bague intérieure				
Bague intérieure fixe		Charge tournante sur la bague intérieure	Concasseur giratoire	Ajustement serré pour la bague intérieure
Bague extérieure tournante		Charge fixe sur la bague extérieure	(Entraînements de manèges)	Ajustement libre pour la bague extérieure
La charge tourne avec la bague extérieure				

## Facteurs à prendre en compte pour le choix des ajustements

Facteurs	Situation	Règles à suivre
<p>Intensité de la charge</p> 	<p>Les roulements soumis à des charges élevées ont tendance à glisser davantage que ceux soumis à de faibles charges.</p>	<p>Pour éviter le glissement, choisissez des ajustements serrés plus grands pour des roulements soumis à des charges élevées.</p> <p>Les chocs doivent également être pris en compte.</p> <p>L'intensité de la charge est définie comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P \leq 0,05 C</math> – charge faible</li> <li>• <math>0,05 C &lt; P \leq 0,1 C</math> – charge normale</li> <li>• <math>0,1 C &lt; P \leq 0,15 C</math> – charge élevée</li> <li>• <math>P &gt; 0,15 C</math> – charge très élevée</li> </ul>
<p>Jeu interne de roulement</p>  <p>Jeu avant montage      Jeu après montage</p>	<p>Plus l'ajustement est serré, plus le jeu interne initial du roulement est réduit après le montage.</p>	<p>Lorsque des ajustements serrés sont appliqués, des roulements dont le jeu radial interne est supérieur au jeu normal peuvent être nécessaires.</p>
<p>Différences de températures</p>  <p>Froid      Compression</p> <p>Jeu réduit</p> <p>Dilatation</p> <p>Chaud</p>	<p>La température de la bague extérieure est souvent plus basse que celle de la bague intérieure pendant le fonctionnement, ce qui se traduit par une réduction du jeu interne.</p>	<p>En fonction des températures de fonctionnement (prévues) des éléments, des roulements dont le jeu radial interne est supérieur au jeu normal peuvent être nécessaires.</p>
<p>Précision de fonctionnement désirée</p>  <p>A      <math>\varnothing t_1</math></p> <p><math>d_A</math></p> <p><math>t_2</math>      A-B</p>	<p>Les roulements avec ajustements libres sont susceptibles de vibrer lorsque les exigences sont élevées en termes de précision.</p>	<p>Lorsque les exigences en termes de précision sont élevées, sélectionnez des ajustements correspondant au moins au degré de tolérance IT5 pour l'arbre et au moins au degré de tolérance IT6 pour le palier.</p> <p>Pour réduire le faux-ronde et les vibrations, choisissez des ajustements serrés.</p>

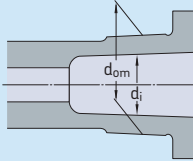
Facteurs à prendre en compte pour le choix des ajustements

Facteurs

Situation

Règles à suivre

Matériau et conception de l'arbre et du palier



Les ajustements peuvent être moins efficaces pour les arbres creux ou les paliers à parois minces.

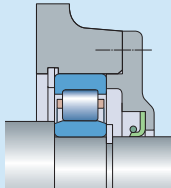
Choisissez des ajustements serrés supérieurs à l'ajustement normal pour les roulements montés dans des paliers à parois minces ou en alliage léger, ou bien sur des arbres creux.

Un mauvais contact sur la portée du roulement, par exemple, dans les paliers en deux parties, peut déformer la bague du roulement et rompre sa circularité.

Les ajustements serrés élevés ne conviennent pas aux paliers en deux parties. Pour ces paliers, SKF recommande le groupe de tolérance G ou H (ou, tout au plus, K).

Le matériau de la portée du roulement, lorsqu'elle n'est pas en acier pour roulement, influencera le choix de l'ajustement en raison des différents coefficients de dilatation thermique.

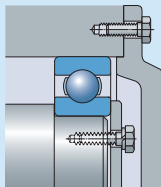
Facilité de montage et de démontage



Le montage et le démontage sont plus faciles pour les roulements ayant un ajustement libre que pour ceux ayant un ajustement serré.

Si un ajustement serré est requis et qu'un montage et un démontage sont absolument nécessaires, choisissez des roulements séparables ou des roulements à alésage conique. Les roulements à alésage conique peuvent être montés soit directement sur une portée d'arbre conique, soit sur un manchon de serrage ou de démontage sur une portée d'arbre cylindrique.

Déplacement du roulement en position de palier libre



Certains roulements peuvent supporter un déplacement axial dans le palier, par exemple les roulements à rouleaux cylindriques ayant une bague sans épaulement, les roulements à aiguilles ou les roulements à rouleaux toroïdaux CARB.

Les roulements ne pouvant pas admettre de déplacement axial dans le palier doivent avoir une bague libre, c'est-à-dire que vous devez choisir un ajustement libre pour la bague supportant la charge fixe.

### Ajustements et tolérances recommandés

Les tolérances de diamètres d'alésage et extérieur des roulements correspondent à des valeurs normalisées au niveau international. Pour obtenir un ajustement convenable, seul un nombre limité de classes de tolérances ISO doit être pris en compte pour les portées d'arbre et de palier des applications de roulements. La **figure 14** illustre la position des classes de tolérances les plus utilisées pour le diamètre d'alésage et le diamètre extérieur des roulements.

**REMARQUE :** Chaque classe de tolérances ISO est désignée par une lettre et un chiffre. La lettre (en minuscule pour les diamètres d'arbres et en majuscule pour les alésages de paliers) indique la zone de tolérance par rapport aux dimensions nominales. Le chiffre donne la taille de la zone de tolérance.

Des recommandations pour les ajustements de roulements pour arbres en acier pleins et paliers en fonte et en acier sont données dans **l'Annexe A**, à partir de la **page 334**. Les valeurs de tolérances convenables pour les portées de roulements sur des arbres et dans des paliers sont données dans **l'Annexe B**, à partir de la **page 338**.

Lorsqu'un roulement doit être monté avec un ajustement serré sur un arbre creux, il convient

de prévoir un plus grand serrage que dans le cas d'un arbre plein pour obtenir la même pression de surface entre la bague intérieure et la portée d'arbre. Pour obtenir davantage d'informations, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

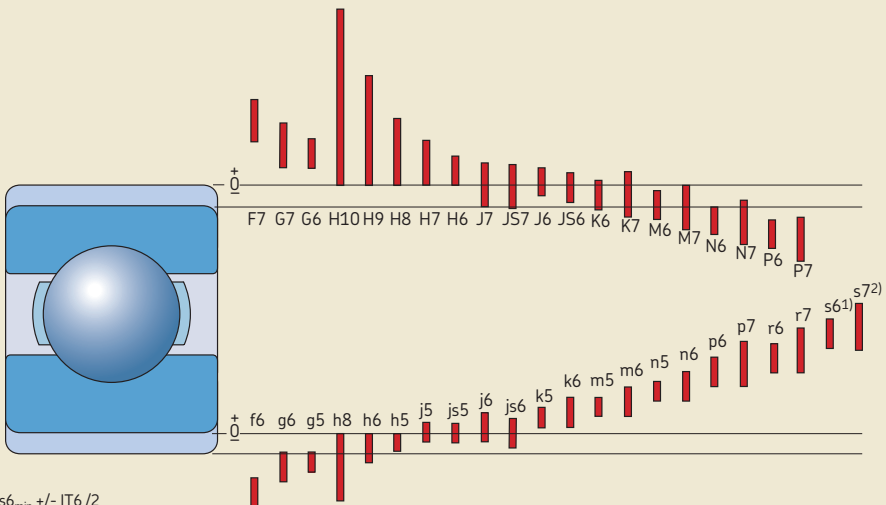
### Exigences de dimensions, de forme et de précision de rotation

La précision des portées de roulements cylindriques sur des arbres et dans des alésages de paliers doit correspondre à la précision des roulements utilisés. SKF donne les conseils suivants quant à la forme et la précision pour l'usinage des portées et des appuis.

#### Précision dimensionnelle

Pour les roulements fabriqués selon des tolérances dites normales, la catégorie de tolérances de la précision dimensionnelle des portées cylindriques sur l'arbre doit être au moins IT6. La catégorie de tolérances de la précision dimensionnelle du palier doit être au moins IT7. Lorsque des manchons de serrage ou de démontage sont utilisés, une tolérance de diamètre plus grande que pour les portées de roulements (catégorie de tolérances IT9) peut être admise (→ **Annexe B-7, page 384**). Les valeurs numériques des catégories de tolérances

Fig. 14



## Principes de base

standard IT sont indiquées dans l'**Annexe C, page 385**.

Pour les roulements de plus grande précision, il faut choisir des qualités de tolérance supérieures adaptées à ces roulements.

### Tolérances de cylindricité

La tolérance de cylindricité  $t_1$  d'une portée de roulement doit être d'une catégorie de tolérances IT d'une à deux fois supérieure à celle de la tolérance dimensionnelle conseillée, selon les besoins. Par exemple, si la portée de roulement sur un arbre a été usinée selon la classe de tolérance m6, la précision de forme devra atteindre la catégorie de tolérance IT5 ou IT4. La valeur de tolérance  $t_1$  de cylindricité pour un diamètre d'arbre de 150 mm, par exemple, s'obtient d'après la formule suivante :  $t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 \mu\text{m}$ . Cependant, la tolérance  $t_1$  étant calculée pour un rayon, la tolérance sera donc  $2 \times t_1$  pour le diamètre d'arbre.

Les valeurs indicatives pour la tolérance de cylindricité  $t_1$  (et la tolérance de faux-rond  $t_3$ ) pour les portées de roulements sont données dans l'**Annexe D-1, page 386**.

Lorsque les roulements doivent être montés sur des manchons de serrage ou de démontage, la cylindricité de la portée du manchon doit avoir une tolérance IT5/2 (pour la classe de tolérances h9) (→ **Annexe B-7, page 384**).

### Tolérance de perpendicularité

Les appuis des bagues de roulements doivent avoir une tolérance de perpendicularité supérieure d'au moins une catégorie IT à celle de la tolérance de diamètre associée à la portée cylindrique. Pour les portées des rondelles de butées, la tolérance de perpendicularité ne doit pas dépasser la catégorie IT5.

Les valeurs indicatives pour la tolérance de perpendicularité  $t_2$  (et de battement axial total  $t_4$ ) sont données dans l'**Annexe D-1, page 386**.

### Rugosité de surface des portées de roulements

La rugosité des surfaces des portées de roulements n'a pas la même influence sur les performances des roulements que la précision dimensionnelle et l'exactitude de forme ou de rotation. Cependant, la régularité des surfaces de contact aura un effet direct sur la précision de l'ajustement serré. Pour les montages de roulements requérant un haut niveau de préci-

sion, les valeurs indicatives de rugosité moyenne  $R_a$  sont données dans l'**Annexe D-2, page 387**. Ces valeurs indicatives sont valables pour les portées rectifiées.

**REMARQUE :** Pour les portées finement tournées, la rugosité doit être supérieure d'une ou deux catégories à celle des portées rectifiées. Pour les applications simples, des valeurs de rugosité relativement élevées sont admissibles.



## Fixation axiale des roulements

Un ajustement serré seul ne convient pas pour fixer axialement une bague de roulement. Il est donc nécessaire de prévoir un dispositif de blocage axial approprié.

Pour les roulements fixes, les deux bagues doivent être fixées axialement des deux côtés (→ **fig. 15**).

Pour les roulements libres, la fixation axiale dépend du modèle de roulement, comme suit :

- Pour les roulements non séparables, la bague dont l'ajustement est le plus serré (souvent la bague intérieure) doit être fixée axialement et la bague extérieure doit être libre de se déplacer axialement sur sa portée (→ **fig. 16**).
- Pour les roulements séparables, par exemple les roulements à rouleaux cylindriques, les deux bagues doivent être fixées axialement (→ **fig. 17**).
- Pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB, les deux bagues doivent être fixées axialement.

Pour les montages de roulements ajustés (en opposition), chaque bague de roulement ne doit être fixée axialement que d'un côté (→ **fig. 18**, **page 38**).

### Cotes de montage

Les dimensions des épaulements d'arbre et de palier, des manchons entretoises et des couvercles doivent pouvoir supporter les bagues de roulements, sans aucun contact entre les parties tournantes du roulement et un élément fixe.

La transition entre la portée du roulement et l'épaulement de l'arbre ou du palier peut prendre la forme d'un congé simple ou d'un dégagement. Les dimensions convenables pour les congés sont indiquées dans l'**Annexe D-3**, **page 387**. Plus le rayon du congé est grand (pour la courbe lisse), plus la répartition des contraintes dans la zone du congé d'arbre est favorable.

Lorsqu'un arbre est soumis à des charges élevées, il est préférable pour diminuer la concentration des contraintes de prévoir un congé de grand rayon. Une entretoise est alors disposée entre l'épaulement et la bague intérieure du roulement, afin d'offrir à cette dernière une surface d'appui suffisante. Côté épaulement, l'entretoise doit être chanfreinée de façon à ne pas porter sur l'arbre du congé (→ **fig. 19**).

Fig. 15

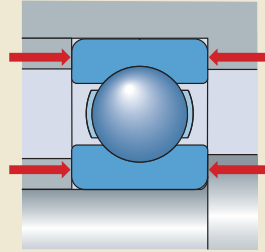


Fig. 16

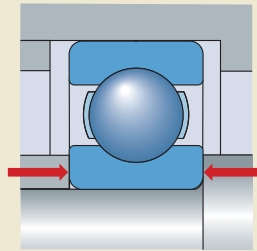
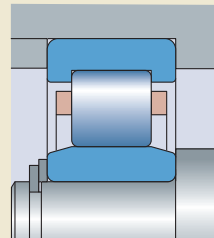


Fig. 17



## Principes de base

### Roulements à rouleaux toroïdaux CARB

Les roulements à rouleaux toroïdaux CARB tolèrent une dilatation axiale de l'arbre dans le roulement. Pour autoriser les déplacements axiaux de l'arbre par rapport au palier, il convient de prévoir suffisamment d'espace des deux côtés du roulement (→ **fig. 20**).

Pour savoir comment calculer la largeur d'appui, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

Fig. 18

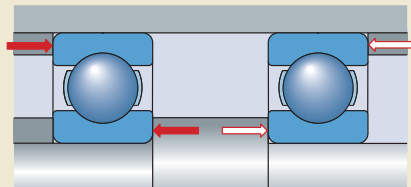


Fig. 19

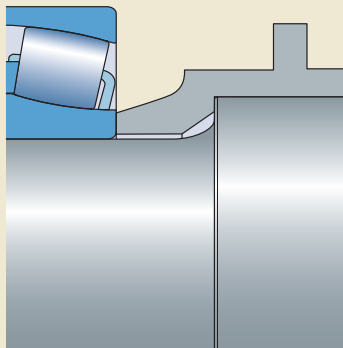


Fig. 20

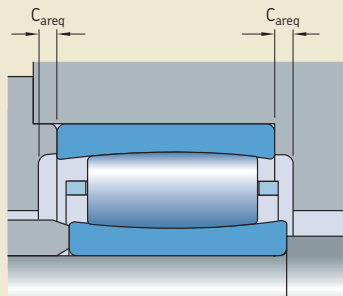


Fig. 21

1

## Dispositifs d'étanchéité

La performance d'un dispositif d'étanchéité est vitale pour la propreté du lubrifiant et la durée de service des roulements. Il existe deux types de joints pour roulements : les joints intégrés au roulement et les joints placés à l'extérieur du roulement.

### Joints externes

Il existe deux grandes catégories de joints externes :

- les joints frottants
- les joints non frottants

Les joints en contact avec des surfaces fixes sont appelés joints statiques et leur efficacité dépend de la déformation radiale ou axiale de leur section transversale une fois qu'ils sont installés. Les joints plats et les joints toriques en sont des exemples types. Les joints en contact avec les surfaces de glissement sont appelés joints dynamiques et sont utilisés pour étanchéifier les passages entre un élément fixe, par exemple un palier, et un élément tournant, en général l'arbre. Leur fonction est de retenir le lubrifiant et d'empêcher la pénétration de contaminants dans le montage de roulements (→ fig. 21).

Le joint frottant le plus courant est le joint radial. Parmi d'autres types comptent les joints V-ring et les joints en feutre.

**REMARQUE :** Lorsque la fonction principale d'un joint radial est de retenir le lubrifiant, sa lèvre d'étanchéité doit être placée du côté du lubrifiant, c'est-à-dire vers l'intérieur. Lorsque sa fonction principale est d'exclure les contaminants, la lèvre d'étanchéité doit se trouver du côté des contaminants, c'est-à-dire vers l'extérieur.

L'étanchéité est garantie par les joints radiaux non frottants grâce à un passage étroit et relativement long qui peut être axial, radial ou combiné. Les joints non frottants, qui varient des simples dispositifs à passage étroit aux joints à plusieurs chicanes (→ fig. 22), ne génèrent pas de frottements et ne s'usent pas.

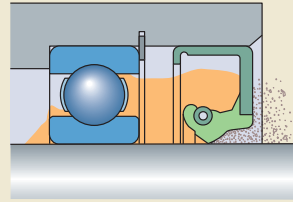


Fig. 22

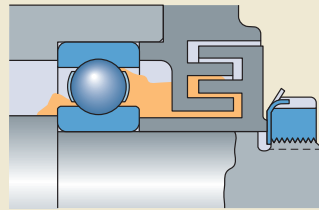
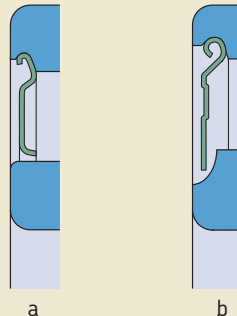


Fig. 23



## Principes de base

**REMARQUE :** Les joints non frottants conviennent pour les applications à grande vitesse et/ou à haute température.

### Solutions d'étanchéité de roulements intégrées

Il existe deux catégories de solutions d'étanchéité de roulement intégrées :

- les flasques
- les joints

#### Flasques

Les flasques, en tôle d'acier, sont sans frottement et sont utilisés dans des applications où la contamination est limitée. Ils sont également utilisés dans les applications où la vitesse ou les températures de fonctionnement exigent un faible frottement. Les roulements sont lubrifiés à vie et n'ont pas à être relubrifiés.

Les flasques forment (→ **fig. 23, page 39**) :

- un passage étroit avec l'épaule de la bague intérieure (**a**)
- un joint à chicane efficace doté d'une gorge dans l'épaule de la bague intérieure (**b**)

#### Joints

Les joints intégrés dans les roulements SKF sont généralement fabriqués en matériaux élastomères et renforcés par de la tôle d'acier.

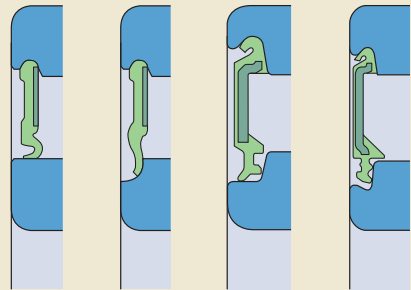
Les roulements dotés de joints frottants sont préférables lorsque les montages doivent résister à la contamination, lorsque l'humidité ou l'eau ne peut pas en être évacuée ou lorsqu'une durée de service prolongée est nécessaire avec un minimum de maintenance.

La manière dont le joint entre en contact avec la bague du roulement dépend du type de roulement et du modèle de joint. Les joints peuvent établir le contact d'une des manières suivantes (→ **fig. 24**) :

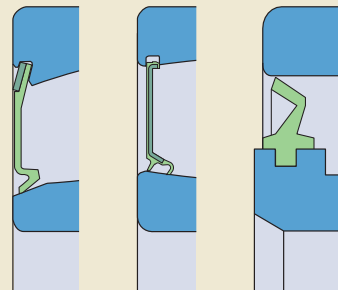
- avec l'épaule de la bague intérieure (**a**) ou contre une gorge de l'épaule de la bague intérieure (**b, c, d**)
- avec l'entrée du roulement, sur les côtés du chemin de la bague intérieure (**e, f**) ou de la bague extérieure (**g**)

Pour les roulements rigides à billes, SKF a également développé des joints non frottants inté-

Fig. 24

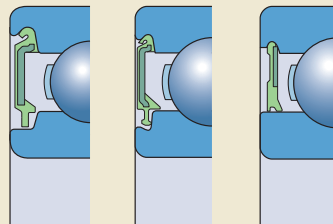


a b c d



e f g

Fig. 25



a b c

grés qui forment un passage extrêmement étroit avec la bague intérieure (→ fig. 25a et b) et des joints intégrés à faible frottement qui n'entrent pratiquement pas en contact avec la bague intérieure (→ fig. 25c). Ces deux types de joints répondent aux exigences d'étanchéité et de faible frottement du roulement. Ainsi, les roulements qui en sont équipés peuvent fonctionner aux mêmes vitesses que les roulements dotés de flasques, mais offrent une meilleure performance d'étanchéité. Ils sont lubrifiés à vie et n'ont pas à être relubrifiés.

## Stockage des roulements, des joints et des lubrifiants

Les conditions dans lesquelles les roulements, joints et lubrifiants sont stockés peuvent avoir un effet négatif sur leurs performances. Un contrôle du stock peut également jouer un rôle important en termes de performances, en particulier si les joints et les lubrifiants sont concernés. C'est pourquoi SKF recommande une politique de stockage de « premier entré, premier sorti ».

### Stockage des roulements, des paliers complets et des paliers

#### Conditions de stockage

Pour maximiser la durée de service des roulements, SKF recommande les principes d'entretien de base suivants :

- Stockez les roulements à plat, dans un endroit sec et sans vibrations, à une température fraîche et stable. Il ne doit pas y avoir de courant d'air dans la zone de stockage.
- Contrôlez et limitez l'humidité relative de la zone de stockage comme suit :
  - 75 % à 20 °C (70 °F)
  - 60 % à 22 °C (72 °F)
  - 50 % à 25 °C (75 °F)
- Laissez les roulements dans leur emballage d'origine fermé jusqu'au moment même du montage pour éviter la contamination due à la poussière et à l'humidité, ainsi que la corrosion des éléments des roulements.

**REMARQUE :** Les machines se trouvant à l'arrêt doivent tourner ou être démarrées aussi fréquemment que possible pour redistribuer la graisse dans les roulements et modifier la position des éléments roulants par rapport aux chemins.

Les paliers complets et les paliers doivent être stockés dans des conditions semblables à celles des roulements, c'est-à-dire dans un endroit frais, sans poussière et modérément ventilé, où l'humidité relative est contrôlée.

#### Durée de stockage des roulements ouverts

Les roulements SKF ont un revêtement à base d'un composant antirouille et sont convenablement emballés avant leur distribution. Pour les roulements ouverts, le conservateur fournit une protection contre la corrosion pendant environ cinq ans, si les conditions de stockage sont adéquates. SKF conseille de réaliser les opérations suivantes après cinq ans :

- 1 Retirez le roulement de son emballage, si possible sans endommager ce dernier.
- 2 Nettoyez le roulement avec un solvant adapté.
- 3 Séchez le roulement avec précaution.
- 4 Inspectez le roulement visuellement pour détecter d'éventuels signes de corrosion ou d'endommagement. Si le roulement est en bon état, appliquez un nouveau revêtement antirouille et remettez-le dans son emballage d'origine.

**REMARQUE :** L'inspection et remballage du roulement est un service qui peut être fourni par SKF. Contactez votre représentant SKF local ou votre distributeur agréé SKF.

#### Durée de stockage des roulements étanches

L'intervalle maximum de stockage des roulements étanches SKF dépend du lubrifiant dont sont garnis les roulements. Le lubrifiant se dégrade avec le temps en raison du vieillissement, de la condensation et de la séparation de l'huile et de l'épaississant. Par conséquent, les roulements étanches ne doivent pas être stockés pendant plus de trois ans.

## Principes de base

**REMARQUE :** Pour les petits roulements, il est difficile de retirer les joints, nettoyer le roulement, le graisser et, ensuite, de remettre les joints. Mais surtout, les joints pourraient être endommagés et les contaminants pourraient pénétrer dans les roulements pendant ce processus.

Certains roulements de plus grandes dimensions comportent des joints qui sont maintenus dans la bague intérieure par un circlip. Si nécessaire, les joints peuvent être retirés et remplacés.

## Stockage des joints en élastomère

### Conditions de stockage

Pour maximiser la durée de service des joints en élastomère, SKF recommande les principes d'entretien de base suivants :

- Stockez les joints en élastomère à plat, dans un endroit frais, modérément ventilé et à des températures comprises entre 15 et 25 °C (60 et 75 °F).
- Contrôlez et limitez l'humidité relative de la zone de stockage à 65 % maximum.
- Protégez les joints de la lumière directe du soleil ou de la lumière dont la proportion de rayons UV est élevée.
- Gardez les joints dans leur emballage d'origine jusqu'au moment même du montage pour éviter la dégradation du matériau exposé à l'environnement. Si les emballages d'origine ne sont pas disponibles, stockez-les dans des récipients hermétiques.
- Stockez les joints loin des solvants, carburants, lubrifiants et autres produits chimiques qui produisent des fumées et des vapeurs.
- Séparez les joints de matériaux différents.

**ATTENTION :** Les joints ne doivent jamais être suspendus avec des pinces ou sur des clous pour les stocker. Avec ce genre de stockage, les joints sont soumis à des déformations et des fissures permanentes en cas de contraintes ou de charge.

### Durée de stockage

Les propriétés physiques du caoutchouc naturel ou synthétique changent avec le temps et sont affectées par l'air, la chaleur, la lumière, l'humidité et certains métaux, en particulier le cuivre et le manganèse. De ce fait, les joints en caout-

chouc peuvent devenir inutilisables après avoir durci ou s'être ramollis, écaillés, fissurés ou subis d'autres dommages de surface.

## Stockage des lubrifiants

### Conditions de stockage

Les lubrifiants sont affectés par la température, la lumière, l'eau, l'humidité et l'oxygène. Une exposition accidentelle à ces éléments n'est normalement pas néfaste. Toutefois, leur exposition accélère le début du vieillissement.

Pour maximiser la durée de stockage des roulements, des joints et des lubrifiants, SKF propose les recommandations suivantes :

- Stockez les lubrifiants dans un endroit sec et sans vibrations dont la température est inférieure à 40 °C (105 °F). Ceci est particulièrement important pour les récipients qui ont été ouverts, car l'humidité entraîne la dégradation du lubrifiant et accélère son oxydation.
- Stockez les lubrifiants en intérieur sur des râteliers de stockage adaptés. Le stockage en intérieur protège également les étiquettes du récipient.
- Couchez les bidons d'huile pour les stocker, afin d'empêcher les contaminants de s'accumuler sur le dessus.
- Laissez les couvercles des récipients fermés pour éviter la pénétration de contaminants.
- Étiquetez tous les récipients clairement. Des étiquettes usées ou détériorées pourraient entraîner des problèmes d'identification. Il est également conseillé d'utiliser un code de couleurs.
- Laissez les lubrifiants dans leurs récipients d'origine.
- Ne stockez pas du lubrifiant distribué dans des bidons ouverts.

### Durée de stockage

La durée de vie d'un lubrifiant est la période allant de la date du remplissage à une date d'expiration estimée, à condition que le lubrifiant soit correctement stocké. Les dates de production apparaissent normalement en forme de code sur les récipients et doivent être contrôlées régulièrement. En général, la date de production des bidons de graisse pour roulements et des graisseurs automatiques SKF, par exemple, est

indiquée par un code de quatre chiffres tel que 0710 qui signifie que la graisse a été produite la 10<sup>ème</sup> semaine de l'année 2007.

La plupart des lubrifiants se dégradent avec le temps. Des indications concernant la durée de stockage de certains lubrifiants sont données dans le **tableau 3**.

Si un lubrifiant a dépassé sa durée de stockage, il peut ne plus être aussi efficace. C'est pourquoi SKF recommande vivement de n'utiliser que les lubrifiants qui se trouvent dans leur période de validité estimée.

**REMARQUE :** Tenez compte des implications financières que supposerait une panne de la machine provoquée par un lubrifiant périmé par rapport au coût de remplacement du lubrifiant.

### Élimination des lubrifiants

Une mauvaise élimination des lubrifiants peut s'avérer dangereuse pour la société et l'environnement. Débarrassez-vous de tous les lubrifiants conformément aux lois et réglementations nationales et locales, ainsi que selon les bonnes pratiques de protection de l'environnement.

Tableau 3

#### Durée de stockage des lubrifiants à 20 °C (70 °F)

Lubrifiant	Durée de stockage maximale
Huiles de lubrification	10 ans <sup>1)</sup>
Graisses de rechange SKF (à l'exception de la graisse compatible alimentaire LGFP 2)	5 ans
Graisse compatible alimentaire SKF LGFP 2	2 ans
Graisse contenue dans les roulements rigides à billes étanches SKF, par ex., MT47, MT33 ou GJN	3 ans
Lubrifiant contenu dans les graisseurs SKF SYSTEM 24, série LAGD	2 ans
Lubrifiant contenu dans les graisseurs SKF SYSTEM 24, série LAGE (sauf en cas de remplissage avec LGFP 2 ou de l'huile)	3 ans
Lubrifiant contenu dans les graisseurs SKF SYSTEM 24, série LAGE, remplis avec LGFP 2 ou de l'huile	2 ans

<sup>1)</sup> Les durées de stockage peuvent être écourtées en raison de certains additifs contenus dans le lubrifiant. Vérifiez auprès du fabricant du lubrifiant.





# Montage des roulements

<b>Préparations avant montage</b> . . . . .	<b>46</b>	<b>Instructions de montage par type de roulement.</b> . . . . .	<b>74</b>
Planification . . . . .	46	Montage des roulements à billes à contact oblique . . . . .	74
Propreté . . . . .	46	Roulements autonomes . . . . .	74
Retrait de l'agent de préservation des roulements neufs . . . . .	47	Ajustement des montages de roulements en X . . . . .	74
Contrôle des éléments associés . . . . .	47	Ajustement des montages de roulements en O . . . . .	76
Sécurité . . . . .	49	Roulements pour appariement universel et ensembles de roulements appariés . . . . .	76
Préparation des éléments . . . . .	49	Roulements à billes à contact oblique avec bague intérieure en deux pièces . . . . .	78
<b>Manipulation des roulements.</b> . . . . .	<b>49</b>	Montage des roulements à rotule sur billes . . . . .	79
<b>Jeu interne de roulement</b> . . . . .	<b>51</b>	Modèle de roulements de base avec billes débordantes . . . . .	79
Jeu avant et après le montage . . . . .	51	Roulements étanches à alésage conique . . . . .	79
Mesure du jeu avec un calibre à lame . . . . .	52	Roulements à bague intérieure débordante . . . . .	80
<b>Montage à froid</b> . . . . .	<b>53</b>	Montage des roulements à rouleaux cylindriques et à aiguilles . . . . .	80
Méthodes mécaniques . . . . .	53	Roulements à rouleaux cylindriques et à aiguilles à une rangée avec cage . . . . .	80
Roulements à alésage cylindrique . . . . .	53	Roulements à rouleaux cylindriques à quatre rangées . . . . .	82
Roulements à alésage conique . . . . .	54	Montage des roulements à rouleaux coniques . . . . .	84
La méthode par enfoncement axial SKF	57	Roulements à rouleaux coniques à une rangée . . . . .	84
La méthode par enfoncement axial SKF :		Roulements à rouleaux coniques à deux et plusieurs rangées . . . . .	89
Étape par étape . . . . .	58	Montage des roulements à rotule sur rouleaux et à rouleaux toroïdaux CARB . . . . .	90
La méthode à pression d'huile . . . . .	62	Roulements à rotule sur rouleaux étanches . . . . .	90
La méthode à pression d'huile :		Roulements à rouleaux toroïdaux CARB . . . . .	91
Étape par étape . . . . .	62		
La méthode SensorMount . . . . .	67		
<b>Montage à chaud</b> . . . . .	<b>68</b>		
Plaques chauffantes électriques . . . . .	68		
Appareils de chauffage par induction . . . . .	69		
Bagues de chauffage en aluminium . . . . .	69		
Armoires chauffantes . . . . .	70		
Radiateurs à infrarouge . . . . .	70		
Panneaux chauffants . . . . .	71		
Bains d'huile . . . . .	71		
<b>Outils de montage SKF</b> . . . . .	<b>72</b>		
Outils mécaniques . . . . .	72		
Outils hydrauliques . . . . .	73		
Dispositifs de chauffage . . . . .	73		
Gants . . . . .	73		

### Préparations avant montage

Les roulements sont des éléments fiables qui peuvent procurer une longue durée de service à une machine, à condition d'être montés et entretenus correctement. Un montage correct demande de l'expérience ainsi que du soin, de la propreté, de la précision, l'utilisation de la bonne méthode de montage et des outils appropriés.

### Planification

Avant le montage, étudiez tous les schémas et les instructions pour déterminer :

- l'ordre dans lequel monter les différents éléments
- le type, la taille et le modèle de roulement qui conviennent
- le lubrifiant adapté et la quantité à utiliser
- la méthode de montage appropriée
- les outils de montage adaptés

Les outils et méthodes utilisés pour monter les roulements dépendent souvent de la taille du roulement. En général, les roulements peuvent être classés comme suit :

- roulements de petites dimensions : diamètre d'alésage  $d \leq 80$  mm
- roulements de moyennes dimensions : diamètre d'alésage  $80 \text{ mm} < d < 200$  mm
- roulements de grandes dimensions : diamètre d'alésage  $d \geq 200$  mm

Pour obtenir des informations supplémentaires sur les outils de montage de roulements, y compris les outils mécaniques, les outils hydrauliques, les dispositifs de chauffage et les gants, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Pour obtenir les instructions de montage détaillées de roulements spécifiques (par désignation de roulement), visitez [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

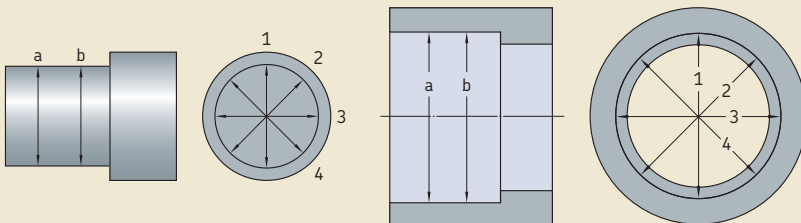
Le Reliability Maintenance Institute (RMI) de SKF propose une vaste gamme de cours de formation pour le montage (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Veuillez contacter votre représentant SKF local pour davantage d'informations ou visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

### Propreté

La propreté est essentielle pour assurer une longue durée de service du roulement. La propreté commence dans le local de stockage. Stockez les roulements dans un endroit frais et sec, sur des étagères qui ne sont pas soumises à des vibrations produites par des machines contiguës (→ *Stockage des roulements, des joints et des lubrifiants*, à partir de la **page 41**). N'ouvrez pas l'emballage du roulement avant le moment même de son installation.

Lorsque vous en avez la possibilité, installez les roulements dans un endroit sec, non poussiéreux, éloigné des ateliers d'usinage ou d'autres machines produisant des copeaux et de la poussière. Assurez-vous que les roulements et les surfaces de contact, y compris le lubrifiant,

Fig. 1



sont propres et ne contiennent pas de contaminants nuisibles.

Si les roulements doivent être montés dans une zone non protégée, ce qui est souvent le cas pour les roulements de grandes dimensions, des mesures doivent être prises pour protéger le roulement et le montage contre les contaminants tels que la poussière, les salissures et la moisissure, et ce jusqu'à la fin de l'installation. Cette protection peut consister à couvrir ou envelopper les roulements, les pièces de machines, etc. avec du plastique ou du papier d'aluminium.

**REMARQUE** : Il vaut mieux éviter que les roulements ne se salissent plutôt que d'avoir à les nettoyer. De nombreux types de roulements ne sont pas séparables et sont donc difficiles à nettoyer.

### Retrait de l'agent de préservation des roulements neufs

En laissant les roulements dans leur emballage d'origine jusqu'au moment de leur utilisation, vous éviterez de les exposer aux contaminants, particulièrement à la saleté. Normalement, l'agent de préservation appliqué sur les roulements neufs n'a pas besoin d'être totalement éliminé. Il suffit de frotter le diamètre extérieur et les surfaces de l'alésage.

**ATTENTION** : SKF recommande de nettoyer et de sécher les roulements avec précaution s'ils vont être lubrifiés à la graisse et utilisés à des températures très élevées ou très basses. Les roulements doivent aussi être nettoyés si le lubrifiant à utiliser n'est pas compatible avec l'agent de préservation (→ *Compatibilité entre les graisses et les agents de préservation SKF*, page 202).

### Contrôle des éléments associés

Un bon fonctionnement ne peut être obtenu que si les cotes et la forme de tous les éléments associés au roulement sont adéquates et si les tolérances prescrites sont respectées. Par conséquent :

- Éliminez la rouille ou les bavures.
- Vérifiez la précision dimensionnelle et de forme de tous les éléments associés au montage de roulements.

Fig. 2

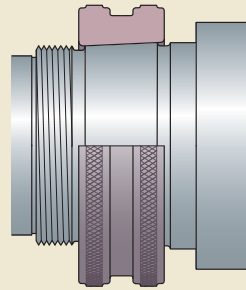


Fig. 3

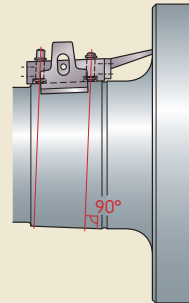
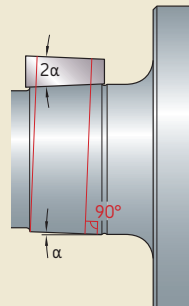


Fig. 4



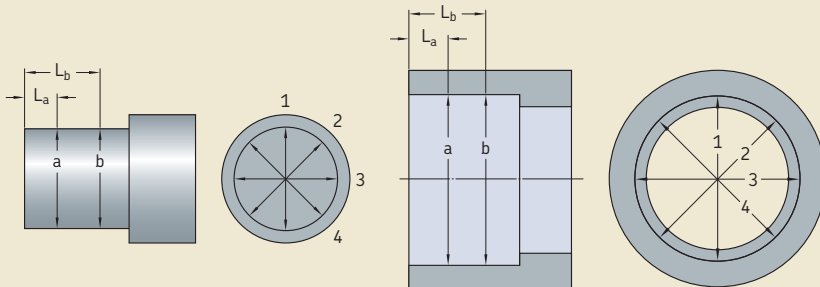
# Montage des roulements

Formulaire de rapport de mesures

Roulement :

Position du roulement :

Application :



Sens de mesure	<b>Arbre</b> Valeurs mesurées [mm] sur place				<b>Palier</b> Valeurs mesurées [mm] sur place			
	a	b	(c)	(d)	a	b	(c)	(d)
	Distance L				Distance L			
	Diamètre d				Diamètre D			
1								
2								
3								
4								
	Moyenne calculée : $(1+2+3+4)/4$				Moyenne calculée : $(1+2+3+4)/4$			

Remarques :

Date :

Contrôlé par :

- Vérifiez les portées d'arbre cylindriques. À l'aide d'un micromètre, mesurez à deux endroits de la portée d'arbre. Assurez-vous de mesurer dans quatre sens (→ **fig. 1**). Pour les grandes portées, une mesure prise à trois ou quatre endroits peut être nécessaire (→ **Formulaire de rapport de mesures, page 48**).
- Vérifiez les portées d'arbres coniques à l'aide d'une bague-calibre (→ **fig. 2**), d'un calibre de mesure de cônes (→ **fig. 3**) ou une barre à sinus (→ **fig. 4**).
- Les portées de paliers sont souvent contrôlées à deux endroits par un micromètre interne ou un autre calibre de mesure équivalent. Assurez-vous de mesurer dans quatre sens (→ **fig. 1, page 46**). Pour les grandes portées, une mesure prise à trois ou quatre endroits peut être nécessaire.
- Notez les mesures des diamètres d'arbre et d'alésage pour pouvoir vous y référer ultérieurement. Utilisez le formulaire de rapport de mesures.
- Montez les composants situés sur l'arbre en face du roulement.
- Pour un ajustement serré sur l'arbre et/ou dans le palier, recouvrez les portées du roulement d'une fine couche d'huile légère.
- Pour un ajustement libre sur l'arbre et/ou dans le palier, recouvrez les portées du roulement d'un agent anti-fretting SKF.
- Si l'arbre ou le manchon est équipé pour l'injection d'huile, assurez-vous que les conduites et les rainures sont propres.

Lorsque vous prenez les mesures, il est important que les éléments et les instruments de mesure soient à peu près à la même température. Cet aspect est particulièrement important en ce qui concerne les roulements de grandes dimensions et leurs éléments associés.

## Sécurité

Pour minimiser la possibilité de vous blesser lorsque vous manipulez ou montez des roulements :

- Portez toujours des gants, en particulier lorsque vous manipulez des roulements chauffés ou que vous travaillez avec des lubrifiants.
- Utilisez toujours des outils de levage ou de transport adaptés.
- Ne frappez jamais directement sur le roulement avec un objet dur tel qu'un marteau en acier ou un burin.

## Préparation des éléments

Avant de monter un roulement, préparez les éléments associés et procédez comme suit :

Fig. 5

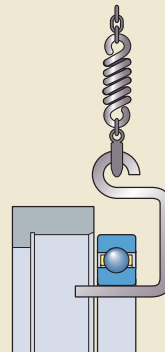
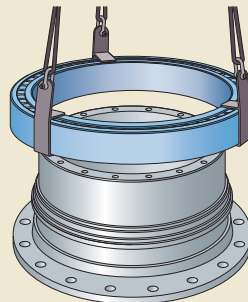


Fig. 6



### Manipulation des roulements

SKF recommande d'utiliser des gants ainsi que des outils de transport et de levage conçus spécialement pour le montage des roulements. Outre les questions de sécurité, l'utilisation des outils appropriés permet d'économiser du temps et des forces.

Pour la manipulation des roulements chauds ou huilés, SKF recommande de porter des gants résistant à la chaleur ou à l'huile (→ *Gants*, page 73).

Des roulements chauffés ainsi que les roulements de grandes dimensions et lourds peuvent être difficiles à manipuler en toute sécurité par une ou deux personnes. Dans ce cas, des dispositifs appropriés pour le levage et le transport du roulement doivent être utilisés (→ fig. 5, 6 et 7).

Pour les roulements de grandes dimensions et lourds, utilisez des appareils de levage qui soutiennent le roulement par le bas (→ fig. 8). Ne suspendez jamais le roulement par un seul point, car les bagues peuvent se déformer de manière permanente. Un ressort situé entre le crochet et le palan (→ fig. 5, page 49) peut faciliter la mise en place du roulement sur l'arbre.

Les roulements de grandes dimensions comportant des trous taraudés sur une des deux faces latérales de la bague peuvent recevoir des boulons à œil. Comme la taille et la profondeur des trous sont limitées par l'épaisseur de la bague, ces trous sont conçus pour ne supporter que le poids du roulement.

Vérifiez que les boulons à œil ne sont soumis qu'à une charge dans le sens de l'axe de la tige (→ fig. 9).

**ATTENTION :** Ne placez jamais d'éléments supplémentaires sur le roulement avant de le lever.

En cas de montage d'un palier de grandes dimensions en une pièce sur un roulement déjà en place sur un arbre, il est recommandé de suspendre le palier par trois endroits et qu'une des élingues soit réglable en longueur. Cela facilite le processus d'alignement de l'alésage du palier avec le diamètre extérieur du roulement.

Fig. 7

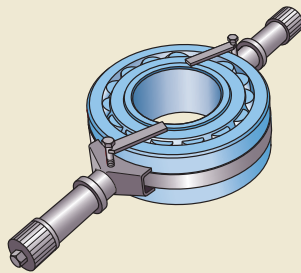


Fig. 8

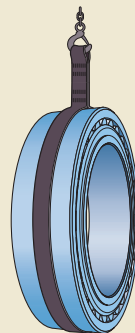
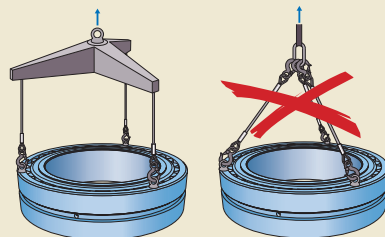


Fig. 9



## Jeu interne de roulement

Le jeu interne d'un roulement est la distance totale de déplacement d'une bague du roulement par rapport à l'autre.

Le déplacement dans le sens radial est appelé « jeu radial interne », le déplacement axial est dénommé « jeu axial interne » (→ **fig. 10**).

### Jeu avant et après le montage

Il est important de faire la distinction entre le jeu interne d'un roulement avant montage et le jeu interne d'un roulement monté dans des conditions de fonctionnement réelles.

Le jeu avant le montage est souvent supérieur au jeu de fonctionnement car les différents degrés de serrage lors de l'ajustement et les différences de dilatation thermique des bagues du roulement et des composants associés impliquent la dilatation ou la contraction des bagues.

En règle générale, le jeu radial interne de fonctionnement doit être légèrement supérieur à zéro et une légère précharge n'a pas d'effet néfaste sur les roulements à billes. La précharge n'est normalement pas recommandée pour les roulements de rechange car les portées peuvent ne plus être optimales.

Vous trouverez les valeurs de jeu avant le montage dans l'**Annexe E**, à partir de la **page 388**.

Fig. 10

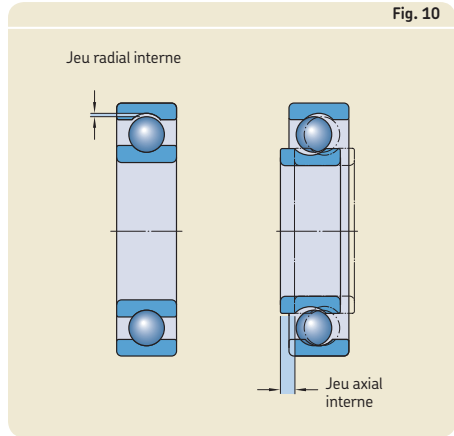


Fig. 11

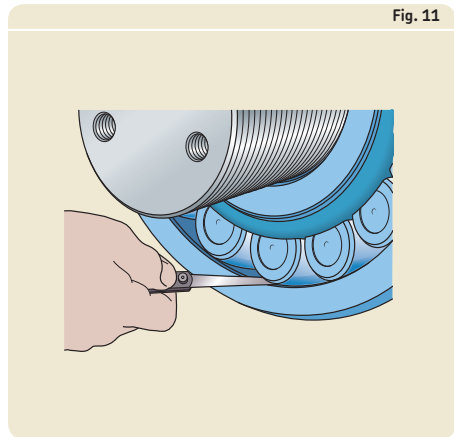
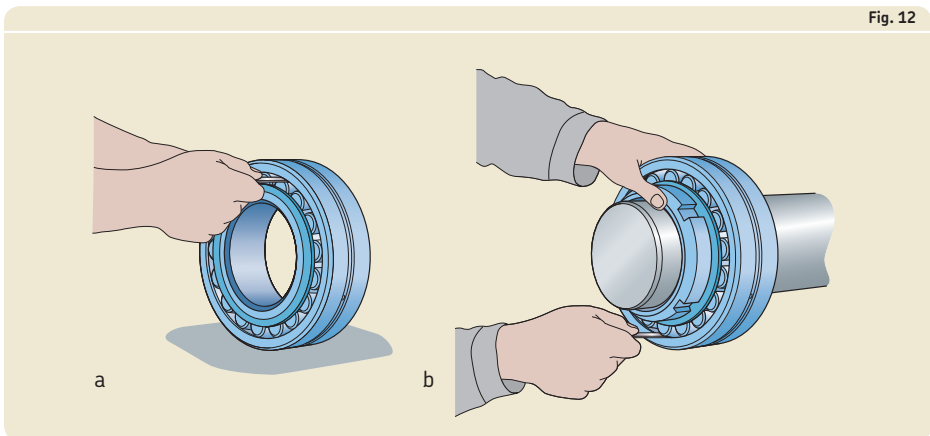


Fig. 12



## Montage des roulements

### Mesure du jeu avec un calibre à lame

Un calibre à lame est l'outil le plus souvent utilisé pour mesurer le jeu radial interne des roulements à rotule sur rouleaux et les roulements à rouleaux toroïdaux CARB de moyennes et grandes dimensions avant, pendant et après leur montage (→ **fig. 11, page 51**).

Avant d'effectuer la mesure, faites tourner les bagues intérieure et extérieure plusieurs fois. Assurez-vous que les deux bagues de roulement et le jeu de rouleaux sont centrés les uns par rapport aux autres.

Pour commencer, choisissez une lame de calibre légèrement plus fine que la valeur minimale du jeu initial du roulement (→ **Annexe E, à partir de la page 388**). Lorsque vous prenez les mesures, balayez la lame de l'avant vers l'arrière entre le milieu du rouleau et le chemin. Recommencez cette procédure avec une lame de plus en plus épaisse jusqu'à ce que vous sentiez une légère résistance entre la lame et le rouleau. Pour confirmer la valeur, tournez la bague intérieure de 180 degrés et mesurez à nouveau. Prenez les mesures entre :

- la bague extérieure et le rouleau le plus haut avant le montage (→ **fig. 12a, page 51**)
- la bague extérieure et le rouleau le plus bas après le montage (→ **fig. 12b, page 51**)

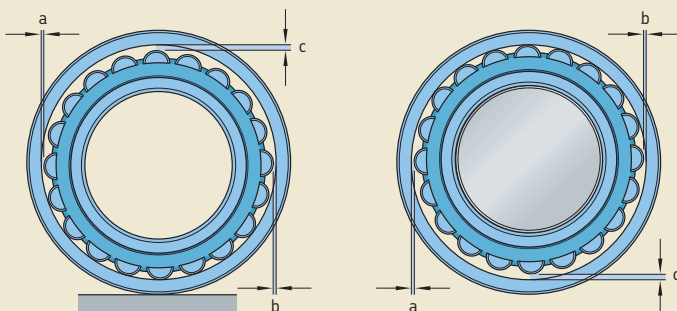
Pour les roulements de grandes dimensions, en particulier ceux dont la bague extérieure est relativement fine, les mesures se voient affectées par la déformation élastique des bagues provo-

quée par le poids du roulement ou la force exercée pour faire passer le calibre à lame à travers l'espace situé entre le chemin et un rouleau non chargé. Pour déterminer le « véritable » jeu avant et après le montage, appliquez la procédure suivante (→ **fig. 13**) :

- Mesurez le jeu « c » à « 12 heures » pour un roulement debout ou à « 6 heures » pour un roulement non monté suspendu sur l'arbre.
- Mesurez les jeux « a » à « 9 heures » et « b » à « 3 heures » sans bouger le roulement.
- Vous obtiendrez un « véritable » jeu radial interne relativement précis à l'aide de la formule suivante :

$$\text{jeu radial interne} = 0,5 (a + b + c).$$

Fig. 13





## Montage à froid

Il existe différentes méthodes pour le montage à froid :

- les méthodes mécaniques
- la méthode par enfoncement axial SKF
- la méthode à pression d'huile
- la méthode SensorMount

Les méthodes mécaniques sont souvent utilisées pour installer des roulements de petites dimensions à alésage cylindrique ou conique sur un arbre ou dans un palier. Les trois autres méthodes ne sont utilisées que pour enfoncer les roulements à alésage conique sur une portée conique.

**ATTENTION :** Lorsque vous montez un roulement, ne le frappez jamais directement avec un objet dur tel qu'un marteau en acier ou un burin et n'exercez jamais la force de montage à travers les éléments roulants.

### Méthodes mécaniques

#### Roulements à alésage cylindrique

Les roulements de petites dimensions doivent être montés avec un outil de montage de roulements approprié, par exemple le kit d'outils de montage de roulements SKF (→ fig. 14a).

Si l'arbre comporte un filetage externe (→ fig. 14b et c) ou interne (→ fig. 14d), ces filetages peuvent être utilisés pour monter le roulement sur un arbre.

Si un roulement doit être pressé à la fois contre l'arbre et dans l'alésage du palier, la force de montage exercée doit être la même sur les deux bagues (→ fig. 15).

Pour monter un plus grand nombre de roulements, une presse mécanique ou hydraulique peut être utilisée. Lorsque vous utilisez une presse, placez un manchon adapté entre le vérin et la bague à monter (→ fig. 16, page 54).

Fig. 14

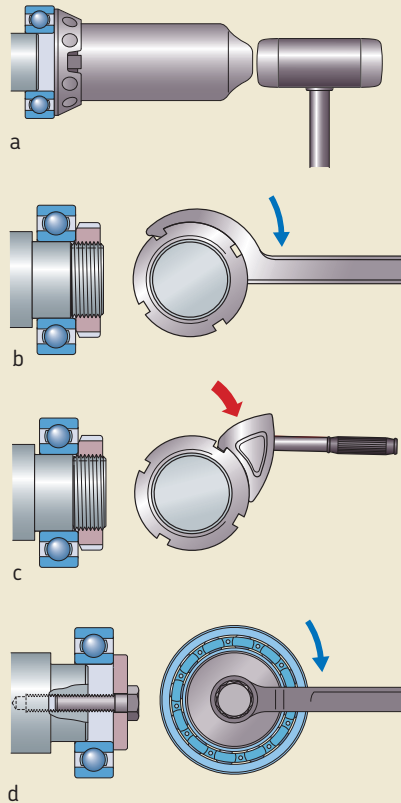
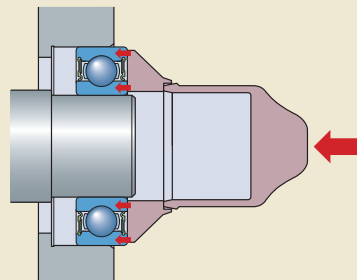


Fig. 15



## Montage des roulements

### Roulements à alésage conique

Les roulements de petites et moyennes dimensions peuvent être enfoncés sur une portée conique avec un outil de montage de roulements ou, de préférence, avec un écrou de serrage. Dans le cas des manchons de serrage, l'écrou-manchon est utilisé.

Une clé à ergot ou de frappe peut être utilisée pour serrer l'écrou (→ **fig. 17**) et pour enfoncer le roulement sur sa portée conique. Des petits manchons de démontage peuvent être insérés dans l'alésage du roulement à l'aide d'un outil de montage de roulements ou d'une plaque d'obturation.

Les roulements au diamètre d'alésage  $d \geq 50$  mm peuvent être montés simplement et de manière fiable avec la méthode par enfoncement axial SKF (→ *La méthode par enfoncement axial SKF*, à partir de la **page 57**).

L'association de la méthode par enfoncement axial SKF et la méthode à pression d'huile facilite le montage des roulements de moyennes et grandes dimensions (→ *La méthode à pression d'huile*, à partir de la **page 62**).

L'association de la méthode à pression d'huile et la méthode SENSORMOUNT simplifie encore davantage le montage des roulements de grandes dimensions (→ *La méthode SENSORMOUNT*, **page 67**).

Les roulements à alésage conique se montent avec un ajustement serré. Normalement, le degré de serrage se détermine grâce à l'une des méthodes suivantes :

- perception de la réduction de jeu en faisant pivoter la bague extérieure
- mesure de la réduction de jeu avec un calibre à lame
- mesure de l'angle de serrage de l'écrou de serrage
- mesure de l'enfoncement axial
- mesure de la dilatation de la bague intérieure

Fig. 16

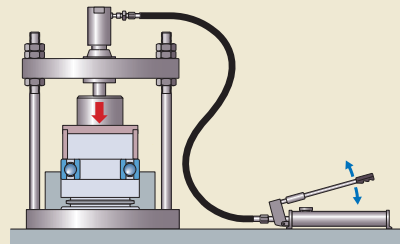


Fig. 17

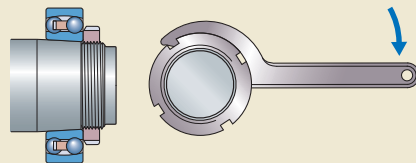


Fig. 18

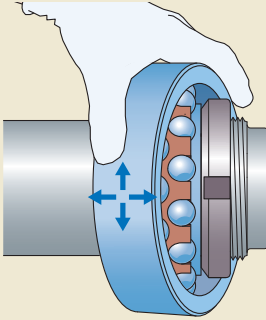
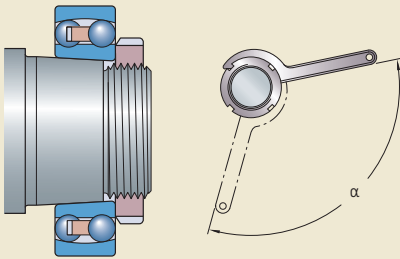


Fig. 19



### Perception de la réduction de jeu en faisant pivoter la bague extérieure

Lorsque vous montez des roulements à rotule sur billes avec un jeu radial normal, en général, il suffit de contrôler le jeu pendant l'enfoncement axial en faisant tourner et pivoter la bague extérieure (→ **fig. 18**). Les roulements sont correctement montés lorsque la bague extérieure tourne facilement, mais en offrant une légère résistance lorsqu'elle est pivotée. Le roulement a alors l'ajustement serré requis.

### Mesure de la réduction de jeu avec un calibre à lame

L'utilisation d'un calibre à lame (→ **fig. 12, page 51**) est une manière de mesurer le jeu radial interne des roulements de moyennes et grandes dimensions avant, pendant et après le montage (→ *Mesure du jeu avec un calibre à lame, page 52*).

Des recommandations de valeurs de réduction du jeu radial interne sont données pour :

- les roulements à rotule sur rouleaux dans l'**Annexe F-2** (→ **page 403**)
- les roulements à rouleaux toroïdaux CARB dans l'**Annexe F-3** (→ **page 404**)

### Mesure de l'angle de serrage de l'écrou de serrage ( $\alpha$ )

SKF recommande cette méthode (→ **fig. 19**) pour le montage des roulements de petites et moyennes dimensions à alésage conique et au diamètre d'alésage de jusqu'à 120 mm. Des valeurs indicatives pour l'angle de serrage de l'écrou de serrage ( $\alpha$ ) sont données pour :

- les roulements à rotule sur billes dans l'**Annexe F-1** (→ **page 402**)
- les roulements à rotule sur rouleaux dans l'**Annexe F-2** (→ **page 403**)
- les roulements à rouleaux toroïdaux CARB dans l'**Annexe F-3** (→ **page 404**)

Avant de commencer la procédure finale de serrage, placez le roulement sur la portée conique jusqu'à ce qu'il se trouve fermement en place. En serrant l'écrou selon l'angle recommandé ( $\alpha$ ), le roulement est enfoncé sur la distance adéquate sur la portée conique. La bague intérieure du roulement a alors l'ajustement serré requis.

## Montage des roulements

### Mesure de l'enfoncement axial

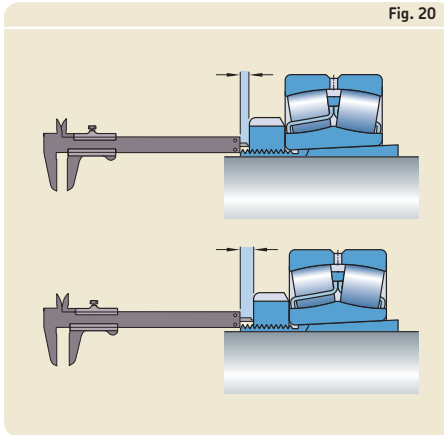
Le contrôle du déplacement axial d'un roulement sur sa portée conique constitue une manière simple de trouver l'ajustement. Une manière de le faire est de mesurer simplement le déplacement axial (→ **fig. 20**). Cette méthode n'est pas très précise car il n'est pas facile de déterminer la position de départ.

Des valeurs indicatives pour l'enfoncement axial sont données pour :

- les roulements à rotule sur billes dans l'**Annexe F-1** (→ **page 402**)
- les roulements à rotule sur rouleaux dans l'**Annexe F-2** (→ **page 403**)
- les roulements à rouleaux toroïdaux CARB dans l'**Annexe F-3** (→ **page 404**)

La méthode la plus efficace est la méthode par enfoncement axial SKF qui constitue un moyen facile, rapide et très fiable de trouver le bon enfoncement et ainsi l'ajustement serré adéquat (→ *La méthode par enfoncement axial SKF*, à partir de la **page 57**).

Fig. 20



### Mesure de la dilatation de la bague intérieure

La mesure de la dilatation de la bague intérieure lorsque le roulement est enfoncé sur sa portée conique simplifie le processus de montage des roulements de grandes dimensions. Pour ce faire, il existe la méthode SENSORMOUNT qui utilise un capteur intégré dans la bague intérieure du roulement et un indicateur portable spécifique (→ *La méthode SENSORMOUNT*, **page 67**).

Tableau 1

#### Outils appropriés pour la méthode par enfoncement axial SKF

Désignation	Description
<b>Écrous hydrauliques</b>	
HMV ..E, par ex. HMV 40E	Écrou hydraulique à filetage métrique, par ex. M 200 × 3
HMVC ..E, par ex. HMVC 40E	Écrou hydraulique à filetage en pouces, par ex. ANF 7.847 × 8 Classe 3
<b>Pompes</b>	
729124 SRB	Pompe hydraulique manuelle pour – pression de service de jusqu'à 100 MPa et – écrous hydrauliques de jusqu'à 270 mm de diamètre de filetage
TMJL 100 SRB	Pompe hydraulique manuelle pour – pression de jusqu'à 100 MPa et – écrous hydrauliques de jusqu'à 460 mm de diamètre de filetage
TMJL 50 SRB	Pompe hydraulique manuelle pour – pression de service de jusqu'à 50 MPa et – écrous hydrauliques de jusqu'à 1 000 mm de diamètre de filetage
<b>Manomètre</b>	
TMJG 100 D	Plage de pressions : 0 – 100 MPa
<b>Comparateurs à cadran</b>	
TMCD 10R	Comparateur à cadran horizontal pour une mesure de déplacement de jusqu'à 10 mm
TMCD 1/2R	Comparateur à cadran horizontal pour une mesure de déplacement en pouces de jusqu'à 0,5 in.
TMCD 5	Comparateur à cadran vertical pour une mesure de déplacement de jusqu'à 5 mm

Fig. 21

## La méthode par enfoncement axial SKF

La méthode par enfoncement axial SKF est recommandée pour les roulements de moyennes et grandes dimensions. Cette méthode repose sur une procédure de montage en deux étapes à l'aide d'un écrou hydraulique équipé d'un comparateur à cadran.

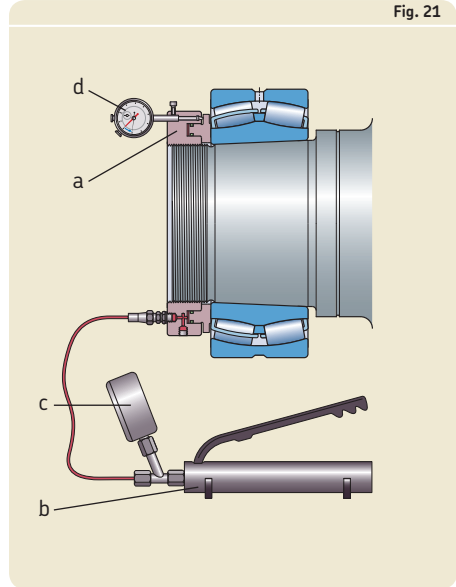
Première étape : en appliquant une pression prédéterminée dans l'écrou hydraulique, vous obtenez une position de départ fiable.

Deuxième étape : en augmentant la pression dans l'écrou hydraulique, la bague intérieure du roulement est poussée davantage sur sa portée conique. Le déplacement est mesuré par le comparateur à cadran jusqu'à atteindre le déplacement axial prédéterminé. Des valeurs indicatives concernant la pression d'huile nécessaire pour atteindre la position de départ et le déplacement axial pour la position finale sont données pour :

- les roulements à rotule sur billes dans **l'Annexe H-1 (→ page 406)**
- les roulements à rotule sur rouleaux dans **l'Annexe H-2 (→ page 407)**
- les roulements à rouleaux toroïdaux CARB dans **l'Annexe H-3 (→ page 411)**

Les outils suivants sont nécessaires pour la méthode par enfoncement axial SKF (→ **tableau 1** et **fig. 21**) :

- un écrou hydraulique SKF HMV ..E ou HMVC ..E (**a**)
- une pompe hydraulique aux dimensions adaptées (**b**)
- un manomètre, adapté aux conditions de montage (**c**)
- un comparateur à cadran adapté (**d**)



## Montage des roulements

### La méthode par enfoncement axial SKF : Étape par étape

- 1 Avant de commencer, lisez attentivement les recommandations données dans *Préparations avant montage*, à partir de la **page 46**, et appliquez-les le cas échéant.
- 2 Déterminez si une seule ou deux surfaces glissent pendant le montage (→ **fig. 22**) :

- une surface : **cas 1, 2 et 3**
- deux surfaces : **cas 4 et 5**

- 3 Vérifiez si le diamètre d'alésage du roulement et le diamètre de filetage de l'écrou hydraulique sont identiques (→ **fig. 22 : cas 1, 3 et 4**). Si tel est le cas, la pression d'huile nécessaire pour atteindre la position de départ est indiquée pour :

- les roulements à rotule sur billes dans **l'Annexe H-1 (→ page 406)**
- les roulements à rotule sur rouleaux dans **l'Annexe H-2 (→ page 407)**
- les roulements à rouleaux toroïdaux CARB dans **l'Annexe H-3 (→ page 411)**

Si le diamètre d'alésage du roulement et le diamètre de filetage de l'écrou hydraulique ne sont pas identiques (→ **fig. 22 : cas 2 et 5**), la pression d'huile nécessaire pour atteindre la position de départ doit être ajustée, car l'écrou hydraulique utilisé est plus petit que celui préconisé pour le roulement. Dans ce cas, la pression d'huile nécessaire peut être calculée selon

$$P_{\text{req}} = \frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{req}}} P_{\text{ref}}$$

avec

$P_{\text{req}}$  = pression d'huile nécessaire pour l'écrou hydraulique utilisé [MPa]

$P_{\text{ref}}$  = pression d'huile nécessaire pour l'écrou hydraulique de référence [MPa]

$A_{\text{req}}$  = surface du piston de l'écrou hydraulique utilisé [mm<sup>2</sup>]

$A_{\text{ref}}$  = surface du piston de l'écrou hydraulique de référence [mm<sup>2</sup>]

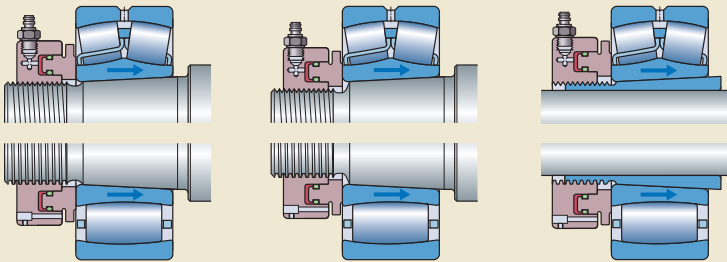
La liste des valeurs adéquates pour  $P_{\text{ref}}$ ,  $A_{\text{req}}$  et  $A_{\text{ref}}$  se trouve dans les annexes susmentionnées.

- 4 Recouvrez les surfaces de glissement d'une fine couche d'huile légère et placez le roulement sur l'arbre ou le manchon conique.
- 5 Vissez l'écrou hydraulique sur le filetage de l'arbre ou du manchon jusqu'à ce qu'il touche le roulement ou le manchon de démontage (→ **fig. 23**).

**REMARQUE :** Vous trouverez les instructions de montage détaillées spécifiques à la désignation du roulement sur [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

Fig. 22

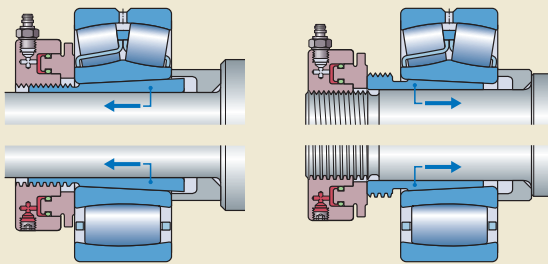
Étapes 2 et 3 : Déterminer le nombre de surfaces de glissement et la pression de départ appropriée.



cas 1

cas 2

cas 3



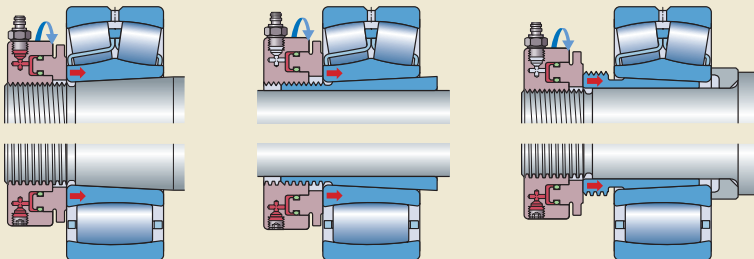
cas 4

cas 5

2

Fig. 23

Étape 5 : Mettre en place l'écrou hydraulique.



Arbre conique

Manchon de serrage

Manchon de démontage

Fig. 24

Étape 6 : Appliquer la pression nécessaire pour atteindre la position de départ.

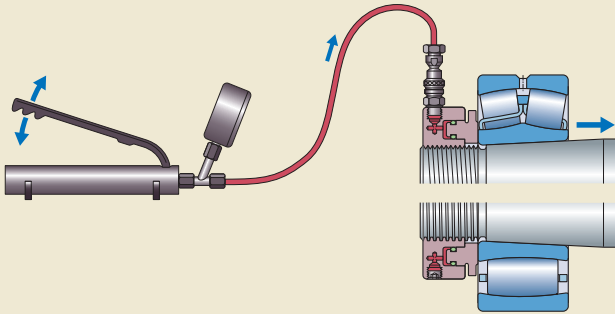


Fig. 25

Étape 7 : Lire le déplacement axial sur l'écran du comparateur.

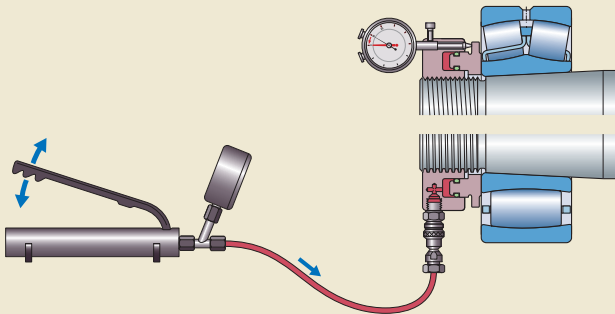
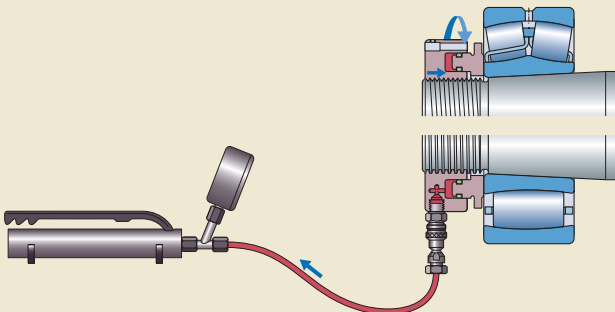


Fig. 26

Étape 9 : Évacuer l'huile de l'écrou hydraulique.





- 6 Raccordez la pompe à huile à l'écrou hydraulique. Placez le roulement dans sa position de départ en injectant de l'huile dans l'écrou hydraulique jusqu'à atteindre la pression d'huile nécessaire. Ne relâchez pas la pression (→ fig. 24).
- 10 Débranchez la pompe à huile et retirez l'écrou de l'arbre ou du manchon. Le roulement ne se desserrera pas.
- 11 Fixez le roulement sur sa portée d'arbre ou sur le manchon, par exemple en utilisant le dispositif de blocage approprié (→ fig. 27).

**REMARQUE :** Lorsque vous montez le roulement avec la méthode à pression d'huile, n'injectez pas d'huile entre les surfaces de contact avant d'avoir atteint la position de départ.

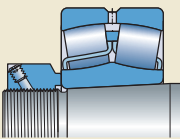
- 7 Montez le comparateur à cadran sur l'écrou hydraulique. Réglez le comparateur à cadran sur la distance d'enfoncement requise. Pompez davantage d'huile vers l'écrou hydraulique jusqu'à ce que le roulement soit enfoncé sur la distance nécessaire et que le comparateur à cadran affiche zéro (→ fig. 25).

**REMARQUE :** Si la méthode à pression d'huile est utilisée, ouvrez le clapet de décharge de la pompe à huile utilisée pour l'injection (sur l'arbre ou le manchon) et laissez l'huile s'écouler pendant au moins 20 minutes.

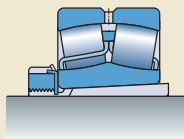
- 8 Une fois le montage terminé, ouvrez le clapet de décharge de la pompe à huile pour dépressuriser l'huile.
- 9 Pour évacuer l'huile, ramenez le piston de l'écrou hydraulique à sa position initiale. Pour ce faire, vissez l'écrou dans la partie filetée de l'arbre ou du manchon (→ fig. 26).

Fig. 27

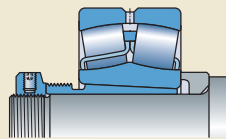
Étape 11 : Fixer le roulement sur sa portée d'arbre ou sur le manchon.



Arbre conique



Manchon de serrage



Manchon de démontage

## Montage des roulements

### La méthode à pression d'huile

L'utilisation de la méthode à pression d'huile (→ **fig. 28**) permet d'économiser des efforts considérables lors du montage d'un roulement à alésage conique. Avec cette méthode, l'huile sous pression est injectée entre l'alésage du roulement et sa portée pour former une pellicule d'huile. Cette pellicule d'huile sépare les surfaces de contact et réduit considérablement leur frottement.

A partir du moment où l'application a été préparée pour la pression d'huile (→ **Annexe G, page 405**), cette méthode peut être utilisée pour monter un roulement :

- sur un arbre conique
- sur un manchon de serrage
- sur un manchon de démontage

SKF peut fournir l'équipement nécessaire à la mise en œuvre de la méthode à pression d'huile. Les produits sont décrits dans la section *Outils hydrauliques*, **page 73**.

Si la méthode à pression d'huile est appliquée lors du montage des roulements de moyennes et grandes dimensions, SKF recommande la procédure de montage étape par étape suivante.

### La méthode à pression d'huile : Étape par étape

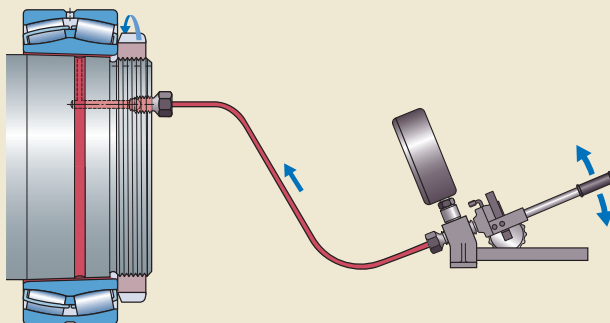
**1** Avant de commencer, lisez attentivement les recommandations données dans *Préparations avant montage*, à partir de la **page 46**, et appliquez-les le cas échéant.

**2** Mesurez le jeu radial interne du roulement. Déterminez également la réduction de jeu nécessaire et la distance d'enfoncement axial du roulement (→ *La méthode par enfoncement axial SKF*, à partir de la **page 57**). Des valeurs indicatives sont données pour :

- les roulements à rotule sur billes dans **l'Annexe F-1** (→ **page 402**)
- les roulements à rotule sur rouleaux dans **l'Annexe F-2** (→ **page 403**)
- les roulements à rouleaux toroïdaux CARB dans **l'Annexe F-3** (→ **page 404**)

**REMARQUE :** Lorsque vous mesurez le jeu radial interne, suivez les instructions données dans *Mesure du jeu avec un calibre à lame*, **page 52**.

Fig. 28



**3 Montage sur manchon :**

- Le cas échéant, retirez l'écrou et le dispositif de blocage. Lorsque vous utilisez un écrou de serrage pour mettre le roulement en place, recouvrez le filetage du manchon et le côté de l'écrou se trouvant face au roulement d'une pâte de disulfure molybdène.

**4 Recouvrez les surfaces de contact d'une fine couche d'huile légère.****5 Commencez à monter le roulement (→ fig. 29).**

Arbre conique :

- Poussez le roulement sur sa portée.

Manchon de serrage :

- Glissez le manchon jusqu'à sa position. Placez le roulement sur le manchon.

Manchon de démontage :

- Placez le roulement de sorte à le centrer sur l'arbre et à l'appuyer contre la surface d'appui. Poussez le manchon le long de l'arbre dans l'alésage du roulement.

**6 Mettez en place les accessoires.**

Arbre conique :

- Vissez l'écrou de serrage ou l'écrou hydraulique sur l'arbre jusqu'à ce que le roulement soit fermement en place.

Manchon de serrage :

- Vissez l'écrou de serrage ou l'écrou hydraulique sur le manchon jusqu'à ce que le roulement soit fermement en place.

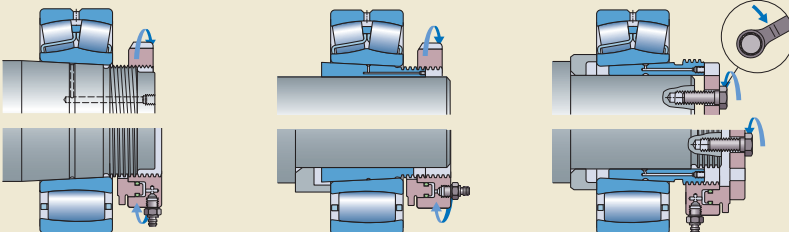
Manchon de démontage :

- Lorsque vous utilisez un écrou hydraulique ou que vous appliquez la méthode par enfoncement axial SKF pour enfoncer le manchon dans l'alésage du roulement, vissez l'écrou sur le manchon de manière à ce que le piston soit tourné vers l'extérieur, en laissant un passage au moins équivalent à la distance de montage axiale. Prévoyez un arrêt sur l'arbre, par exemple une plaque d'obturation contre laquelle puisse buter le piston.

**REMARQUE :** En cas de résistance excessive au glissement, élargissez légèrement le manchon en insérant dans sa rainure une petite cale en plastique.

Fig. 29

Étapes 5 et 6 : Mettre en place le roulement et les accessoires.



Arbre conique

Manchon de serrage

Manchon de démontage

## Montage des roulements

### 7 Installez les raccords et les tuyaux adaptés (→ fig. 30).

Arbre conique :

- Installez le raccord dans le trou fileté pour l'alimentation en huile à l'extrémité de l'arbre.

Manchon de serrage :

- Vissez le tuyau d'alimentation en huile avec un raccord instantané dans le côté fileté du manchon.

Manchon de démontage :

- Vissez le tuyau d'alimentation en huile avec un raccord instantané dans le côté fileté du manchon.

### 8 Raccordez la pompe à huile adaptée.

**REMARQUE :** Lorsque vous utilisez la méthode par enfoncement axial SKF, suivez la procédure décrite dans *La méthode par enfoncement axial SKF*, à partir de la **page 57**.

### 9 Injectez de l'huile d'une viscosité d'environ 300 mm<sup>2</sup>/s à 20 °C (70 °F), par exemple du Fluide de montage SKF, entre les surfaces de contact jusqu'à ce qu'elles soient séparées par une couche d'huile (→ fig. 31).

### 10 Enfoncez le roulement (→ fig. 32).

Arbre conique :

- Enfoncez le roulement sur la distance déterminée jusqu'à sa position finale sur l'arbre en serrant l'écrou de serrage ou à l'aide de l'écrou hydraulique.

Manchon de serrage :

- Enfoncez le roulement sur la distance déterminée jusqu'à sa position finale sur le manchon en serrant l'écrou de serrage ou à l'aide de l'écrou hydraulique.

Manchon de démontage :

- Enfoncez le manchon dans l'alésage du roulement sur la distance axiale déterminée en serrant les vis l'une après l'autre ou à l'aide de la pompe à huile de l'écrou hydraulique.

**REMARQUE :** Lorsque vous utilisez la méthode par enfoncement axial SKF, appliquez la pression d'huile appropriée sur l'écrou hydraulique jusqu'à ce que le roulement se trouve dans sa position de départ. Mettez ensuite le comparateur à cadran en place et réglez-le sur la valeur d'enfoncement requise. Continuez à pomper l'huile jusqu'à ce que le comparateur atteigne la distance d'enfoncement. Le comparateur affichera alors zéro.

Fig. 30

Étapes 7 et 8 : Installer les raccords et les tuyaux et brancher l'équipement d'injection d'huile.

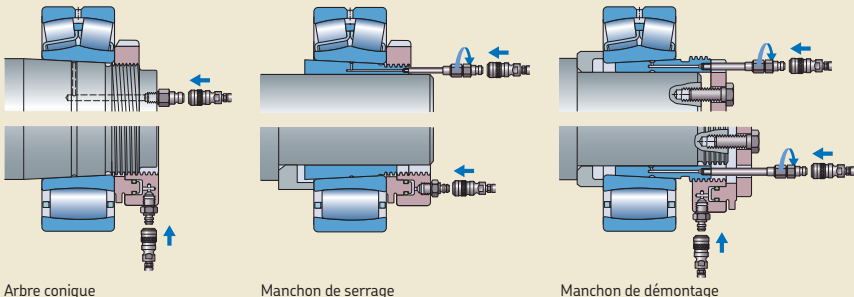
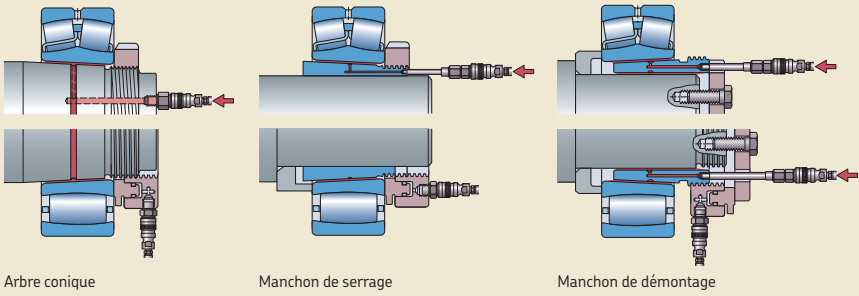


Fig. 31

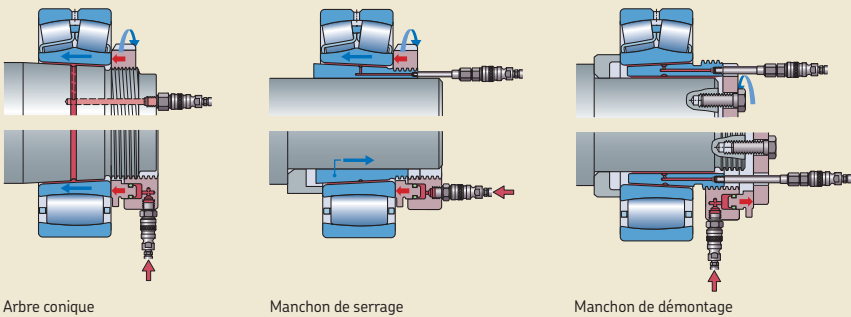
Étape 9 : Injecter l'huile à haute pression pour séparer les surfaces de contact.



2

Fig. 32

Étape 10 : Enfoncer le roulement.



## Montage des roulements

**11** Une fois le montage terminé, ouvrez le clapet de décharge de la pompe utilisée pour l'injection d'huile. Laissez couler l'huile pendant au moins 20 minutes.

**ATTENTION :** Lorsque vous utilisez la méthode par enfoncement axial SKF, ne relâchez pas la pression vers l'écrou hydraulique à ce stade.

**12** Vérifiez le jeu radial interne résiduel à l'aide d'un calibre à lame.

**REMARQUE :** Lorsque vous utilisez la méthode par enfoncement axial SKF, il n'est pas nécessaire de vérifier le jeu radial interne après le montage.

**13** Si le jeu résiduel correspond aux valeurs recommandées, débranchez l'alimentation en huile de l'arbre ou du manchon (y compris le tuyau-rallonge), retirez le raccord et remplacez la conduite d'huile.

**REMARQUE :** Lorsque vous utilisez la méthode par enfoncement axial SKF, ouvrez le clapet de décharge de la pompe qui fait fonctionner l'écrou hydraulique. Pour vider l'écrou, remplacez le piston sur la position de départ en remontant le filetage.

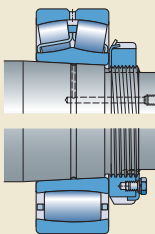
**14** Le cas échéant, retirez l'écrou de serrage, l'écrou hydraulique ou les vis de la plaque d'obturation. L'ensemble ne se démontera pas.

**15** Fixez le roulement à l'aide du dispositif de blocage adapté (→ fig. 33) :

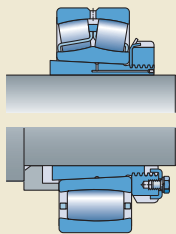
- Pour les écrous de serrage KM ou KML, utilisez la rondelle-frein MB ou MBL adaptée.
- Pour les écrous de serrage des séries HM 30 et HM 31, utilisez l'étrier-frein et le boulon fournis.
- Pour les applications comportant une plaque d'obturation, utilisez des boulons et les rondelles à ressort correspondantes.

Fig. 33

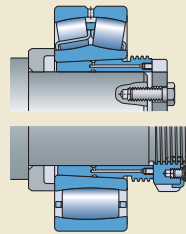
Étape 15 : Fixer le roulement.



Arbre conique



Manchon de serrage



Manchon de démontage

## La méthode SensorMount

La méthode SensorMount permet de monter les roulements à rotule sur rouleaux SKF et les roulements à rouleaux toroïdaux CARB à alésage conique et d'un diamètre de 340 mm et plus, avec précision sans avoir à mesurer le jeu radial interne ni la distance d'enfoncement avant ou après le montage. Le montage est rapide et précis.

Cette méthode utilise un capteur intégré dans la bague intérieure du roulement et un comparateur portatif spécifique (→ fig. 34). Le comparateur traite les informations fournies par le capteur. La dilatation de la bague intérieure, qui correspond au rapport entre la réduction du jeu (en  $\mu\text{m}$ ) et le diamètre d'alésage du roulement (en m), s'affiche. La valeur 0,450 affichée sur l'écran du comparateur est une limite courante pour les roulements fonctionnant dans des conditions normales.

Les aspects relatifs à la taille du roulement, au matériau de l'arbre, à son modèle (plein ou creux) et à la finition de la surface n'ont pas besoin d'être pris en compte.

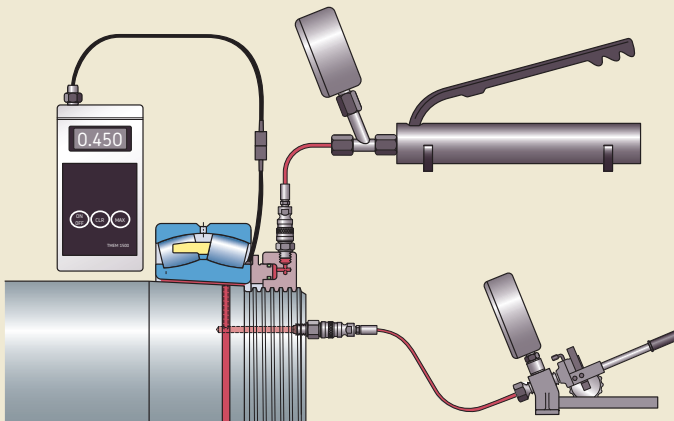
Pour les roulements qui seront montés sur un arbre ou un manchon de serrage conique, faites en sorte que le capteur se trouve sur le petit côté du diamètre d'alésage de la bague intérieure (préfixe de désignation ZE, par exemple

ZE 23084 CAK/W33). Le capteur se trouvera sur le grand côté du diamètre d'alésage pour les roulements à monter sur un manchon de démontage (préfixe de désignation ZEB, par exemple ZEB C 3084 KM).

**REMARQUE :** Des instructions de montage détaillées sont fournies avec le roulement. Autrement, vous trouverez également des instructions sur [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

2

Fig. 34



### Montage à chaud

La différence de température nécessaire entre la bague du roulement et l'arbre ou le palier dépend du serrage et du diamètre de la portée.

Pour le chauffage des roulements, le contrôle de la température est essentiel :

- Ne chauffez pas des roulements ouverts à plus de 120 °C (250 °F).
- Ne chauffez pas des roulements étanches à plus de 80 °C (175 °F) pour préserver leur garniture de graisse et/ou le matériau d'étanchéité.

Pour les paliers, une augmentation modérée de la température, de 20 à 50 °C (35 à 90 °F), est normalement suffisante car le degré de serrage est rarement élevé.

Une fois qu'un roulement a été chauffé, l'objectif est de le mettre en place sur son épaulement le plus vite possible et de l'y laisser jusqu'à ce qu'il refroidisse. Pour ce faire, SKF recommande d'utiliser l'outil SKF de maintenance de roulements et un appareil de levage, en particulier lorsque vous montez des roulements de moyennes et grandes dimensions (→ fig. 7 à 9, page 50).

**ATTENTION :** Lorsque vous montez un roulement, ne le frappez jamais directement avec un objet dur tel qu'un marteau en acier ou un burin et n'exercez jamais la force de montage à travers les éléments roulants.

Pour chauffer un roulement ou un palier à la température appropriée rapidement et en toute sécurité, SKF offre une vaste gamme d'appareils de chauffage. Nous présentons ci-après une liste des techniques de chauffage existant et leurs utilisations types.

**ATTENTION :** Ne chauffez jamais un roulement à feu nu (→ fig. 35) !

Fig. 35

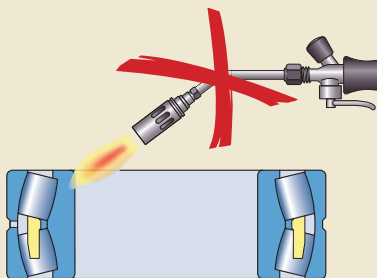
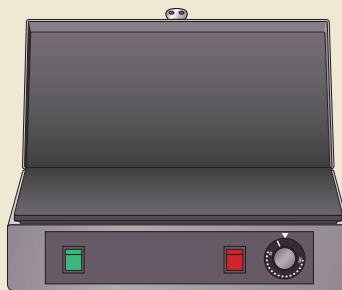


Fig. 36



#### Plaques chauffantes électriques

Une plaque chauffante électrique (→ fig. 36) peut être utilisée pour chauffer les roulements ou les paliers de petites dimensions. Pour être chauffés uniformément, les roulements doivent être tournés quelques fois.

La plaque chauffante électrique SKF est un appareil de chauffage thermostatique dont la température peut être réglée entre 50 et 200 °C (120 et 390 °F).

**ATTENTION :** Les roulements étanches ne doivent jamais entrer directement en contact avec la plaque chauffante. Placez une bague entre la plaque et le roulement.



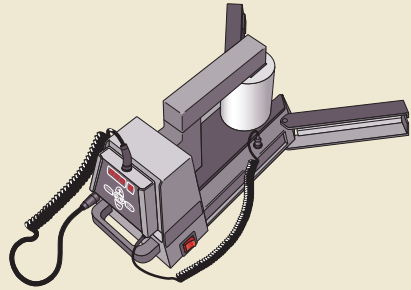
### Appareils de chauffage par induction

SKF recommande d'utiliser un appareil de chauffage par induction (→ **fig. 37**) pour chauffer des roulements. Les appareils de chauffage par induction chauffent de manière uniforme en un laps de temps relativement court et sont particulièrement sûrs car l'élément chauffant et le barreau ne chauffent jamais.

Les appareils de chauffage par induction magnétiseront un roulement. Par conséquent, il est important de le démagnétiser avant son installation. Tous les appareils de chauffage par induction SKF intègrent un dispositif de démagnétisation automatique. Ils existent en plusieurs tailles pour chauffer des roulements au diamètre d'alésage de 20 mm et plus.

Un mode d'emploi est fourni avec les appareils de chauffage par induction.

Fig. 37



2

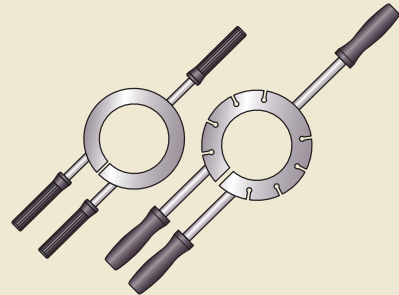
### Bagues de chauffage en aluminium

Les bagues de chauffage en aluminium (→ **fig. 38**), conçues à l'origine pour démonter les bagues intérieures des roulements à rouleaux cylindriques NU, NJ et NUP, peuvent également être utilisées pour le montage.

Les bagues de chauffage en aluminium SKF sont disponibles pour les tailles de roulements 204 à 252, 304 à 340 et 406 à 430.

Un mode d'emploi est fourni avec les bagues.

Fig. 38



## Montage des roulements

### Armoires chauffantes

Les armoires chauffantes sont généralement utilisées lorsqu'un grand nombre de roulements de petites dimensions ou un certain nombre de roulements de différentes tailles ainsi que des paliers de petite taille doivent être chauffés.

Les armoires chauffantes convenables sont équipées d'un thermostat réglable et d'un ventilateur (→ **fig. 39**). Le ventilateur fait circuler l'air chaud pour maintenir une température uniforme dans toute l'armoire.

### Radiateurs à infrarouge

Les radiateurs à infrarouge constituent un moyen propre, sûr et très simple de chauffer les petits paliers à parois fines. Le radiateur à infrarouge, encastré dans un capuchon vissé est placé dans l'alésage du palier et allumé. Seules quelques minutes suffisent pour chauffer le palier car l'ajustement serré entre l'alésage du palier et le radiateur est rarement très serré (→ **fig. 40**). Après le chauffage, éteignez le radiateur, retirez-le de l'alésage du palier et poussez rapidement le roulement froid pour le mettre en place.

Fig. 39

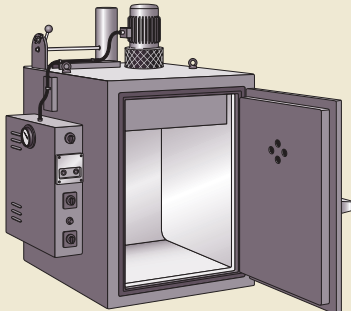
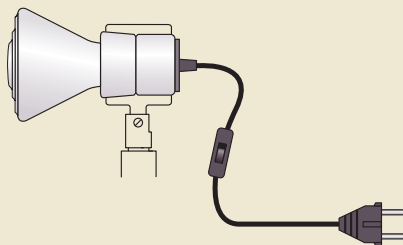


Fig. 40



## Panneaux chauffants

Les panneaux chauffants flexibles constituent une solution parfaite et sûre pour chauffer les paliers sans besoin d'installations compliquées. Ils sont fabriqués à base de plusieurs matériaux flexibles et il en existe un certain nombre de types et de tailles (→ fig. 41).

Les panneaux chauffants s'adaptent aux besoins particuliers, par exemple ils peuvent être utilisés pour couvrir le palier, être placés dans l'alésage du palier ou servir de chauffage à plat.

### ATTENTION

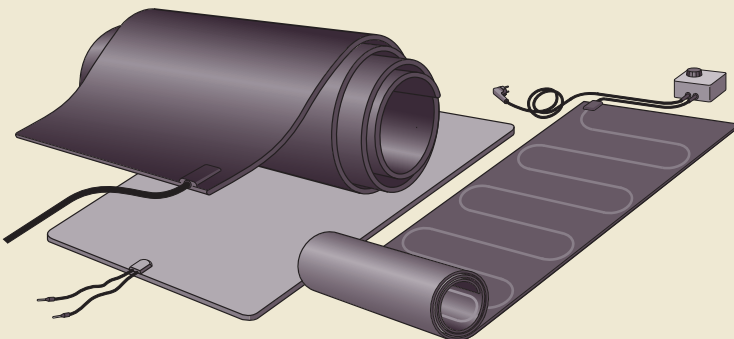
Ne placez pas de roulements lourds de grandes dimensions sur les panneaux chauffants car cela pourrait impliquer un danger électrique et endommager les éléments chauffants.

## Bains d'huile

Il y a des années, les bains d'huile étaient un moyen répandu de chauffage de roulements et de paliers de petites dimensions. À présent, cette méthode n'est plus recommandée pour des raisons économiques, environnementales et de sécurité. Il n'existe cependant pas toujours d'autres alternatives.

Lorsque vous chauffez un roulement dans un bain d'huile, vous devez suivre des règles de base. Utilisez uniquement une huile propre dont le point éclair se trouve au-dessus de 250 °C (480 °F) ainsi qu'un réservoir propre avec un thermostat réglable. De plus, les roulements ou les bagues de roulement ne doivent jamais entrer directement en contact avec le réservoir. Après avoir chauffé le roulement et avant de le pousser pour le mettre en place sur l'arbre, laissez le temps à l'huile adhérent au roulement de goutter, puis nettoyez l'extérieur du roulement.

Fig. 41



### Outils de montage SKF

À l'aide des outils de montage appropriés, en appliquant la bonne méthode de montage et en suivant les bonnes procédures, vous aiderez à la prévention des défaillances prématurées des roulements ainsi qu'à l'obtention des performances requises. C'est avant tout pour cela que la gamme SKF d'outils de montage comprend :

- des outils mécaniques
- des outils hydrauliques
- des dispositifs de chauffage
- des gants

Une présentation générale des outils de montage et des produits SKF se trouve dans **l'Annexe J**, à partir de la **page 416**. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

### Outils mécaniques

SKF fournit un assortiment complet d'outils mécaniques tels que les outils et les clés de montage et de manutention de roulements pour tous les besoins de montage courants.

Le kit d'outils de montage de roulements SKF est composé de 36 bagues de frappe de différentes tailles pour faciliter le montage de plus de 400 roulements différents (ainsi que différents joints).

L'assortiment de clés SKF comprend des clés à ergot (y compris des clés à ergot réglables et spéciales), des clés de frappe et des clés à douilles pour écrous de serrage.

Tableau 2

#### Guide de sélection des pompes hydrauliques et injecteurs d'huile SKF

Pression de service max.	Pompe Désignation	Description	Capacité du conteneur d'huile	Raccord de branchement	Applications de montage
MPa	–	–	cm <sup>3</sup>	–	–
50	<b>TMJL 50</b>	Pompe manuelle	2 700	G 1/4	Tous les écrous HMV ..E
100	<b>729124</b>	Pompe manuelle	250	G 1/4	Écrous hydrauliques ≤ HMV 54E Écrous hydrauliques ≤ HMV 92E
	<b>TMJL 100</b>	Pompe manuelle	800	G 1/4	
150	<b>THAP 150</b>	Pompe pneumatique	Conteneur séparé	G 3/4	Tous les écrous HMV ..E, méthode à pression d'huile Écrous hydrauliques de toutes les tailles, méthode à pression d'huile
	<b>728619 E</b>	Pompe manuelle	2 550	G 1/4	
300	<b>THAP 300E</b>	Pompe pneumatique	Conteneur séparé	G 3/4	Grands joints à pression, méthode à pression d'huile Méthode à pression d'huile, manchons de serrage et de démontage Méthode à pression d'huile, manchons de serrage et de démontage Méthode à pression d'huile, manchons de serrage et de démontage
	<b>226400</b>	Injecteur d'huile manuel	200	G 3/4	
	<b>729101 B</b>	Kit d'injecteurs d'huile manuels	200	Plusieurs	
	<b>TMJE 300</b>	Ensemble d'injecteurs d'huile manuels	200	Plusieurs	
400	<b>729101 E</b>	Kit d'injecteurs d'huile manuels	200	G 1/4	Méthode à pression d'huile, joints à haute pression

## Outils hydrauliques

SKF a développé une vaste gamme d'outils hydrauliques comprenant des écrous hydrauliques, des pompes hydrauliques et des injecteurs d'huile pour faciliter l'installation des roulements.

Les caractéristiques des écrous hydrauliques SKF sont les suivantes :

- Dans la série HMV ..E, pour une taille de diamètre de filetage de 50 à 200 mm inclus, leur filetage métrique est conforme à la norme ISO 965-3:1998, classe de tolérance 6H.
- Dans la série HMV ..E, pour une taille de diamètre de filetage de 205 à 1 000 mm inclus, leur filetage métrique trapézoïdal est conforme à la norme ISO 2901:1977, classe de tolérance 7H.
- Dans la série HMVC ..E, pour une taille de diamètre de filetage de 1.967 à 12.5625 in. inclus, leur filetage à la forme nationale américaine NS est conforme à la norme ANSI B1.1-1974, classe 3.
- Dans la série HMVC ..E, pour une taille de diamètre de filetage de 13.339 à 37.410 in. inclus, leur filetage d'usage général ACME est conforme à la norme ANSI B 1.5-1957, classe 3G.

Il existe plusieurs modèles et tailles de pompes hydrauliques SKF et injecteurs d'huile (→ **tableau 2**). SKF propose également un certain nombre d'accessoires tels que des tuyaux à haute pression, des raccords, des flexibles et des calibres.

## Dispositifs de chauffage

La gamme d'outils de chauffage SKF comprend les appareils de chauffage par induction, les plaques chauffantes électriques et les bagues de chauffage en aluminium pour tous les besoins de montage courants.

## Gants

SKF fournit différents types de gants pour une manipulation sûre des roulements et leurs éléments. Il en existe quatre types, chacun adapté à des conditions de travail spécifiques :

- gants de travail spéciaux
- gants résistant à la chaleur
- gants pour températures extrêmes
- gants résistant à la chaleur et à l'huile

### Instructions de montage par type de roulement

En général, les méthodes et outils de montage mentionnés dans la section *Préparations avant montage*, à partir de la **page 46**, peuvent être utilisés pour tous les types de roulements. Toutefois, de par leurs conception, dimensions ou poids, certains types de roulements nécessitent une attention particulière ou des méthodes de montage spécifiques, notamment :

- les roulements à billes à contact oblique et à rouleaux coniques
- les roulements à billes à contact oblique avec bague intérieure en deux pièces
- les roulements à rotule sur billes avec billes débordantes
- les roulements à rotule sur billes étanches
- les roulements à rotule sur billes avec bague intérieure débordante
- les roulements à rouleaux cylindriques ou à aiguilles à une rangée avec cage
- les roulements à rouleaux cylindriques et coniques à plusieurs rangées
- les roulements à rotule sur rouleaux et à rouleaux toroïdaux CARB

### Montage des roulements à billes à contact oblique

Les roulements à billes à contact oblique à une rangée s'installent normalement contre un deuxième roulement dans un palier en une pièce, disposés en X ou en O pour équilibrer les contre-forces.

### Roulements autonomes

Les roulements à billes à contact oblique autonomes sont prévus pour les montages dans lesquels un seul roulement est prévu à chaque emplacement. Bien que les tolérances sur les largeurs des bagues des roulements soient très ajustées, ces roulements ne sont pas faits pour être montés les uns à côté des autres.

Les montages de roulements où un roulement est utilisé dans chaque position sont appelés montages en opposition et sont généralement utilisés pour les arbres courts. Le jeu ou la précharge nécessaires pour ces montages s'obtiennent pendant le montage en déplaçant une bague de roulement axialement.

### Ajustement des montages de roulements en X

Lorsque cela est possible, SKF recommande d'installer les montages de roulements en X lorsque l'arbre est en position verticale, de sorte à ce qu'il soit supporté par le roulement inférieur.

Mesurez la distance entre la face latérale de la bague extérieure et la face latérale du palier (→ **fig. 42**). Déterminez la largeur d'épaulement requise pour le disque d'obturation en fonction du jeu axial ou de la précharge nécessaires pendant le fonctionnement. Au besoin, déterminez l'épaisseur requise des cales à insérer entre le palier et le disque d'obturation ou entre la bague extérieure et le disque d'obturation.

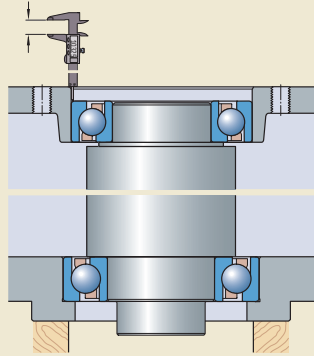
Fixez le disque d'obturation usiné (et les cales) et remplacez le montage de roulements en position horizontale.

Pour les montages de roulements ayant du jeu, vérifiez le résultat du montage en mesurant le jeu axial résiduel à l'aide d'un comparateur à cadran (→ **fig. 43**).

**REMARQUE :** Les mesures directes prises avec un comparateur à cadran ne sont pas valables pour les montages de roulements soumis à une précharge. En pratique, des méthodes indirectes sont utilisées pour ajuster la précharge, par exemple par les ajustements, les mesures du déplacement ou le contrôle du moment de frottement. Pour obtenir de l'aide en ce qui concerne le calcul de la précharge, veuillez contacter le service Applications SKF.

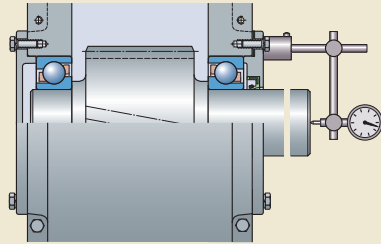
**REMARQUE :** En général, pendant le fonctionnement, le jeu diminue (la précharge augmente) en raison de l'augmentation des températures et des différences de températures entre la bague intérieure et la bague extérieure, ainsi que d'autres facteurs tels que les vitesses et les charges.

Fig. 42



2

Fig. 43



## Montage des roulements

### Ajustement des montages de roulements en O

Lors de l'installation de montages de roulements en O, serrez l'écrou de serrage ou les boulons du disque d'obturation, tout en faisant tourner l'arbre de temps en temps (→ fig. 44).

Pour les montages de roulements ayant du jeu, mesurez le jeu axial résiduel à l'aide d'un comparateur à cadran (→ fig. 45). Si le jeu résiduel est trop grand, serrez l'écrou de serrage ou les boulons du disque d'obturation. Si le jeu résiduel est trop bas, démontez les roulements et recommencez.

**REMARQUE :** Les mesures directes prises avec un comparateur à cadran ne sont pas valables pour les montages de roulements soumis à une précharge. En pratique, des méthodes indirectes sont utilisées pour ajuster la précharge, par exemple par les ajustements, les mesures du déplacement ou le contrôle du moment de frottement. Pour obtenir de l'aide en ce qui concerne les calculs de la précharge, veuillez contacter le service Applications SKF.

Si un manchon-entretoise est utilisé entre deux bagues intérieures de roulements (→ fig. 46), le jeu ou la précharge nécessaires peuvent se définir en rectifiant la largeur de l'entretoise.

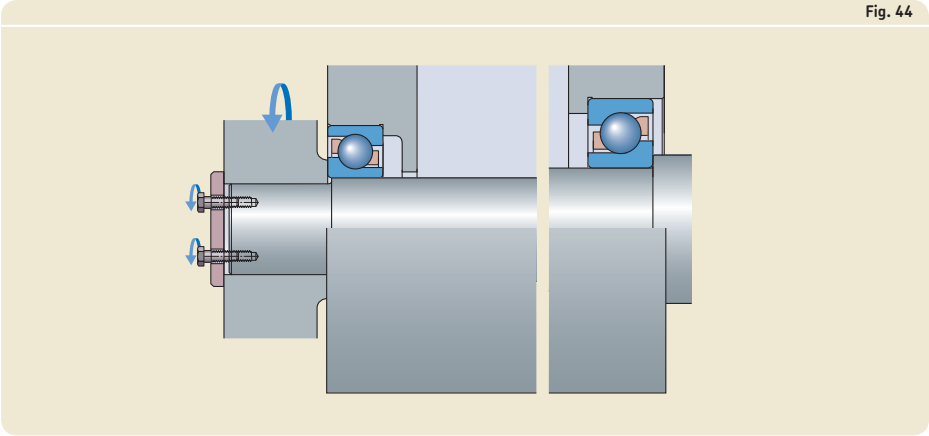
**REMARQUE :** En général, pendant le fonctionnement, le jeu diminue (la précharge augmente) en raison de l'augmentation des températures et des différences de températures entre la bague intérieure et la bague extérieure, ainsi que d'autres facteurs tels que les vitesses et les charges.

### Roulements pour appariement universel et ensembles de roulements appariés

Lorsque deux roulements (ou plus) à billes à contact oblique sont montés les uns à côté des autres, des roulements pour appariement universel ou un ensemble de roulements appariés doivent être utilisés. Ces roulements sont fabriqués spécialement de telle manière que lorsqu'ils sont montés côte à côte, il en résulte un jeu interne ou une précharge donnés et/ou une répartition uniforme de la charge, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser des cales d'épaisseur ou dispositifs similaires.

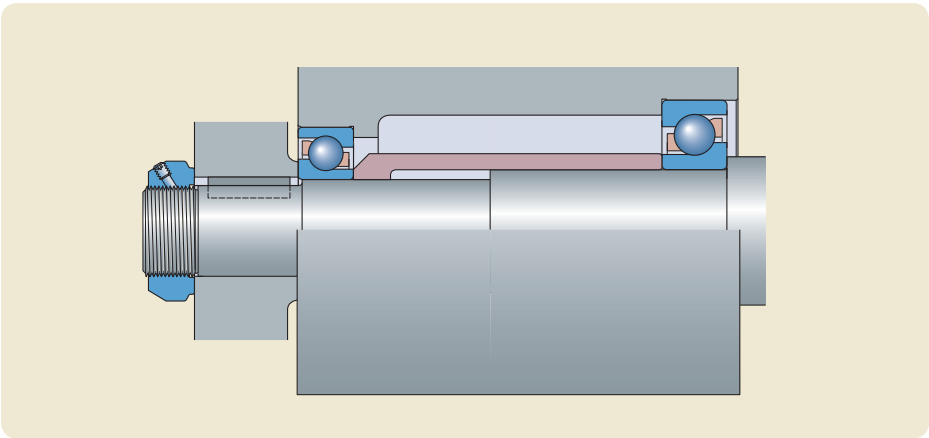
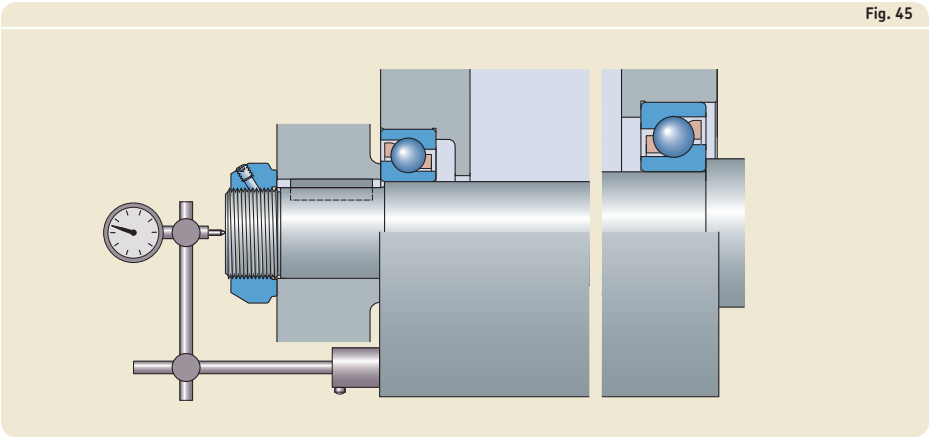


Fig. 44



2

Fig. 45



## Montage des roulements

### Roulements à billes à contact oblique avec bague intérieure en deux pièces

Pour les roulements à billes à contact oblique à deux rangées avec bague intérieure en deux pièces et les roulements à billes à quatre points de contact, une séquence de montage spécifique doit être suivie (→ **fig. 47**).

Commencez par enfoncer la demi-bague intérieure de la face interne pour la mettre en place **(1)**. Ensuite, placez la bague extérieure avec l'ensemble cage / billes sur la demi-bague intérieure montée **(2)**. Enfin, enfoncez la demi-bague intérieure de la face externe contre la demi-bague intérieure montée **(3)**.

Les petites bagues intérieures peuvent être montées à l'aide d'un outil de montage de roulements et d'un maillet sans rebond. Les roulements plus grands doivent être chauffés avant le montage.

**REMARQUE :** La face latérale de la bague extérieure ainsi que les deux demi-bagues intérieures des roulements à billes à quatre points de contact SKF Explorer comportent un numéro de série (→ **fig. 48**). Un astérisque situé sur une des faces latérales de la bague extérieure et sur une des demi-bagues intérieures permet de monter le roulement dans la même position qu'à l'origine.

Fig. 48

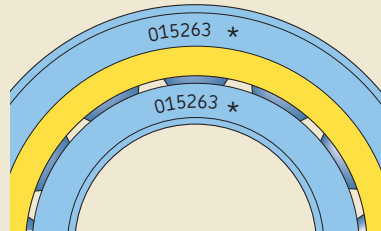


Fig. 47

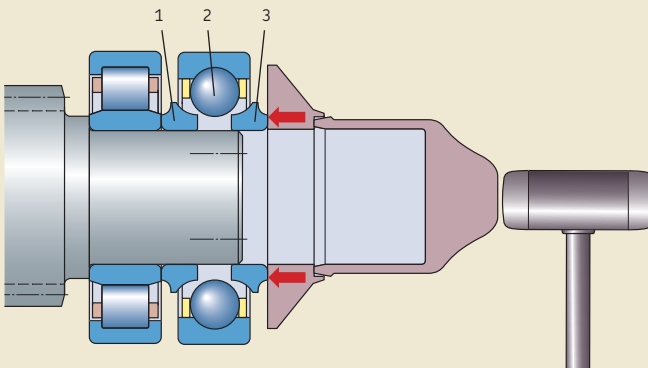


Fig. 49

## Montage des roulements à rotule sur billes

### Modèle de roulements de base avec billes débordantes

Les billes de certains roulements à rotule sur billes des séries 12 ( $d \geq 120$  mm) et 13 ( $d \geq 90$  mm) dépassent des côtés du roulement. Cette caractéristique doit être prise en compte lors du montage de ces roulements.

Pour les roulements à alésage cylindrique, SKF recommande le montage à chaud. Si le roulement doit être monté à froid, la rondelle de montage intermédiaire de l'outil de montage doit être enfoncée d'au moins 3 mm pour éviter d'endommager les billes (→ fig. 49).

Si l'alésage du roulement est conique, SKF recommande l'utilisation de la méthode par enfoncement axial SKF (→ page 57), ainsi que d'une bague-entretoise ou d'une entretoise intermédiaire (→ fig. 50).

### Roulements étanches à alésage conique

Pour monter un roulement étanche à rotule sur un manchon de serrage, utilisez un manchon de serrage de la série H 3 .. E. Ces manchons de serrage sont équipés d'une rondelle KMFE présentant un embrèvement sur sa face latérale pour empêcher le joint d'être endommagé (→ fig. 51).

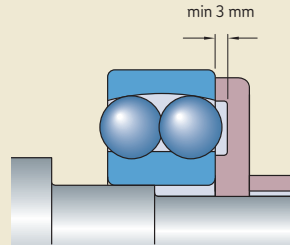


Fig. 50

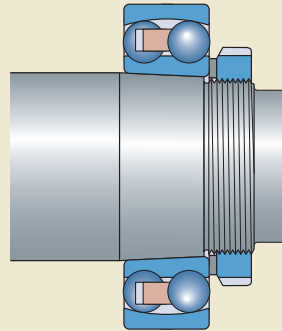
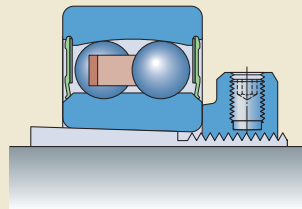
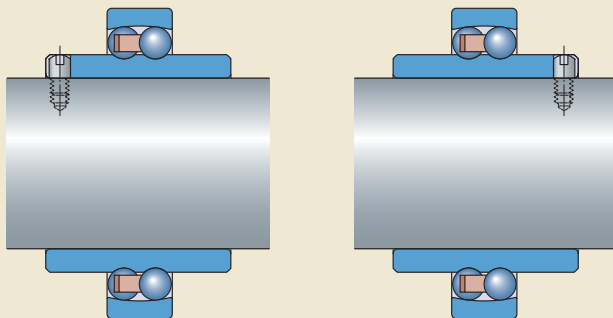


Fig. 51





### Roulements à bague intérieure débordante

Les roulements à rotule sur billes à bague intérieure débordante sont fixés axialement sur l'arbre au moyen d'une goupille ou d'une vis à épaulement. Lorsque deux de ces roulements sont utilisés pour supporter un arbre, ils doivent être placés de sorte que les encoches des bagues intérieures se trouvent face à face ou à l'opposé l'une de l'autre (→ fig. 52). Sans cela, l'arbre ne sera bloqué axialement que dans un sens.

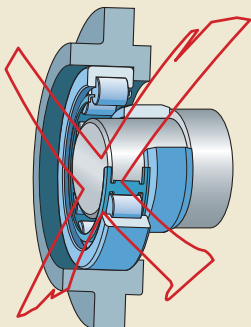
### Montage des roulements à rouleaux cylindriques et à aiguilles

#### Roulements à rouleaux cylindriques ou à aiguilles à une rangée avec cage

De nombreux roulements à rouleaux cylindriques ou à aiguilles sont séparables. Pour le modèle NU de roulements à rouleaux cylindriques, par exemple, la bague extérieure avec l'ensemble rouleaux / cage peut être montée indépendamment de la bague intérieure, ce qui simplifie l'assemblage.

Pour le montage d'une bague intérieure avec ou sans ensemble rouleaux / cage, SKF recommande un montage à chaud. La méthode utilisée pour appliquer la chaleur dépend de la taille de la bague (→ *Montage à chaud*, à partir de la page 68).

Fig. 53



**ATTENTION :** Appliquez de l'huile ou de la graisse sur les rouleaux et les chemins avant le montage. Faites tourner l'arbre ou le palier pendant l'assemblage. Assurez-vous que l'ensemble rouleaux / cage est bien droit pendant l'assemblage (→ fig. 53), autrement les rouleaux et les chemins pourraient être endommagés.

Fig. 54

Pour éviter un mauvais positionnement pendant le montage, SKF recommande ce qui suit :

- utilisez un manchon de montage pour les roulements montés sur des arbres horizontaux (→ fig. 54)
- utilisez un manchon de montage et des tiges guides fixées sur le palier pour les roulements montés sur des arbres longs et lorsque le montage est fait en position verticale (→ fig. 55)

Lorsque vous utilisez un manchon de montage, le diamètre extérieur du manchon doit être le même que celui du chemin de la bague intérieure et doit être usiné selon la classe de tolérance d10 pour les roulements à rouleaux cylindriques et selon la tolérance 0/-0,025 mm pour les roulements à aiguilles.

**ATTENTION :** Lorsque vous utilisez un appareil de chauffage par induction, veillez à ce que la bague soit démagnétisée avant de la retirer de l'appareil de chauffage. Les appareils de chauffage par induction SKF intègrent une fonction de démagnétisation automatique.

Lorsque vous utilisez une bague de chauffage en aluminium (→ fig. 56), recouvrez le chemin de la bague intérieure d'huile anti-oxydation, par exemple l'huile de lubrification CLP68, avant de chauffer la bague et retirez l'huile après l'installation.

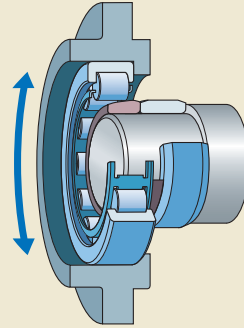


Fig. 55

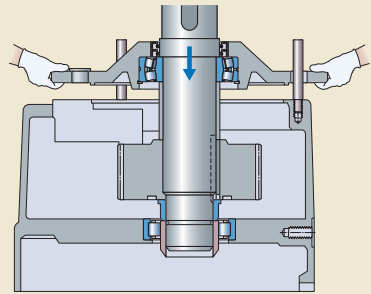
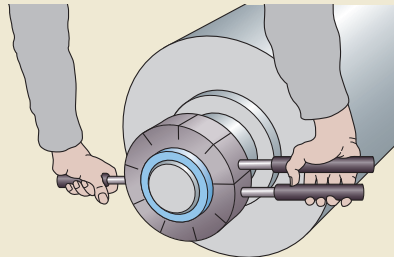


Fig. 56



## Montage des roulements

### Roulements à rouleaux cylindriques à quatre rangées

Les roulements à rouleaux cylindriques à quatre rangées sont habituellement utilisés dans les laminoirs ou autres applications lourdes. Ils sont séparables et leur bague intérieure est mobile. Il en existe de nombreux modèles qui se différencient essentiellement par le nombre de bagues intérieures et extérieures, ainsi que par le nombre d'épaulements libres ou fixes sur la bague extérieure.

SKF conseille de monter (et démonter) les bagues intérieures à l'aide d'un appareil de chauffage par induction fixe SKF et d'un manchon de montage conçu spécialement (→ *Montage d'un roulement à rouleaux cylindriques à quatre rangées à l'aide d'un manchon de montage spécial*).

Pendant le montage, les différents éléments du roulement doivent être montés dans le bon ordre (→ **fig. 57**). De plus, tous les éléments d'un même roulement sont marqués du même numéro de série afin d'éviter tout risque de confusion si plusieurs roulements sont montés au même moment. Les bagues intérieures et paires de bagues extérieures sont parfaitement interchangeables et ne portent pas nécessairement le même numéro de série que les autres éléments.

Les faces latérales des bagues extérieures sont divisées en quatre zones marquées de I à IV. Sur chaque roulement, la position de la zone I est également identifiée par une ligne traversant la surface externe de la bague extérieure. Lorsque le roulement est monté pour la première fois, la zone I doit normalement être placée dans la zone de charge. Selon les conditions de fonctionnement, les bagues extérieures sont normalement tournées de 90° après une période de service déterminée de sorte qu'une partie différente des bagues extérieures du roulement soit placée dans la zone de charge, afin de prolonger la durée de service du roulement.

Fig. 57

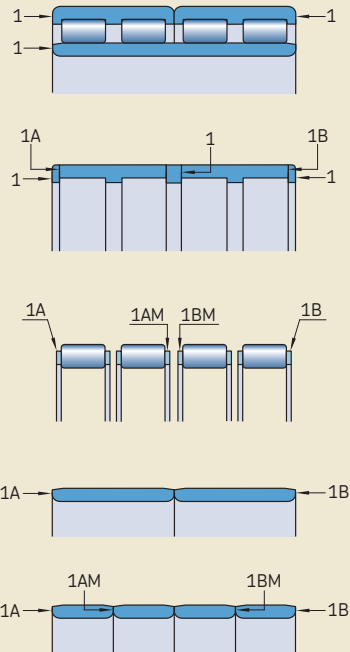


Fig. 58

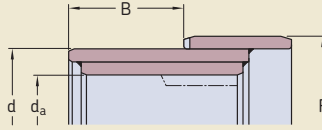
### Montage d'un roulement à rouleaux cylindriques à quatre rangées à l'aide d'un manchon de montage spécial

La **Fig. 58** montre l'utilisation d'un manchon de montage spécial, utilisé habituellement pour les roulements à rouleaux cylindriques à quatre rangées comportant une bague intérieure et une bague extérieure en deux pièces.

Le diamètre extérieur du manchon est à portées multiples. Le petit diamètre extérieur correspond au diamètre d'alésage de la bague intérieure. Le grand diamètre correspond au diamètre du chemin de la bague intérieure. La largeur des deux portées est la même que celle des bagues intérieures. Le petit diamètre extérieur sert au montage des bagues intérieures et le grand diamètre extérieur au montage des bagues extérieures avec les ensembles cage / rouleaux.

La procédure de montage des bagues intérieures est la suivante (→ **fig. 59**) :

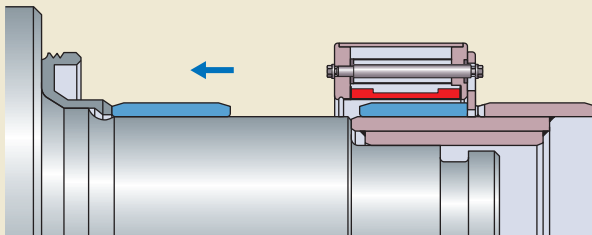
- 1 Montez les pièces situées entre la bague intérieure et l'épaule de l'arbre.
- 2 Mettez la première bague sur le manchon.
- 3 Placez le manchon (avec la bague intérieure) sur le diamètre de support du tourillon.
- 4 Mettez l'appareil de chauffage en place et chauffez la bague intérieure à la température requise.
- 5 Poussez la bague intérieure jusqu'à ce qu'elle se positionne contre sa surface d'appui.
- 6 Continuez à appuyer jusqu'à ce que la bague ait refroidi.



B = largeur des bagues intérieures  
 F = diamètre de chemin  
 d = alésage de bague intérieure  
 d<sub>a</sub> = diamètre de support du manchon

- 7 Retirez le manchon.
- 8 Montez la deuxième bague intérieure en suivant à nouveau les **étapes 2 à 7**.

Fig. 59



## Montage des roulements

Les procédures de montage des bagues extérieures sont les suivantes (→ fig. 60) :

- 1 Lubrifiez les ensembles cage / rouleaux et les chemins de la bague extérieure avec le lubrifiant adéquat.
- 2 Mettez le premier ensemble de rouleaux (qui doit être monté dans le palier avec le deuxième ensemble) sur le grand diamètre du chemin du manchon de montage.
- 3 Montez les joints, le cas échéant, dans le couvercle intérieur avant de le pousser contre la collerette d'étanchéité.
- 4 Lubrifiez les lèvres des joints en prenant garde de ne pas les endommager.
- 5 Placez le manchon sur l'arbre et poussez doucement jusqu'à ce que l'ensemble complet soit en place. Utilisez un dispositif de levage équipé d'une suspension à ressort pour faciliter la mise en place de l'ensemble de roulement sur l'arbre.
- 6 Pour les applications lubrifiées à la graisse, remplissez totalement le montage de roulements de graisse.
- 7 Montez les joints extérieurs et fixez le montage de roulements sur l'arbre. Le jeu ou la précharge du montage de roulement s'obtiennent pendant le montage en déplaçant une bague de roulement axialement.

## Montage des roulements à rouleaux coniques

### Roulements à rouleaux coniques à une rangée

Un roulement à rouleaux coniques à une rangée s'installe habituellement contre un deuxième roulement, en disposition en X ou en O, pour équilibrer les contre-forces. Le jeu ou la précharge du montage de roulements s'obtiennent pendant le montage en déplaçant une bague de roulement axialement.

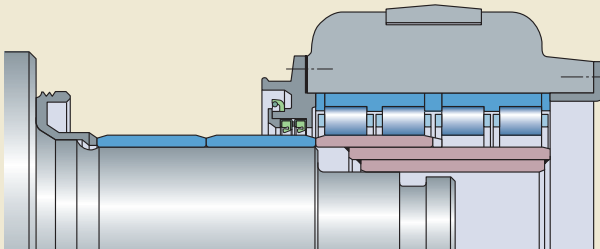
**REMARQUE :** En général, pendant le fonctionnement, le jeu diminue (la précharge augmente) en raison de l'augmentation des températures et des différences de températures entre la bague intérieure et la bague extérieure, ainsi que d'autres facteurs tels que les vitesses et les charges.

**ATTENTION :** Pendant le réglage, il est important de faire tourner l'arbre plusieurs fois dans les deux sens pour vous assurer que le contact se fait correctement entre les extrémités des rouleaux et les épaulements de guidage. Si le contact ne s'établit pas correctement, le jeu ou la précharge ne seront pas les bons, ce qui se traduira par un endommagement précoce du roulement puis sa défaillance.

### Ajustement des montages de roulements en X (rotation de la bague intérieure)

La **Fig. 61** illustre un montage de roulements type pour un arbre intermédiaire dans une boîte d'engrenages en deux parties comportant des

Fig. 60





roulements à rouleaux coniques disposés en X. Le jeu ou la précharge de ce montage s'obtiennent en déplaçant la bague extérieure du roulement sur la gauche via l'épaulement de centrage du couvercle. La procédure suivante est simple, fiable et éprouvée.

Préparation :

- 1 Utilisez les méthodes de montage adéquates pour monter les bagues intérieures (cônes) avec l'ensemble cage / rouleaux sur l'arbre. Poussez les bagues extérieures (cuvettes) par-dessus les ensembles cage / rouleaux et placez l'ensemble de l'arbre dans la boîte d'engrenages. Boulonnez le couvercle du côté non ajusté du carter et retournez-le sur le côté. Un dispositif de support adapté est nécessaire pour permettre la rotation de l'arbre.

Déterminez la longueur nécessaire pour l'épaulement de centrage :

- 2 Faites tourner l'arbre à la main en poussant vers le bas la bague extérieure du roulement supérieur. Tous les rouleaux des roulements doivent entrer en contact avec l'épaulement de guidage de la bague intérieure. Pour cela, il vous suffit de faire tourner l'arbre de quelques tours.
- 3 Placez le couvercle. L'épaulement de centrage du couvercle doit être trop long (→ fig. 62, gauche) pour la position finale de la bague extérieure ou une entretoise doit être utilisée (→ fig. 62, right). Un espace doit exister entre le couvercle et le carter (→ fig. 62, dimension x).
- 4 Boulonnez le couvercle tout en faisant tourner l'arbre jusqu'à ce que le moment de frottement augmente soudainement.
- 5 Mesurez l'espace entre le couvercle et le carter (dimension x).
- 6 Déterminez la longueur requise pour l'épaulement de centrage (ou l'entretoise) ou l'épaisseur des cales :

Longueur de l'épaulement de centrage ou de l'entretoise

$$a_f = a_i - x + s \quad \text{pour le jeu}$$

$$a_f = a_i - x - t \quad \text{pour la précharge}$$

Épaisseur des cales

$$b_f = x + s \quad \text{pour le jeu}$$

$$b_f = x - t \quad \text{pour la précharge}$$

avec

- $a_i$  = longueur initiale de l'épaulement de centrage ou de l'entretoise
- $a_f$  = longueur finale de l'épaulement de centrage ou de l'entretoise
- $b_f$  = épaisseur finale des cales
- $x$  = jeu mesuré entre le couvercle et le carter de la boîte d'engrenages
- $s$  = valeur du jeu (valeur absolue)
- $t$  = valeur de la précharge (valeur absolue)

Assemblage final :

- 7 Usinez l'épaulement de centrage ou l'entretoise à la longueur requise. Autrement, vous pouvez également insérer des cales entre le couvercle et le carter.
- 8 Boulonnez le couvercle.

Fig. 61

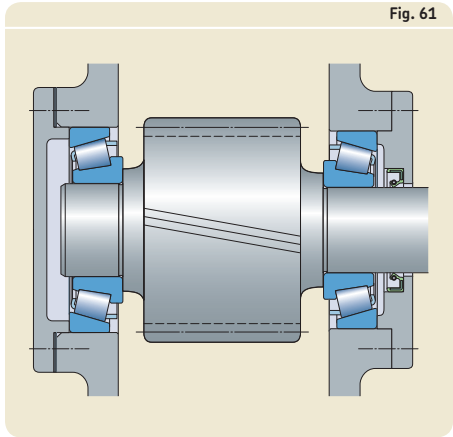
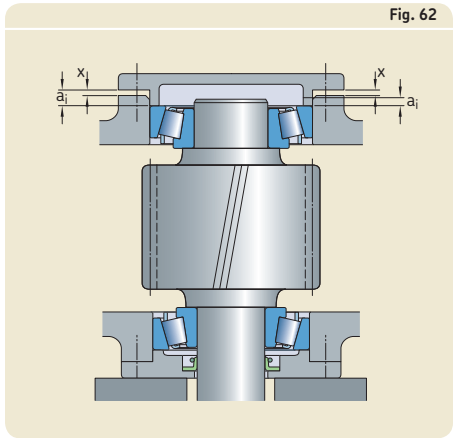


Fig. 62



## Montage des roulements

**REMARQUE :** Pour la précharge, la déformation élastique du palier n'est pas prise en compte. Au besoin, veuillez vous reporter à la publication de SKF *Les roulements dans les boîtes d'engrenages industrielles*.

**Ajustement des montages de roulements en O avec un écrou de réglage (rotation de la bague intérieure)**

La **Fig. 63** illustre un montage de roulements type comportant des roulements à rouleaux coniques disposés en O. Le jeu ou la précharge de ce montage s'obtiennent en déplaçant la bague intérieure du roulement sur la gauche en serrant l'écrou de réglage. Pour les montages nécessitant une précharge axiale, une valeur doit être indiquée sur le dessin d'assemblage pour l'angle et le couple de serrage.

Préparation :

- 1 Utilisez les méthodes de montage appropriées pour monter les bagues extérieures (cuvettes) dans leurs portées de paliers et la bague intérieure de face interne (cône) avec ensemble cage / rouleaux sur l'arbre. Un dispositif de support adapté est nécessaire pour permettre la rotation de l'arbre.
- 2 Joignez l'arbre et le palier pré-assemblés. Un dispositif peut être nécessaire pour maintenir l'arbre en place.
- 3 Montez la bague intérieure de face externe (cône).
- 4 Montez tous les éléments situés entre le cône de face externe et l'écrou de réglage.

Ajustement du jeu :

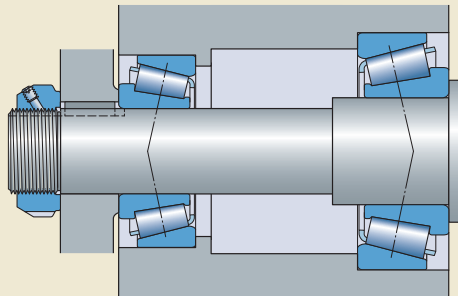
- 5 Mesurez le jeu axial à l'aide d'un comparateur à cadran. Pour ce faire, placez la pointe du comparateur à cadran contre l'extrémité de l'arbre et poussez l'arbre fermement dans un sens en le faisant tourner plusieurs fois. Réglez l'écran sur zéro. Ensuite, poussez l'arbre dans le sens contraire et lisez le déplacement axial mesuré.
- 6 Serrez l'écrou de réglage lentement. Les roulements à ajustement serré sur l'arbre sont ajustés graduellement jusqu'à ce que la valeur définie soit atteinte. Pour ce faire, mesurez le jeu plusieurs fois.

**ATTENTION :** Effectuez le réglage par petites étapes. Si un jeu excessif est détecté dans le montage de roulement, la bague intérieure doit être démontée et ajustée à nouveau, ce qui présente des difficultés et prend du temps.

Ajustement de la précharge :

- 7 Serrez doucement l'écrou de réglage tout en faisant tourner l'arbre jusqu'à ce que le moment de frottement augmente soudainement.
- 8 Continuez à serrer l'écrou doucement jusqu'à atteindre la valeur définie du couple ou de l'angle de serrage.

Fig. 63



### Ajustement des montages de roulements en O (application de roue de véhicule : deux roulements à rouleaux coniques sans entretoise)

Les modèles de moyeux de roues diffèrent d'un fabricant à l'autre. Cependant, les bonnes procédures d'installation des roulements et des joints, ainsi que d'assemblage du moyeu de roue restent fondamentalement les mêmes. La **Fig. 64** montre un montage de roulement type. Comme il s'agit d'une application à bague extérieure tournante, dans la plupart des cas les bagues extérieures (cuvettes) ont un ajustement serré, tandis que les bagues intérieures (cônes) peuvent avoir un ajustement libre sur le tourillon d'essieu. Le jeu ou la précharge de ce montage s'obtiennent en déplaçant la bague intérieure du roulement externe en serrant l'écrou de réglage.

**ATTENTION :** Remplacez le joint à chaque fois que le moyeu est retiré du tourillon.

- 1 Enfoncez les deux bagues extérieures (cuvettes) dans le moyeu à l'aide d'un outil adapté, par exemple un manchon ou une presse verticale (→ **fig. 65**), en prenant garde de ne pas endommager les chemins. Vérifiez que la face latérale de chaque bague extérieure s'appuie totalement sur l'épaulement du moyeu.
- 2 Installez le joint et les éléments d'étanchéité correspondants dans le moyeu à l'aide d'un outil d'installation de joints adapté (→ **fig. 66**). Vérifiez que le joint est droit et qu'il se trouve bien au fond.
- 3 Installez tous les éléments d'étanchéité ou des entretoises du côté interne du tourillon.
- 4 Préparez la bague intérieure du roulement de la face interne :
  - Pour les applications lubrifiées à la graisse, appliquez la graisse sur les rouleaux et assurez-vous de bien remplir l'espace entre le chemin de la bague intérieure et la cage.
  - Pour les roulements lubrifiés à l'huile, recouvrez intégralement la bague intérieure d'une fine couche d'huile.
- 5 Enfoncez la bague intérieure de face interne (cône) sur le tourillon à l'aide d'un outil adapté, par exemple un manchon, en prenant garde de n'exercer aucune force sur la cage et les rouleaux. Vérifiez que la face latérale de la bague intérieure s'appuie totalement sur l'épaulement du tourillon ou la bague d'appui.

Fig. 64

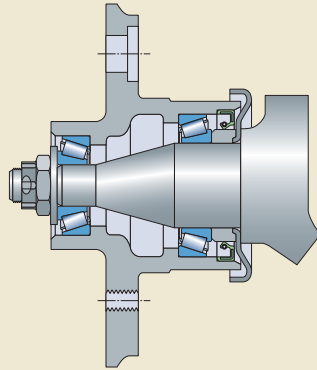


Fig. 65

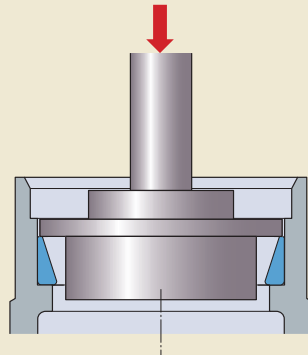
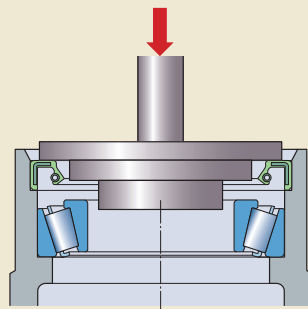


Fig. 66



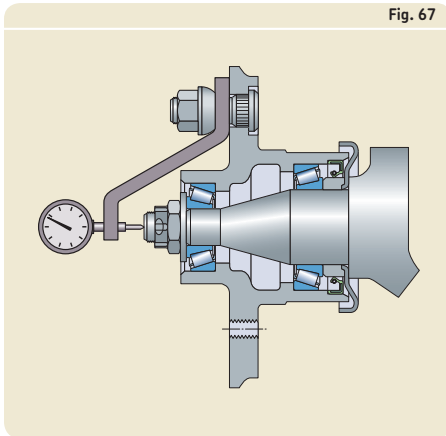
## Montage des roulements

- 6 Installez le moyeu sur la broche, en prenant soin d'aligner l'alésage du moyeu et le centre du tourillon. Utilisez un support mécanique pour faciliter cette opération et éviter d'endommager le tourillon, les filetages et, surtout, le joint.
- 7 Préparez la bague intérieure du roulement externe de la même manière que pour la bague intérieure du roulement interne.
- 8 Enfoncez la bague intérieure de face externe avec l'ensemble cage / rouleaux sur le tourillon à l'aide d'un outil adapté, par exemple un manchon, en prenant garde de n'exercer aucune force sur la cage et les rouleaux.

**ATTENTION :** Faites tourner l'arbre plusieurs fois dans les deux sens pour vous assurer que le contact se fait correctement entre les extrémités des rouleaux et les épaulements de guidage. Si le contact ne s'établit pas correctement, le jeu ne sera pas le bon, ce qui se traduira par un endommagement précoce du roulement puis sa défaillance.

- 9 Installez les rondelles et l'écrou de réglage (crénelé). Serrez l'écrou de réglage avec une clé dynamométrique jusqu'à atteindre le couple adéquat indiqué dans le manuel d'entretien ou de maintenance du véhicule. Autrement, pour les montages nécessitant un jeu axial, serrez doucement l'écrou de réglage jusqu'à ce que le moment de frottement du roulement augmente rapidement. Desserrez l'écrou en le faisant tourner d'environ  $\frac{1}{12}$  de tour ( $30^\circ$ ) jusqu'à ce que le montage de roulement soit « libre ».
- 10 Retirez le support du moyeu.
- 11 Vérifiez que le roulement tourne librement. Si vous le souhaitez, vérifiez le jeu axial du montage de roulement à l'aide d'un comparateur à cadran, comme suit :
- 12 Branchez le comparateur à cadran (→ fig. 67) ou utilisez un comparateur à cadran magnétique fixé sur la partie inférieure du moyeu ou du tambour de frein.

Fig. 67



- 13 Réglez le comparateur à cadran de sorte que le poussoir ou le pointeur se trouve contre l'extrémité du tourillon et que sa ligne d'action soit à peu près parallèle à l'axe du tourillon (pour les moyeux en aluminium, branchez la base magnétique du comparateur sur l'extrémité du poussoir, avec le poussoir contre le moyeu ou le tambour de frein).
- 14 Réglez le comparateur à cadran sur zéro.
- 15 Prenez la roue à « 3 heures » et à « 9 heures » et poussez-la vers l'arrière et vers l'avant. Lisez le jeu axial selon le mouvement total du comparateur.
- 16 Montez le couvercle et réalisez un essai de fonctionnement.

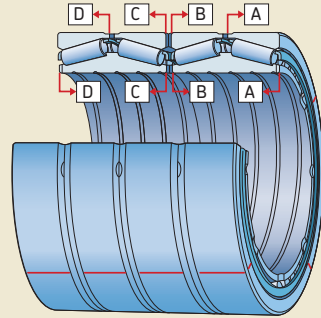
Fig. 68

### Roulements à rouleaux coniques à deux et plusieurs rangées

Les roulements à rouleaux coniques à deux et quatre rangées sont fabriqués en de nombreux modèles qui se différencient essentiellement par le nombre de bagues extérieures, ainsi que le nombre d'entretoises situées entre les bagues intérieures et extérieures.

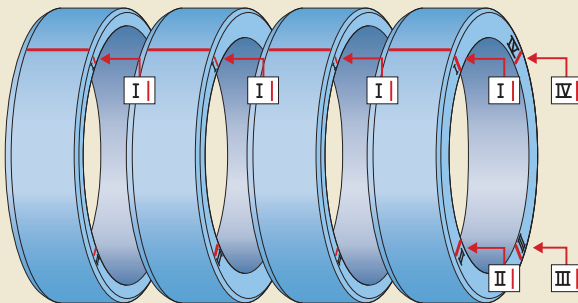
Chaque composant de ces roulements doit être monté dans le bon ordre. Les pièces qui doivent être montées ensemble sont marquées de lettres (→ **fig. 68**). De plus, tous les composants d'un même roulement sont marqués du même numéro de série afin d'éviter tout risque de confusion si plusieurs roulements sont montés au même moment.

Les faces latérales des bagues extérieures sont divisées en quatre zones marquées de I à IV (→ **fig. 69**). Sur chaque roulement, la position de la zone I est également identifiée par une ligne traversant la surface externe de la bague extérieure. Lorsque le roulement est monté pour la première fois, la zone I doit normalement être placée dans la zone de charge. Selon les conditions de fonctionnement, les bagues extérieures sont normalement tournées de 90° après une période de service déterminée de sorte qu'une partie différente des bagues extérieures du roulement soit placée dans la zone de charge, afin de prolonger la durée de service du roulement.



Pour obtenir des instructions de montage détaillées, veuillez vous reporter à la publication *Roulements à quatre rangées de rouleaux coniques SKF Explorer, Instructions de montage et de maintenance*.

Fig. 69



## Montage des roulements

### Montage des roulements à rotule sur rouleaux et à rouleaux toroïdaux CARB

En raison de la forme des roulements à rotule sur rouleaux et des roulements à rouleaux toroïdaux CARB, les bagues et le jeu de rouleaux peuvent être déplacés axialement par rapport à la position normale pendant la manipulation. Pour cette raison, SKF recommande de monter les roulements à rotule sur rouleaux et les roulements à rouleaux toroïdaux CARB lorsque l'arbre ou le palier se trouvent en position horizontale et de faire tourner la bague intérieure avant le montage, lorsque cela est possible.

Lors du montage de roulements à rotule sur rouleaux et de roulements à rouleaux toroïdaux CARB (en particulier ceux de grandes dimensions et lourds), quand l'arbre ou le palier sont en position verticale, l'ensemble de rouleaux sera déplacé vers le bas en même temps que la bague intérieure ou extérieure jusqu'à ce que tout jeu ait disparu. À moins qu'un jeu approprié puisse être conservé pendant ou après installation, les forces de dilatation ou de compression résultant de l'ajustement serré sur la bague intérieure ou extérieure pourront avoir pour effet de générer une précharge.

**ATTENTION :** Cette précharge peut être à l'origine d'empreintes sur les chemins et/ou empêcher le roulement de tourner correctement.

Pour prévenir cette précharge pendant le montage à la verticale, utilisez un outil de maintenance de roulement ou un dispositif spécial qui

maintient les composants du roulement centrés (→ fig. 70).

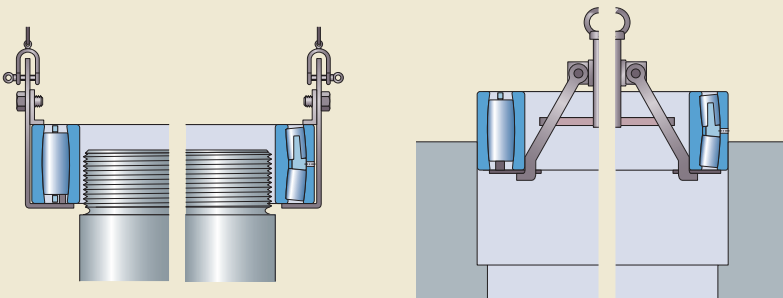
### Roulements à rotule sur rouleaux étanches

Les roulements à rotule sur rouleaux étanches n'ont en général pas besoin d'être relubrifiés. Toutefois, lorsque les conditions de fonctionnement sont rudes, la relubrification peut être nécessaire. Les roulements de petites dimensions ( $d < 100$  mm) disposent d'une bande protectrice en polymère qui recouvre la rainure et les orifices de lubrification dans la bague extérieure. Si une relubrification est attendue, la bande en polymère doit être retirée de ces roulements avant le montage (→ fig. 71).

**REMARQUE :** Pour obtenir davantage d'informations au sujet de la relubrification, veuillez vous reporter à la section *Relubrification*, à partir de la page 192.

Les roulements à rotule sur rouleaux étanches à alésage conique sont montés de préférence en utilisant la méthode par enfoncement axial SKF (→ *La méthode par enfoncement axial SKF*, à partir de la page 57).

Fig. 70



## Roulements à rouleaux toroïdaux CARB

Fig. 71

### Prise en compte du déplacement axial

Les roulements à rouleaux toroïdaux CARB tolèrent une dilatation axiale de l'arbre dans le roulement. Pour permettre les déplacements axiaux de l'arbre par rapport au palier, il convient de prévoir suffisamment d'espace des deux côtés du roulement (→ **fig. 72** et voir *Cotes de montage*, **page 38**).

Généralement, les bagues des roulements sont montées de manière à ne pas être décalées l'une par rapport à l'autre. Toutefois, si une dilatation thermique considérable est à prévoir au niveau de la longueur de l'arbre, la bague intérieure doit être montée avec un certain décalage par rapport à la bague extérieure, dans le sens opposé à la dilatation thermique attendue.

Les roulements à alésage conique peuvent être montés avec des manchons de serrage modifiés et/ou des écrous de serrage pour empêcher le dispositif de fixation de frotter sur la cage. Si des écrous de serrage standard sont utilisés, une entretoise peut être nécessaire entre la bague intérieure du roulement et la rondelle-frein.

La méthode par enfouissement axial SKF convient particulièrement pour le montage des roulements à rouleaux toroïdaux CARB sur un alésage conique (→ *La méthode par enfouissement axial SKF*, à partir de la **page 57**).

Si les informations concernant l'espace nécessaire, le décalage admissible et les dimensions des entretoises (le cas échéant) ne se trouvent pas sur le plan de montage, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

### Roulements avec segment d'arrêt

Pour les roulements CARB à rouleaux toroïdaux jointifs qui disposent d'un segment d'arrêt dans la bague extérieure et qui doivent accepter des déplacements axiaux relativement grands, vérifiez que la bague intérieure peut être éloignée du segment d'arrêt (→ **fig. 73**).

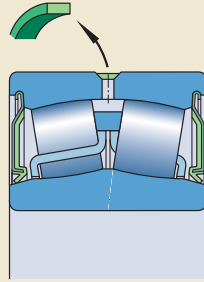


Fig. 72

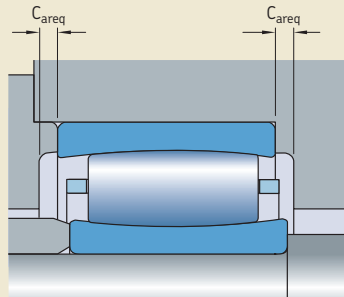
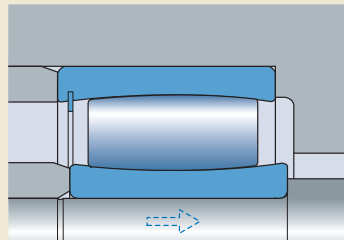


Fig. 73







# Montage des paliers complets

Généralités . . . . .	94	Montage de paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique . . . . .	119
À savoir . . . . .	94	Assemblage de paliers à billes . . . . .	121
Préparations avant montage . . . . .	101		
Outils adaptés . . . . .	102		
<b>Montage de paliers à billes avec vis de blocage (de pression) . . . . .</b>	<b>104</b>		
Paliers à billes avec corps de palier en fonte ou composite . . . . .	104		
Paliers à billes avec corps de palier en tôle . . . . .	105		
<b>Montage de paliers à billes avec bague de blocage excentrique . . . . .</b>	<b>106</b>		
Paliers à billes avec corps de palier en fonte ou composite . . . . .	106		
Paliers à billes avec corps de palier en tôle . . . . .	108		
<b>Montage de paliers à billes avec manchon de serrage . . . . .</b>	<b>109</b>		
<b>Montage de paliers à billes SKF ConCentra . . . . .</b>	<b>111</b>		
Paliers à billes SKF ConCentra à semelle . . . . .	111		
Paliers appliqués à billes SKF ConCentra . . . . .	113		
<b>Montage de paliers à rouleaux SKF ConCentra . . . . .</b>	<b>114</b>		
Paliers à rouleaux SKF ConCentra à semelle . . . . .	114		
Paliers appliqués à rouleaux SKF ConCentra . . . . .	117		

# Généralités

Les paliers complets SKF sont prêts à être montés et utilisés. Ils sont généralement composés d'un roulement insert à billes ou à rouleaux et d'un corps de palier en fonte grise, en tôle ou en matériau composite. Pour obtenir une durée de service maximale, ils doivent être installés correctement. L'utilisation des mauvaises procédures ou d'outils non adaptés peut réduire la durée de service et endommager les paliers complets. Ces éléments de précision doivent toujours être manipulés avec précaution.

## À savoir

Trois corps de paliers différents sont disponibles pour les paliers complets SKF et, en fonction du type de roulement et de la taille du palier complet, il existe un choix de méthodes pour fixer le palier sur l'arbre. Les méthodes les plus courantes sont (→ **fig. 1**) :

- par vis de blocage (de pression) (**a**)
- par bague de blocage excentrique avec une vis de blocage (de pression) (**b**)
- par un manchon de serrage (**c**)
- par le mécanisme de blocage SKF ConCentra (**d, e**)
- par bague de blocage cylindrique avec deux vis de blocage (de pression) (**f**)

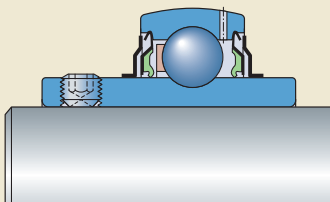
Lorsque vous choisissez un palier complet de rechange, les éléments suivants doivent correspondre à ceux du roulement à billes ou à rouleaux d'origine :

- la méthode de fixation de l'arbre (→ **fig. 1** et **tableau 1, page 96**)
- le style de corps de palier (→ **fig. 2a à 2t**, à partir de la **page 95** et **tableau 2, page 100**)
- la méthode d'étanchéité (→ **tableau 1, page 96**)
- la bague intérieure qui peut déborder d'un seul côté ou des deux (paliers à billes)
- la position fixe ou libre (paliers à rouleaux)

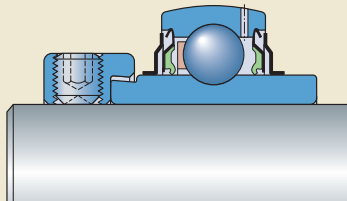
Pour obtenir davantage d'informations sur les produits et outils de maintenance et de lubrification SKF, visitez [www.skf.com](http://www.skf.com) et [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Le Reliability Maintenance Institute (RMI) de SKF propose une vaste gamme de formations (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Veuillez contacter votre représentant SKF local pour davantage d'informations ou visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

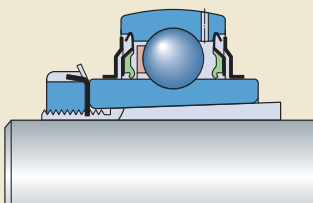
Fig. 1



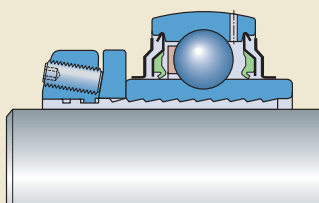
a) Blocage par vis de blocage (de pression)



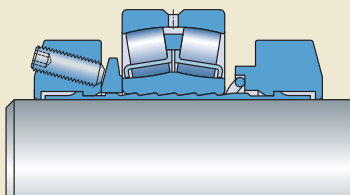
b) Bague de blocage excentrique avec une vis de blocage (de pression)



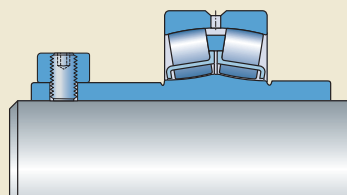
c) Blocage par manchon de serrage



d) Blocage SKF ConCentra, paliers à billes



e) Blocage SKF ConCentra, paliers à rouleaux



f) Bague de blocage cylindrique avec deux vis de blocage (de pression)

## Dispositifs de blocage d'arbre, montages et joints

Suffixe de désignation	Figure <sup>1)</sup>	Description	Désignation complète du palier (exemple)
-	1f	<b>Dispositif de blocage</b> Bague de blocage cylindrique avec deux vis de blocage (de pression)	SYR 2.7/16
FM	1b	Bague de blocage excentrique avec une vis de blocage (de pression)	TU 35 FM
KF	1c	Manchon de serrage	SYJ 65 KF
N	1e	Mécanisme de blocage SKF ConCentra	FSYE 3.15/16 N
NTH	1a	Deux vis de blocage (de pression) sur la bague intérieure	FYTBKC 20 NTH
NTR	1a	Deux vis de blocage (de pression) sur la bague intérieure	FYKC 30 NTR
PF	1d	Mécanisme de blocage SKF ConCentra	SY 45 PF
RM	1a	Deux vis de blocage (de pression) sur la bague intérieure	SYH 1.15/16 RM
TF	1a	Deux vis de blocage (de pression) sur la bague intérieure	SYFJ 45 TF
THR	1a	Deux vis de blocage (de pression) sur la bague intérieure	FYL 25 THR
TR	1a	Deux vis de blocage (de pression) sur la bague intérieure	SYK 20 TR
WF	1b	Bague de blocage excentrique avec une vis de blocage (de pression)	FY 60 WF
<b>Montage et joints</b>			
-		Palier libre à rouleaux monté sur bague	SYR 2.7/16
-		Joints à deux lèvres (standard)	SYR 2.7/16
AH		Paliers à billes pour systèmes de traitement de l'air	SY 2 TF/AH
F		Palier fixe à rouleaux pour arbres à cotes métriques	SYT 45 F
H		Palier fixe à rouleaux pour arbres à cotes en pouces	FSYE 3.15/16 NH
L		Palier libre à rouleaux pour arbres à cotes métriques	SYNT 50 L
TS		Joints à chicane	SYNT 50 LTS
TF		Joints radiaux pour arbres	SYNT 45 FTF
W		Produits sans relubrification	SYNT 100 FW
-118		Joints à chicane	SYR 2.7/16 N-118
-3		Joints radiaux pour arbres	SYR 2.7/16-3
-18		Joints à chicane	SYR 2.7/16-18

<sup>1)</sup> page 95

Fig. 2a



Paliers à semelle  
SY, SYH, SYJ, SYM

Fig. 2b



Paliers à semelle  
SYK, SYKC, SYL

Fig. 2c



Paliers à semelle  
SYF, SYFJ

Fig. 2f



Paliers à semelle  
SYNT

Fig. 2d



Paliers à semelle  
SYFL

Fig. 2g



Paliers à semelle  
SYR, SYE

Fig. 2e



Paliers à semelle  
P, S

Fig. 2h



Paliers appliques  
FY, FYJ, FYM

## Montage des paliers complets

Fig. 2i



Paliers appliqués  
FYK, FYKC, FYL

Fig. 2l



Paliers appliqués  
FYC

Fig. 2j



Paliers appliqués  
FYT, FYTB, FYTJ, FYTM

Fig. 2m



Paliers appliqués  
F, PF

Fig. 2k



Paliers appliqués  
FYTBK, FYTBKC, FYTL

Fig. 2n



Paliers appliqués  
FT, PFT

Fig. 2o



Paliers appliques  
PFD

Fig. 2r



Paliers coulisseaux-tendeurs  
TU, TUJ, TUM

Fig. 2p



Paliers appliques  
FYE

Fig. 2s



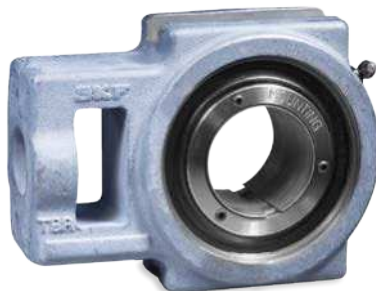
Paliers coulisseaux-tendeurs  
TUL

Fig. 2q



Paliers appliques  
FYR

Fig. 2t



Paliers coulisseaux-tendeurs  
TBR

Styles de corps de paliers à billes et à rouleaux SKF<sup>1)</sup>

Style de palier	Description
F	Palier applique à billes avec corps de palier rond en tôle
FSYE	Palier à rouleaux à semelle avec corps de palier en fonte et semelle à quatre boulons
FSYR	Palier à rouleaux à semelle avec corps de palier en fonte et semelle à quatre boulons
FT	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en tôle
FY	Palier applique à billes avec corps de palier carré en fonte
FYC	Palier applique à billes avec corps de palier rond en fonte
FYE	Palier applique à rouleaux avec corps de palier carré en fonte
FYJ	Palier applique à billes avec corps de palier carré en fonte
FYK	Palier applique à billes avec corps de palier carré en polyamide renforcé
FYKC	Palier applique à billes avec corps de palier carré en polyamide renforcé
FYL	Palier applique à billes avec corps de palier carré en polyamide renforcé
FYM	Palier applique à billes avec corps de palier carré en fonte
FYNT	Palier applique à billes avec corps de palier carré en fonte
FYR	Palier applique à rouleaux avec corps de palier rond en fonte
FYRP	Palier applique à rouleaux avec corps de palier rond en fonte et extension usinée
FYT	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en fonte
FYTB	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en fonte
FYTBK	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en polyamide renforcé
FYTBKC	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en polyamide renforcé
FYTJ	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en fonte
FYTL	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en polyamide renforcé
FYTM	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en fonte
P	Palier à billes à semelle avec corps de palier en tôle
PF	Palier applique à billes avec corps de palier rond en tôle
PFDF	Palier applique à billes avec corps de palier triangulaire en tôle
PFT	Palier applique à billes avec corps de palier ovale en tôle
S	Paliers à billes à semelle avec corps de palier en tôle
SY	Palier à billes à semelle avec corps de palier en fonte
SYE	Palier à rouleaux à semelle avec corps de palier en fonte
SYF	Palier à billes à semelle avec corps de palier court en fonte
SYFJ	Palier à billes à semelle avec corps de palier court en fonte
SYFL	Palier à billes à semelle avec corps de palier court en polyester
SYH	Palier à billes à semelle avec corps de palier en fonte
SYJ	Palier à billes à semelle avec corps de palier en fonte
SYK	Palier à billes à semelle avec corps de palier en polyamide renforcé
SYKC	Palier à billes à semelle avec corps de palier en polyamide renforcé
SYL	Palier à billes à semelle avec corps de palier en polyester
SYM	Palier à billes à semelle avec corps de palier en fonte
SYNT	Palier à rouleaux à semelle avec corps de palier en fonte
SYR	Palier à rouleaux à semelle avec corps de palier en fonte
TU	Coulisseau-tendeur à billes avec corps de palier en fonte
TUJ	Coulisseau-tendeur à billes avec corps de palier en fonte
TUL	Coulisseau-tendeur à billes avec corps de palier en polyester
TUM	Coulisseau-tendeur à billes avec corps de palier en fonte

<sup>1)</sup> Veuillez vous reporter également aux fig. 2a à 2t, à partir de la page 96.

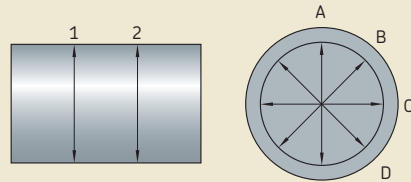


## Préparations avant montage

Avant de monter un palier complet, procédez comme suit :

- Vérifiez que l'arbre est propre et ne comporte pas de bavures. Si ce n'est pas le cas, éliminez les bavures et chanfreinez l'extrémité de l'arbre à l'aide de toile émeri ou d'une lime fine. Nettoyez l'arbre.
- Vérifiez que la portée de roulement de l'arbre se trouve dans la catégorie de tolérances, de préférence au niveau des deux sections et dans les quatre sens (→ **fig. 3**).
- Pour les paliers complets utilisant des vis de blocage (de pression), une bague de blocage excentrique ou une bague de blocage cylindrique, appliquez une fine couche d'huile légère sur l'arbre.
- Pour les paliers complets qui utilisent un manchon de serrage ou la méthode de blocage SKF ConCentra, utilisez un chiffon propre pour vous assurer que la portée de roulement de l'arbre est sèche et ne comporte pas de graisse.
- Nettoyez la surface d'appui du palier complet et vérifiez que la planéité recommandée se trouve dans la catégorie de tolérances IT7.
- Si le palier complet est utilisé à nouveau après avoir été retiré, vérifiez que l'alésage du roulement et la base du palier sont propres.
- Si des cales sont nécessaires pour élever la hauteur d'axe du palier complet, assurez-vous que la cale couvre l'intégralité de la surface de contact entre la base du palier et la surface d'appui.
- SKF recommande d'utiliser des boulons de classe 8.8 ou des goujons et une rondelle conformes aux normes ISO 7089:2000 ou 7090:2000, ainsi qu'une rondelle à ressort pour fixer les paliers à billes ou à rouleaux sur leur base. Les vis à tête hexagonale conformes à la norme ISO 4014:1999 conviennent parfaitement. Autrement, des vis d'assemblage à six pans creux conformes à la norme ISO 4762:1988 peuvent être utilisées.
- Les paliers complets doivent rester dans leur emballage d'origine jusqu'au moment du montage. Ils seront ainsi protégés des contaminants, en particulier dans les environnements hostiles.

Fig. 3



## Outils adaptés

Pour monter les paliers à billes et à rouleaux SKF, les seuls outils requis sont :

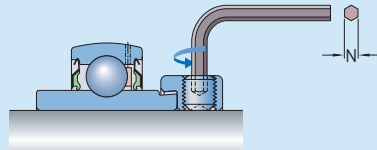
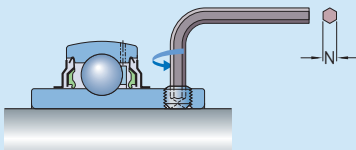
- une clé hexagonale ou une clé dynamométrique pour serrer les vis de blocage (de pression) dans la bague intérieure ou la bague de blocage, comme indiqué dans le **tableau 3**

- une clé à ergot pour serrer les écrous de serrage du manchon de serrage, comme indiqué dans le **tableau 4**
- une clé dynamométrique ou une clé hexagonale pour serrer les vis, boulons ou écrous de fixation

Une clé 3L conforme à la norme ISO 2936:2001 est fournie avec chaque palier complet à billes ou à rouleaux SKF ConCentra, ainsi qu'un indicateur de couple (→ **fig. 21, page 113**).

Tableau 3

Clés hexagonales et valeurs de couple de serrage recommandées pour les paliers à billes avec vis ou bague de blocage



Diamètre d'arbre d au-dessus à incl. de	Taille de clé hexagonale	Couple de serrage
mm/pouce	mm/pouce	Nm ( <i>in.lbf</i> )

Diamètre d'arbre d au-dessus à incl. de	Taille de clé hexagonale	Couple de serrage
mm / pouce	mm / pouce	Nm ( <i>in.lbf</i> )

### Paliers à billes avec vis de blocage (de pression)

Paliers portant les suffixes de désignation TF et TR (à l'exception des séries indiquées ci-dessous)

–	35	3	4 (35)
35	45	4	6,5 (58)
45	65	5	16,5 (146)
65	100	6	28,5 (252)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

### Paliers des séries SYM ..TF, FYM ..TF et TUM ..TF

–	1	1/8	4 (35)
1	1 1/2	5/32	6,5 (58)
1 1/2	2 3/16	3/16	16,5 (146)
2 3/16	3	7/32	28,5 (252)

### Paliers portant le suffixe de désignation RM

–	45	3	4 (35)
45	50	4	6,5 (58)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

### Paliers à billes avec bague de blocage excentrique

Paliers portant les suffixes de désignation FM et WF

–	25	3	4 (35)
25	30	4	6,5 (58)
30	65	5	16,5 (146)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1	1/8	4 (35)
1	1 15/16	5/32	6,5 (58)
1 15/16	3	3/16	16,5 (146)

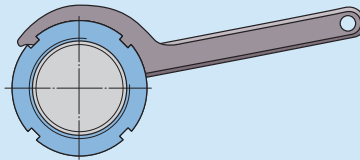
### Paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique

1 3/16	2 3/16	3/8	28,5 (252)
2 3/16	3 1/2	1/2	70 (620)
3 1/2	4	5/8	149,7 (1 325)
4	4 15/16	5/8	149,7 (1 325)

Les clés à ergot font partie de la gamme complète d'outils de et de produits de montage SKF (→ **Annexe J**, à partir de la **page 416**).

Tableau 4

Clés à ergot et valeurs de couple de serrage pour les paliers à billes des séries SYJ .. KF, FYJ .. KF et FYTJ .. KF, montés avec un manchon de serrage



Diamètre d'arbre		Palier complet Diamètre d'alésage	Manchon de serrage adapté Désignation	Clé à ergot appropriée		Couple de serrage		
d				Désignation		min.	max.	min.
mm	pouce	mm	–	–	Nm		in.lbf	
19,050	3/4	<b>25</b>	<b>HE 2305</b>	HN 5-6	13	17	115	150
20	–	<b>25</b>	<b>H 2305</b>	HN 5-6	13	17	115	150
23,812	15/16	<b>30</b>	<b>HA 2306</b>	HN 5-6	22	28	195	248
25	–	<b>30</b>	<b>H 2306</b>	HN 5-6	22	28	195	248
25,400	1	<b>30</b>	<b>HE 2306</b>	HN 5-6	22	28	195	248
30	–	<b>35</b>	<b>H 2307</b>	HN 7	27	33	239	292
30,162	1 3/16	<b>35</b>	<b>HA 2307</b>	HN 7	27	33	239	292
31,750	1 1/4	<b>40</b>	<b>HE 2308</b>	HN 8-9	35	45	310	398
35	–	<b>40</b>	<b>H 2308</b>	HN 8-9	35	45	310	398
36,512	1 7/16	<b>45</b>	<b>HA 2309</b>	HN 8-9	45	55	398	487
38,100	1 1/2	<b>45</b>	<b>HE 2309</b>	HN 8-9	45	55	398	487
40	–	<b>45</b>	<b>H 2309</b>	HN 8-9	45	55	398	487
41,275	1 5/8	<b>50</b>	<b>HS 2310</b>	HN 10-11	55	65	487	575
42,862	1 13/16	<b>50</b>	<b>HA 2310</b>	HN 10-11	55	65	487	575
44,450	1 3/4	<b>50</b>	<b>HE 2310</b>	HN 10-11	55	65	487	575
45	–	<b>50</b>	<b>H 2310</b>	HN 10-11	55	65	487	575
49,212	1 15/16	<b>55</b>	<b>HS 2311 B</b>	HN 10-11	65	85	575	752
50	–	<b>55</b>	<b>H 2311</b>	HN 10-11	65	85	575	752
50,800	2	<b>55</b>	<b>HE 2311</b>	HN 10-11	65	85	575	752
53,975	2 1/8	<b>60</b>	<b>HS 2312</b>	HN 12-13	85	115	752	1018
55	–	<b>60</b>	<b>H 2312</b>	HN 12-13	85	115	752	1018
55,562	2 3/16	<b>65</b>	<b>HA 2313</b>	HN 12-13	110	150	974	1328
57,150	2 1/4	<b>65</b>	<b>HE 2313</b>	HN 12-13	110	150	974	1328
60	–	<b>65</b>	<b>H 2313</b>	HN 12-13	110	150	974	1328
60,325	2 3/8	<b>65</b>	<b>HS 2313</b>	HN 12-13	110	150	974	1328

# Montage de paliers à billes avec vis de blocage (de pression)

### Paliers à billes avec corps de palier en fonte ou composite

Lorsque vous montez des paliers à billes avec corps de palier en fonte ou composite (→ fig. 2a, 2b, 2c, 2d, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2r et 2s, pages 96 à 99) avec des vis de blocage (de pression) (→ fig. 1a, page 95), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, page 101, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 a) Paliers à semelle : Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. Alignez soigneusement les deux paliers complets et serrez les boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5**.  
b) Paliers appliqués : Tenez l'arbre en position de montage entre les parois de la machine. Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. S'il n'y a pas d'épaulement, alignez soigneusement les deux paliers complets et serrez les boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5**.

c) Coulisseaux-tendeurs : Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. Installez l'ensemble arbre/paliers dans les glissières et vissez les vis de réglage à travers les orifices moulés dans les paliers. Alignez les deux paliers avec précaution.

**REMARQUE :** Lorsque la relubrification du palier est nécessaire, le défaut d'alignement maximal admissible de l'arbre par rapport au palier est de 2°. Autrement, un défaut d'alignement de 5° peut être toléré.

- 3 Alignez axialement l'arbre dans le montage de roulements (→ fig. 4).
- 4 Serrez les vis de blocage (de pression) dans la bague intérieure (→ fig. 5) des deux paliers aux valeurs de couple de serrage indiquées dans le **tableau 3**, page 102.
- 5 Si possible, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.
- 6 Le cas échéant, mettez en place les disques d'obturation.

Fig. 4

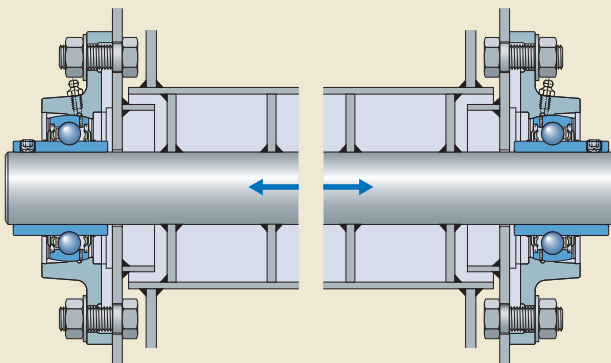
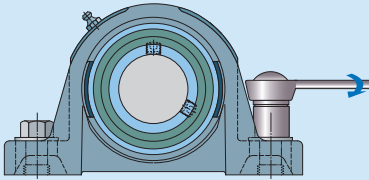


Tableau 5

Valeurs de couple de serrage recommandées pour boulons ou écrous de fixation



Taille de boulon Couple de serrage

mm / pouce	Nm	ft.lbf
6	9	7
8	22	16
10	45	34
12	80	60
16	200	150
20	385	285
24	665	485
3/8	28	21
1/2	95	70
5/8	185	135
3/4	320	235
7/8	515	380
1	770	570

### Paliers à billes avec corps de palier en tôle

Lorsque vous montez des paliers à billes avec corps de palier en tôle (→ fig. 2e, 2m, 2n et 2o, pages 97 à 99) avec des vis de blocage (de pression) (→ fig. 1a, page 95), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, page 101, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 a) Paliers à semelle : Placez les semelles des paliers sur leurs surfaces d'appui. Faites glisser un roulement, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur, sur chaque extrémité d'arbre et posez l'arbre équipé des roulements sur les semelles des paliers.

**REMARQUE :** Si le palier complet dispose d'une douille en caoutchouc (cartouche), installez d'abord cette douille sur le diamètre extérieur du roulement (→ fig. 6).

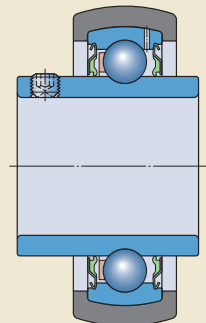
b) Paliers appliqués : Placez une moitié de palier sur les parois de la machine, soutenez l'arbre en position de montage entre les parois de la machine et faites glisser un roulement en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur sur chaque extrémité d'arbre.

- 3 Placez un chapeau de palier ou la deuxième moitié de palier au-dessus de chaque roulement (→ fig. 7, page 106) et mettez en place les boulons ou écrous de fixation, sans les serrer.

Fig. 5



Fig. 6



## Montage des paliers complets

- 4 Aligned soigneusement les deux paliers à l'aide de l'arbre et serrez les boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.

**REMARQUE :** Lorsque la relubrification du palier est nécessaire, le défaut d'alignement de l'arbre par rapport au palier maximal admissible est de 2°. Autrement, un défaut d'alignement de 5° peut être toléré.

**ATTENTION :** Les paliers, dont le corps est en tôle, ne peuvent pas compenser un défaut d'alignement une fois que les boulons ou les écrous de fixation ont été totalement serrés, à moins que les paliers à semelle soient équipés d'une douille en caoutchouc (cartouche).

- 5 Si possible, alignez l'arbre axialement dans le montage de roulements (→ **fig. 4, page 104**) et faites-le tourner plusieurs fois.
- 6 Serrez les vis de blocage (de pression) dans la bague intérieure des deux paliers aux valeurs de couple de serrage indiquées dans le **tableau 3, page 102**.
- 7 Si possible, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.



Fig. 7

## Montage de paliers à billes avec bague de blocage excentrique

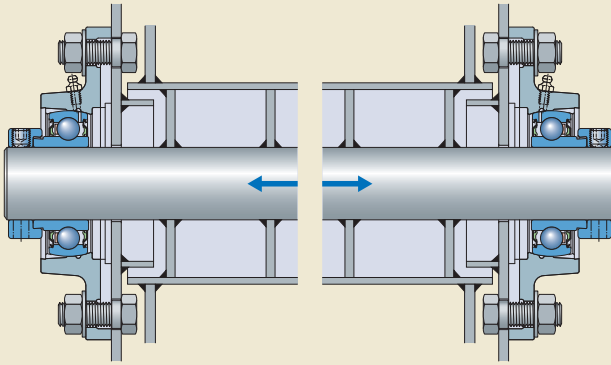
### Paliers à billes avec corps de palier en fonte ou composite

Lorsque vous montez des paliers à billes avec corps de palier en fonte ou composite (→ **fig. 2a, 2c, 2h, 2j, 2l et 2r, pages 96 à 99**) et une bague de blocage excentrique (→ **fig. 1b, page 95**), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, **page 101**, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 Retirez les bagues de blocage excentriques.
- 3 a) Paliers à semelle : Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. Alignez soigneusement les deux paliers et serrez les boulons de fixation dans les deux paliers aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.  
b) Paliers appliqués : Placez l'arbre entre les parois de la machine. Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. S'il n'y a pas d'épaulement, alignez soigneusement les deux paliers complets et serrez les boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.  
c) Coulisseaux-tendeurs : Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. Installez l'ensemble arbre/paliers dans les glissières et vissez les vis de réglage à travers les orifices moulés dans les paliers. Alignez les deux paliers avec précaution.

**REMARQUE :** Lorsque la relubrification du palier est nécessaire, le défaut d'alignement de l'arbre par rapport aux paliers maximal admissible est de 2°. Autrement, un défaut d'alignement de 5° peut être toléré.

Fig. 8



- 4 Aligned l'arbre dans le montage de roulements axialement (→ fig. 8).
- 5 Placez une bague de blocage excentrique sur la partie débordante de la bague intérieure de chaque palier et serrez-la très légèrement dans le sens de rotation principal (→ fig. 9). Ensuite, serrez la bague de blocage à l'aide d'une clé à ergot en engageant l'ergot dans l'orifice situé sur la périphérie de la bague (→ fig. 10) ou à l'aide d'un marteau et d'un chasse-goupille. Serrez les vis de blocage (de pression) dans la bague de blocage de chaque palier aux valeurs de couple de serrage indiquées dans le **tableau 3, page 102**.
- 6 Si possible, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.
- 7 Le cas échéant, mettez en place les disques d'obturation.

Fig. 9



Fig. 10



## Montage des paliers complets

### Paliers à billes avec corps de palier en tôle

Lorsque vous montez des paliers à billes avec corps de palier en tôle (→ fig. 2e, 2m, 2n et 2o, pages 97 à 99) et une bague de blocage excentrique (→ fig. 1b, page 95), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, page 101, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 Retirez les bagues de blocage.
- 3 a) Paliers à semelle : Placez les semelles des paliers sur leurs surfaces d'appui. Faites glisser un roulement en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur sur chaque extrémité d'arbre et placez les roulements dans la moitié inférieure des paliers.

**REMARQUE :** Si le palier complet dispose d'une douille en caoutchouc (cartouche), installez d'abord cette douille sur le diamètre extérieur du roulement (→ fig. 11).

b) Paliers appliqués : Placez l'arbre entre les parois de la machine. Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur.

- 4 Placez un chapeau de palier ou la deuxième moitié de palier au-dessus de chaque roulement (→ fig. 12) et mettez en place les boulons ou écrous de fixation, sans les serrer.
- 5 Alignez soigneusement les deux paliers, par exemple à l'aide de l'arbre, et serrez les boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5**, page 105.

**REMARQUE :** Lorsque la relubrification du palier est nécessaire, le défaut d'alignement de l'arbre par rapport au palier maximal admissible est de 2°. Autrement, un défaut d'alignement de 5° peut être toléré.

**ATTENTION :** Les paliers, dont le corps est en tôle, ne peuvent pas compenser un défaut d'alignement une fois que les boulons ou les écrous de fixation ont été totalement serrés, à moins que les paliers à semelle soient équipés d'une douille en caoutchouc (cartouche).

- 6 Si possible, alignez l'arbre axialement dans le montage de roulements (→ fig. 8, page 107) et faites-le tourner plusieurs fois.

Fig. 11

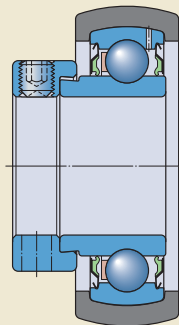


Fig. 12



- 7 Placez une bague de blocage excentrique sur la partie débordante de la bague intérieure de chaque palier et serrez-la très légèrement dans le sens de rotation principal. Serrez la bague de blocage jusqu'à sa position finale à l'aide d'une clé à ergot en engageant l'ergot dans l'orifice situé sur la périphérie de la bague ou à l'aide d'un marteau et d'un chasse-goupille. Serrez la vis de blocage (de pression) dans la bague de blocage de chaque palier aux valeurs de couple de serrage indiquées dans le **tableau 3**, page 102.
- 8 Le cas échéant, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.



## Montage de paliers à billes avec manchon de serrage

Lorsque vous montez des paliers à billes à semelle avec un manchon de serrage (→ **fig. 1c**, **page 95**), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, **page 101**, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 Déterminez la position des manchons de serrage sur l'arbre (→ **fig. 13**).

**REMARQUE :** Tenez compte du fait que pendant l'assemblage, le palier sera déplacé axialement sur le manchon de serrage, le long de l'arbre. Si le manchon est à portées multiples, la position du palier sur l'arbre est déterminée par la surface d'appui, ce qui simplifie considérablement le montage.

- 3 Retirez l'écrou et la rondelle-frein des manchons de serrage.
- 4 Élargissez légèrement chaque manchon de serrage en insérant un tournevis dans leur rainure (→ **fig. 14**). Ensuite, faites-les glisser le long de l'arbre en plaçant le filetage vers l'extérieur.
- 5 Mettez en place le premier palier complet sur le manchon de serrage.
- 6 Mettez en place la rondelle-frein et serrez l'écrou de serrage jusqu'à ce que la bague intérieure, le manchon et l'arbre entrent correctement en contact.

Fig. 13

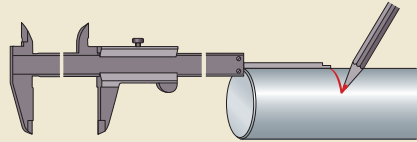


Fig. 14



Fig. 15



## Montage des paliers complets

- 7 Serrez davantage l'écrou de serrage soit à l'aide d'une clé à ergot à un angle de serrage d'environ 70° (→ **fig. 15**) ou soit à l'aide d'une clé dynamométrique aux valeurs de couple de serrage recommandées dans le (→ **tableau 4, page 103**). Assurez-vous que le manchon ne tourne pas sur l'arbre pendant que vous serrez l'écrou. Pendant le serrage, l'arbre se déplacera axialement conformément au déplacement axial du palier sur sa portée de manchon conique.
- 8 Fixez le palier complet sur le manchon en pliant une languette de la rondelle-frein dans une des rainures situées sur la périphérie de l'écrou (→ **fig. 16**).
- 9 Insérez les boulons ou les écrous de fixation, mais sans les serrer.
- 10 Mettez le palier complet de l'autre côté de l'arbre, à son emplacement sur le manchon.
- 11 Répétez les **étapes 6 à 9**. En faisant cela, le palier doit pouvoir se déplacer sur le manchon de serrage le long de l'arbre, conformément à son déplacement axial sur la portée de manchon conique.
- 12 Alignez les deux paliers avec précaution.

**REMARQUE :** Lorsque la relubrification du palier est nécessaire, le défaut d'alignement de l'arbre par rapport aux paliers maximal admissible est de 2°. Autrement, un défaut d'alignement de 5° peut être toléré.

- 13 Serrez les boulons ou les écrous de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.
- 14 Le cas échéant, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.
- 15 Le cas échéant, mettez en place les disques d'obturation.

Pour monter des paliers appliqués à billes avec un manchon de serrage, veuillez contacter le service Applications SKF.



Fig. 16

Fig. 17

## Montage de paliers à billes SKF ConCentra

**ATTENTION :** N'essayez jamais de démonter le palier complet. Ne serrez jamais non plus les vis de blocage (de pression) de la bague de montage tant que le palier n'est pas monté sur l'arbre, sans quoi vous pourriez endommager le manchon à portées multiples SKF ConCentra.

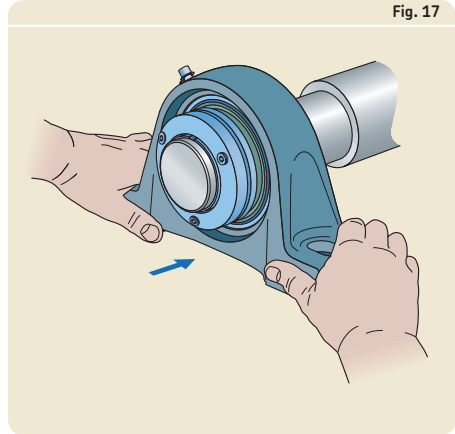
### Paliers à billes SKF ConCentra à semelle

Lorsque vous montez des paliers à billes SKF ConCentra à semelle (→ **fig. 1d, page 95**), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage, page 101*, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 En plaçant la bague de montage vers l'extérieur, faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre (→ **fig. 17**).
- 3 Mettez en place le premier palier complet et insérez les boulons de fixation, mais sans les serrer.

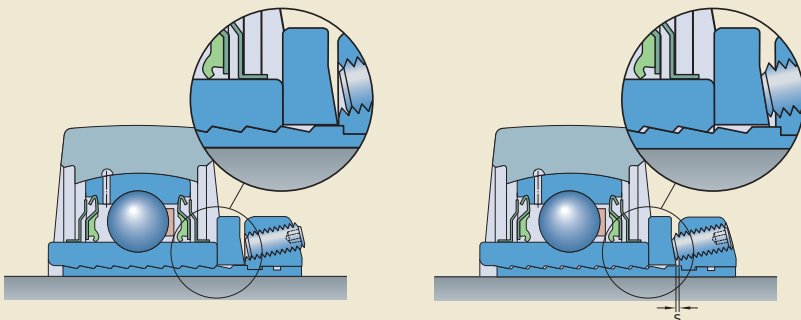
**REMARQUE :** Tenez compte du fait que pendant l'assemblage, le palier sera déplacé axialement sur le manchon à portées multiples SKF ConCentra, le long de l'arbre (→ **fig. 18**).

- 4 Positionnez la bague de montage de façon à ce qu'il n'y ait pas de vis de blocage en face de l'échancrure du manchon.



3

Fig. 18



## Montage des paliers complets

- 5 Utilisez le côté court de la clé hexagonale fournie et serrez les vis de blocage (de pression) très légèrement (→ **fig. 19**).
- 6 Utilisez le côté long de la clé hexagonale pour serrer les vis d'un total de 1/2 tour en deux fois alternativement (1/4 de tour, puis 1/4 de tour) conformément au schéma de montage (→ **fig. 20**), en commençant par la vis opposée à l'échancrure du manchon.
- 7 Montez l'indicateur de couple rouge qui vous est fourni sur le côté court de la clé hexagonale (→ **fig. 21**) et serrez les vis jusqu'à ce que la clé hexagonale entre en contact avec l'indicateur de couple (→ **fig. 22**). Si vous utilisez une clé dynamométrique, appliquez la valeur de couple de serrage recommandée de 7,4 Nm (5.5 ft.lbf).
- 8 Alignez le palier complet et serrez les boulons ou les écrous de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.
- 9 Mettez en place le palier complet à l'autre extrémité de l'arbre. Insérez les boulons ou les écrous de fixation, mais sans les serrer.
- 10 Répétez les **étapes 4 à 7**. De cette manière, le palier complet doit pouvoir se déplacer axialement le long de l'arbre, conformément à son déplacement axial « s » sur le manchon SKF ConCentra (→ **fig. 18, page 111**).
- 11 Alignez soigneusement l'arbre.

**REMARQUE :** Lorsque la relubrification du palier est nécessaire, le défaut d'alignement de l'arbre par rapport aux paliers maximal admissible est de 2°. Autrement, un défaut d'alignement de 5° peut être toléré.

- 12 Serrez les boulons ou les écrous de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.
- 13 Si possible, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.

Fig. 19

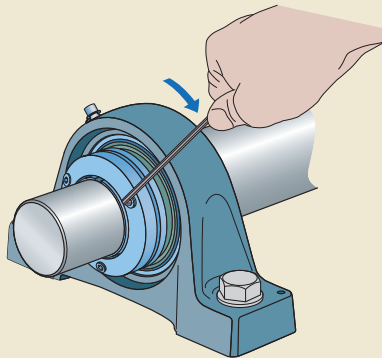


Fig. 20

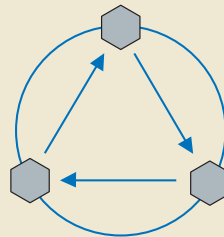




Fig. 21

### Paliers appliqués à billes SKF ConCentra

Lorsque vous montez des paliers appliqués à billes SKF ConCentra (→ fig. 1d, page 95), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, page 101, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 Tenez l'arbre en position de montage entre les parois de la machine.
- 3 En plaçant la bague de montage vers l'extérieur, faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre.

**REMARQUE :** Tenez compte du fait que pendant l'assemblage, le palier sera déplacé axialement sur le manchon à portées multiples SKF ConCentra, le long de l'arbre (→ fig. 18, page 111).

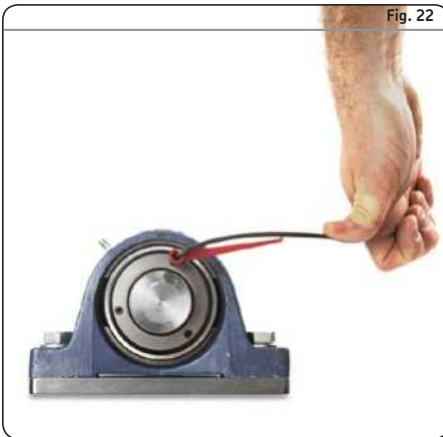


Fig. 22

- 4 Mettez en place le premier palier complet et serrez les boulons ou les écrous de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5**, page 105.
- 5 Positionnez la bague de montage de façon à ce qu'il n'y ait pas de vis de blocage en face de l'échancrure du manchon.
- 6 Utilisez le côté court de la clé hexagonale fournie et serrez les vis de blocage (de pression) très légèrement.
- 7 Utilisez le côté long de la clé hexagonale pour serrer les vis d'un total de  $\frac{1}{2}$  tour en deux fois alternativement ( $\frac{1}{4}$  de tour, puis  $\frac{1}{4}$  de tour) conformément au schéma de montage (→ fig. 20), en commençant par la vis opposée à l'échancrure du manchon.
- 8 Montez l'indicateur de couple rouge qui vous est fourni sur le côté court de la clé hexagonale (→ fig. 21) et serrez les vis jusqu'à ce que la clé hexagonale entre en contact avec l'indicateur de couple. Si vous utilisez une clé dynamométrique, appliquez la valeur de couple de serrage recommandée de 7,4 Nm (5.5 ft.lbf).
- 9 Mettez en place le palier complet à l'autre extrémité de l'arbre. Insérez les boulons ou les écrous de fixation, mais sans les serrer.

## Montage des paliers complets

- 10** Répétez les **étapes 5 à 8**. De cette manière, le palier complet doit pouvoir se déplacer axialement le long de l'arbre (→ **fig. 23**), conformément à son déplacement axial « s » sur le manchon SKF ConCentra (→ **fig. 18, page 111**).
- 11** Alignez soigneusement l'arbre.

**REMARQUE :** Lorsque la relubrification du palier est nécessaire, le défaut d'alignement de l'arbre par rapport aux paliers maximal admissible est de 2°. Autrement, un défaut d'alignement de 5° peut être toléré.

- 12** Serrez les boulons ou les écrous de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.
- 13** Si possible, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.

## Montage de paliers à rouleaux SKF ConCentra

**ATTENTION :** N'essayez jamais de démonter le palier complet. Ne serrez jamais non plus les vis de blocage (de pression) de la bague de montage tant que le palier n'est pas monté sur l'arbre, sans quoi vous pourriez endommager le manchon à portées multiples SKF ConCentra.

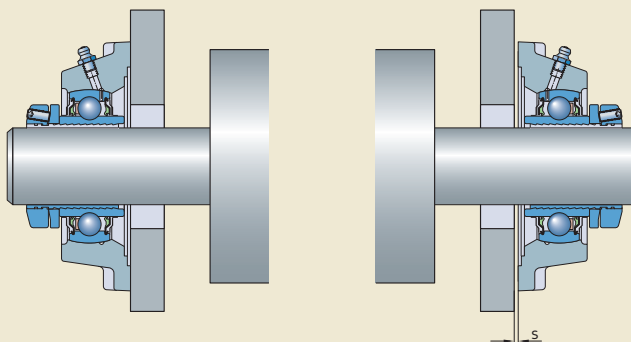
### Paliers à rouleaux SKF ConCentra à semelle

Lorsque vous montez des paliers à rouleaux SKF ConCentra à semelle (→ **fig. 1e, page 95**), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage, page 101*, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 Déterminez la position du palier fixe et celle du palier libre sur l'arbre. Le palier fixe doit toujours se trouver côté entraînement.
- 3 En plaçant la bague de montage vers l'extérieur, faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre (→ **fig. 24**).

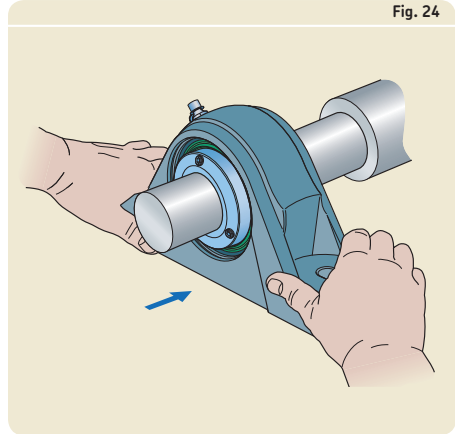
**REMARQUE :** Tenez compte du fait que pendant l'assemblage, le palier sera déplacé axialement sur le manchon à portées multiples SKF ConCentra, le long de l'arbre (→ **fig. 25**).

Fig. 23



- 4 Insérez les boulons ou les écrous de fixation, mais sans les serrer.
- 5 Mettez en place le palier fixe axialement sur l'arbre et alignez-le sur la surface d'appui. Dans le cas des paliers complets SYNT, des repères verticaux sur les extrémités de la semelle du palier facilitent la mise en place (→ fig. 26).
- 6 Bloquez le palier fixe sur l'arbre.

Fig. 24



3

Fig. 26

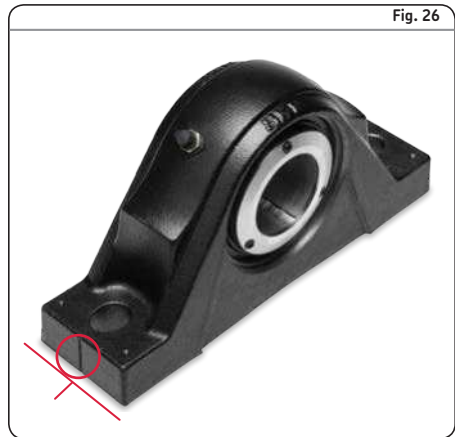
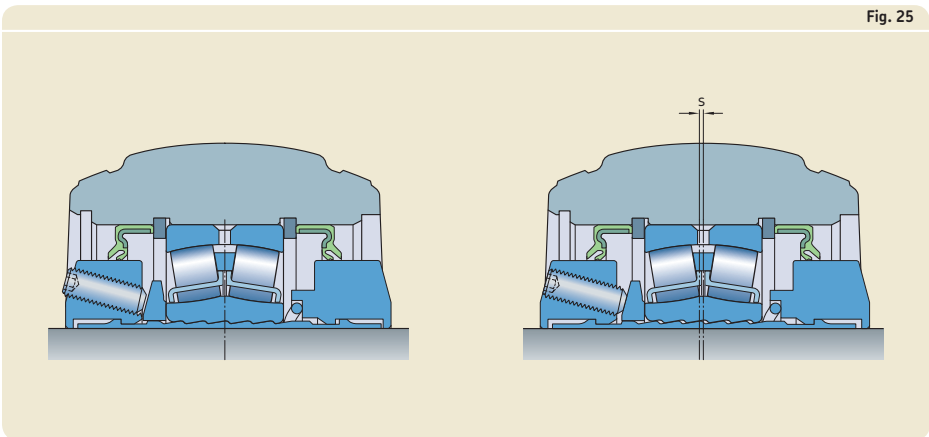


Fig. 25



## Montage des paliers complets

- 7 Positionnez la bague de montage de façon à ce qu'il n'y ait pas de vis de blocage en face de l'échancrure du manchon. Utilisez le côté court de la clé hexagonale fournie et serrez chaque vis très légèrement. Suivez le schéma de montage (→ **fig. 27**), en commençant par la vis opposée à l'échancrure du manchon. Montez l'indicateur de couple rouge qui vous est fourni sur le côté court de la clé hexagonale (→ **fig. 21, page 113**) et serrez la vis jusqu'à ce que la clé hexagonale entre en contact avec l'indicateur de couple (→ **fig. 28**). Lorsque vous utilisez une clé dynamométrique pour serrer les vis de blocage (de pression) (→ **fig. 29**), choisissez un embout de 3 mm. En suivant le schéma de montage, serrez d'abord les vis très légèrement. Continuez ensuite à serrer chaque vis à la valeur de couple de serrage recommandée de 7,4 Nm (5.5 ft.lbf).
- 8 Vérifiez à nouveau l'alignement du palier fixe. Le défaut d'alignement maximal admissible entre l'arbre et les paliers est de 1,5°.
- 9 Déterminez le milieu de la portée du roulement dans le palier libre. Soutenez l'arbre. Prenez le roulement insert non chargé par les bagues situées aux deux extrémités et déplacez-le d'une position finale à l'autre dans le palier pendant la fixation de ce dernier. Si seule la dilatation thermique de l'arbre est attendue, SKF recommande de placer la position finale du roulement vers le palier fixe (→ **fig. 30**).

**REMARQUE :** Tenez compte du fait que pendant l'assemblage, le palier sera déplacé axialement sur le manchon à portées multiples SKF ConCentra, le long de l'arbre (→ **fig. 25, page 115**).

- 10 Bloquez le palier libre sur l'arbre comme indiqué dans l'étape 7.
- 11 Alignez soigneusement le palier. Serrez les boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.

Fig. 27

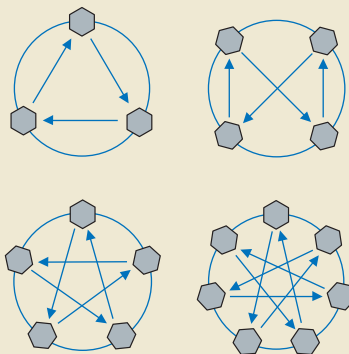


Fig. 28



Fig. 29





- 12 Si possible, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.
- 13 Le cas échéant, mettez en place le disque d'obturation.

### Paliers appliqués à rouleaux SKF ConCentra

Lorsque vous montez des paliers appliqués à rouleaux SKF ConCentra (→ fig. 1e, page 95), lisez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, page 101, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 2 Déterminez la position du palier fixe et celle du palier libre sur l'arbre. Le palier fixe doit toujours se trouver côté entraînement.
- 3 Tenez l'arbre en position de montage entre les parois de la machine.
- 4 En plaçant la bague de montage vers l'extérieur, faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre.

**REMARQUE :** Tenez compte du fait que pendant l'assemblage, le palier sera déplacé axialement sur le manchon à portées multiples SKF ConCentra, le long de l'arbre.

- 5 Insérez les boulons ou les écrous de fixation, mais sans les serrer (→ fig. 31).

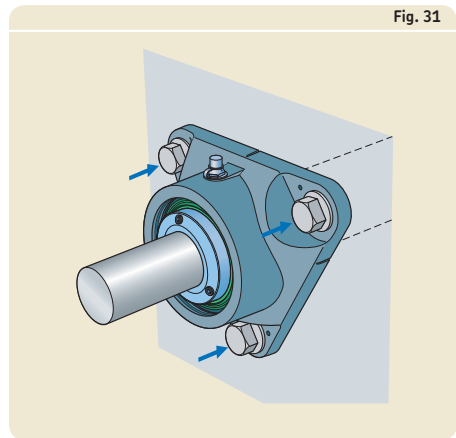


Fig. 31

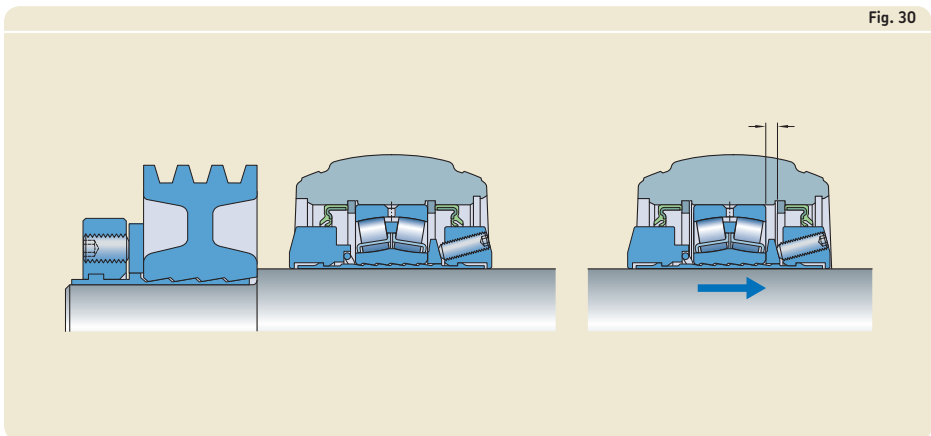


Fig. 30

## Montage des paliers complets

- 6 Bloquez le palier fixe sur l'arbre. Positionnez la bague de montage de façon à ce qu'il n'y ait pas de vis de blocage en face de l'échancrure du manchon. Utilisez le côté court de la clé hexagonale fournie et serrez les vis de blocage (de pression) très légèrement. Utilisez le côté long de la clé hexagonale pour serrer les vis d'un total de  $1/2$  tour en deux fois alternativement ( $1/4$  de tour, puis  $1/4$  de tour) conformément au schéma de montage (→ **fig. 27, page 116**), en commençant par la vis opposée à l'échancrure du manchon. Montez l'indicateur de couple rouge qui vous est fourni sur le côté court de la clé hexagonale et serrez les vis jusqu'à ce que la clé entre en contact avec l'indicateur de couple (→ **fig. 32**). Si vous utilisez une clé dynamométrique (→ **fig. 33**), appliquez la valeur de couple de serrage recommandée de  $7,4 \text{ Nm}$  ( $5.5 \text{ ft.lbf}$ ).
- 7 Vérifiez à nouveau l'alignement du palier fixe. Le défaut d'alignement maximal admissible entre l'arbre et les paliers est de  $1,5^\circ$ .
- 8 Déterminez le milieu de la portée du roulement dans le palier libre. Soutenez l'arbre. Prenez le roulement insert non chargé par une des bagues et déplacez-le d'une position finale à l'autre dans le palier pendant la fixation de ce dernier. Si seule la dilatation thermique de l'arbre est attendue, SKF recommande de placer la position finale du roulement vers le palier fixe.

**REMARQUE :** Tenez compte du fait que pendant l'assemblage, le palier sera déplacé axialement sur le manchon à portées multiples SKF ConCentra, le long de l'arbre.

- 9 Bloquez le palier libre sur l'arbre comme indiqué à l'**étape 6**.
- 10 Alignez soigneusement le palier. Serrez les boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5, page 105**.
- 11 Si possible, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.
- 12 Le cas échéant, encliquetez le disque d'obturation dans l'embrèvement de l'alésage du palier.

Fig. 32

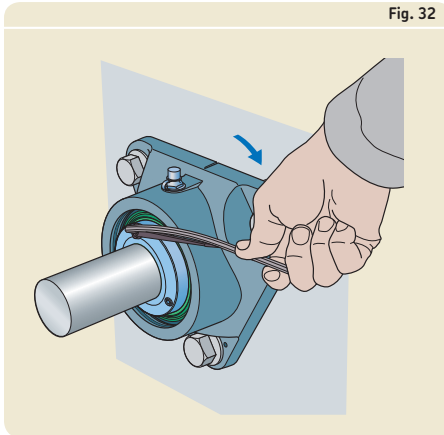
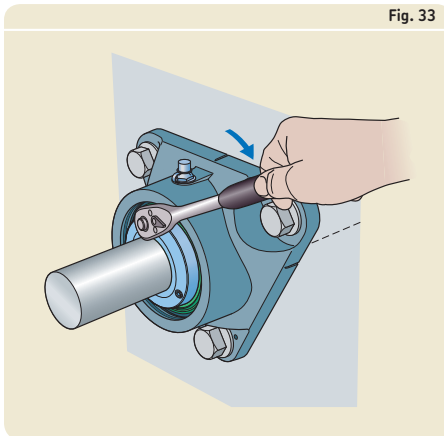


Fig. 33

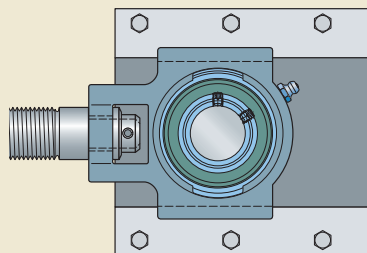


## Montage de paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique

Lorsque vous montez des paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique (→ **fig. 1f**, **page 95**), suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, **page 101**, ainsi que les recommandations suivantes :

- 1 Déterminez la position du palier fixe et celle du palier libre sur l'arbre. Le palier fixe doit toujours se trouver côté entraînement.
- 2 Montez tous les composants situés entre les deux paliers complets sur l'arbre.
- 3 a) Paliers à semelle complets : Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. Alignez soigneusement les deux paliers. Insérez les boulons de fixation et serrez-les aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5**, **page 105**. Le défaut d'alignement maximal admissible entre l'arbre et les paliers est de  $1,5^\circ$ .  
b) Paliers appliqués : Tenez l'arbre en position de montage entre les parois de la machine. Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre. S'il n'y a pas d'épaulement, alignez soigneusement les deux paliers. Insérez les boulons de fixation et serrez-les aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 5**, **page 105**. Le défaut d'alignement maximal admissible entre l'arbre et les paliers est de  $1,5^\circ$ .  
c) Coulisseaux-tendeurs : Faites glisser un palier sur chaque extrémité d'arbre, en plaçant le dispositif de blocage vers l'extérieur. Installez l'ensemble arbre/paliers dans les glissières et vissez les vis de réglage à travers les orifices moulés dans les paliers (→ **fig. 34**). Alignez les deux paliers avec précaution. Le défaut d'alignement maximal admissible entre l'arbre et les paliers est de  $1,5^\circ$ .
- 4 Alignez l'arbre avec le montage de roulements axialement.
- 5 Serrez les deux vis de blocage (de pression) dans la bague de blocage cylindrique, qui s'accroche à l'arbre à travers des orifices percés dans la bague intérieure du palier fixe, aux valeurs de couple de serrage indiquées dans le **tableau 3**, **page 102**.

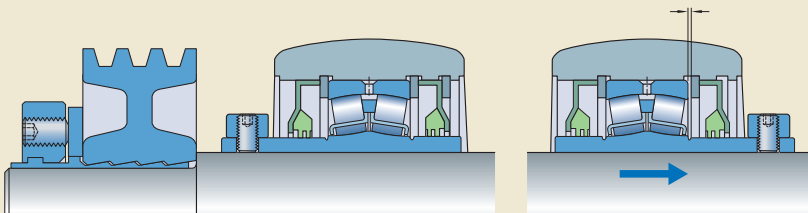
Fig. 34



## Montage des paliers complets

- 6 Déterminez le milieu de la portée du roulement dans le palier libre en tenant l'arbre et en déplaçant le roulement insert non chargé d'une position finale à l'autre dans le palier. Si seule la dilatation thermique de l'arbre est attendue, SKF recommande de placer la position finale du roulement vers le palier fixe (→ **fig. 35**).
- 7 Bloquez le palier libre sur l'arbre comme indiqué à l'**étape 3**.
- 8 Le cas échéant, vérifiez que le montage de roulements peut tourner librement en faisant tourner l'arbre plusieurs fois.

Fig. 35



## Assemblage de paliers à billes

Lorsque les roulements et les paliers Y en fonte grise ou en matériau composite ne sont pas fournis sous forme de paliers complets, il faut d'abord les assembler. Pour cela, le roulement doit être inséré dans l'encoche de remplissage de l'alésage du palier (→ **fig. 36**) - pour les roulements à billes comportant une bague de blocage excentrique, retirez d'abord la bague. Un morceau de bois rond ou de tuyau, etc. peut être utilisé pour faire basculer le roulement jusqu'à son emplacement, le dispositif de blocage pointant dans la même direction que les encoches de remplissage (→ **fig. 37**).

**ATTENTION :** En insérant le roulement, vérifiez que l'orifice de lubrification du côté du dispositif de blocage et les encoches de remplissage du palier ne coïncident pas (→ **fig. 38**).

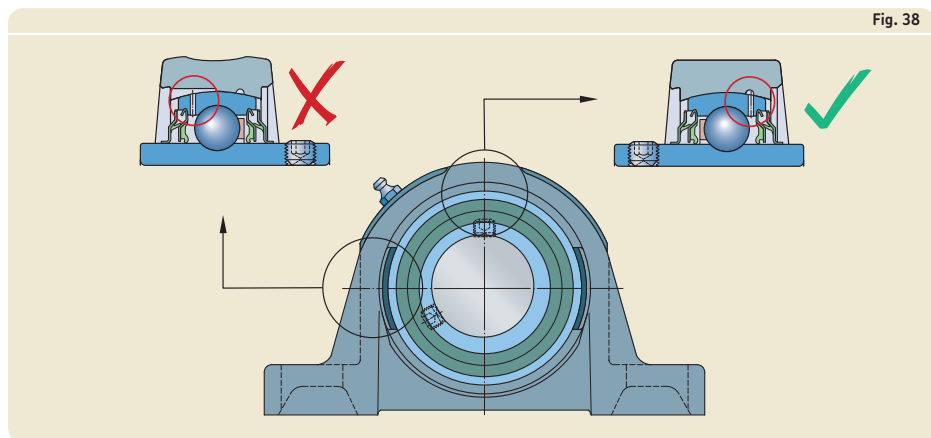
Fig. 36

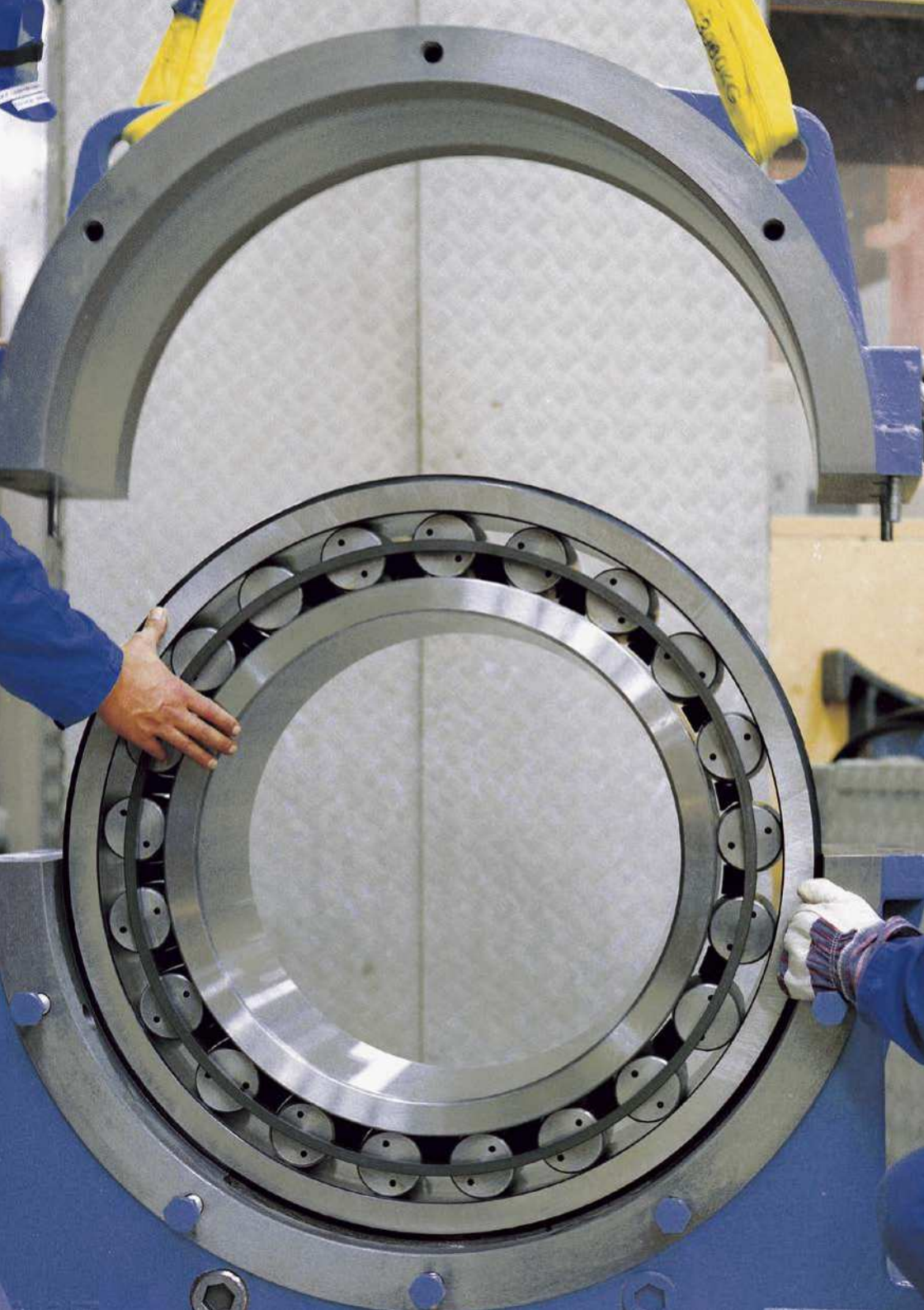


Fig. 37



Fig. 38





# Montage des paliers

Introduction . . . . .	124
Choix des pièces de rechange . . . . .	124
Préparations avant montage . . . . .	130
Utilisation de cales . . . . .	130
Boulons . . . . .	131
Utilisation de bagues d'arrêt (de stabilisation) . . . . .	132
Utilisation de disques d'obturation . . . . .	133
Installation de joints coupés ou non coupés . . . . .	133
Montage des paliers à semelle à joint diamétral standard . . . . .	134
Montage des paliers à semelle SONL . . . . .	137

# Introduction

La gamme de paliers standard SKF comprend :

- les paliers à semelle à joint diamétral
- les paliers à semelle en une pièce
- les paliers appliqués
- les paliers coulisseaux-tendeurs

Les paliers SKF sont généralement en fonte grise. Les paliers à semelle les plus courants existent également en fonte à graphite sphéroïdal ou en acier moulé pour les applications nécessitant une résistance supérieure. Les paliers sont initialement destinés à recevoir des roulements à rotule sur billes, des roulements à rotule sur rouleaux et des roulements à rouleaux toroïdaux CARB.

La plupart des paliers SKF sont fournis avec des instructions de montage. Vous trouverez également dans ce chapitre des informations sur la manière de monter et d'assembler des paliers à semelle à joint diamétral. Contactez le service Applications SKF pour obtenir des informations sur le montage des paliers SKF spéciaux pour des applications spécifiques telles que :

- les convoyeurs et les tambours
- les convertisseurs
- les laminoirs à tubes et les fours rotatifs
- les machines à papier
- les éoliennes
- les pignons d'engrenages ouverts

## Choix des pièces de rechange

Il existe de nombreux modèles de paliers SKF. Ils peuvent être utilisés avec plusieurs types de joints et pour différents montages de roulements. Par conséquent, il est important de porter le plus grand soin au choix d'un palier de rechange. Un nouveau palier doit correspondre à celui d'origine sur les aspects suivants :

- le style d'arbre (→ **fig. 1** et **tableau 1, page 126**)
- la variante de palier (→ **tableau 2, page 127**)
- le montage de roulement (→ **fig. 2, page 127**)
- la solution d'étanchéité et sa configuration (→ **tableau 3, page 128** et **fig. 3, page 129**)

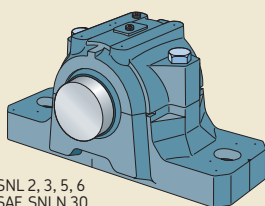
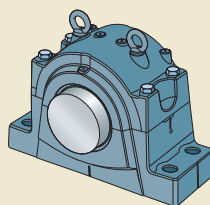
Pour obtenir davantage d'informations sur les produits et outils de maintenance et de lubrification SKF, visitez [www.skf.com](http://www.skf.com) et [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Pour obtenir les instructions de montage détaillées de roulements spécifiques, visitez [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

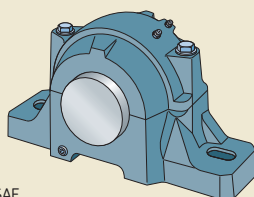
Le Reliability Maintenance Institute (RMI) de SKF propose une vaste gamme de formations (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Veuillez contacter votre représentant SKF local pour davantage d'informations ou visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).



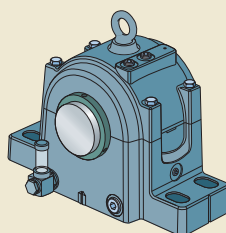
Fig. 1

SNL 2, 3, 5, 6  
SAF, SNLN 30

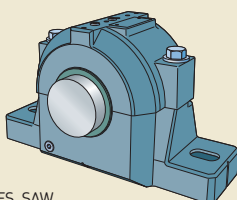
SNL 30, 31, 32, 40



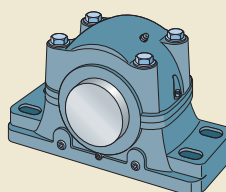
SAF



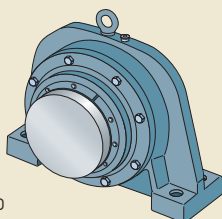
SONL



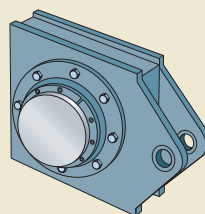
SAFS, SAW



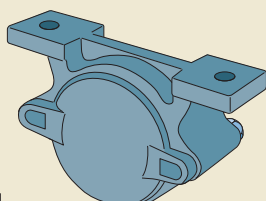
SDAF



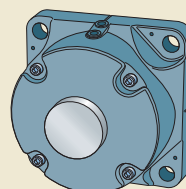
SBD



THD



TVN



FNL

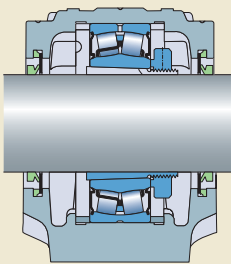
**Paliers SKF standard**

Paliers Style/série	Remplacé par	Description
<b>FNL</b>		Palier applique en fonte, forme triangulaire ou carrée, avec joints à deux lèvres
<b>FSNL</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte avec quatre trous à boulons dans la semelle
<b>SAF</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SAFS</b>		Palier à semelle à joint diamétral en acier moulé
<b>SAW</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SBD</b>		Palier à semelle en une pièce en fonte avec joints à chicane
<b>SD 31</b>	<b>SNL 31</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SDAF</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SDG</b>	<b>SNL 32, 40</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SDJC 31</b>	<b>SNL 31</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SN 2, 3, 5, 6</b>	<b>SNL 2, 3, 5, 6</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SN 30</b>	<b>SNLN 30</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNA 2, 3, 5, 6</b>	<b>SNL 2, 3, 5, 6</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNH 2, 3, 5, 6</b>	<b>SNL 2, 3, 5, 6</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNL 2, 3, 5, 6</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNLN 30</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNL 30</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNL 31</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNL 32</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNL 40</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte
<b>SNLD</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte à graphite sphéroïdal
<b>SNT</b>		Palier à semelle à joint diamétral en acier moulé avec joints en feutre
<b>SOFN</b>	<b>SONL</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte pour lubrification à l'huile, avec joints à chicane
<b>SONL</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte pour lubrification à l'huile, avec joints à chicane
<b>SSNHD</b>	<b>SSNLD</b>	Palier à semelle à joint diamétral en fonte à graphite sphéroïdal avec semelle pleine
<b>SSNLD</b>		Palier à semelle à joint diamétral en fonte à graphite sphéroïdal avec semelle pleine
<b>THD</b>		Palier coulisseau-tendeur en fonte
<b>TVN</b>		Palier à semelle en une pièce en fonte avec joints en feutre
<b>7225</b>	<b>FNL</b>	Palier applique en fonte, forme triangulaire ou carrée, avec joints en feutre

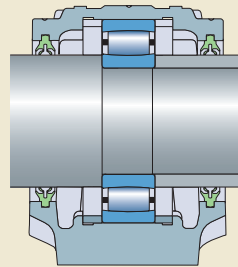
Variantes de paliers SKF standard

Désignation Suffixe	Description
A	Palier pour une extrémité d'arbre
B	Palier pour arbre traversant
F	Palier pour montage de roulement en position de palier fixe
G	Palier pour roulement à alésage cylindrique sur un arbre à portées multiples
K7	Palier avec un diamètre de portée de la classe de tolérance K7
L	Palier pour montage de roulement en position de palier libre
/MS1 /MS2	Deux orifices percés dans la semelle pour les boulons de fixation Quatre orifices percés dans la semelle pour les boulons de fixation
SN	Palier avec trou taraudé pour recevoir un capteur
TURA	Palier prévu pour la lubrification à l'huile avec joints à chicane
TURT	Palier prévu pour la lubrification à l'huile avec joints à chicane
TURU	Palier prévu pour la lubrification à l'huile avec joints à chicane
V	Palier avec un orifice d'évacuation de graisse dans la semelle

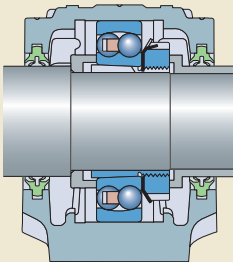
Fig. 2



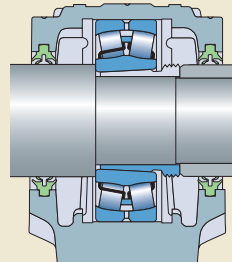
Roulement sur un manchon de serrage sur un arbre plein



Roulement sur une portée cylindrique sur un arbre à portées multiples



Roulement sur un manchon de serrage sur un arbre à portées multiples



Roulement sur un manchon de démontage sur un arbre à portées multiples

## Solutions d'étanchéité standard pour les paliers SKF

Désignation de la série	Description
-------------------------	-------------

### Joint pour paliers à cotes métriques

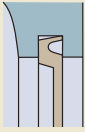
ASNH	Disque d'obturation pour paliers SNL
ETS	Disque d'obturation pour paliers SNL de grandes dimensions
FS	Bande de feutre (coupée)
TS	Joint à chicane pour paliers SNL de grandes dimensions (non coupé)
TFL	Joint à deux lèvres pour paliers appliqués (non coupé)
TNF	Joint Taconite renforcé avec chicane radiale pour paliers SNL de grandes dimensions (non coupé)
TSD .. U	Joint à huile à chicane en U <sup>1)</sup>
TSN .. A	Joints V-ring (non coupés)
TSN .. C	Joints en feutre (coupés)
TSN .. CB	Joints à bague en feutre graphité (coupés)
TSN .. L	Joints à quatre lèvres (coupés)
TSN .. NC	Joint Taconite renforcé à chicane axiale (non coupé)
TSN .. ND	Joint Taconite renforcé à chicane radiale (non coupé)
TSN .. S	Bague à chicane (non coupée)
TSN .. TURU	Joint à huile à chicane en U <sup>1)</sup>

### Joint pour paliers à cotes en pouces

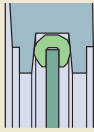
B-17024-	Élément de frottement en caoutchouc nitrile pour joint PosiTrac Plus (non coupé)
EPR	Disque d'obturation (bouchon)
LER	Bague à chicane (non coupée)
LOR	Joint PosiTrac : bague à chicane avec joint torique dans l'alésage (non coupée)
TER	Joint Taconite avec joint interne en feutre et joint externe frottant (non coupé)
TER-V	Joint Taconite avec joint interne en feutre et joint externe V-ring (non coupé)

<sup>1)</sup> Livré uniquement sous forme d'un ensemble complet, palier modifié et joints.

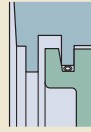
Fig. 3



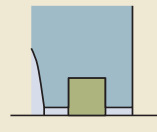
ASNH



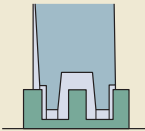
EPR



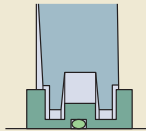
ETS



FS



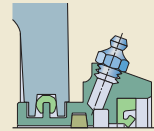
LER



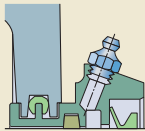
LOR



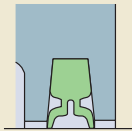
LOR + B-17024-



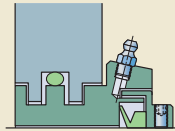
TER



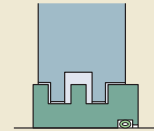
TER-V



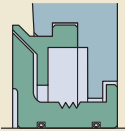
TFL



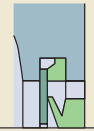
TNF



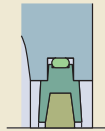
TS



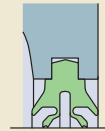
TSD..U



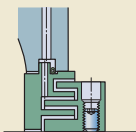
TSN..A



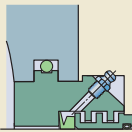
TSN..C



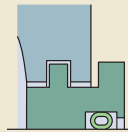
TSN..L



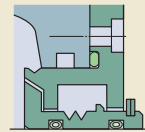
TSN..NC



TSN..ND



TSN..S



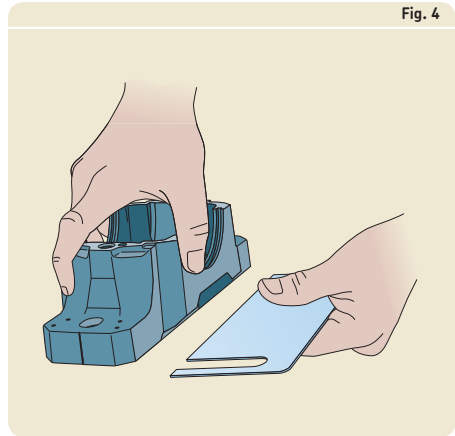
TSN..TURU

### Préparations avant montage

Fig. 4

Avant le montage, procédez comme suit :

- Vérifiez que la zone de travail est propre.
- Étudiez les plans ou les instructions pour déterminer l'ordre dans lequel assembler les différents éléments.
- Vérifiez que vous disposez de tous les outils et pièces nécessaires.
- Vérifiez que la surface d'appui du palier est propre. La surface d'appui ne doit pas être peinte.
- Vérifiez que la surface d'appui est conforme aux exigences de planéité et de rigidité. Pour prévenir la déformation de l'alésage du palier, SKF recommande que la planéité de la surface se trouve dans la classe de tolérance IT7 (→ **Annexe C, page 385**). La surface doit être finie à  $R_a \leq 12,5 \mu\text{m}$ .
- Avant de réutiliser un palier, nettoyez-le bien et remplacez toutes les pièces d'usure, par exemple les joints frottants, les joints toriques ou les cordons en caoutchouc.



### Utilisation de cales

L'élévation de la hauteur d'axe des paliers à semelle peut être ajustée avec des cales. Lorsque vous utilisez une cale, vérifiez qu'elle couvre l'intégralité de la surface de contact entre la semelle du palier et la surface d'appui (→ **fig. 4**).

## Boulons

Si vous ne disposez pas de recommandations au sujet des boulons ou des écrous de fixation, SKF conseille d'utiliser les éléments suivants pour fixer le palier sur la surface d'appui (→ fig. 5) :

- boulons à tête hexagonale conformes à la norme EN ISO 4014:2000
- vis d'assemblage à six pans creux conformes à la norme EN ISO 4762:1998
- écrous hexagonaux conformes à la norme EN ISO 4032:2000
- rondelles plates conformes à la norme EN ISO 7089

Si la charge s'exerce verticalement sur la surface d'appui, des boulons ou des écrous de classe 8.8 peuvent être utilisés. Si la charge ne s'exerce pas verticalement, des boulons ou des écrous de classe 10.9 doivent être utilisés.

Serrez toutes les vis d'assemblage et boulons de fixation aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 4**. Les paliers à cotes en pouces utilisent des vis d'assemblage de différentes classes. Serrez les vis d'assemblage sur ces paliers aux valeurs de couple indiquées dans les instructions de montage fournies avec les paliers.

Fig. 5

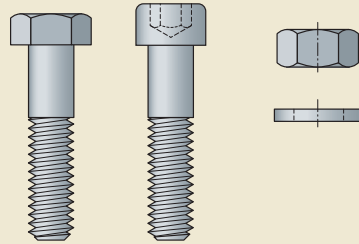


Tableau 4

Valeurs de couple de serrage recommandées pour les boulons de fixation et les vis d'assemblage, classe 8.8

Taille de boulon	Couple de serrage		Vis d'assemblage <sup>1)</sup>	
	Boulons de fixation		Nm	ft.lbf
mm / pouce	Nm	ft.lbf	Nm	ft.lbf
10	45	34	50	37
12	80	60	80	60
16	200	150	150	110
20	385	285	200	150
24	665	485	350	260
30	1 310	970	400	300
36	2 280	1 690	600	445
42	3 640	2 700	850	630
48	5 450	4 030	1 250	920
56	8 710	6 420	–	–
64	13 100	9 660	–	–
72	18 800	13 900	–	–
1/2	95	70	–	–
5/8	185	135	–	–
3/4	320	235	–	–
7/8	515	380	–	–
1	770	570	–	–
1 1/8	1 090	800	–	–
1 1/4	1 530	1 130	–	–
1 3/8	2 020	1 490	–	–
1 1/2	2 650	1 950	–	–

<sup>1)</sup> Pour les paliers à cotes en pouces, le couple de serrage recommandé est indiqué sur le palier.

## Utilisation de bagues d'arrêt (de stabilisation)

La largeur de la portée du roulement dans la plupart des paliers standard SKF est suffisante pour permettre un déplacement axial « s » du roulement le plus large installé dans le palier (→ fig. 6). Pour les montages de roulements fixes qui doivent fournir une fixation axiale de l'arbre dans les deux sens, des bagues d'arrêt doivent être utilisées pour fixer la bague extérieure du roulement dans la portée du palier (→ fig. 7). Les bagues d'arrêt SKF sont identifiées par le préfixe FRB suivi de valeurs indiquant la largeur et le diamètre extérieur en millimètres, par exemple, FRB 11.5/100 (→ fig. 8).

Les roulements à rouleaux toroïdaux CARB sont une exception. Ces roulements libres ne peuvent pas admettre de charges axiales, mais peuvent compenser un déplacement axial dans le roulement. Ainsi, la bague extérieure doit être fixée axialement dans sa portée par une bague d'arrêt de chaque côté.

En général, deux bagues d'arrêt sont nécessaires pour un palier. Une bague doit être placée de chaque côté du roulement. Si une seule bague d'arrêt est requise, elle doit être insérée du côté de l'écrou de serrage. Lorsque vous mettez en place une bague d'arrêt, assurez-vous que l'extrémité ouverte de la bague d'arrêt est placée vers le haut (→ fig. 12, page 134).

Les paliers SNL de très grandes dimensions, à partir des tailles 3076, 3168, 3264 et 4076 existent en deux variantes selon la position du roulement et la portée du palier est usinée pour s'y adapter. Les paliers destinés à la position de roulement fixe sont identifiés par le suffixe de désignation F et n'ont pas besoin de bagues d'arrêt. Les paliers destinés à la position de roulement libre sont identifiés par le suffixe de désignation L.

**ATTENTION :** Lorsque vous montez un roulement à rouleaux toroïdaux CARB, un palier fixe (suffixe de désignation F) doit être utilisé.

Fig. 6

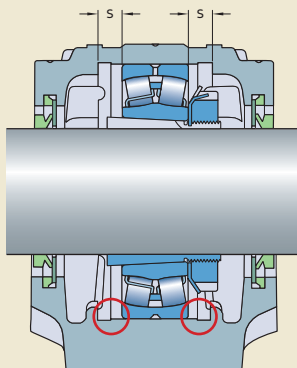


Fig. 7

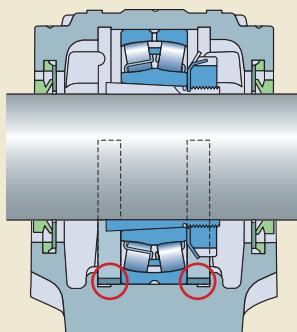
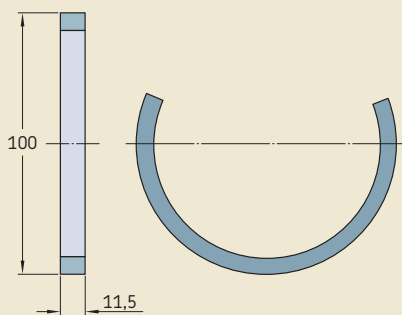


Fig. 8



FRB 11.5/100



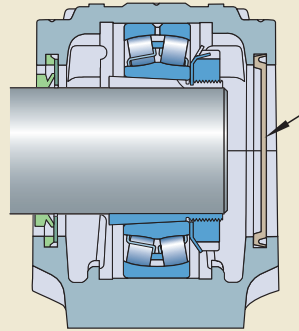
## Utilisation de disques d'obturation

Les paliers SKF situés à l'extrémité d'un arbre doivent être équipés d'un disque d'obturation (bouchon). Les disques d'obturation s'installent généralement dans la rainure de joint (→ fig. 9).

## Installation de joints coupés ou non coupés

Les paliers à semelle à joint diamétral existent avec des joints coupés ou non coupés. Les joints coupés sont faciles à monter : les moitiés de joint s'installent dans les rainures de joint situées dans la semelle et le chapeau du palier. Les joints non coupés doivent être glissés sur l'arbre. Assurez-vous que le joint est orienté correctement car de nombreux joints non coupés ne sont pas symétriques.

Fig. 9



# Montage des paliers à semelle à joint diamétral standard

Lorsque vous montez des paliers à semelle, suivez attentivement les consignes données dans *Préparations avant montage*, page 130 ainsi que les recommandations suivantes :

**REMARQUE :** Les joints adaptés aux paliers à semelle sont généralement fournis avec des instructions de montage.

### 1 Préparez l'arbre :

- Montez les éléments situés entre les deux positions de roulement sur l'arbre. L'utilisation de joints non coupés inclut les joints internes.
- Montez les roulements de chaque côté de l'arbre. Pour la lubrification à la graisse, remplissez de graisse l'intégralité des roulements.
- Si l'arbre est à portées multiples, montez, le cas échéant les bagues-entretoises.

**REMARQUE :** Les bagues-entretoises ne sont pas fournies avec les paliers.

- Si des joints non coupés sont utilisés, montez les joints externes de chaque côté de l'arbre. Si un palier est prévu d'être installé à l'extrémité de l'arbre, ne mettez pas le joint. Un disque d'obturation sera utilisé dans le palier à la place.

### 2 Déterminez la position des paliers :

- Si le palier est utilisé pour un arbre à portées multiples et que l'alésage du palier comporte différents diamètres, la position est fixée par les diamètres d'alésage du palier.
- Si le diamètre d'alésage est le même des deux côtés du palier, tenez compte de la position du raccord de graissage dans le chapeau. Lorsque vous relubrifiez des roulements à rotule sur billes et des roulements à rouleaux toroïdaux CARB par le côté, le palier doit être placé de sorte que le raccord de graissage se trouve du côté opposé à l'écrou de serrage.

Fig. 10

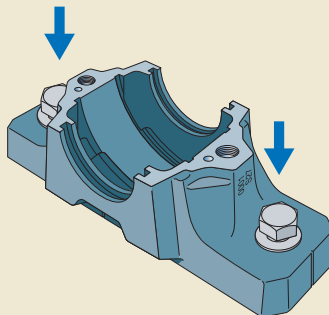


Fig. 11

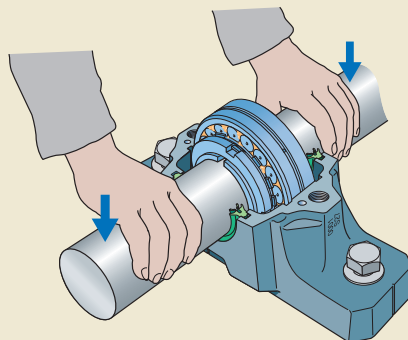


Fig. 12

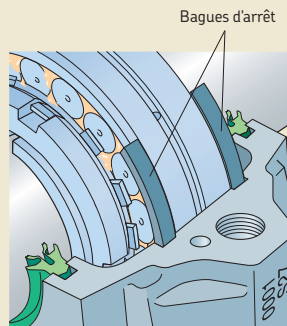


Fig. 13

- Lorsqu'un palier est fixé à l'extrémité d'un arbre, l'embout de graissage du chapeau doit être placé du côté du disque d'obturation.
- 3 Placez les semelles des paliers sur leur surface d'appui. Insérez les boulons de fixation, mais sans les serrer (→ fig. 10). Si vous utilisez des joints coupés, insérez, le cas échéant, une moitié de joint dans chaque rainure située dans la semelle du palier.
  - 4 Placez l'arbre préparé dans la semelle du palier (→ fig. 11). Prenez garde de ne pas endommager les joints déjà installés.
  - 5 Si nécessaire, installez une bague d'arrêt de chaque côté du roulement fixe (→ *Utilisation de bagues d'arrêt (de stabilisation)*, page 132). Assurez-vous que l'extrémité ouverte de la bague d'arrêt est placée vers le haut (→ fig. 12).

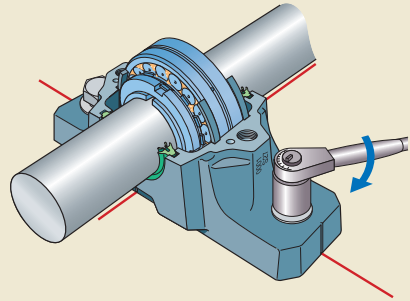


Fig. 14

- REMARQUE :** Les roulements à rouleaux toroïdaux CARB libres doivent toujours comporter une bague d'arrêt des deux côtés.
- 6 Alignez soigneusement les semelles de palier. Ensuite, serrez légèrement les boulons de fixation.

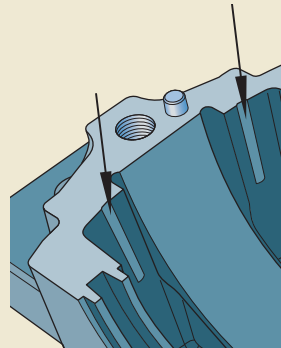
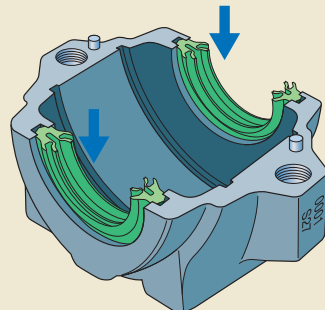


Fig. 15

- 7 Remplissez les semelles de palier de la quantité de graisse recommandée. SKF recommande de remplir l'espace libre des deux côtés de la portée du roulement à
  - 40 % lorsque la relubrification du roulement se fait latéralement.
  - 20 % lorsque la relubrification se fait à travers la rainure annulaire et les orifices de lubrification dans la bague extérieure.



**REMARQUE :** Plusieurs paliers disposent d'un repère indiquant le niveau de remplissage de 40 % (→ fig. 14).

- 8 Au besoin, placez le disque d'obturation dans la rainure de joint de la semelle du palier.

## Montage des paliers

- 9 Si vous utilisez des joints coupés, insérez les autres moitiés de joint dans les rainures de joints des deux chapeaux de palier (→ **fig. 15**). Le cas échéant, remplissez de graisse l'espace situé entre les lèvres d'étanchéité intérieures.
- 10 Placez un chapeau de palier sur chaque semelle (→ **fig. 16**) et serrez les vis d'assemblage au couple de serrage recommandé (→ **tableau 4, page 131**).

**ATTENTION :** Les chapeaux et les semelles ne sont pas interchangeables. Vérifiez que le chapeau et la semelle portent le même numéro de série.

- 11 Contrôlez à nouveau l'alignement et serrez complètement les boulons de fixation (→ **fig. 17**) aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 4, page 131**.
- 12 Au besoin, terminez le montage des joints. Cela peut supposer :
- Pour les joints V-ring : de recouvrir de graisse la face d'appui du joint V-ring. De pousser ensuite le joint V-ring pour le mettre en place.
  - Pour les joints à chicane : d'allonger et insérer le tube en silicone creux dans la rainure interne de chaque joint à chicane avec un tournevis, tout en faisant tourner l'arbre.
  - Pour les joints à purge de graisse : d'introduire la graisse à travers le raccord de graissage dans la cavité du joint, tout en faisant tourner l'arbre.
- 13 SKF recommande de resserrer les vis d'assemblage et les boulons de fixation un ou deux jours après pour assurer le maintien du couple adéquat.

Fig. 16

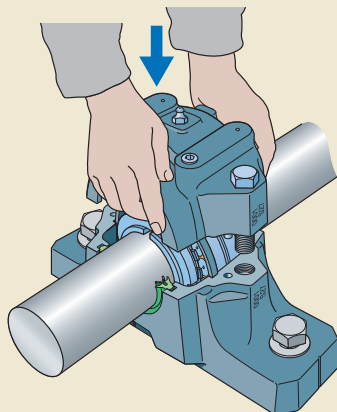
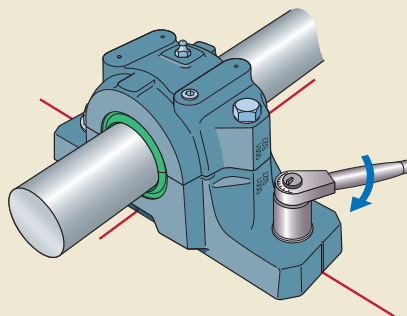


Fig. 17



## Montage des paliers à semelle SONL

Lorsque vous montez des paliers à semelle SONL, suivez attentivement les conseils donnés dans *Préparations avant montage*, **page 130**, ainsi que les recommandations suivantes :

**REMARQUE :** Les joints adaptés aux paliers à semelle sont généralement fournis avec des instructions de montage.

- 1 Montez les éléments situés entre les deux positions de roulement sur l'arbre.
- 2 Déterminez la position des roulements ou des manchons sur l'arbre et marquez-la.
- 3 (→ **fig. 18**) Faites glisser sur l'arbre les collerettes à chicane intérieures (**a**) avec les bagues d'étanchéité (**b**) et les joints toriques (**c**) de chaque côté de l'arbre et mettez en place les bagues de remontée d'huile (**d**) sur les collerettes à chicane.

**REMARQUE :** Ne montez jamais de bague de remontée d'huile (**d**) pour les systèmes de lubrification par circulation d'huile !

- 4 Montez les roulements sur l'arbre ou les manchons de serrage (→ **fig. 19**).
- 5 Faites glisser les collerettes à chicane extérieures de chaque côté de l'arbre et mettez en place les bagues d'étanchéité et les joints toriques sur les collerettes. Si le palier est en bout d'arbre, ne mettez pas le deuxième joint et insérez le disque d'obturation avec les deux joints toriques dans la semelle du palier.
- 6 Placez les semelles des paliers sur leur surface d'appui. Le côté comportant la cuve collectrice d'huile au niveau de la portée du roulement doit être placé à l'intérieur du montage de roulement (→ **fig. 20**). Insérez les vis de fixation, mais sans les serrer.
- 7 Installez la jauge à huile et le bouchon magnétique sur chaque semelle de palier si une bague de remontée d'huile est utilisée. Lorsque vous en avez la possibilité, installez la jauge à huile du côté opposé à la bague de remontée d'huile afin que les valeurs affichées ne soient pas perturbées par les turbulences causées par la bague. Si une cartouche de refroidissement d'huile est utilisée, installez-la à ce moment, en suivant les instructions fournies avec la cartouche.

Fig. 18

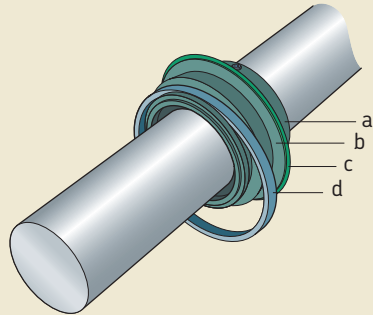


Fig. 19

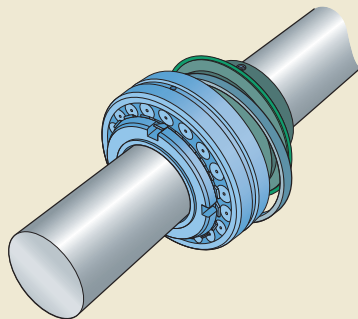
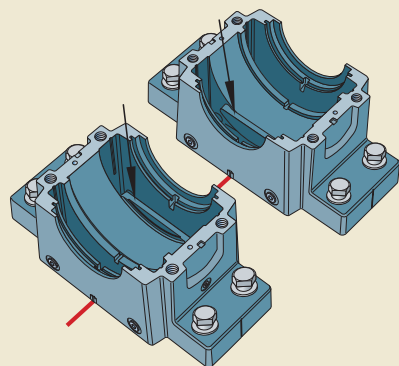


Fig. 20



## Montage des paliers

**REMARQUE :** Pour éviter toute fuite d'huile, appliquez un produit d'étanchéité résistant à l'huile sur les filetages de tous les composants associés, par exemple, la jauge à huile et les tuyaux.

8 Placez les joints contre le roulement. En cas d'utilisation d'un manchon de serrage, serrez les vis de blocage dans les manchons comportant la collerette à chicane. Couples de serrage recommandés :

- tailles 17 à 26 8 Nm (6 ft.lbf)
- tailles 28 à 32 18 Nm (13 ft.lbf)
- tailles 34 à 48 35 Nm (26 ft.lbf)

9 Placez l'arbre dans les deux semelles de palier (→ fig. 21).

**REMARQUE :** Assurez-vous que les bagues de remontée d'huile atteignent les cuves collectrices d'huile et sont suspendues de manière libre.

10 Au besoin, installez une bague d'arrêt de chaque côté du roulement fixe (→ *Utilisation de bagues d'arrêt (de stabilisation)*, page 132). Assurez-vous que l'extrémité ouverte de la bague d'arrêt est placée vers le haut (→ fig. 22).

Fig. 22

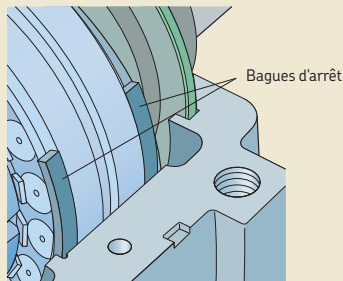


Fig. 23

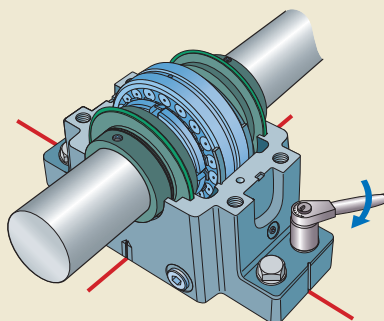


Fig. 21

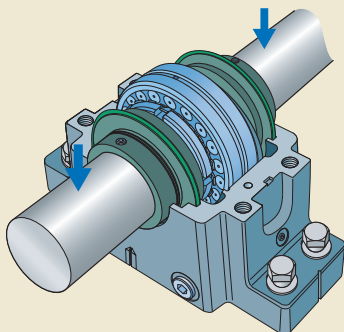
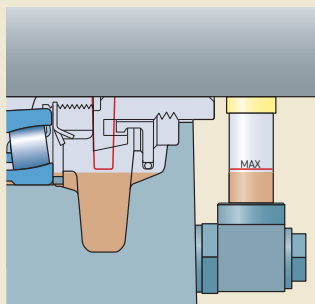


Fig. 24



**REMARQUE :** Les roulements à rouleaux toroïdaux CARB libres doivent toujours comporter une bague d'arrêt des deux côtés.

- 11** Alignez soigneusement les semelles de palier. Ensuite, serrez légèrement les boulons de fixation.

**REMARQUE :** Les paliers SONL portent des repères verticaux aux extrémités de leur semelle et sur les faces latérales qui servent à indiquer le centre de la portée du roulement (→ fig. 23).

- 12** Si un système de lubrification par circulation d'huile doit être utilisé, connectez les tuyaux d'évacuation d'huile au palier.

**ATTENTION :** Les tuyaux d'évacuation doivent se vidanger correctement pour que le lubrifiant ne déborde pas du palier.

- 13** Si des bagues de remontée d'huile sont utilisées, remplissez les paliers avec de l'huile jusqu'au niveau maximum indiqué. La jauge à huile et les marquages moulés à l'intérieur de la semelle du palier indiquent le niveau maximum (→ fig. 24).

**ATTENTION :** Le niveau d'huile peut chuter pendant le fonctionnement. Ne remplissez pas excessivement le palier sinon il risque de fuir.

- 14** Recouvrez les surfaces de contact du palier d'un produit d'étanchéité résistant à l'huile.
- 15** Placez un chapeau de palier sur chaque semelle (→ fig. 25) et serrez les vis d'assemblage (pour joindre le chapeau et la base) aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 4, page 131**. Le chapeau et la semelle d'un palier ne sont pas interchangeables avec ceux d'un autre palier. Vérifiez qu'ils portent bien le même numéro de série.

**REMARQUE :** Placez le chapeau du palier sur la semelle avec précaution afin de ne pas endommager les joints toriques.

- 16** Si un système de lubrification par circulation d'huile doit être utilisé, raccordez le tuyau d'arrivée d'huile au chapeau du palier.

Fig. 25

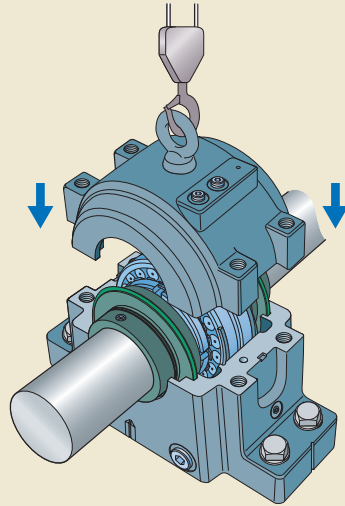
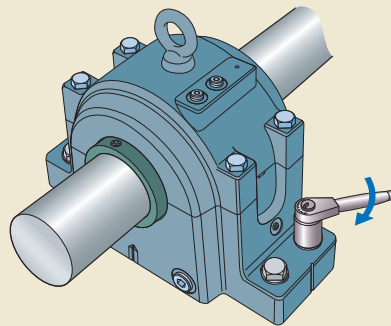
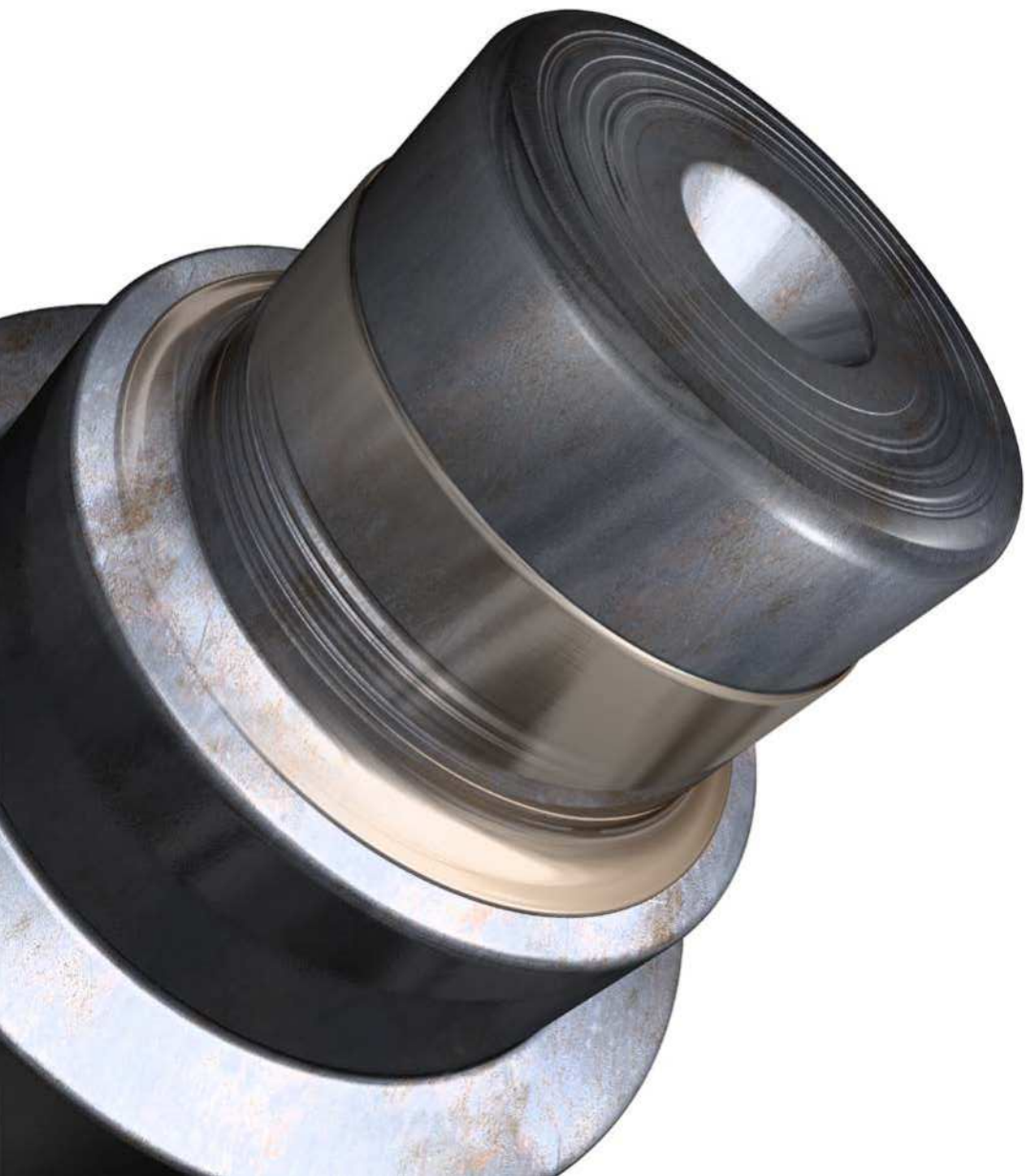


Fig. 26



- 17** Contrôlez à nouveau l'alignement et serrez complètement les boulons de fixation dans la semelle du palier (→ fig. 26) aux valeurs de couple recommandées dans le **tableau 4, page 131**.
- 18** SKF recommande de resserrer les vis d'assemblage et les boulons de fixation un ou deux jours après pour assurer le maintien du couple adéquat.





# Montage des joints

<b>Généralités</b> . . . . .	<b>142</b>
<b>À savoir</b> . . . . .	<b>142</b>
<b>Kit d'outils de montage des roulements SKF</b> . . . . .	<b>146</b>
<b>Préparations avant l'installation</b> . . . . .	<b>146</b>
<b>Montage d'un joint radial dans un palier</b> . . . . .	<b>146</b>
Montage de joints dotés d'une lèvre auxiliaire. . . . .	149
Montage d'un joint tout caoutchouc non coupé . . . . .	149
<b>Montage d'un joint radial sur un arbre</b> . . . . .	<b>150</b>
<b>Remplacement d'un joint radial</b> . . . . .	<b>151</b>
<b>Réparation d'un arbre usé avec un manchon d'usure SKF</b> . . . . .	<b>152</b>
Montage d'un manchon de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE. . . . .	152
Montage d'un manchon d'usure de grand diamètre . . . . .	152
<b>Montage d'un joint tout caoutchouc coupé de grandes dimensions</b> . . . . .	<b>154</b>
<b>Montage de rondelles d'étanchéité</b> . . . . .	<b>156</b>
<b>Montage d'un joint V-ring</b> . . . . .	<b>157</b>

# Généralités

Pour arriver à une efficacité maximale, les joints doivent être montés correctement. Vous pourrez le faire facilement si vous avez de l'expérience en termes de montage, que votre environnement de travail est propre et que vous utilisez les outils adéquats. La surface d'appui du joint, à savoir la zone où les lèvres du joint entrent en contact avec l'arbre, doit répondre aux spécifications en termes de rugosité et d'ovalisation, et doit être propre. Si la surface d'appui présente un signe quelconque d'usure, réparez-la. Vous pourrez effectuer cela facilement avec un manchon de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE ou un manchon d'usure de grand diamètre (LDSLVL). Si elle ne peut pas être réparée facilement, remplacez l'arbre.

Comme les joints radiaux sont très courants et jouent un rôle important dans la protection des roulements, du lubrifiant et des autres éléments critiques contre les contaminants, ce chapitre se limite à ces joints, sauf indication contraire.

## À savoir

Il existe de nombreux types, modèles et variantes de joints SKF. Les joints radiaux les plus courants sont décrits dans la liste ci-dessous :

- joints radiaux à armature métallique avec ressort de retenue
- joints radiaux à armature métallique sans ressort de retenue
- Joints radiaux avec diamètre extérieur en élastomère et ressort de retenue
- Joints radiaux avec diamètre extérieur en élastomère, sans ressort de retenue

Lorsque vous remplacez un joint, vérifiez que le joint de rechange correspond à celui d'origine sur les aspects suivants :

- type et modèle de joint (→ **tableaux 1a** et **1b**)
- matériau de la lèvre du joint (→ **tableau 2**, **page 145**)

Pour obtenir des informations supplémentaires sur les outils de montage et d'installation SKF, rendez-vous sur [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Le Reliability Maintenance Institute (RMI) de SKF propose une large gamme de formations (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Pour de plus amples informations, veuillez contacter votre interlocuteur SKF local habituel ou rendez-vous sur [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

Le programme SKF Sealfinder, disponible en ligne sur [www.skf.com](http://www.skf.com), contient des données sur les solutions d'étanchéité d'environ 80 fabricants et distributeurs de joints différents pour un recoupement rapide des références.


















**ATTENTION :** Une simple erreur de commande peut se traduire par une défaillance soudaine du joint, par exemple, un joint en élastomère nitrile pourrait être installé à la place d'un joint en élastomère fluorocarbène beaucoup plus résistant à la température, bien que le modèle soit en apparence identique, hors la couleur.

### ATTENTION :

Soumis à des températures supérieures à 300 °C, tous les élastomères fluorés et matériaux PTFE dégagent des vapeurs toxiques. En cas de contact avec la peau ou d'inhalation des vapeurs, demandez immédiatement conseil à votre médecin.

Tableau 1a

## Joints radiaux pour applications industrielles générales

Type de joint				Description
sans lèvres auxiliaires		avec lèvres auxiliaires		
CRS1		CRSA1		Joint à armature métallique avec ressort de retenue
CRSH1		CRSHA1		Joint à armature métallique renforcée avec ressort de retenue
CRW1		CRWA1		Joint à armature métallique avec lèvres d'étanchéité SKF WAVE et ressort de retenue
CRWH1		CRWHA1		Joint à armature métallique renforcée avec lèvres d'étanchéité SKF WAVE et ressort de retenue
CRW5		CRWA5		Joint à armature métallique avec lèvres d'étanchéité à profil étudié pour la pression de type SKF Wave et ressort de retenue
HMS5		HMSA10		Joint avec diamètre extérieur en élastomère et ressort de retenue
HMS4		HMSA7		Joint avec diamètre extérieur en élastomère et ressort de retenue
SL SLX SLS DL		SLA DLA		Joint à armature métallique avec lèvres(s) d'étanchéité en PTFE
YSLE YNSLE YSL				Joint tout PTFE avec joint(s) torique(s)

## Joint radiaux pour applications industrielles lourdes























Type de joint				Description
sans lèvres auxiliaires		avec lèvres auxiliaires		
HDL		HDLA		Joint à armature métallique avec ressort de retenue
HDS1 HDS2		HDSA1 HDSA2		Joint à armature métallique avec ressort de retenue dans une rainure SKF Springlock (HDS2 et HDSA2 comportent également une enveloppe SKF Springcover)
		HDSB1 HDSB2		Joint à armature métallique avec ressort de retenue dans une rainure SKF Springlock (HDSB2 comporte également une enveloppe SKF Springcover)
		HDSC1 HDSC2		Joint à armature métallique avec ressort de retenue dans une rainure SKF Springlock (HDSC2 comporte également une enveloppe SKF Springcover)
HDS3				Joint à armature métallique avec ressort de retenue dans une rainure SKF Springlock avec enveloppe SKF Springcover et pions-entretoises réglables
HDS4				Joint à diamètre extérieur en caoutchouc avec ressort de retenue et pions-entretoises moulés dans le corps du joint
HDS6				Joint à diamètre extérieur en caoutchouc sans ressort de retenue, avec pions-entretoises moulés dans le corps du joint
HDS7				Joint à armature métallique sans ressort de retenue
HDS1D1 HDS1D2				Joint à armature métallique avec deux lèvres d'étanchéité tournées vers des directions opposées, avec ressorts de retenue
HDS1E1 HDS1E2				Joint à armature métallique avec deux lèvres d'étanchéité tournées dans la même direction, avec ressorts de retenue
HS4 HS5				Joint monobloc en élastomère avec ressort de retenue dans une rainure SKF Springlock (HS5 comporte également une enveloppe SKF Springcover)

Tableau 1b (suite)

## Joints radiaux pour applications industrielles lourdes

Type de joint				Description
sans lèvres auxiliaires		avec lèvres auxiliaires		
HS6 HS7 HS8				Joint coupé en élastomère avec ressort de retenue dans une rainure SKF Springlock (HS7 et HS8 comportent également une enveloppe SKF Springcover)
HSF1 HSF2 HSF3		HSF4		Joint coupé avec renfort toilé et ressort de retenue
HSF5 HSF6 HSF7 HSF9		HSF8		Joint monobloc avec renfort toilé et ressort de retenue
SBF				Joint à insert métallique avec ressort de retenue
R01-P R01-R		R02-P R02-R		Joint à diamètre extérieur en caoutchouc avec ressort de retenue
R01-AF R01-AS				Joint à diamètre extérieur en caoutchouc avec ressort de retenue

5

Tableau 2

## Variantes de matériaux de lèvres d'étanchéité SKF

Suffixe de désignation	Matériau de la lèvre d'étanchéité	Exemple de désignation
R, RG	Caoutchouc acrylonitrile butadiène (NBR)	CR 15X35X7 CRW1 R
H	Caoutchouc acrylonitrile butadiène hydrogéné (HNBR) (DURATEMP)	CR 420X470X20 HDS3 H
D	Caoutchouc acrylonitrile-butadiène au carboxyle (XNBR) (SKF Duralip)	CR 240X280X16 HDS2 D
V	Caoutchouc fluoré (FKM) (SKF Duralife) <sup>1)</sup>	CR 640X680X20 HDL V
T	Polytétrafluoréthylène (PTFE)	CR 70X90X10 RD10 T

<sup>1)</sup> Des informations de sécurité importantes au sujet des élastomères fluorés sont données page 142.

# Kit d'outils de montage de roulements SKF

Le kit d'outils de montage de roulements SKF peut être utilisé pour installer des joints radiaux au diamètre extérieur allant jusqu'à 120 mm. Le kit est composé de :

- 3 manchons de frappe, pour une distribution homogène de la force, portant les lettres A, B ou C
- 36 bagues de frappe, marquée de la lettre de la douille de frappe correspondante ainsi que du diamètre intérieur et extérieur de la bague, par exemple, B 25/52
- 1 maillet anti-rebond à double face

## Préparations avant montage

Pour que le joint soit fiable et pour obtenir les meilleurs résultats, procédez comme suit :

- Vérifiez que les dimensions du joint choisi correspondent à celles du diamètre d'arbre et de l'alésage du palier.
- Assurez-vous que le joint choisi peut résister à l'environnement, ainsi qu'à la température et à la vitesse de fonctionnement.
- Vérifiez le joint pour détecter d'éventuels dommages, par exemple, des bosselures, des entailles ou des coupures. N'utilisez jamais de joint endommagé.
- Nettoyez soigneusement le joint s'il est sale. Utilisez de l'eau tiède savonneuse (pas plus de 30 °C (85 °F)) et laissez sécher le joint à température ambiante.
- Chanfreinez et polissez l'entrée de l'alésage du palier pour éviter d'endommager la surface extérieure du joint.
- L'alésage du palier et la surface d'appui sur l'arbre doivent satisfaire aux exigences données par SKF en termes de précision de dimensions et de forme, de rugosité et de dureté.
- Toutes les extrémités d'arbre par dessus lesquelles la lèvre du joint doit passer doivent être chanfreinées et arrondies.
- Recouvrez légèrement le joint du lubrifiant qui sera utilisé pour l'application. Les lèvres d'étanchéité en PTFE ne doivent pas être pré-lubrifiées à moins qu'elles ne soient utilisées dans des applications fonctionnant à sec.

# Installation d'un joint radial dans un palier

Lorsque vous installez un joint dans un alésage de palier, la force d'installation doit être appliquée le plus près possible du diamètre extérieur du joint. Par conséquent, SKF recommande d'utiliser un mandrin associé à une presse mécanique ou hydraulique (ou un marteau).

**ATTENTION :** Pendant le montage, vérifiez que la lèvre d'étanchéité est orientée correctement (→ **fig. 1**). Lorsque la fonction principale du joint est de prévenir la contamination, la lèvre d'étanchéité doit se trouver vers l'extérieur face aux contaminants. Lorsque la fonction principale est de retenir le lubrifiant, la lèvre d'étanchéité doit se trouver vers l'intérieur face au lubrifiant.

Vous trouverez ci-après des méthodes d'installation de montage en fonction de l'application et de l'emplacement du joint :

- dos du joint face à la portée contre un épaulement ou une bague de retenue – utilisez un mandrin (→ **fig. 2**).
- à une certaine distance dans une ouverture – utilisez un mandrin avec arrêt pour placer le joint correctement (→ **fig. 3**).

Fig. 1

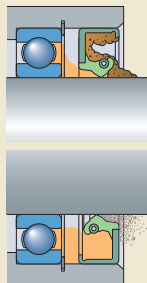


Fig. 2

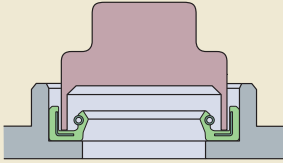


Fig. 5

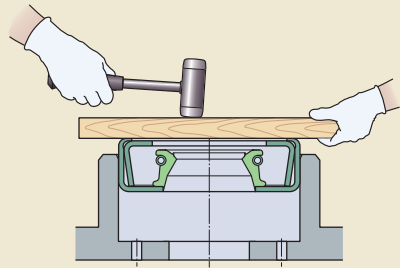


Fig. 3

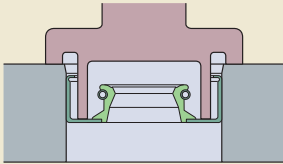


Fig. 6

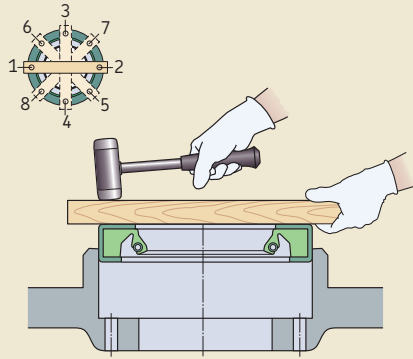


Fig. 4

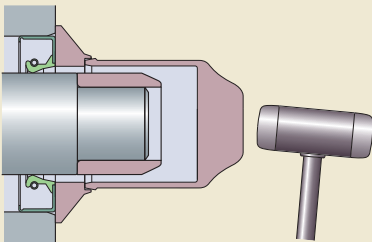


Fig. 7

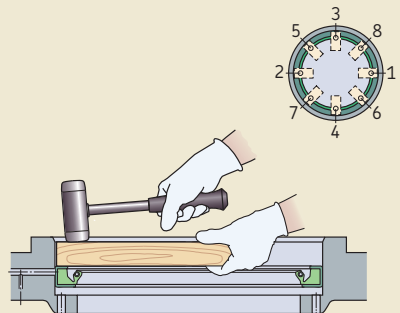
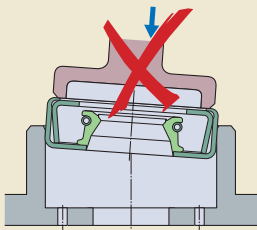


Fig. 8

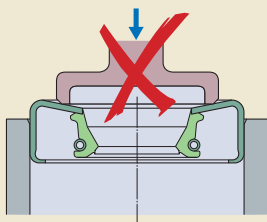


- dans l'alignement de la paroi de l'alésage du palier – utilisez le kit d'outils de montage de roulements SKF (→ fig. 4). Autrement, recouvrez le joint avec une plaque en bois ou en plastique et enfoncez-le à l'aide d'un marteau (→ fig. 5).

Si vous ne disposez pas d'un outil de montage adapté aux joints de grandes dimensions, SKF recommande d'utiliser un bloc de bois (→ fig. 6) ou un disque en métal. Lorsque vous utilisez des outils alternatifs, agissez de manière régulière tout autour du joint pour empêcher le joint de s'incliner ou de se déformer. Si le joint doit être enfoncé en retrait par rapport à la paroi du logement, il convient d'utiliser un morceau de bois (→ fig. 7).

Lors du montage d'un joint dans un alésage de palier :

Fig. 9



- Assurez-vous que le joint et l'outil de montage ne sont pas inclinés (→ fig. 8). Ils doivent être perpendiculaires au palier.
- Assurez-vous que le diamètre extérieur de l'outil couvre le diamètre extérieur du joint, sans quoi le joint risque de se plier ou de se déformer (→ fig. 9).
- N'utilisez jamais de chasse-goupille (→ fig. 10).
- Tapez toujours doucement sur l'outil d'installation avec un marteau.
- Ne frappez jamais directement sur le joint avec un marteau (→ fig. 11).

Fig. 10

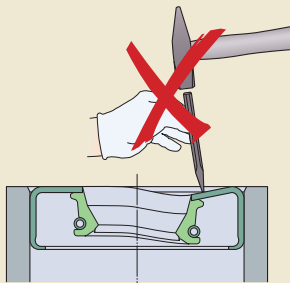
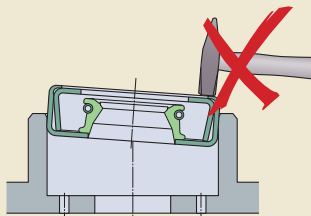


Fig. 11





**ATTENTION :** Utilisez de petites quantités de produits d'étanchéité (pour empêcher le contact avec la lèvre d'étanchéité, la surface d'appui et le roulement).

### Montage de joints dotés d'une lèvre auxiliaire

Lorsque vous installez des joints doubles lèvres ou des joints ayant une lèvre auxiliaire à frottement, remplissez l'espace entre la lèvre principale et l'auxiliaire de graisse adaptée (→ **fig. 12**). Ceci n'est pas préconisé pour les joints en silicone ou les joints munis d'éléments hydrodynamiques.

### Montage d'un joint d'un joint tout élastomère monobloc

Les joints tout élastomère peuvent être installés manuellement sans aucun outillage de montage spécifique. Cependant, après le montage, le joint doit être fixé axialement dans l'alésage du palier par une plaque de retenue (→ **fig. 13**).

Fig. 12

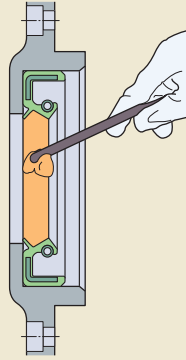
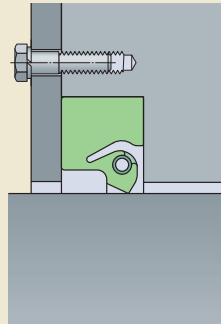


Fig. 13



### Montage d'un joint radial sur un arbre

Pour monter un joint sur un arbre, SKF recommande de procéder comme suit :

- Couvrez toutes les gorges, rainures, trous de perçage, cannelures, filetage et autres bords tranchants à l'aide de bouchons de protection de faible épaisseur ( $< 0,5 \text{ mm}$ ) (→ **fig. 14**).
- Utilisez un manchon lorsque l'épaulement d'un arbre à portées multiples n'est pas chanfreiné ni arrondi (→ **fig. 15**).

La surface extérieure des bouchons de protection et des manchons doit être enduite du même lubrifiant que celui du joint et de la surface d'appui. La surface extérieure et le chanfrein d'entrée de l'outil d'installation ne doivent pas comporter de bavures ou de bords tranchants.

Les joints radiaux en PTFE doivent toujours être montés avec un bouchon de protection ou un manchon.

Si une fois les joints installés, le palier ou la machine doivent être peints, il faut les protéger. Pour cela, des disques découpés dans du carton peuvent être utilisés (→ **fig. 16**).

Fig. 14

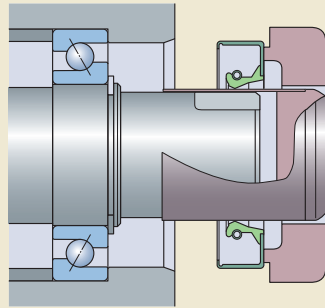


Fig. 15

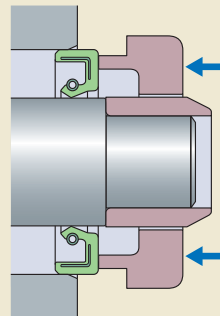


Fig. 16

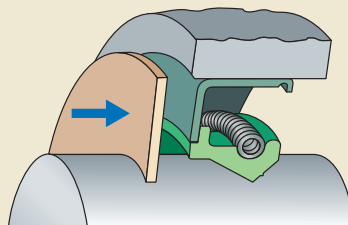
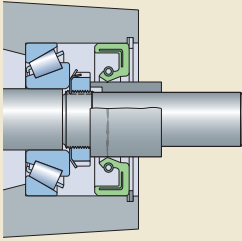
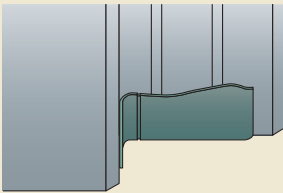


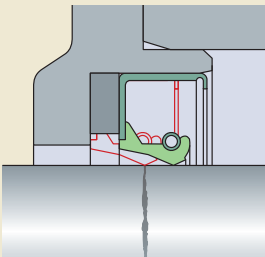
Fig. 17



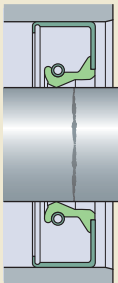
a



b



c



d

## Remplacement d'un joint radial

**ATTENTION :** Une fois qu'un joint radial a été retiré d'une application, il ne doit jamais être réutilisé.

Si la surface d'appui du joint présente des signes d'usure ou d'endommagement, elle doit être réparée. Cela peut être effectué de différentes manières (→ fig. 17) :

- Usinez à nouveau la surface d'appui de l'arbre. Cette action suppose l'extraction de l'arbre.
- Remplacez la bague qui servait de surface d'appui (a).
- Installez un manchon de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE (pour les diamètres d'arbre  $\leq 203$  mm) (b) ou un manchon d'usure de grand diamètre (LDSL) (pour les diamètres d'arbre  $> 203$  mm).
- Installez une bague-entretoise dans l'alésage du palier, entre l'épaulement et le joint (c).
- Montez le nouveau joint à une profondeur différente dans l'alésage du palier (d).

Le cas échéant, la lèvre du joint doit toujours être déplacée vers le côté de la surface à étancher (c).

Lorsque vous choisissez un joint de rechange, le profil et le matériau doivent correspondre à ceux du joint d'origine. En cas de doute, un joint de meilleure qualité peut être utilisé pour s'assurer qu'il résistera aux conditions de fonctionnement.

Si un joint du même modèle n'est pas disponible dans la même largeur que celui d'origine, un joint légèrement plus étroit peut être utilisé. Ou encore, si la profondeur de l'alésage du palier le permet, un joint légèrement plus large peut être choisi en remplacement.

# Réparation d'un arbre usé avec un manchon d'usure SKF

## Montage d'un manchon de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE

Les manchons de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE constituent un moyen rapide, facile et bon marché de réparer les traces d'usure du joint sur un arbre. Ces manchons, qui permettent de ne pas avoir à démonter une machine pour envoyer l'arbre à réparer, peuvent réduire considérablement les coûts de réparation et d'arrêt-machine. Un autre avantage des manchons de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE réside dans leur matière qui ne mesure que 0,28 mm d'épaisseur.

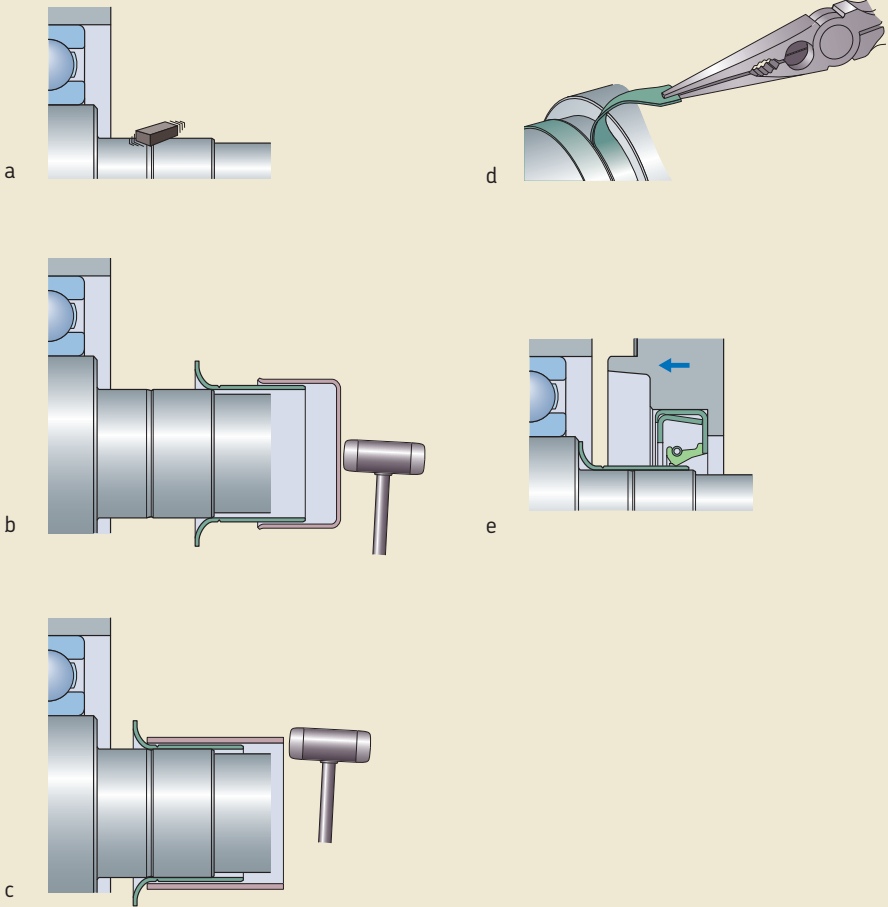
Même si leur installation est simple, elle doit être effectuée avec précaution afin d'obtenir les meilleurs résultats (→ fig. 18).

- 1 Nettoyez la surface d'appui du joint sur l'arbre. Supprimez toutes les bavures et rugosités (a) et assurez-vous que le manchon ne sera pas installé sur des rainures, des trous, des cannelures ou autre.
- 2 Mesurez le diamètre de l'endroit où le manchon sera mis en place, sur une portion non usée de l'arbre. Mesurez à trois endroits et faites une moyenne des données obtenues (pour vous assurer que l'arbre respecte les spécifications recommandées). Si le diamètre moyen se trouve dans la plage de tailles de manchon donnée, l'ajustement serré sur le manchon est suffisant pour l'empêcher de glisser ou de tourner sans avoir à utiliser d'adhésif.
- 3 Déterminez l'endroit où doit être positionné le manchon pour couvrir la trace d'usure du joint. Mesurez le point exact ou marquez directement la surface. Le manchon doit être placé sur la zone usée, et non pas plus bas ni aligné avec l'extrémité de l'arbre.
- 4 Les fentes superficielles dues à l'usure n'ont pas besoin d'être remplies. Vous pouvez également appliquer une fine couche de produit d'étanchéité non-durcissant sur la surface du diamètre intérieur du manchon. Nettoyez le produit d'étanchéité ayant débordé sur l'arbre ou la surface du diamètre extérieur du manchon.
- 5 Si l'arbre comporte des entailles profondes, remplissez les fentes avec un matériau de réparation époxy-poudre. Installez le manchon avant que le produit ne durcisse pour qu'il balaye l'excès de produit en passant. Nettoyez les restes de produit de la surface du diamètre extérieur.

**ATTENTION :** Ne jamais monter à chaud un manchon de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE !

- 6 Le plus souvent, l'épaulement peut être préservé, mais il doit être retiré dans les applications où il touche d'autres éléments. S'il doit être retiré, coupez-le à la perpendiculaire du diamètre extérieur à un endroit. L'extrémité épaulée du manchon doit être placée en premier sur l'arbre. Placez ensuite l'outil d'installation sur le manchon (b).
- 7 Tapez légèrement au centre de l'outil d'installation jusqu'à ce que le manchon recouvre la surface usée. Si l'outil d'installation est trop court, une longueur de tuyau ou un tube à extrémité carrée et sans bavures (c) peuvent être utilisés. Assurez-vous que le diamètre intérieur du tuyau est le même que celui de l'outil d'installation. Prenez soin de ne pas rayer le diamètre extérieur de précision du manchon.
- 8 Un manchon de réparation SKF SPEEDI-SLEEVE doit toujours être installé de sorte que son bord extérieur repose sur l'intégralité du diamètre de l'arbre afin d'éviter que le bord tranchant n'endommage le joint pendant le montage.
- 9 Si l'épaulement a été coupé pour le retirer, utilisez des pinces à long bec pour l'enlever de la surface du joint (d) et faites-le tourner en prenant garde de ne pas décoller l'extrémité du manchon de l'arbre, sans quoi le bord serait irrégulier. Le retrait de l'épaulement doit être effectué avec soin pour éviter d'endommager le diamètre extérieur du manchon.
- 10 Une fois le manchon monté, recherchez à nouveau d'éventuelles bavures qui pourraient endommager le joint.
- 11 Lubrifiez le manchon avec le produit adapté au système avant de monter le joint.
- 12 Procédez au montage du joint.

Fig. 18



5

**13** Commencez par monter le nouveau joint en suivant les instructions mentionnées ci-dessus ou remontez le disque d'obturation avec un nouveau joint (e).

doit être chauffé de manière uniforme à environ 180 °C à l'aide d'un appareil adapté, par exemple, un appareil de chauffage par induction SKF.

**Montage d'un manchon d'usure de grand diamètre**

Les manchons de réparation de grand diamètre SKF (LDSLVL) sont conçus pour un montage à chaud. Avant de monter le manchon sur l'arbre, il

**ATTENTION :** Ne chauffez pas le manchon à plus de 200 °C.

## Montage des joints

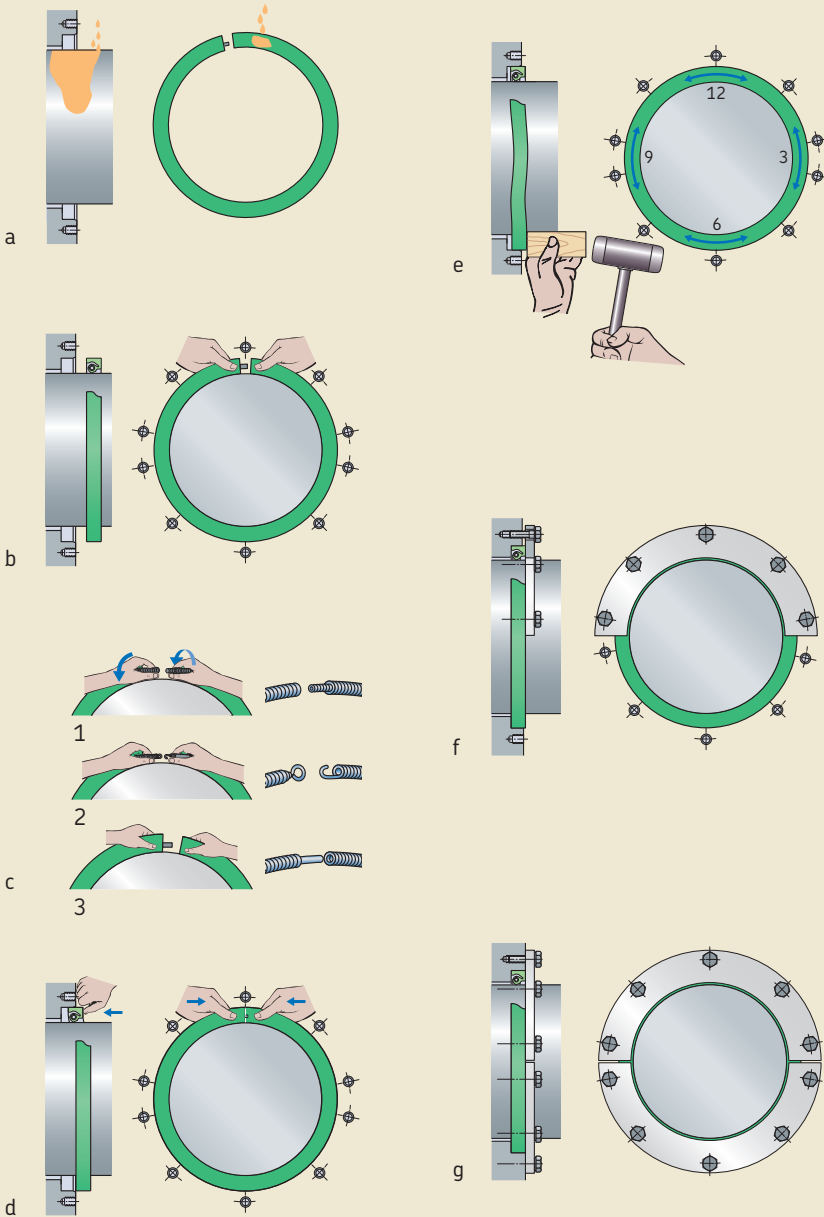
Le manchon doit être monté immédiatement après le chauffage, car il refroidit rapidement et pourrait se bloquer sur l'arbre avant de se trouver dans la bonne position. Si le manchon doit être remis en place, prenez garde de ne pas endommager le diamètre extérieur ou le chanfrein d'entrée.

## Installation d'un joint tout caoutchouc coupé de grande dimension

Lorsque vous installez un joint élastomère coupé des séries HS6, HS7 et HS8 ou un joint coupé élastomère toilé des séries HSF1, HSF2, HSF3 et HSF4, appliquez les instructions suivantes (→ fig. 19).

- 1 Le cas échéant, insérez le ressort dans la rainure SKF Springlock et positionnez le raccord du ressort de manière à ce qu'il soit décalé par rapport à la jonction du joint.
  - 2 Appliquez une fine couche de lubrifiant sur les lèvres du joint et la surface d'appui (a). Utilisez le même lubrifiant que celui qui sera utilisé pour lubrifier l'application.
  - 3 Vérifiez que la lèvre du joint se trouve dans le bon sens (b).
  - 4 Joignez les extrémités du ressort de retenue :
    - Pour les ressorts dotés de raccords filetés (c1), dans le cas des joints des séries HSF1, HSF2, HSF3 et HSF4, enroulez les extrémités du ressort l'une avec l'autre. Insérez une extrémité dans l'autre et vissez pour les fixer.
    - Pour les ressorts dotés de raccords du type agrafe et œillet (c2), dans le cas des joints de la série HS6 et la plupart des joints de la série HS8, joignez les extrémités du ressort et insérez l'agrafe dans l'œillet. Ne dépassez pas les limites élastiques du ressort car les performances du joint pourraient diminuer.
    - Pour les ressorts dotés de raccords à fil-guide (c3), dans le cas des joints de la série HS7, joignez les extrémités du joint. Insérez ensuite le fil-guide dans l'autre extrémité du ressort. Ne dépassez pas les limites élastiques du ressort car les performances du joint pourraient diminuer.
  - 5 Positionnez la jonction du joint sur l'arbre de manière à ce qu'elle se trouve à « 12 heures » et poussez le joint jusqu'à sa jonction dans l'alésage du palier (d).
  - 6 Poussez le reste du joint pour le mettre en place, en partant de « 3 heures » et « 9 heures » (e) et en terminant simultanément à « 6 heures » et « 12 heures ». Pour les diamètres d'arbre de 1 200 mm et plus, il peut s'avérer préférable de bloquer le joint à « 12 heures », « 3 heures », « 6 heures » et « 9 heures » avant de mettre en place le reste du joint.
- ATTENTION :** N'insérez jamais une seule extrémité du joint et n'enroulez pas le reste du joint autour de l'arbre. Le joint s'étirerait et rendrait l'installation dans l'alésage du palier difficile, voire impossible.
- 7 Poussez le joint dans l'alésage du palier à l'aide d'un petit bloc de bois jusqu'à ce qu'il entre en contact avec l'épaulement du palier (e).
  - 8 Vérifiez l'état du joint, particulièrement au niveau de la jonction.
  - 9 Montez la plaque de retenue (f et g). Serrez les boulons de fixation de manière régulière jusqu'à ce que le disque d'obturation s'appuie contre la face du palier.

Fig. 19



## Montage de rondelles d'étanchéité

Les rondelles d'étanchéité, avec ou sans rondelle floquée (→ **fig. 20a**), doivent toujours être disposées comme indiqué dans la **fig. 21a** de sorte que l'effet de pompage des disques ait lieu loin du roulement. Si des rondelles-entretoises (→ **fig. 20b**) sont prévues pour faciliter la lubrification, une d'entre elles doit être montée à côté de la bague intérieure et une autre à côté de la bague extérieure (→ **fig. 21b**).

- 1 Remplissez l'espace libre entre les deux rondelles avec un produit hydrofuge et de la graisse antirouille, par exemple, SKF LGMT 2.
- 2 Recouvrez l'alésage et les surfaces extérieures des rondelles d'une fine couche de graisse.
- 3 Placez le jeu de rondelles dans la position de départ. Assurez-vous que la face latérale de la rondelle du palier s'appuie bien sur la bague extérieure du roulement (→ **fig. 21b**).
- 4 Enfoncez le jeu de rondelles dans l'alésage du palier et sur l'arbre simultanément à l'aide d'un mandrin ou d'un outil semblable s'appuyant sur les deux rondelles (→ **fig. 22**). Vérifiez que les rondelles ne sont pas de travers.
- 5 Lorsque plusieurs jeux de rondelles doivent également être installés l'un à côté de l'autre, installez le premier jeu avant d'installer le suivant.

Fig. 20

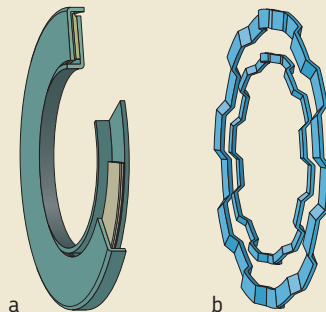


Fig. 22

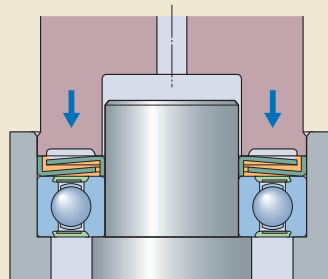


Fig. 21

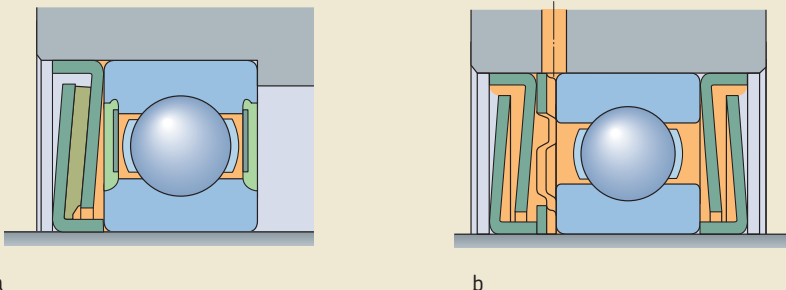
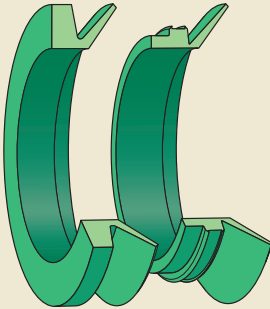




Fig. 23



## Montage d'un joint V-ring

Les joints V-ring (→ **fig. 23**) sont élastiques et peuvent s'étirer au-dessus des autres éléments, ce qui rend leur montage simple et facile (→ **fig. 24**). Lorsque plusieurs joints V-ring de la même taille doivent être montés, des outils de montage simples (→ **fig. 25**) peuvent être utilisés pour enfoncer le joint jusqu'à une profondeur prédéterminée.

Lorsque vous installez un joint V-ring, assurez-vous qu'il présente un ajustement serré sur l'arbre et que la largeur du joint monté, de la surface d'appui à l'arrière du joint V-ring, se trouve dans les tolérances spécifiées.

Fig. 24

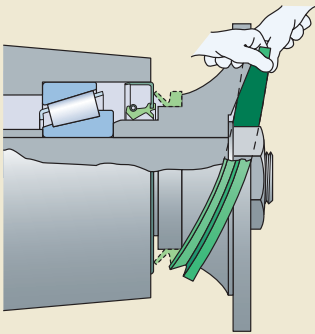
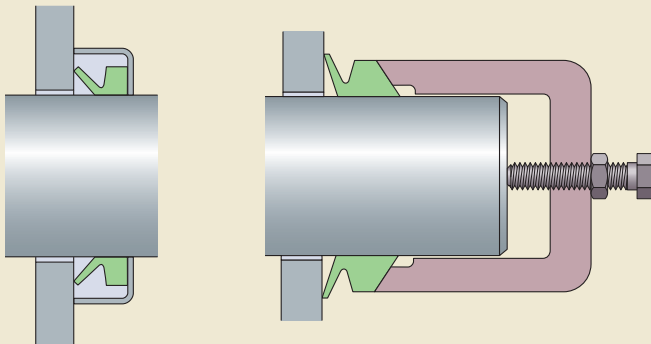


Fig. 25





SKF

SKF Shaft Alignment Tool TX5A v2



# Alignement

<b>Introduction</b> . . . . .	<b>160</b>	<b>Alignement de courroies</b> . . . . .	<b>176</b>
<b>Installation de la machine et alignement</b> <b>161</b>		Types de défauts d'alignement de courroies . . . . .	176
Qualité des fondations . . . . .	161	Tolérances d'alignement de courroies . . . . .	176
Objectifs d'alignement . . . . .	161	Méthodes d'alignement de courroies . . . . .	176
Pied bancal . . . . .	162	Méthodes traditionnelles d'alignement de courroies . . . . .	176
Types de pied bancal . . . . .	162	Méthodes d'alignement laser de courroies . . . . .	176
Contrôle du pied bancal . . . . .	162		
Calage . . . . .	163		
Cales de machines . . . . .	163		
Éléments SKF Vibracon SM . . . . .	164		
Cales d'acier rigides sur mesure . . . . .	164		
Résine époxy . . . . .	165		
Serrage des boulons . . . . .	166		
Couple de serrage et précharge d'assemblage . . . . .	166		
Outils de serrage . . . . .	166		
<b>Alignement d'arbres</b> . . . . .	<b>167</b>		
Types de défauts d'alignement . . . . .	167		
Conventions de mesure . . . . .	167		
Machines fixes et mobiles . . . . .	167		
Paramètres d'alignement . . . . .	168		
Positions de mesure . . . . .	168		
Tolérances d'alignement d'arbres . . . . .	169		
Méthodes d'alignement d'arbres . . . . .	170		
Méthodes traditionnelles d'alignement d'arbres . . . . .	170		
Méthodes du comparateur à cadran . . . . .	170		
Méthodes d'alignement laser d'arbres . . . . .	172		
Le processus d'alignement . . . . .	173		
<b>Alignement de transmissions en décalé</b> . . . . .	<b>175</b>		
Tolérances d'alignement de transmissions en décalé . . . . .	175		
Méthodes d'alignement de transmissions en décalé . . . . .	175		
Méthodes d'alignement laser de transmissions en décalé . . . . .	175		

# Introduction

L'alignement des transmissions et des machines à entraînement est important lors de l'installation et de la maintenance. L'alignement des machines est crucial pour prévenir la défaillance prématurée des roulements et l'endommagement ultérieur d'autres éléments. Le coût d'alignement des machines en lui-même est minime par rapport aux coûts de maintenance qui augmentent considérablement en cas de défaillance d'une pièce critique de l'équipement.

L'alignement est nécessaire pour :

- les arbres
- les transmissions en décalé, par ex. arbres à cardan
- les courroies de transmission (poulies)
- les rouleaux et cylindres, par ex. dans les machines à papier

Ce chapitre présente les principales procédures employées pour les alignements d'arbres, de transmissions en décalé et de courroies.

Parmi les avantages d'un alignement précis comptent :

- une meilleure durée de service des roulements
- une meilleure durée de service des joints
- une meilleure durée de service de l'accouplement
- l'allongement des intervalles de maintenance
- l'amélioration du rendement énergétique
- la réduction du niveau de contrainte et des vibrations

Pour obtenir davantage d'informations sur l'alignement des arbres, des transmissions en décalé et des courroies, ainsi que sur l'alignement des rouleaux et des cylindres, visitez [www.aptitudexchange.com](http://www.aptitudexchange.com) ou [www.skf.com](http://www.skf.com).

Le Reliability Maintenance Institute (RMI) de SKF propose une vaste gamme de formations en techniques d'alignement (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Veuillez contacter votre représentant SKF local pour en savoir plus ou visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

Les outils d'alignement d'arbres et de courroies, ainsi que les cales de machines sont disponibles parmi les Produits de maintenance SKF (→ **Annexe K, page 419**). Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF dispose d'équipes expérimentées en services d'alignement. Pour en savoir plus, visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

## Installation de la machine et alignement

Un alignement adéquat des transmissions et des machines à entraînement dépend en grande partie de la qualité d'installation de la machine. Une installation optimale contribue à un processus d'alignement rapide et facile avec des résultats de précision.

Pour une installation optimale, plusieurs aspects doivent être pris en compte :

- la qualité des fondations
- les objectifs d'alignement
- le pied bancal
- le calage
- le serrage des boulons

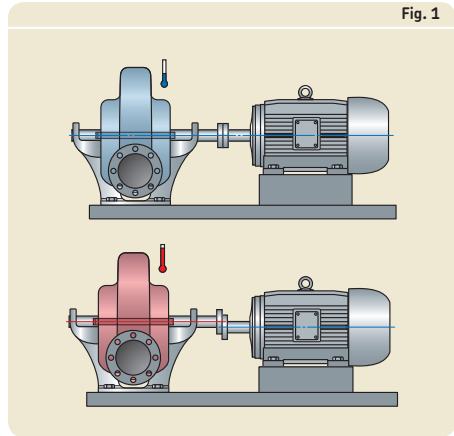
### Qualité des fondations

L'élément clé lors de l'installation d'une machine réside dans des fondations qui supportent et maintiennent l'alignement entre les composants en conditions dynamiques. Qu'il s'agisse de l'installation d'une nouvelle machine ou d'une machine déjà installée à réaligner, SKF recommande de procéder comme suit :

- 1 Inspectez les fondations pour détecter d'éventuelles fissures, des détériorations ou des trous de boulons endommagés et réparez si nécessaire.
- 2 Retirez toutes les cales. Si elles ne sont pas endommagées, inspectez-les pour détecter de la rouille et, au besoin, nettoyez-les avant de les réutiliser.
- 3 Éliminez toute trace de rouille, de peinture ou d'huile de la surface de montage des fondations.
- 4 Remplacez les boulons de fixation s'ils sont rouillés ou si leur filetage est endommagé.
- 5 Vérifiez la planéité des fondations à l'aide d'un laser. La planéité doit se trouver dans la classe de tolérance IT7.

**REMARQUE :** Tous les travaux de réparation doivent être terminés avant de démarrer les procédures d'alignement !

Fig. 1



### Objectifs d'alignement

Les composants d'une machine chauffent et se dilatent pendant le fonctionnement (→ fig. 1). Ce phénomène s'appelle la dilatation thermique et dépend du matériau et de la température de la machine.

En général, les concepteurs de machines calculent la dilatation thermique et indiquent les paramètres d'alignement permettant de la compenser. Ces paramètres sont souvent donnés comme valeurs de décalage de l'accouplement ou comme valeurs d'ajustement au niveau des pieds de la machine.

Outre les instructions données par les concepteurs de la machine, SKF recommande d'aligner les machines lorsqu'elles sont à une température stable entre les fondations, les carters et la température ambiante. Avant de commencer l'alignement, la différence de températures entre le carter de la machine et ses fondations ne doit pas être de plus de 10 à 15 %. Assurez-vous également que les objectifs d'alignement prennent en compte la température réelle (car ils reposent souvent sur une température ambiante présumée).

## Alignement

### Pied bancal

Le pied bancal (→ **fig. 2**) fait référence à une situation dans laquelle une machine ne repose pas fermement sur ses fondations. Le pied bancal est souvent dû à :

- l'endommagement des fondations, en particulier en cas de fissures
- la déformation ou l'endommagement des bâtis de base de la machine qui ne reposent que sur une partie de leur surface
- un mauvais calage

### Types de pied bancal

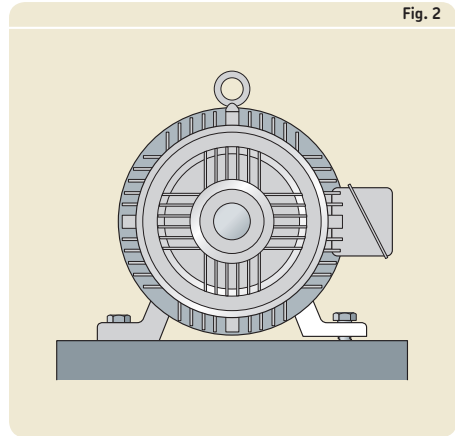
Il existe deux types de pied bancal (→ **tableau 1**)

- pied bancal parallèle
- pied bancal en angle

Un pied bancal rend l'alignement vertical impossible, car la machine peut bouger pendant l'alignement de précision. Le serrage des boulons de fixation pour compenser le pied bancal peut déformer le palier de la machine et entraîner un mauvais alignement qui se traduirait par une défaillance prématurée des roulements.

Le pied bancal, aussi bien parallèle qu'en angle, peut se résoudre grâce aux éléments SKF Vibracon SM. Pour obtenir davantage d'informations, veuillez vous reporter à la section *Calage*, à partir de la **page 163**.

Fig. 2



### Contrôle du pied bancal

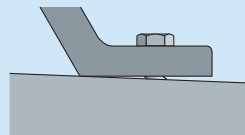
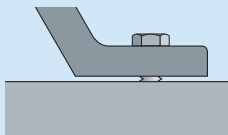
La meilleure technique pour le contrôle du pied bancal est l'utilisation de calibres à lame et l'enregistrement de quatre valeurs par pied. Grâce à cette méthode, les valeurs et le type de pied bancal peut être déterminé avec précision.

Pour déterminer l'ampleur du problème de pied bancal, SKF recommande d'utiliser les méthodes laser.

Pour obtenir davantage d'informations, veuillez vous reporter à la section correspondante *Alignement d'arbres*, à partir de la **page 167** ou *Alignement de courroies*, à partir de la **page 176**.

Tableau 1

#### Types de pied bancal



#### Description

##### Pied bancal parallèle

Le pied de la machine est parallèle au bâti de la machine mais ne repose pas dessus. Connue également sous le nom de « pied court ».

#### Correction

Remplissez l'espace en ajoutant des cales d'épaisseur.

Utilisez des éléments SKF Vibracon SM pour préparer la surface de montage de la machine (→ *Éléments SKF Vibracon SM*, **page 164**).

##### Pied bancal en angle

Seule une partie du pied repose sur le bâti de la machine. Connue également sous le nom de « pied en angle ».

Ajustez l'inclinaison ou ajoutez une cale sur mesure.

Utilisez des éléments SKF Vibracon SM pour préparer la surface de montage de la machine (→ *Éléments SKF Vibracon SM*, **page 164**).

## Calage

Le calage est la méthode utilisée pour remplir l'espace entre la surface d'appui et le bâti de base de la machine. Les dispositifs de calage comprennent :

- les cales de machines
- les niveleurs en acier réglables, par exemple, les éléments SKF Vibracon SM (→ fig. 3)
- les cales d'acier rigides sur mesure
- la résine époxy

Le processus de calage varie en fonction du type de cale choisi. Certaines cales sont conçues pour établir le plan de montage adéquat pour les nouvelles installations ou les applications de réparation. D'autres sont utilisées pour corriger le pied bancal en préparation pour le réaligement d'une machine déjà installée.

### Cales de machines

Les cales de machines sont des éléments d'alignement fins utilisés pour ajuster avec précision la hauteur globale d'une machine ou pour compenser le pied bancal parallèle. Les cales sont installées entre les pieds de la machine et la surface d'appui (→ fig. 4).

SKF recommande d'utiliser des cales en acier inoxydable suffisamment résistantes et pouvant supporter la corrosion de différents environnements. Les cales d'un matériau non adapté tel que le cuivre ou le laiton sont généralement trop tendres et impliquent une déformation plastique. Cela crée du jeu et peut entraîner des problèmes d'alignement avec le temps.

SKF fournit des cales de machines de la série TMAS qui existent en cinq tailles différentes, chacune d'elles comprenant dix épaisseurs différentes (**tableaux 2a et 2b, page 164**) pour les boulons de fixation de jusqu'à 52 mm de diamètre. Ces cales d'épaisseur prédécoupées à une encoche sont en acier inoxydable de haute qualité et sont fabriquées selon des tolérances étroites pour un alignement précis. Les cales sont fournies par jeux de dix, chacune portant l'indication de son épaisseur.

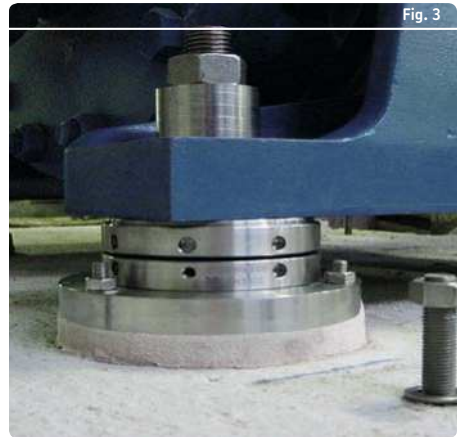


Fig. 3

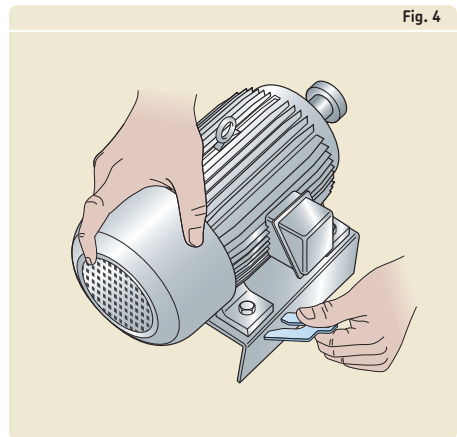


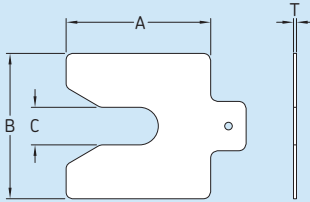
Fig. 4

6

**ATTENTION :** Lorsque vous en avez la possibilité, utilisez une seule cale. Ne posez pas plus de trois cales l'une au-dessus de l'autre. L'empilage de cales augmente le nombre de surfaces de contact et a donc des répercussions sur l'élongation des boulons recommandée. Pour obtenir davantage d'informations sur le boulonnage, veuillez vous reporter à la section *Serrage des boulons*, page 166.

Tableau 2a

## Cales d'épaisseur SKF série TMAS



Désignation <sup>1) 2)</sup>	Dimensions			T <sup>2)</sup>
	A	B	C	
–	mm			
TMAS 50-xxx	50	50	13	xxx
TMAS 75-xxx	75	75	21	xxx
TMAS 100-xxx	100	100	32	xxx
TMAS 125-xxx	125	125	45	xxx
TMAS 200-xxx	200	200	55	xxx

<sup>1)</sup> 10 cales par jeu

<sup>2)</sup> xxx fait référence à l'épaisseur de la cale (→ tableau 2b)

Tableau 2b

## Épaisseur de cales

Désignation	Dimension	Tolérances
	T	
–	mm	
005	0,05	± 0,010
010	0,10	± 0,020
020	0,20	± 0,025
025	0,25	± 0,025
040	0,40	± 0,030
050	0,50	± 0,030
070	0,70	± 0,040
100	1,00	± 0,040
200	2,00	± 0,045
300	3,00	± 0,150

## Éléments SKF Vibracon SM

Les éléments SKF Vibracon SM sont des pièces prêtes à être montées, à hauteur universelle réglable, qui procurent un bon plan de montage, en particulier dans les cas où le pied bancal peut être un problème.

Il existe deux modèles d'éléments SKF Vibracon SM standard (→ fig. 5) pour des boulons de fixation de 12 à 65 mm de diamètre :

- SKF Vibracon original (a)
- SKF Vibracon extra-plat (b)

**ATTENTION :** Les éléments SKF Vibracon SM ne sont pas conçus pour les machines de levage ! Dans ce cas, SKF recommande d'utiliser des vérins hydrauliques bas.

Des instructions détaillées pour le montage des éléments SKF Vibracon SM sont fournies avec les éléments en question.

## Cales d'acier rigides sur mesure

Les cales d'acier rigides sur mesure (éléments à encoches) ne doivent être utilisées que dans les applications de réparation et lorsque :

- la hauteur de réglage est trop basse pour les éléments SKF Vibracon SM
- la hauteur de réglage est trop élevée pour les cales de machines
- il existe un problème de pied bancal

La forme et la taille des cales sur mesure (→ fig. 6) dépend des conditions de l'application, par exemple, le poids de la machine et le type de fondations.



### Résine époxy

La résine époxy est utilisée principalement pour aligner les machines à propulsion. La résine époxy est souvent introduite entre les fondations et le bâti de la machine (→ fig. 7) et elle convient aux ajustements de hauteur s'échelonnant de 15 à 100 mm.

Le temps de prise des résines est relativement court et leur résistance à la compression, à l'extrusion et aux chocs thermiques est bonne. SKF recommande d'utiliser une résine époxy bi-composant Epocast 36 comme matériau de base.

Pour obtenir davantage d'informations sur les résines époxy, veuillez contacter le service Applications SKF.

### Introduction de résine époxy

Nettoyez la peinture et la saleté de la zone de la surface d'appui. Formez des entailles dans la surface de support pour créer des dégagements. Vous obtiendrez également le même résultat en perçant des trous peu profonds dans la surface d'appui. Cette opération permet de fixer l'époxy sur les fondations.

Mettez le manchon en place à travers le pied de la machine et dans les fondations. Montez une barrière en contre-plaqué ou en mousse autour du pied de la machine en appliquant un isolant pour sceller l'espace entre la barrière et la surface d'appui. Appliquez un agent de séparation sur le manchon, le bâti de la machine et la barrière. Remplissez la barrière avec de la résine jusqu'à ce qu'elle arrive juste au-dessus du bas du pied.

Fig. 5



a) SKF Vibracon original

b) SKF Vibracon extra-plate

Fig. 6

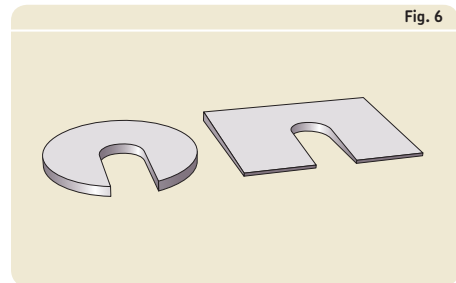
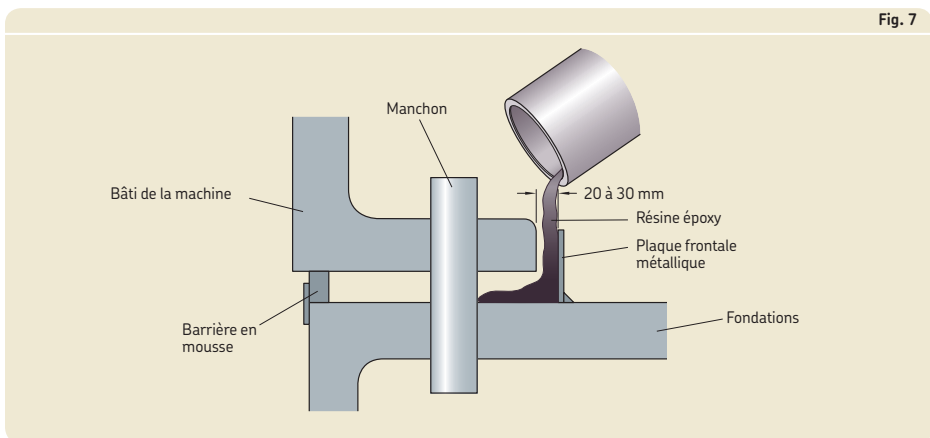


Fig. 7



### Serrage des boulons

Il est extrêmement important d'appliquer la bonne valeur de couple à un boulon pendant l'installation de la machine. Des mauvaises valeurs de couple peuvent faire que la machine bouge pendant le fonctionnement. Cela peut impliquer un défaut d'alignement de l'arbre qui finira par provoquer un endommagement prématuré des roulements et d'autres composants.

En général, le concepteur de la machine ne détermine pas les valeurs de couple. Si le propriétaire de la machine ne dispose pas de ces valeurs, veuillez contacter le service Applications SKF.

### Couple de serrage et précharge d'assemblage

Les boulons de fixation doivent être serrés à une tension de boulon maximale de 75 % de la limite d'élasticité.

### Outils de serrage

Tous les boulons et les écrous doivent être serrés à l'aide d'une clé dynamométrique précise (à au moins deux étapes)

ou d'un tendeur hydraulique de boulons. Pour les boulons de grandes dimensions, SKF recommande d'utiliser les tendeurs hydrauliques de boulons HYDROCAM (→ fig. 8), lorsque vous en avez la possibilité. Ces tendeurs permettent d'installer les boulons avec précision sans besoin de clé dynamométrique. Les tendeurs permettent également d'avoir une précharge d'assemblage ou une elongation des boulons uniforme.

**ATTENTION :** Le serrage des boulons à l'aide d'outils manuels n'est pas précis et ses résultats sont impossibles à reproduire.

### Tendeurs hydrauliques de boulons HYDROCAM

Les tendeurs hydrauliques de boulons HYDROCAM conviennent pour les boulons de fixation dont l'extrémité ressort au-dessus de l'écrou de serrage. Une extension à froid est appliquée sur le boulon au moyen d'un corps hydraulique annulaire placé autour de lui. Le boulon est soumis uniquement à une charge de traction axiale.

L'écrou sans contrainte demande ensuite peu d'effort pour tourner et ne transmet aucun couple au boulon. Lorsque la pression du fluide est relâchée dans le tendeur, la majeure partie de la charge hydraulique exercée sur le tendeur est transférée dans l'écrou et le serrage est alors effectué.

Pour une précision optimale, SKF recommande de réaliser la traction du boulon et de tourner l'écrou deux fois.

Pour obtenir davantage d'informations sur les tendeurs hydrauliques de boulons HYDROCAM, veuillez contacter le service Applications SKF.

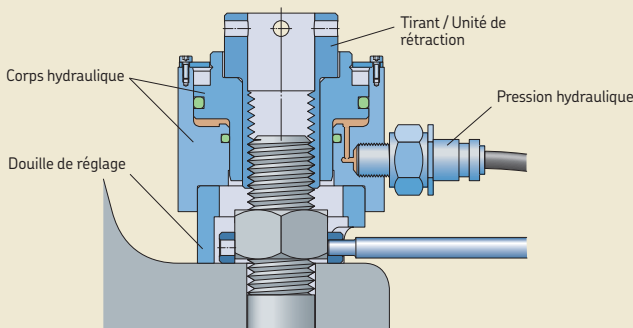


Fig. 8

## Alignement d'arbres

Tous les arbres, droits ou décalés, tournent autour d'un axe appelé le centre de rotation. Dans toutes les applications de transmission de puissance, le transfert d'énergie le plus efficace se fait lorsque deux arbres reliés sont colinéaires, c'est-à-dire lorsque les centres de rotation des arbres forment une seule et même ligne droite dans des conditions normales de fonctionnement. Tout écart dans cet état colinéaire s'appelle un défaut d'alignement.

Les avantages des arbres correctement alignés :

- minimisation de la charge induite impliquant un prolongement de la durée de service des roulements
- réduction de l'usure des courroies, poulies, accouplements et joints permettant l'allongement des intervalles de maintenance
- réduction des pertes de charge par frottement, du niveau sonore et de vibrations pour un meilleur rendement énergétique
- réduction de la flexion de l'arbre et donc un niveau de vibrations et de contraintes plus faible

## Types de défauts d'alignement

Il existe deux types principaux de défaut d'alignement d'arbres (→ fig. 9) :

- défaut d'alignement axial (parallèle) (a)
- défaut d'alignement angulaire (b)

Dans la pratique, les deux types de défauts d'alignement apparaissent souvent de manière simultanée.

## Conventions de mesure

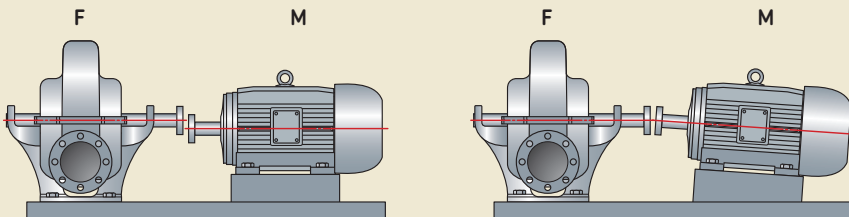
### Machines fixes et mobiles

Lorsque vous alignez deux machines, l'une est désignée comme la machine fixe (F) et l'autre, la machine mobile (M) (→ fig. 9). Dans la plupart des cas, la machine fixe est l'unité qui est entraînée. Les réglages sont alors faits sur la machine mobile, généralement, un moteur.

Il est parfois nécessaire de déplacer les deux machines. Par exemple, lorsque la machine mobile est fixée par la base ou par des boulons, la machine fixe est légèrement déplacée pour permettre les réglages de précision de la machine mobile.

6

Fig. 9



### a) Défaut d'alignement axial

Le défaut d'alignement axial est l'écart entre deux centres de rotation d'arbres mesuré sur le plan de la transmission de puissance depuis l'unité d'entraînement vers l'unité entraînée (mesuré en millimètres au niveau de l'accouplement). Le sens du décalage doit toujours être spécifié.

### b) Défaut d'alignement angulaire

Le défaut d'alignement angulaire est la différence d'inclinaison entre les arbres de l'unité d'entraînement et de l'unité entraînée. Il est souvent représenté par le décalage par diamètre d'accouplement (mm/mm). Une tolérance angulaire exprimée en mm / 100 mm peut être appliquée sur tous les arbres, indépendamment du diamètre d'accouplement.

## Alignement

### Paramètres d'alignement

Le défaut d'alignement se mesure sur deux plans (→ **fig. 10**) :

- le plan horizontal (d'un bout à l'autre de l'axe x)
- le plan vertical (de haut en bas sur l'axe y)

Chaque plan d'alignement possède des éléments décalés et angulaires, c'est pourquoi il existe réellement quatre paramètres d'alignement à mesurer et à corriger :

- le décalage horizontal
- l'angularité horizontale
- le décalage vertical
- l'angularité verticale

### Positions de mesure

Pour définir les différentes positions de mesure au cours du processus d'alignement, l'analogie avec une horloge vue en se plaçant face à la machine fixe (F) depuis l'arrière de la machine mobile (M) est utilisée (→ **fig. 11**). La position des appareils de mesure au point le plus haut est dite à « 12 heures », tandis que les positions à 90° à gauche et à droite sont dites à « 9 heures » et « 3 heures » respectivement. La position à « 6 heures » est l'opposée à celle de « 12 heures » (non illustrée).

Comme le montre le **fig. 12**, les mesures prises sur le plan vertical, c'est-à-dire à « 12 heures » ou à « 6 heures », sont utilisées pour déterminer le défaut d'alignement vertical (**a**). Le défaut d'alignement vertical se définit par tout défaut d'alignement vu depuis le côté qui est corrigé en effectuant des réglages de hauteur sur les pieds avant et arrière de la machine mobile.

Les mesures prises sur le plan horizontal, c'est-à-dire à « 9 heures » ou à « 3 heures »,

Fig. 10

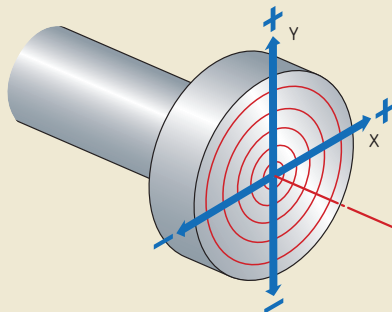


Fig. 11

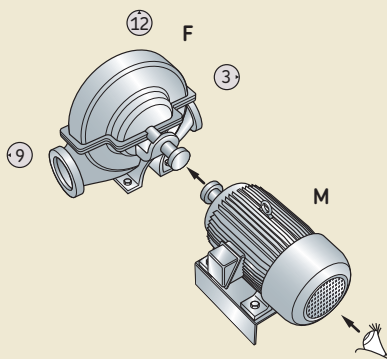
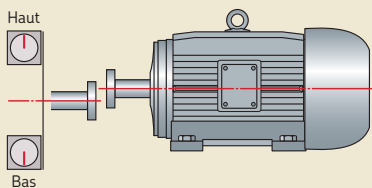
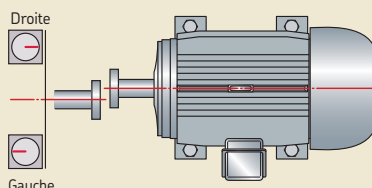


Fig. 12



a) Défaut d'alignement vertical



b) Défaut d'alignement horizontal

sont utilisées pour déterminer le défaut d'alignement horizontal (**b**). Le défaut d'alignement horizontal se définit par tout défaut d'alignement vu de dessus qui est corrigé en faisant glisser la machine mobile sur les côtés.

### Tolérances d'alignement d'arbres

Les tolérances d'alignement d'arbres sont plus souvent basées sur la vitesse de rotation de l'arbre que sur le diamètre de l'arbre ou les spécifications du fabricant de l'accouplement.

Le concepteur de la machine est responsable de l'indication de la précision d'alignement nécessaire. Toutefois, si aucune spécification n'est donnée, les tolérances indiquées dans le **tableau 3** sont acceptées en règle générale. Ces tolérances ne sont pas particulièrement liées au type de roulement, à la taille de la machine, à la vitesse d'entraînement ou au type d'équipement et doivent être utilisées uniquement comme valeurs indicatives.

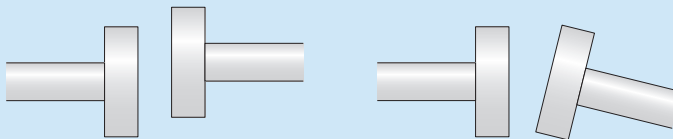
Pour compenser la dilatation thermique, les fabricants d'équipements peuvent publier les valeurs de décalage thermique qui prennent en compte la dilatation thermique pendant l'alignement initial. D'autres facteurs seront également pris en considération pour l'objectif d'alignement. Par exemple, pour l'alignement horizontal d'un

arbre dans une boîte d'engrenages, le type de la boîte en question et les différentes fonctions des composants peuvent être utilisés pour savoir si l'objectif dépend d'un élément spécifique.

**REMARQUE :** La précision d'alignement d'un arbre devient généralement plus critique à mesure que les vitesses augmentent.

Tableau 3

#### Recommandations pour les tolérances d'alignement d'arbres



Vitesse de rotation au-dessus incl. de	Tolérances <sup>1)</sup> Défaut d'alignement axial		Défaut d'alignement angulaire		
	Excellent	Acceptable	Excellent	Acceptable	
tr/min	mm		mm / 100 mm		
–	1 000	0,07	0,13	0,06	0,10
1 000	2 000	0,05	0,10	0,05	0,08
2 000	3 000	0,03	0,07	0,04	0,07
3 000	4 000	0,02	0,05	0,03	0,06
4 000	6 000	< 0,02	0,03	< 0,03	0,05

<sup>1)</sup> Les tolérances varient en fonction du type de roulement, de la taille de la machine et d'autres facteurs de conception.

### Méthodes d'alignement d'arbres

Il existe différentes méthodes pour aligner les arbres de deux machines. Certaines des principales méthodes d'alignement d'arbres sont comparées dans le **tableau 4** et décrites des **pages 170 à 173**.

SKF recommande l'utilisation de la technologie laser lorsque vous en avez la possibilité.

**REMARQUE :** Pendant l'alignement, les mesures peuvent être prises à l'extrémité de l'arbre ou au bord du demi-accouplement. Pour des raisons de simplicité, seul le bord du demi-accouplement est mentionné dans les procédures suivantes. Pour en savoir plus au sujet des paramètres d'alignement et des positions de mesure, veuillez vous reporter à la section *Conventions de mesure*, à partir de la **page 167**.

### Méthodes traditionnelles d'alignement d'arbres

Les méthodes traditionnelles d'alignement d'arbres sont rapides mais souvent peu précises. Les outils mécaniques utilisés pour ces méthodes sont les règles de précision, les mètres à ruban, le fil de fer, la ficelle, les calibres à lame, les niveaux à bulle et les cônes calibrés.

### Méthodes du comparateur à cadran

Les comparateurs à cadran sont utilisés pour deux méthodes d'alignement fondamentales (→ **fig. 13**) :

- la méthode des bords opposés (**a**)
- la méthode bord-face (**b**)

Il est préférable d'utiliser la méthode des bords opposés car il s'agit d'une méthode d'alignement d'arbres « réelle ». Pour cette méthode, deux comparateurs à cadran sont utilisés pour prendre les mesures sur les bords des deux demi-accouplements et déterminer le décalage des arbres entre la machine fixe et la machine mobile.

Avec la méthode bord-face, un ensemble de mesures est pris sur le bord du demi-accouplement pour déterminer le décalage des arbres. Un autre ensemble de mesures est pris sur la face du demi-accouplement pour déterminer l'angularité des arbres.

**ATTENTION :** Prenez garde de ne pas manquer un tour complet du comparateur !

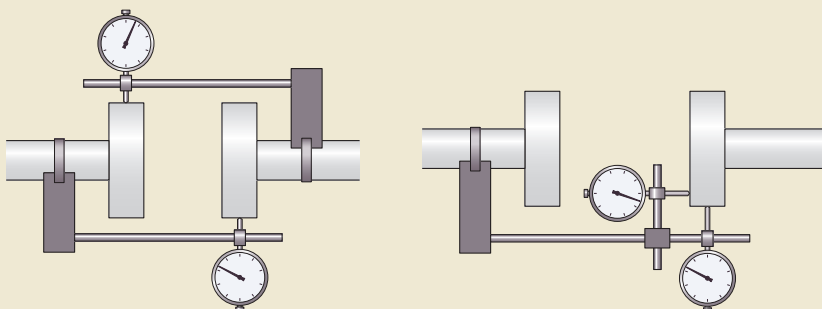
### Méthodes d'alignement laser d'arbres

Les équipements laser d'alignement rendent l'alignement des arbres plus rapide et plus précis que toutes les autres méthodes.

Il existe deux types de systèmes laser utilisés pour l'alignement :

- le système laser simple
- le système laser double

Fig. 13



a) Méthode des bords opposés

b) Méthode bord-face

Tableau 4

## Méthodes d'alignement d'arbres

Type	Méthode	Utilisation	Avantages	Inconvénients
Traditionnelle	Règle de précision	Alignement approximatif	Équipement simple Obtention directe des données Relativement rapide	Peu précise Données reposant sur une approximation à l'œil nu et sur la précision de la face des demi-accouplements Mesures devant être relevées à plusieurs reprises
	Comparateur à cadran	Bords opposés	Alignement de précision, lorsqu'un équipement laser n'est pas disponible	Bonne précision Alignement effectué avec tous les éléments de l'accouplement en place Mesures de décalage et d'angularité pouvant être prises en même temps
Bord-face		Contrôle du faux-rond des arbres Alignement de précision, lorsqu'un équipement laser n'est pas disponible	Bonne précision Convient aux accouplements de grandes dimensions et en cas de limitation de l'espace	Requiert des compétences spéciales Prend du temps Calculs des ajustements nécessaires
Laser	Laser simple	Alignement de précision	Précis pour la mesure angulaire sur de courtes distances Valeurs calculées automatiquement par l'équipement	Méthode susceptible de créer du jeu lors du déplacement de machines non accouplées Une nouvelle mesure doit être prise après chaque déplacement, car la référence est perdue.
	Laser double, par ex. avec des outils d'alignement d'arbres SKF	Alignement de précision pour les arbres de grandes et petites dimensions ainsi que pour mesurer des distances de jusqu'à 10 m	Excellente précision Pas besoin d'opérateurs spécialisés Affiche les valeurs et les corrections actualisées en temps réel, à mesure que la machine est réglée Facilite l'alignement sur les longues distances	Plus la distance entre les unités de mesure est réduite, moins les mesures de l'alignement angulaire sont précises

## Alignement

Le système laser simple est doté d'un seul rayon laser et d'un détecteur électronique avec une cible simple ou double. Le système laser double intègre un émetteur laser et un détecteur, et il se base sur la méthode du comparateur à cadran des bords opposés.

Les équipements intégrant le système laser double, par exemple, les outils d'alignement d'arbres SKF (→ **fig. 14**), sont fortement conseillés.

**ATTENTION :** N'effectuez aucune activité de soudure près de l'équipement d'alignement laser ou sur la machine à l'endroit où le laser est fixé. Cela peut endommager les diodes laser et les composants électroniques.

### Méthode à laser double avec outils d'alignement d'arbres SKF

Le contrôle de l'alignement est simple et facile à faire avec les outils d'alignement d'arbres SKF. Le processus consiste généralement à :

- fixer les appareils de mesure sur l'arbre
- connecter l'appareil d'affichage
- mesurer les distances A, B et C (→ **fig. 15**) et rentrer les valeurs dans l'appareil d'affichage
- régler les unités de mesure
- déterminer le réglage des pieds de la machine en prenant des mesures avec les rayons laser à trois endroits différents 1, 2 et 3 (→ **fig. 16**)
- utiliser des cales pour effectuer les ajustements nécessaires



Fig. 14

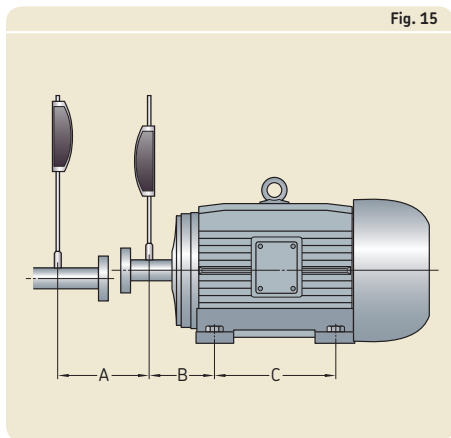


Fig. 15

Des instructions détaillées d'utilisation des outils d'alignement d'arbres SKF sont fournies avec les équipements.

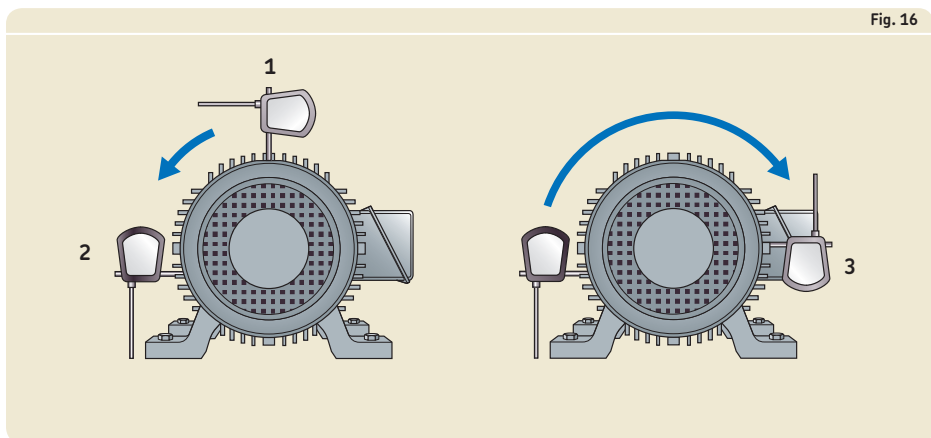


Fig. 16



**ATTENTION :** Les mesures données par les systèmes laser sont affectées par des variables telles que la chaleur, la lumière et les vibrations. Pour confirmer l'alignement, SKF recommande de prendre à nouveau les mesures en suivant les étapes mentionnées ci-dessus.

## Le processus d'alignement

Le processus d'alignement est très important. SKF recommande un processus en plusieurs étapes (→ **fig. 17**) conçu pour garantir la qualité du résultat final.

### 1. Préparation

L'étape de la préparation est importante dans le processus d'alignement car elle permet d'effectuer les activités d'alignement facilement. La définition des problèmes, l'étendue initiale du travail, les instructions conditionnelles et les responsabilités relatives à chaque tâche doivent être clairement déterminées.

Grâce à l'étape de préparation toutes les informations connues sont indiquées clairement sur une fiche de travail et tous les outils et matériaux nécessaires aux activités d'inspection sont disponibles sur le site.

### 2. Inspection

L'objectif de l'inspection est de relever toutes les données décrivant la machine « en l'état ». Parmi les exemples d'activités d'inspection types comptent :

- L'inspection de la surface d'appui et du bâti de la machine.
- La mesure du pied bancal.
- La mesure du faux-rond des deux arbres.
- La détermination de l'unité fixe et de l'unité mobile.

- Le choix de la méthode de mesure de l'alignement et la préparation de l'équipement de mesure.

Pour obtenir davantage d'informations au sujet de ces activités, veuillez vous reporter à la section *Installation de la machine et alignement*, à partir de la **page 161**.

### 3. Évaluation

Comparez la machine « en l'état » avec l'état de la machine « souhaité » et laissez les personnes responsables décider des actions adéquates à prendre par rapport aux écarts mesurés.

**REMARQUE :** Certains écarts ne seront pas corrigés immédiatement après l'étape d'évaluation. Il est important de retenir ces résultats obtenus afin de pouvoir les réutiliser pour entreprendre des mesures correctives à l'avenir. Une évaluation supplémentaire des risques peut être effectuée pour justifier un éventuel retardement des mesures correctives.

Grâce à l'étape d'évaluation, une décision claire est prise pour chaque résultat obtenu, autorisée par les personnes responsables, au sujet des mesures correctives à prendre, et la raison justifiant chaque décision est donnée. Chaque tâche est définie et tous les outils ainsi que les matériaux nécessaires à l'alignement sont disponibles sur place.

### 4. Correction

Réalisez des corrections initiales pour minimiser le défaut d'alignement et augmenter la précision des mesures d'alignement.

L'objectif de l'alignement approximatif est que les axes des arbres des machines soient suffisamment alignés pour permettre la mesure d'un alignement de précision. Il n'existe pas de règles

Fig. 17



### ATTENTION

Pour minimiser la possibilité de blessures graves, avant d'effectuer des corrections, appliquez les procédures de verrouillage/ d'étiquetage nécessaires.

quant à la précision de la mesure de l'alignement approximatif. En général, un décalage vertical et horizontal d'environ 1 mm et une angularité verticale et horizontale d'environ 0,1 mm / 100 mm sont considérés comme étant « approximatifs ». Pour remplir ces conditions, une des méthodes traditionnelles d'alignement peut être utilisée (→ *Méthodes traditionnelles d'alignement d'arbres*, page 170).

Pour obtenir la précision nécessaire à l'alignement d'arbres, SKF recommande d'utiliser un système d'alignement laser (→ *Méthodes d'alignement laser d'arbres*, à partir de la page 172). Si vous ne disposez pas d'équipement laser, vous pouvez utiliser des comparateurs à cadran.

**REMARQUE :** Les essais de fonctionnement de la machine jouent un rôle important dans la correction de l'alignement. Une mesure finale doit être prise après l'essai de fonctionnement pour garantir qu'aucune autre correction n'est nécessaire. Un contrôle de conformité est fortement recommandé.

SKF recommande de contrôler l'alignement des arbres après trois ou six mois de fonctionnement pour les nouveaux équipements. En raison de « l'affaissement » de la surface d'appui et/ou des cales. En général, l'alignement des arbres doit être contrôlé tous les ans.

### 5. Reporting

Le format des informations réunies pendant l'étape de correction est souvent inutilisable. Par conséquent, une étape de reporting est nécessaire.

L'objectif de l'étape de reporting est d'établir un document clair et précis contenant toutes les données utiles (dans un format adéquat) nécessaires pour effectuer des analyses ultérieures.

Le temps pris pour la réalisation de l'alignement, les ressources utilisées ainsi que les écarts par rapport aux procédures standard doivent être inclus.

### 6. Analyse

Au cours de l'étape finale du processus d'alignement, la comparaison entre la machine « en l'état » et son état « souhaité » est analysée. L'historique de la machine (anciens rapports et spécifications) ainsi que les données de référence de la machine (ou autres données comparables) peuvent être utilisés pour tirer des conclusions quant à la cause initiale des écarts.

L'analyse représente une opportunité d'identifier des améliorations supplémentaires et d'effectuer une analyse coûts-avantages pour l'avenir.

## Alignement de transmissions en décalé

Dans une transmission en décalé, la puissance est transmise de l'unité d'entraînement vers l'unité entraînée à l'aide d'un arbre intermédiaire décalé. Souvent décrite sous le nom d'arbre à cardan, une transmission en décalé comporte généralement un joint universel à chaque extrémité de l'arbre.

Le montage d'arbres à cardan le plus courant est la disposition en Z (→ **fig. 18**) généralement utilisée dans l'industrie du papier.

### Pourquoi les transmissions en décalé doivent être alignées avec précision

Beaucoup pensent à tort que les transmissions en décalé peuvent tolérer un grand défaut d'alignement et qu'elles n'ont donc pas besoin d'être alignées avec précision. Tout au contraire, des transmissions en décalé mal alignées peuvent entraîner une augmentation des niveaux de vibration, des pertes d'énergie, une usure prématurée et même une défaillance complète due au cisaillement.

Pour compenser ces résultats indésirables, les angles de flexion des transmissions en décalé doivent être les mêmes au niveau des joints et un alignement précis des arbres entraînant et entraînés est nécessaire.

## Tolérances d'alignement de transmissions en décalé

La précision d'une procédure laser d'alignement de transmissions en décalé dépend de la face du demi-accouplement de la machine fixe, c'est-à-dire de la perpendicularité entre la face et le centre de rotation. En général, un défaut d'alignement angulaire de l'ordre de  $0,50 \text{ mm} / 1\,000 \text{ mm}$  est acceptable. Cela est possible dans la plupart des circonstances si la machine n'est pas fixée par la base ou par des boulons.

## Méthodes d'alignement de transmissions en décalé

Lors de l'alignement de transmissions en décalé, la correction du défaut d'alignement angulaire est importante, tandis que le défaut d'alignement axial est sans importance.

Il existe différentes méthodes de mesure de l'alignement de transmissions en décalé. Les méthodes d'alignement traditionnelles, telles que les règles de précision, ne peuvent pas donner le niveau de précision souhaité. SKF recommande l'utilisation de la technologie laser lorsque vous en avez la possibilité.

## Méthodes d'alignement laser de transmissions en décalé

Le secret pour aligner des transmissions en décalé est d'éliminer le décalage en créant un « faux » centre de rotation (ou virtuel), parallèle à l'arbre entraîné (→ **fig. 19**).

L'alignement approximatif est effectué à l'aide d'un kit de fixation de cardans et d'un outil d'alignement d'arbres à double laser adapté.

Des instructions détaillées d'utilisation des équipements d'alignement laser sont fournies avec l'équipement en question.

Fig. 18

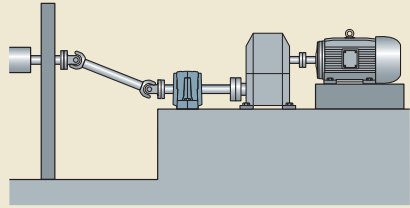
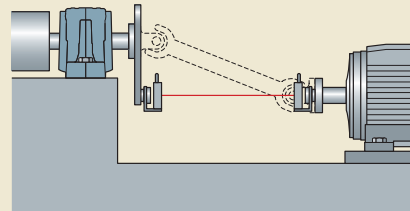


Fig. 19



# Alignement de courroies

L'alignement de courroies ou, plus précisément, l'alignement de poulies, constitue une activité principale de maintenance. Lorsque les poulies ne sont pas alignées correctement, des charges supplémentaires sont exercées. L'objectif de l'alignement des courroies est d'aligner les gorges des poulies entraînées et d'entraînement de sorte que les courroies s'usent au minimum.

Les avantages des courroies correctement alignées :

- prolongement de la durée de service des courroies et des roulements
- réduction du niveau sonore et de vibrations
- économies d'énergie

## Types de défauts d'alignement de courroies

Si les gorges des poulies ne sont pas alignées l'une par rapport à l'autre, les courroies ont un défaut d'alignement. Il existe trois types de défauts d'alignement de courroies (→ **tableau 5**). Dans la pratique, plusieurs types de défauts d'alignement peuvent se présenter à la fois.

**ATTENTION :** Si le défaut d'alignement n'est pas corrigé, une courroie neuve ne durera pas plus longtemps que celle qu'elle remplace !

## Tolérances d'alignement de courroies

En général, les fabricants de courroies recommandent un défaut d'alignement angulaire horizontal maximum de  $1,0$  à  $0,25^\circ$ . Cette précision ne peut être atteinte qu'avec des outils d'alignement de précision tels que les équipements laser.

## Méthodes d'alignement de courroies

Les poulies peuvent être alignées de deux manières différentes : la méthode traditionnelle et la méthode laser. Les principales méthodes d'alignement de courroies sont comparées dans le **tableau 6** et décrites ci-après.

SKF recommande l'utilisation de la technologie laser lorsque vous en avez la possibilité.



## Méthodes traditionnelles d'alignement de courroies

Les méthodes traditionnelles d'alignement sont rapides mais souvent peu précises. Les outils mécaniques utilisés pour ces méthodes sont les règles de précision, les mètres à ruban, le fil de fer, la ficelle, les calibres à lame, les niveaux à bulle et les cônes calibrés.

## Méthodes d'alignement laser de courroies

À l'inverse des outils d'alignement de courroies traditionnels, l'équipement laser permet de prendre les mesures et d'effectuer les ajustements avec une précision incroyable.

Les outils d'alignement laser de courroies sont regroupés en fonction des parties des poulies qui sont alignées :

- les gorges des poulies
- les faces des poulies

Les systèmes laser qui alignent les gorges de poulies, par exemple, l'outil d'alignement de courroies SKF (→ **fig. 20**), fournissent une plus grande précision que ceux qui alignent les faces de poulies. L'alignement des gorges de poulies est également préférable car il permet d'aligner avec précision des poulies dont l'épaisseur, la marque, le type et la qualité de faces diffèrent.

Des instructions détaillées d'utilisation des outils d'alignement de courroies SKF sont fournies avec les équipements.

Tableau 5

## Types de défauts d'alignement de courroies



	Défaut d'alignement angulaire vertical (vrillé)	Défaut d'alignement angulaire horizontal	Défaut d'alignement parallèle
<b>Description</b>	Les arbres de la poulie d'entraînement et de la poulie entraînée sont parallèles mais une des deux poulies est vrillée sur le plan vertical	Les arbres de la poulie d'entraînement et de la poulie entraînée ne sont pas parallèles	Les arbres de la poulie d'entraînement et de la poulie entraînée sont parallèles mais une des deux poulies est trop en avant (ou en arrière)
<b>Cause</b>	La machine mobile n'est pas correctement mise en place sur le plan vertical	La machine mobile n'est pas correctement mise en place sur le plan horizontal	La machine mobile n'est pas correctement mise en place  Une des poulies est mal installée sur son arbre
<b>Correction</b>	Ajustez la hauteur des pieds avant ou arrière de la machine mobile	Faites glisser l'avant ou l'arrière de la machine mobile latéralement	Déplacez la machine mobile vers l'avant ou vers l'arrière  Déplacez une des poulies vers l'avant ou vers l'arrière le long de l'arbre

6

Tableau 6

## Méthodes d'alignement de courroies

Type	Méthode	Utilisation	Avantages	Inconvénients
Traditionnelle	Règle de précision	Alignement approximatif	Équipement simple	Peu précise
	Longueur de bande/câble		Obtention directe des données  Relativement rapide	Données reposant sur une approximation à l'œil nu et sur la précision de la face des poulies  Mesures devant être relevées à plusieurs reprises
Laser	Alignement de faces	Alignement approximatif  Alignement de précision	Bonne précision  Utilisée également pour les courroies de distribution  Pas besoin de compétences spéciales	Précision dépendant de la qualité des faces des poulies  Les faces sont alignées et pas les gorges
	Alignement des gorges, par ex. avec un outil d'alignement de courroies SKF	Alignement de précision	Haute précision  Pas besoin de compétences spéciales	Aucun
			Les trois types de défauts d'alignement sont contrôlés de manière simultanée  Les corrections sont suivies en temps réel	



# Lubrification

<b>Introduction</b> . . . . .	<b>180</b>	Compatibilité entre graisses et agents de préservation de roulements SKF . . . . .	202
Gestion de la lubrification . . . . .	180	Produits de lubrification à la graisse SKF . . . . .	202
Inspection, manipulation et élimination des lubrifiants . . . . .	181	<b>Lubrification à l'huile</b> . . . . .	<b>203</b>
Graisse ou huile . . . . .	182	Composition de l'huile . . . . .	203
Autres lubrifiants . . . . .	182	Huile de base . . . . .	203
<b>Lubrification à la graisse</b> . . . . .	<b>183</b>	Additifs . . . . .	203
Composition de la graisse . . . . .	183	Viscosité de l'huile . . . . .	203
Huile de base . . . . .	183	Comment choisir une huile adéquate . . . . .	203
Épaississant . . . . .	183	Processus de sélection d'huile . . . . .	204
Additifs . . . . .	184	Outils supplémentaires de sélection d'huile . . . . .	207
Comment fonctionne la graisse dans des roulements . . . . .	184	Systèmes de lubrification à l'huile . . . . .	207
Interprétation des fiches de données des graisses . . . . .	184	Types de systèmes de lubrification à l'huile . . . . .	207
Propriétés des graisses . . . . .	185	Maintenance des systèmes de lubrification à l'huile . . . . .	207
Graisses et conditions de fonctionnement des roulements . . . . .	187	Huiles pour chaînes . . . . .	209
Tests de performance des graisses . . . . .	188	Compatibilité d'huiles . . . . .	210
Choix d'une graisse adéquate . . . . .	189	Analyse de l'huile . . . . .	210
Outils de sélection de graisse . . . . .	189	Prélèvement d'échantillons d'huile . . . . .	210
Comment graisser les roulements et les éléments associés lors de l'installation initiale . . . . .	189	Contamination et filtrage . . . . .	211
Le meilleur moment pour appliquer la graisse . . . . .	189	Produits de lubrification à l'huile SKF . . . . .	212
La bonne quantité . . . . .	190	<b>Systèmes de lubrification centralisée</b> . . . . .	<b>213</b>
Techniques de graissage lors du montage . . . . .	191	Choix du lubrifiant adéquat . . . . .	213
Rodage des roulements lubrifiés à la graisse . . . . .	191	Types de systèmes de lubrification centralisée . . . . .	213
Relubrification . . . . .	192	Systèmes de lubrification à lubrifiant perdu . . . . .	214
Intervalles de relubrification . . . . .	192	Systèmes de lubrification par circulation . . . . .	214
Procédures de relubrification . . . . .	194		
Renouvellement . . . . .	198		
Compatibilité de graisses . . . . .	200		
Compatibilité entre graisses . . . . .	200		
Compatibilité entre graisses et matériaux de roulements . . . . .	202		

# Introduction

Pour optimiser la durée de service d'un montage de roulement, une quantité adéquate du lubrifiant approprié doit être appliquée au bon moment. Une quantité insuffisante de lubrifiant aura le même effet néfaste sur les performances d'un roulement qu'une quantité excessive. D'une manière ou d'une autre, le résultat peut être le même : défaillance prématurée des roulements et arrêt-machine coûteux.

La mauvaise lubrification est en cause dans environ 36 % des cas de défaillances de roulements. Ce chiffre comprend les défaillances provoquées par :

- un mauvais choix du lubrifiant
- un manque de lubrifiant
- un excès de lubrifiant
- des intervalles de relubrification inappropriés
- le fait que le lubrifiant ne puisse atteindre le roulement en raison d'une mauvaise conception du montage de roulement, d'un mauvais montage de la machine ou de l'obstruction des tuyaux

Ajoutez à cela les défaillances de roulements provoquées par l'introduction de lubrifiant contaminé et le pourcentage de défaillances de roulements liées à la lubrification peut s'élever à 50 %.

Une lubrification efficace et de bonnes pratiques de lubrification peuvent aider à réduire considérablement les défaillances prématurées de roulements et les temps d'arrêt des machines. Pour atteindre cet objectif, SKF propose une vaste gamme de lubrifiants et de systèmes de lubrification, ainsi que des programmes aidant à choisir le bon lubrifiant et à déterminer les intervalles de relubrification.

Seule la lubrification des roulements à billes et à rouleaux est présentée dans ce chapitre. Pour obtenir des informations sur la lubrification d'autres types de roulements, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com](http://www.skf.com) ou veuillez contacter le service Applications SKF.

Pour obtenir davantage d'informations sur les produits et outils de maintenance et de lubrification SKF, visitez [www.skf.com/lubrification](http://www.skf.com/lubrification) et [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Pour en savoir plus sur les programmes SKF LuBase, DialSet et le Planificateur de lubrification SKF, visitez [www.skf.com/lubrification](http://www.skf.com/lubrification) ou [www.apitudexchange.com](http://www.apitudexchange.com).

Le Reliability Maintenance Institute (RMI) de SKF propose une vaste gamme de cours de formation pour la lubrification (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Veuillez contacter votre représentant SKF local pour davantage d'informations ou visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

## Gestion de la lubrification

Dans les installations pouvant comporter des centaines voire des milliers de points de lubrification, la confusion peut vite s'installer. Mais même en cas d'existence de peu de points de lubrification, il est important d'organiser et de documenter toutes les informations relatives à la lubrification, ainsi que de mettre au point un programme détaillé de gestion de la lubrification. Les facteurs à prendre en compte comprennent :

- l'approvisionnement et le stockage des lubrifiants
- les ressources : équipement et main-d'œuvre
- les planifications et circuits de lubrification à suivre
- l'analyse et la surveillance du lubrifiant
- la lubrification automatique ou la lubrification manuelle

Le Planificateur de lubrification SKF, disponible sur [www.skf.com/lubrification](http://www.skf.com/lubrification), est un logiciel convivial qui met à votre disposition toutes les fonctions de base permettant d'établir et de gérer de manière adéquate un plan de lubrification.



## Inspection, manipulation et élimination des lubrifiants

### Inspection des lubrifiants

Indépendamment de leur date de fabrication, les graisses et les huiles doivent être contrôlées visuellement avant d'être utilisées.

Contrôlez la graisse pour détecter une éventuelle séparation anormale de l'huile ainsi que tout signe de moisissure, d'eau ou de décoloration.

Pour l'huile, contrôlez l'éventuelle présence d'eau ou de décoloration. Si l'huile est trouble, cela signifie généralement qu'elle est contaminée par de l'eau.

**REMARQUE :** lors de l'inspection visuelle de la graisse, n'oubliez pas qu'une certaine séparation de l'huile est normale.

### Pratiques recommandées pour la manipulation de lubrifiants

Il est très important de suivre les bonnes procédures de manipulation des lubrifiants. SKF recommande de procéder comme suit :

- Balayez les bords des réservoirs contenant le lubrifiant avant de les ouvrir afin d'éviter la pénétration de contaminants.
- Utilisez des réservoirs propres lorsque vous répartissez des lubrifiants.
- Utilisez des outils professionnels.

**ATTENTION :** le contact direct avec des produits pétroliers peut provoquer des réactions allergiques ! Lisez les fiches de données de sécurité avant de manipuler des lubrifiants et portez des gants à tout moment.

### Fiches de données de sécurité

Les fiches de données de sécurité (FDS) fournissent les informations essentielles concernant les propriétés physiques et chimiques d'un lubrifiant. Elles présentent également les précautions à prendre, ainsi que les procédures de contrôle de l'exposition.

**REMARQUE :** les fiches de données de sécurité des graisses pour roulements SKF sont disponibles en ligne sur [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

### Élimination des lubrifiants

Une mauvaise élimination des lubrifiants peut s'avérer dangereuse pour la société et l'environnement. Débarrassez-vous de tous les lubrifiants conformément aux lois et réglementations nationales et locales, ainsi que selon les bonnes pratiques de protection de l'environnement.

### Graisse ou huile

La graisse est le lubrifiant le plus utilisé dans les roulements car elle présente de nombreux avantages par rapport à l'huile et elle est normalement plus économique. Moins de 20 % des roulements sont lubrifiés à l'huile.

Il est essentiel de choisir un lubrifiant selon l'application et les conditions de fonctionnement, mais il est également important de prendre en compte la méthode de distribution du lubrifiant, l'installation et la maintenance. Lorsque vous choisissez entre la lubrification à la graisse ou à l'huile, de nombreux facteurs doivent être pris en compte (→ **tableau 1**).

### Autres lubrifiants

Dans certaines applications, l'huile concrète peut présenter des avantages que la graisse et l'huile à elles seules ne peuvent offrir. Solid Oil est une matrice de polymère saturée en huile lubrifiante qui remplit totalement l'espace libre dans un roulement. Le lubrifiant Solid Oil a été conçu spécialement pour les applications où la lubrification conventionnelle a échoué ou ne peut pas être mise en œuvre, par exemple, dans les montages de roulements dont l'accès est limité.

De nombreux roulements SKF ainsi que des paliers complets peuvent être fournis remplis de Solid Oil. Ces roulements sont alors identifiés par le suffixe de désignation W64.

**Tableau 1**

#### Comparaison de choix entre la graisse et l'huile

Critères de sélection	Avantages / inconvénients		
	Graisse	Huile	
<b>Application et conditions de fonctionnement</b>	Éléments associés	Les roulements et éléments associés doivent être séparés	Les roulements et éléments associés peuvent être lubrifiés avec la même huile (le cas échéant)
	Solution d'étanchéité	Augmente l'efficacité d'étanchéité des boîtiers de protection	Aucun avantage niveau étanchéité
	Température de fonctionnement	Aucun avantage niveau refroidissement Limitations de température de fonctionnement	Aide au refroidissement Convient pour des températures de fonctionnement élevées
	Coefficient de vitesse	Limitations de vitesse	Convient pour des vitesses de fonctionnement élevées
	Orientation de l'arbre	Convient pour les arbres verticaux	Généralement ne convient pas pour des roulements radiaux sur des arbres verticaux
	Compatibilité alimentaire	Faible risque de contamination en raison de fuites	Seules les huiles compatibles alimentaires doivent être utilisées en raison du risque de fuites
<b>Installation et maintenance</b>	Installation	Rapide Relativement peu cher	Prend du temps Cher (pompes, bains, etc. nécessaires)
	Rétention de lubrifiant et fuites	Rétention facile dans les paliers	Quantité de lubrifiant facilement contrôlée Probabilité de fuite
	Inspection	Inspection difficile pendant le fonctionnement	Le niveau d'huile doit être maintenu
	Application du lubrifiant	Normalement facile à appliquer	Prend du temps
	Renouvellement du lubrifiant	Difficile à éliminer, mais sans problème si les graisses sont compatibles	Réservoirs faciles à vider totalement et à remplir à nouveau
	Contrôle de la contamination	Contamination difficile à contrôler	Possibilité de filtrage et de remise en service
	Contrôle de qualité	Difficile à contrôler	Facile à contrôler

Dans des applications à températures extrêmes telles que les fours de réchauffage et les séchoirs, les températures élevées peuvent provoquer la fusion ou l'évaporation des lubrifiants normaux. Pour ces environnements difficiles, SKF propose deux possibilités de lubrifiant sec :

- roulements comportant un composé de lubrifiant solide à base de graphite, suffixes de désignation VA201, VA210 ou VA2101
- roulements à cage d'autosacrifice en graphite, suffixes de désignation VA208 ou VA228

**REMARQUE :** Les roulements remplis de Solid Oil, de graphite solide ou de graphite en pâte n'ont pas besoin de relubrification.

## Lubrification à la graisse

### Composition de la graisse

La graisse peut être décrite comme de « l'huile épaisse ». La graisse pour roulements est souvent une suspension d'une huile de base dans un épaississant, avec des additifs. En variant ces ingrédients, il est possible de produire différentes graisses pour une grande variété d'applications.

#### Huile de base

L'huile de base constitue 70 à 95 % de la graisse et peut être classée dans une des trois catégories suivantes :

- minérale
- synthétique
- naturelle

Les huiles de base minérales sont des produits à base de pétrole brut raffiné. Les huiles de base contenues dans la graisse sont normalement des huiles minérales car elles conviennent à la plupart des applications.

Dans des conditions de fonctionnement spéciales, par exemple, des températures de fonctionnement extrêmement basses ou élevées, les huiles de base synthétiques sont préférables. Les huiles de base synthétiques sont des produits sans pétrole.

Les huiles de base naturelles, c'est-à-dire les huiles animales et végétales, ne sont normalement pas utilisées pour les roulements car il existe un risque de réduction de la qualité et de formation d'acide à court terme.

### Épaississant

L'épaississant constitue 5 à 30 % de la graisse. Il s'agit de l'ingrédient qui retient l'huile et les additifs pour permettre à la graisse de fonctionner. L'épaississant donne également du « corps » à la graisse pour lui permettre de rester en place.

Il existe différents épaississants, chacun d'eux présentant des avantages spécifiques destinés à des conditions d'application déterminées. La plus grande catégorie d'épaississants peut être divisée entre les épaississants au savon et ceux sans savon.

#### Au savon

Les graisses les plus courantes sont composées d'épaississants au savon métallique à base de lithium (Li), calcium (Ca), sodium (Na), ou aluminium (Al). Le savon de lithium est le plus utilisé dans les graisses pour roulements.

Les graisses au savon complexe sont le résultat d'une réaction chimique entre un métal de base et deux acides dissemblables. En général, il s'agit de graisses haute performance qui peuvent supporter des températures de fonctionnement plus élevées que les graisses au savon conventionnel correspondantes.

#### Sans savon

Les épaississants sans savon sont parfois à base d'ingrédients inorganiques. Les épaississants non-organiques tels que la bentonite, l'argile et le gel de silice résistent aux températures de fonctionnement élevées et à l'eau. La polyuréée est un exemple d'épaississant sans savon.

## Lubrification

### Additifs

Des produits chimiques, plus connus sous le nom d'additifs, sont ajoutés à la graisse pour lui conférer ou améliorer certaines caractéristiques de performance. Certains des additifs les plus courants sont présentés dans le **tableau 2**.

#### Additifs pour extrême pression, anti-usure et solides

Les additifs pour extrême pression (EP) peuvent contenir de nombreux composés différents. Le soufre et les composés phosphorés en sont des exemples. Les additifs EP augmentent la capacité de charge du film lubrifiant sous des charges élevées.

Les additifs anti-usure (AW) forment une couche protectrice sur les surfaces en métal, de manière comparable aux additifs EP.

Les additifs solides, par exemple, le bisulfure de molybdène ( $\text{MoS}_2$ ) et le graphite, sont bénéfiques dans la graisse, à basse vitesse, là où l'huile de base peut devenir inefficace.

### Comment fonctionne la graisse dans des roulements

L'épaississant présent dans la graisse fonctionne comme un conteneur pour l'huile de base et agit comme une éponge imbibée d'eau. Lorsque vous pressez légèrement sur une éponge humide, une petite quantité d'eau s'écoule. Lorsque vous appuyez plus fort sur l'éponge, une plus grande quantité d'eau en sort.

De la même manière, lorsqu'une charge est exercée sur la graisse, l'épaississant libère l'huile de base. Ce phénomène s'appelle le ressuage ou la séparation de l'huile. Lorsque la charge est relâchée, l'épaississant absorbe normalement à nouveau l'huile de base.

### Interprétation des fiches de données des graisses

Les fiches de données des graisses fournissent les informations classées en trois grandes catégories :

- les propriétés de la graisse
- les conditions de fonctionnement des roulements auxquels la graisse est adaptée
- les résultats des tests de performance de la graisse

Tableau 2

#### Additifs de graisses

Additif	Fonction
Antirouille	Améliore la protection des surfaces du roulement fournie par la graisse
Antioxydant	Retarde la dégradation de l'huile de base à haute température et prolonge la durée de vie de la graisse
Extrême pression (EP)	Réduit les effets néfastes du contact métal contre métal
Anti-usure (AW)	Empêche le contact métal contre métal en formant une couche protectrice
Additif solide	Fournit la lubrification lorsque l'huile de base devient inefficace

L'interprétation et la compréhension des fiches de données des graisses sont essentielles pour faire le bon choix de graisse, ainsi que pour la maintenance de la lubrification.

## Propriétés des graisses

En général, les fiches de données des graisses fournissent des informations sur les propriétés importantes des graisses, notamment :

- la classe de consistance NLGI
- le type de savon
- le point de goutte
- le type/la viscosité de l'huile de base
- la plage de températures de fonctionnement

### Classe de consistance NLGI

Les graisses sont divisées en différentes classes de consistance selon une échelle mise au point par l'institut américain National Lubricating Grease Institute (NLGI). Les classes NLGI supérieures sont attribuées aux graisses à consistance élevée, autrement dit les graisses dures, tandis que les classes NLGI les plus basses sont données à celles dont la consistance est faible, c'est-à-dire les graisses dites molles.

Il existe un total de neuf classes NLGI. En général, trois des classes de cette échelle sont utilisées dans les applications de roulements : NLGI 1, 2 et 3.

**REMARQUE :** Il est important de se souvenir que la dureté de la graisse n'a rien à voir avec la viscosité de l'huile de base. La viscosité de l'huile de base d'une graisse dure peut être faible ou élevée.

### Type de savon

Les graisses les plus courantes contiennent des savons de lithium, de calcium ou de soude en guise d'épaississants. La plage de températures de fonctionnement des savons de lithium ou de soude est très large et s'étend jusqu'à 120 °C (250 °F). La plage de températures de fonctionnement des savons de calcium n'atteint qu'un maximum de 80 °C (175 °F), mais ils constituent une excellente protection contre l'eau, y compris l'eau salée.

Les savons complexes présentent généralement de meilleures propriétés.

### Point de goutte

Le point de goutte d'une graisse est la température à laquelle elle perd sa consistance et devient fluide. Cette température ne représente pas la limite de température de fonctionnement de la graisse.

### Type/viscosité de l'huile de base

La viscosité correspond à la résistance à l'écoulement d'un fluide. Différents fluides ont différentes viscosités. La viscosité de l'eau est faible car sa résistance à l'écoulement l'est également. La viscosité du miel est élevée car il ne s'écoule pas facilement.

La viscosité dépend de la température et de la pression. La viscosité de l'huile de base contenue dans une graisse diminue à mesure que la température monte et elle augmente lorsque la température baisse. À l'inverse, la viscosité de l'huile de base contenue dans une graisse augmente à mesure que la pression augmente.

**ATTENTION :** pour chaque augmentation de la température de 10 à 15 °C (18 à 27 °F), la viscosité d'une huile de base minérale est divisée par deux !

La viscosité de l'huile de base contenue dans une graisse est indiquée pour deux températures :

- la température internationale de référence de 40 °C (105 °F)
- une température élevée, généralement 100 °C (210 °F)

Ces informations permettent de calculer la viscosité de l'huile de base à la température de fonctionnement. Pour en savoir plus sur le calcul de la viscosité, veuillez vous reporter à la section *Comment choisir une huile adéquate*, à partir de la page 204.

## Lubrification

### Plage de températures de fonctionnement

#### – Le concept des feux tricolores SKF

La plage de températures des graisses est divisée par quatre seuils de température en cinq zones :

- seuil de température inférieur (LTL)
- seuil inférieur de performance de température (LTPL)
- seuil supérieur de performance de température (HTPL)
- seuil de température supérieur (HTL)

SKF illustre ce fait schématiquement sous la forme de « double feux tricolores » (→ **fig. 1**).

Le seuil de température inférieur (LTL) est la température la plus basse à laquelle la graisse permettra au roulement de commencer à fonctionner sans difficulté. Ce seuil est en grande partie déterminé par le type d'huile de base et sa viscosité.

Le seuil de température supérieur (HTL) est établi par le point de goutte de la graisse, autrement dit, la température à laquelle la graisse devient fluide.

SKF déconseille de démarrer au-dessus du seuil de température supérieur ou en dessous du seuil de température inférieur. D'ailleurs, SKF recommande des seuils de performance bien compris entre les limites de températures conseillées par le fabricant. Ces seuils sont appelés seuils de performance de température supérieur et inférieur. C'est entre ces deux limites, dans la zone verte de la **fig. 1** que la graisse fonctionne de manière fiable et que sa durée de service peut être déterminée.

Fig. 1

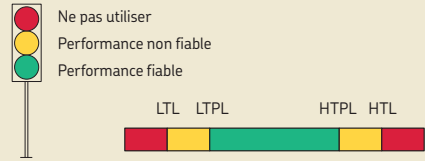


Tableau 3

#### Températures de fonctionnement de roulements (fiches de données des graisses)

Description de la température	Définition
Basse (L)	< 50 °C (120 °F)
Moyenne (M)	50 à 100 °C (120 à 210 °F)
Élevée (H)	> 100 (210 °F)
Extrêmement élevée (EH)	> 150 °C (300 °F)

La définition du seuil supérieur de performance de température (HTPL) n'étant pas normalisé au niveau international, il convient d'interpréter avec précaution les données du fabricant.

Au-delà du seuil HTPL, la graisse vieillit et s'oxyde plus rapidement et les sous-produits de l'oxydation ont un effet néfaste sur la lubrification. Par conséquent, les températures de fonctionnement situées dans la zone orange entre le seuil HTPL et le HTL, ne doivent être atteintes que sur de très courtes périodes.

Tableau 4

#### Vitesses de roulements standard (fiches de données des graisses)

Description de la vitesse	Coefficient de vitesse de roulement A		
	Roulements radiaux à billes	Roulements à rouleaux cylindriques	Roulements à rouleaux coniques Roulements à rotule sur rouleaux Roulements à rouleaux toroïdaux CARB
–	en mm/min		
Très basse (VL)	–	< 30 000	< 30 000
Basse (L)	< 100 000	< 75 000	< 75 000
Modérée (M)	< 300 000	< 270 000	< 210 000
Élevée (H)	< 500 000	≥ 270 000	≥ 210 000
Très élevée (VH)	< 700 000	–	–
Extrêmement élevée (EH)	≥ 700 000	–	–

Une zone orange existe également pour les basses températures. En réduisant la température, le ressuage en huile de la graisse diminue et la graisse devient plus dure (consistante). Cela provoquera une alimentation en lubrifiant insuffisante au niveau des surfaces de contact des éléments roulants et des chemins de roulement. Dans la **fig. 1**, cette limite de température est représentée par le seuil inférieur de performance de température (LTPL). De courtes périodes dans la zone orange, par exemple, lors d'un démarrage à froid, ne sont généralement pas dangereuses car la chaleur dégagée par le frottement modifiera la température de fonctionnement du roulement de façon à ce qu'elle se retrouve dans la zone verte.

### Graisses et conditions de fonctionnement des roulements

Les fiches de données des graisses fournissent des informations au sujet des conditions convenables de fonctionnement du roulement en ce qui concerne :

- la température
- la vitesse
- la charge

Ces descriptions sont toutefois exprimées à travers des termes généraux tels que « basse » ou « très élevée » et requièrent une certaine interprétation.

#### Température

La température de fonctionnement d'un roulement se mesure le plus près possible du diamètre extérieur du roulement et elle est affectée par la température ambiante. Une température de fonctionnement de 100 °C (210 °F) ou plus est généralement considérée comme « élevée ».

Les informations sur les températures de fonctionnement des roulements contenues dans les fiches de données des graisses peuvent être interprétées à l'aide des valeurs indicatives données dans le **tableau 3**.

#### Vitesse

La référence à la vitesse de fonctionnement dans les fiches de données des graisses se base sur le coefficient de vitesse du roulement. Le coefficient de vitesse compare les vitesses admissibles des roulements et s'exprime comme suit

Tableau 5

#### Charges de roulements (fiches de données des graisses)

Description de la charge	Rapport de charge
Faible (L)	$P \leq 0,05 C$
Modérée (M)	$0,05 C < P \leq 0,1 C$
Forte (H)	$0,1 C < P \leq 0,15 C$
Très forte (VH)	$P > 0,15 C$

$$A = n d_m$$

avec

A = coefficient de vitesse [en mm/min]

n = vitesse de rotation [en tr/min]

$d_m$  = diamètre moyen du roulement  
=  $0,5 (D + d)$  [en mm]

Les informations sur les vitesses de fonctionnement des roulements contenues dans les fiches de données des graisses peuvent être interprétées à l'aide des valeurs indicatives données dans le **tableau 4**.

#### Charge

La référence faite à la charge du roulement dans les fiches de données des graisses se base sur le rapport entre la charge dynamique C du roulement et la charge équivalente P exercée sur le roulement (charge à laquelle est soumis le roulement). Par conséquent :

- Plus la charge équivalente P est basse, plus le rapport C/P est élevé et plus le roulement est chargé faiblement.
- Plus la charge équivalente P est élevée, plus le rapport C/P est bas et plus le roulement est chargé fortement.

Les informations sur les charges des roulements contenues dans les fiches de données des graisses peuvent être interprétées à l'aide des valeurs indicatives données dans le **tableau 5**.

### Tests de performance des graisses

Le reste de la fiche de données d'une graisse contient généralement les résultats des tests réalisés en laboratoire sur des échantillons de la graisse en question.

Les résultats des tests peuvent s'interpréter à l'aide des indications données dans le **tableau 6**.

### Choix d'une graisse adéquate

Toutes les précautions prises pour éviter la défaillance prématurée du roulement seront vaines si vous choisissez la mauvaise graisse. C'est pourquoi le choix de la graisse est crucial pour le bon fonctionnement d'une machine. Une graisse à base d'huile minérale et d'un épaississant au lithium de classe NLGI 2 est suffisante pour la plupart des applications. Tenez toutefois compte des facteurs d'influence mentionnés ci-après.

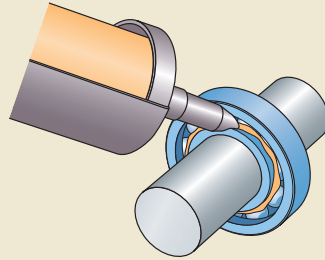
Tableau 6

Tests de performance des graisses			
Test	Signification	Mesures [unité]	Interprétation des résultats
<b>Point de goutte</b>	La température à laquelle la graisse commence à s'écouler	Température [en °C]	–
<b>Pénétration</b>	Consistance, la rigidité de la graisse (classe NLGI)	Profondeur de pénétration du cône. Valeur située entre 85 et 475 [10 <sup>-1</sup> mm] (60 ou 100 000 coups)	Chiffre élevé = graisse molle Chiffre bas = graisse dure
<b>Stabilité au roulement</b>	Facilité avec laquelle la graisse se ramollit ou se durcit	Changement dans la profondeur de pénétration au cône [10 <sup>-1</sup> mm]	Chiffre élevé = moins stable Chiffre bas = plus stable
<b>Stabilité mécanique</b>	La stabilité mécanique de la graisse lorsqu'elle est soumise à des vibrations	Coefficient, en fonction de la masse de la fuite de graisse (coefficient SKF V2F)	M = très faible fuite de graisse m = faible fuite de graisse Échec = grande fuite de graisse
<b>Protection anticorrosion</b>	Le degré de corrosion de la graisse lorsqu'elle est mélangée à de l'eau	Valeur entre 0 et 5 (coefficient SKF EMCOR <sup>1)</sup> )	0 = pas de corrosion 5 = corrosion très sévère
<b>Séparation de l'huile</b>	La quantité d'huile qui coule à travers un tamis pendant le stockage	Pourcentage de perte de poids [en %] (DIN 51817)	0 % = pas de séparation d'huile 100 % = séparation complète de l'huile
<b>Résistance à l'eau</b>	Le changement d'une graisse après son immersion dans l'eau	Valeur entre 0 et 3 (par inspection visuelle) (DIN 51807/1)	0 = pas de changement 3 = changement important
<b>Capacité de lubrification</b>	La capacité de lubrification de la graisse dans des conditions de fonctionnement types de roulements de grandes dimensions (d ≥ 200 mm)	Coefficient, en fonction de la capacité de la graisse à lubrifier des roulements de grandes dimensions à des températures normales ou élevées (machine de test des graisses SKF R2F)	Test sans chauffer (températures normales) Réussite = la graisse convient Échec = la graisse ne convient pas Test en chauffant (températures élevées) Réussite = la graisse convient Échec = la graisse ne convient pas
<b>Corrosion du cuivre</b>	Le degré de protection par la graisse des alliages de cuivre	Valeur entre 1 et 4 (par inspection visuelle) (DIN 51811)	1 = bonne protection 4 = très mauvaise protection
<b>Durée de vie de la graisse pour roulement</b>	Durée de vie de la graisse	Temps écoulé jusqu'à la défaillance du roulement [en heures] (machine de test des graisses SKF R0F)	–
<b>Performances EP (test VKA)</b>	La possibilité de classer la graisse en tant que graisse EP	Limite d'extrême pression de la graisse [en N] (DIN 51350/4)	–
<b>Corrosion de contact</b>	La capacité de la graisse à protéger contre la corrosion de contact	Usure du roulement [en mg] (ASTM D4170)	–

<sup>1)</sup> Normalisé conformément à ISO 11007.



Fig. 2



Réunissez toutes les informations utiles avant de débiter le processus de sélection :

- application
- type de roulement et dimensions globales
- charge de roulement
- température de fonctionnement et température ambiante
- vitesse de rotation
- orientation de l'arbre
- influences externes, par ex., vibrations, oscillation
- contamination

**ATTENTION :** avant de choisir la graisse initiale ou de passer à une graisse différente, vérifiez bien la documentation du fabricant de la machine. Toutes les graisses ne sont pas compatibles l'une avec l'autre et certains éléments de la machine peuvent ne pas être compatibles avec certains additifs lubrifiants.

#### Outils de sélection de graisse

Le programme de sélection de graisse SKF, LubeSelect, peut être utilisé pour choisir une graisse SKF adéquate. Un autre programme SKF, LuBase, contient des données sur plus de 2 000 lubrifiants fournis par plus de 100 fabricants de lubrifiants. Les deux programmes sont disponibles en ligne sur [www.apitudexchange.com](http://www.apitudexchange.com).

Un tableau de sélection de graisse SKF se trouve dans l'**Annexe M, pages 430 et 431**. Pour obtenir davantage d'informations sur la manière de choisir une graisse adéquate, veuillez vous rendre sur [www.skf.com](http://www.skf.com).

#### Comment graisser les roulements et les éléments associés lors de l'installation initiale

La plupart des roulements ouverts sont fournis sans être lubrifiés. Ils sont toutefois protégés grâce à un agent anti-rouille. Cet agent appliqué sur les roulements SKF est compatible avec la plupart des lubrifiants et additifs (à l'exception, par exemple, de la graisse SKF LGET 2) et n'a pas besoin d'être lavé avant le graissage initial. Les roulements comportant un flasque ou un joint installé des deux côtés sont graissés en usine et n'ont pas besoin de graisse supplémentaire lors du montage.

#### ATTENTION

La graisse fluorée SKF LGET 2 n'est pas compatible avec d'autres graisses, huiles ou agents de préservation. Par conséquent, un lavage très approfondi des roulements et le nettoyage des systèmes sont primordiaux avant d'appliquer la graisse fraîche.

**ATTENTION :** ne lavez jamais un roulement comportant un flasque ou un joint installé des deux côtés.

#### Le meilleur moment pour appliquer la graisse

Généralement, les roulements ouverts sont lubrifiés après le montage (→ **fig. 2**). La principale raison à cela est la propreté. Plus la graisse est appliquée tard, moins il y a de chance que les contaminants ne pénètrent dans le roulement.

Les roulements doivent être lubrifiés avant le montage lorsqu'il n'y a pas d'autre moyen d'introduire la graisse dans le roulement.

#### La bonne quantité

D'une manière générale, les roulements montés dans des paliers doivent être totalement remplis de graisse (à 100 %) avant le démarrage.

L'espace vide dans le palier doit être partiellement rempli de graisse (de 30 à 50 %) (→ **fig. 3**). Dans les applications n'étant pas soumises à des vibrations où les roulements doivent fonctionner à très basse vitesse et où

## Lubrification

une bonne protection contre la contamination est nécessaire, SKF recommande de remplir de graisse jusqu'à 90 % de l'espace vide dans le palier.

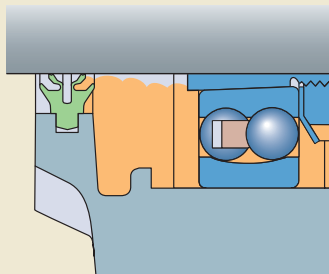
Une autre possibilité pour les environnements fortement contaminés consiste à remplir le palier dans sa totalité et d'utiliser un roulement étanche SKF. Cette triple protection utilise le joint du palier, la graisse du palier et le joint du roulement pour protéger le roulement et le lubrifiant dans le roulement contre les contaminants les plus petits.

**ATTENTION :** laissez toujours un espace vide dans le palier de sorte que la graisse projetée hors du roulement lors du démarrage puisse s'y placer. Le remplissage complet du palier peut entraîner le pétrissage de la graisse qui peut faire monter la température de fonctionnement jusqu'à 50 °C (90 °F). La graisse peut également être brûlée, ce qui mènerait à un manque de lubrification. Si un rodage ne peut pas être effectué, le remplissage initial de graisse doit être réduit à un maximum de 30 % de l'espace vide dans le roulement.

Lorsque des joints à chicane sont installés, les espacements radiaux ou axiaux dans la forme de chicane doivent être totalement remplis de graisse.

Les joints à deux lèvres et les joints comportant une lèvre auxiliaire à frottement doivent également être totalement enrobés de graisse car cette dernière ne sert pas uniquement à étanchéifier, elle réduit également les températures sous la lèvre.

Fig. 3

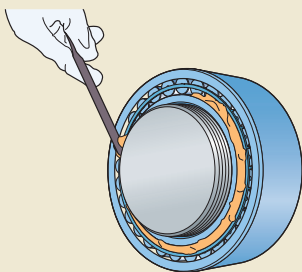


### Roulements CARB à rouleaux toroïdaux

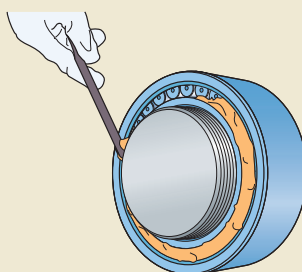
Les roulements à rouleaux toroïdaux CARB comportent un espace vide relativement grand pour accueillir la graisse (→ fig. 4). Si ces roulements sont totalement graissés et fonctionnent à des vitesses relativement élevées (> 75 % de la vitesse de référence), des températures de fonctionnement élevées sont à prévoir. Par conséquent, SKF recommande de ne remplir de graisse que l'espace entre la bague intérieure et la cage du roulement (a).

Pour les roulements CARB à rouleaux jointifs ou les roulements CARB fonctionnant à des vitesses basses ou modérées, les roulements doivent être totalement remplis de graisse (b).

Fig. 4



a) Graissage des roulements à rouleaux toroïdaux CARB avec une cage (fonctionnement à grande vitesse)



b) Graissage des roulements CARB à rouleaux jointifs

### Roulements haute et super précision

Les roulements haute et super précision doivent généralement être lubrifiés avec de petites quantités de graisse. Dans les machines-outils, qui fonctionnent la plupart du temps à des vitesses élevées à très élevées, l'espace vide dans les roulements doit être rempli de graisse à moins de 30 %. L'expérience sur le terrain a démontré que le remplissage de graisse le plus courant est de 10 à 15 % de l'espace vide dans le roulement.

Pour obtenir davantage d'informations sur le graissage des roulements haute et super précision, veuillez vous rendre sur [www.skf.com](http://www.skf.com)

### Techniques de graissage lors du montage

Les techniques de graissage varient en fonction du modèle des roulements et de leurs paliers. Les roulements peuvent être séparables ou non séparables et leurs paliers en une ou deux pièces. Les points qui suivent contiennent quelques indications quant au graissage des roulements.

Pour obtenir davantage d'informations sur le montage des roulements, veuillez vous reporter au chapitre *Montage des roulements*, à partir de la **page 44**.

### Roulements séparables

Les roulements séparables comprennent les roulements à rouleaux cylindriques et coniques, les roulements à billes à quatre points de contact et tous les types de butées. Ces roulements doivent être graissés alors qu'ils sont séparés, dans l'ordre déterminé par la séquence de montage. Assurez-vous que l'espace vide entre les éléments roulants et la cage est totalement rempli de graisse. Si l'ensemble cage / élément roulant peut être séparé au niveau des deux bagues, graissez légèrement le chemin d'une des bagues pour éviter d'endommager la surface lorsque l'ensemble cage / élément roulant est remis sur la bague.

### Roulements non séparables

Les roulements non séparables, tels que les roulements rigides à billes et les roulements à billes à contact oblique, peuvent être remplis de préférence avec de la graisse des deux côtés pendant le processus de montage.

Pour les roulements à rotule sur billes, les roulements à rotule sur rouleaux et les roulements à rouleaux toroïdaux CARB, une bague de roulement peut être pivotée pour faciliter le

graissage. Les roulements doivent tourner quelques fois pour répartir la graisse de manière uniforme.

**ATTENTION :** lorsque vous faites pivoter la bague d'un roulement à rouleaux toroïdaux CARB ou d'un roulement à rotule, les éléments roulants inférieurs peuvent glisser légèrement. Cela peut provoquer le coincement des éléments roulants contre la bague extérieure lorsque vous la remettez en place et donc l'endommagement du roulement. Pour éviter cela, guidez doucement les éléments roulants pour les remettre en place.

### Graissage des roulements avant le montage

Les roulements ouverts qui ne peuvent pas être graissés après le montage doivent être graissés comme suit avant le montage :

- 1 Placez le roulement sur une feuille de plastique propre.
- 2 Calez les roulements de grandes dimensions ou utilisez un bloc en V pour maintenir le roulement en place.
- 3 Remplissez de graisse l'espace vide entre les éléments roulants et la cage, des deux côtés, à l'aide d'un pistolet à graisse. Pour les roulements à rotule, faites pivoter une des bagues de roulement de sorte que les éléments roulants soient découverts, puis appliquez la graisse.
- 4 Si le roulement ne peut pas être monté immédiatement, enveloppez-le dans du plastique.

### Rodage des roulements lubrifiés à la graisse

Au cours du démarrage initial, la température d'un roulement nouvellement graissé augmentera. Par conséquent, SKF recommande dans la mesure du possible de roder les roulements avant de les faire tourner à pleine vitesse. Cet aspect est particulièrement important pour les applications à grande vitesse. Sans période de rodage, la hausse de la température peut être considérable.

Le rodage d'un roulement implique de faire tourner un roulement à des vitesses croissantes, en partant d'une vitesse initiale basse. À la fin de la période de rodage, la graisse sera répartie dans tout le montage de roulement et la température de fonctionnement se sera stabilisée.

### Relubrification

La graisse n'est pas éternelle. Sous l'influence du temps, de la température, du pétrissage mécanique, du vieillissement et de la pénétration de contaminants, la graisse d'un montage de roulement se détériore et perd progressivement ses propriétés lubrifiantes. La relubrification est l'ajout de graisse fraîche dans un montage de roulement après un certain temps de fonctionnement.

Trois facteurs doivent absolument être pris en compte pour la relubrification : le type de graisse, la quantité de graisse et l'intervalle de relubrification. La quantité de graisse et l'intervalle de relubrification dépendent en grande partie de si l'application de la graisse se fait de manière manuelle ou automatique.

Les roulements étanches sont normalement lubrifiés à vie et ne requièrent généralement pas de relubrification. Toutefois, lorsque les conditions de fonctionnement sont rudes, la relubrification peut être nécessaire. Ainsi, un certain nombre de types de roulements étanches intègrent des fonctions de relubrification.

### Intervalles de relubrification

Les intervalles de relubrification dépendent de nombreux facteurs interdépendants. Assurez-vous de prendre connaissance des recommandations du fabricant avant de mettre au point un programme de relubrification. Si vous n'en avez pas la possibilité, réunissez toutes les informations nécessaires avant de calculer les intervalles de relubrification :

- application
- type de roulement et cotes d'encombrement
- charge de roulement
- température de fonctionnement et température ambiante
- vitesse de rotation
- orientation de l'arbre
- influences externes, par ex., vibrations, oscillation
- contamination

L'intervalle de relubrification  $t_r$  peut être évalué à partir du **diagramme 1**, en fonction :

- du coefficient de vitesse de roulement A
- du coefficient de roulement  $b_r$
- du rapport de charge C/P

avec

$A = n d_m$  [en mm/min]

$n$  = vitesse de rotation [en tr/min]

$d_m$  = diamètre moyen du roulement  
=  $0,5 (d + D)$  [en mm]

$b_r$  = coefficient de roulement en fonction du type de roulement et des conditions de charge (pour les roulements à rotule sur roulements soumis à des charges axiales)  
(→ **tableau 7**, **page 194**)

Si l'analyse de la défaillance d'un roulement indique qu'il y a eu un problème lié à un échauffement et/ou à la lubrification, vérifiez d'abord que la bonne graisse a été utilisée. Si tel est le cas, vérifiez les limites recommandées pour le coefficient de vitesse A dans le **tableau 7**, **page 194**. Si le coefficient de vitesse de l'application est supérieur à ceux apparaissant dans la liste, le choix d'un système de lubrification par bain ou par circulation d'huile peut prolonger considérablement la durée de service des roulements.

Les intervalles de relubrification du **diagramme 1** sont des estimations basées sur les conditions de fonctionnement suivantes :

- une température de fonctionnement de 70 °C (160 °F)
- lubrification avec une graisse de bonne qualité à base de lithium
- un arbre horizontal
- une bague intérieure tournante
- un environnement propre

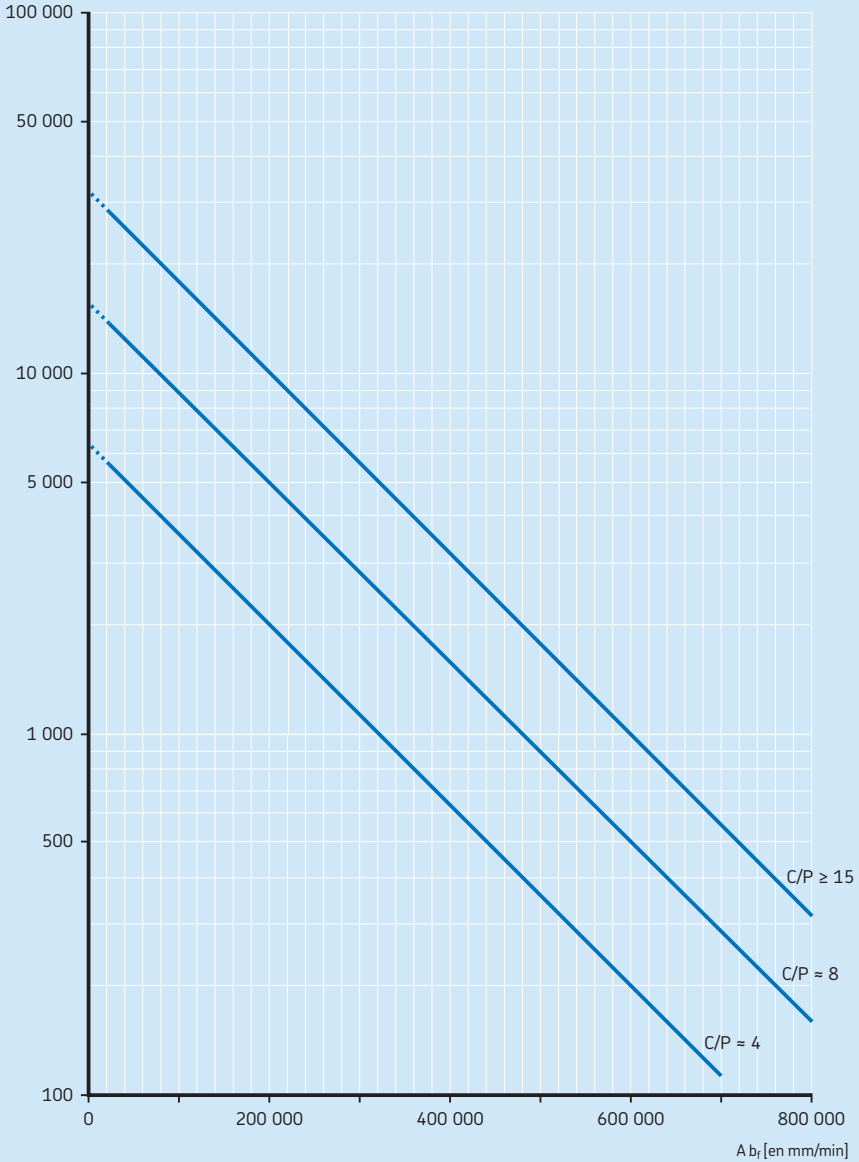
Lorsque les conditions de fonctionnement des roulements diffèrent, ajustez les intervalles de relubrification conformément aux informations fournies dans le **tableau 8**, **page 195**.

**REMARQUE :** lorsque vous utilisez différents roulements dans un montage, appliquez l'intervalle de relubrification le plus court pour tous les roulements.

Le programme de sélection de graisse SKF, LubeSelect, disponible en ligne sur [www.aptitu-dexchange.com](http://www.aptitu-dexchange.com), peut également être utilisé pour calculer les intervalles de relubrification.

Diagramme 1

Intervalles de relubrification à 70 °C (160 °F)

 $t_r$  [en heures de fonctionnement]

## Processus de relubrification

Le choix d'une procédure de relubrification dépend généralement de l'application, des conditions de fonctionnement et de l'intervalle de relubrification  $t_r$ . Il existe deux procédures de relubrification principales : l'appoint et la relubrification continue (→ **tableau 9**).

Tableau 7

### Coefficients de roulement et valeurs limites recommandées pour le coefficient de vitesse A

Type de roulement <sup>1)</sup>	Coefficient de roulement $b_r$	Limites recommandées du coefficient de vitesse A, pour le rapport de charge		
		C/P ≥ 15	C/P ≈ 8	C/P ≈ 4
		en mm/min		
–	–	–	–	–
<b>Roulements rigides à billes</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Roulements à billes à contact oblique</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Roulements à rotule sur billes</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Roulements à rouleaux cylindriques</b>				
• roulement libre	1,5	450 000	300 000	150 000
• palier fixe, sans charges axiales externes ou avec des charges axiales faibles mais alternées	2	300 000	200 000	100 000
• palier fixe, avec faible charge axiale constante	4	200 000	120 000	60 000
• sans cage, jointif <sup>2)</sup>	4	NA <sup>3)</sup>	NA <sup>3)</sup>	20 000
<b>Roulements à rouleaux coniques</b>	2	350 000	300 000	200 000
<b>Roulements à rotule sur rouleaux</b>				
• lorsque $F_a/F_r \leq e$ et $d_m \leq 800$ mm				
– séries 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
– séries 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
– série 241	2	150 000	80 000 <sup>4)</sup>	50 000 <sup>4)</sup>
• lorsque $F_a/F_r \leq e$ et $d_m > 800$ mm				
– séries 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
– séries 230, 231, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
– série 241	2	100 000	50 000 <sup>4)</sup>	30 000 <sup>4)</sup>
• lorsque $F_a/F_r > e$				
– toutes les séries	6	150 000	50 000 <sup>4)</sup>	30 000 <sup>4)</sup>
<b>Roulements à rouleaux toroïdaux CARB</b>				
• avec cage	2	350 000	200 000	100 000
• sans cage, jointif <sup>2)</sup>	4	NA <sup>3)</sup>	NA <sup>3)</sup>	20 000
<b>Butées à billes</b>	2	200 000	150 000	100 000
<b>Butées à rouleaux cylindriques</b>	10	100 000	60 000	30 000
<b>Butées à rotule sur rouleaux</b>				
• rondelle d'arbre tournante	4	200 000	120 000	60 000

<sup>1)</sup> Les coefficients de roulement et les limites pratiques recommandées pour le coefficient de vitesse A s'appliquent à des roulements ayant une géométrie interne et un type de cage standard. Pour une autre conception interne de roulement et un type de cage spécial, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> La valeur  $t_r$  obtenue à partir du **diagramme 1, page 193**, doit être divisée par un facteur 10.

<sup>3)</sup> Non applicable. Pour ces valeurs de C/P, SKF ne recommande pas un roulement à éléments jointifs, mais plutôt un roulement avec une cage.

<sup>4)</sup> Pour des vitesses plus élevées, la lubrification à l'huile est recommandée.

Tableau 8

## Ajustements des intervalles de relubrification

Conditions de fonctionnement / type de roulement	Description	Ajustement recommandé de $t_r$	Raison de l'ajustement
<b>Température de fonctionnement</b>	Tous les 15 °C (27 °F) dépassant les 70 °C (160 °F), jusqu'au seuil de température supérieur (HTL)	Divisez l'intervalle par deux	Pour répondre au vieillissement accéléré de la graisse à température élevée
	Tous les 15 °C (27 °F) inférieurs à 70 °C (160 °F)	Multipliez l'intervalle par deux (au maximum deux fois) <sup>1)</sup>	En réponse au risque réduit de vieillissement de la graisse à basse température
<b>Orientation de l'arbre</b>	Roulements montés sur un arbre vertical	Divisez l'intervalle par deux	La graisse a tendance à fuir en raison de la gravité
<b>Vibrations</b>	Niveaux élevés de vibrations et de charges de chocs	Réduisez l'intervalle <sup>2)</sup>	Tassement de la graisse à cause des vibrations, ce qui entraîne son pétrissage
<b>Rotation de la bague extérieure</b>	La rotation de la bague extérieure ou le poids de l'arbre à excentrique	Calculez le coefficient de vitesse A en utilisant D, non pas $d_m$	La durée de vie de la graisse est plus courte dans ces conditions
<b>Contamination</b>	Forte contamination ou présence de contaminants fluides	Réduisez l'intervalle <sup>2) 3)</sup>	Réduire les effets néfastes provoqués par les contaminants
<b>Charge</b>	Très fortes charges par ex. $P > 0,15 C$	Réduisez l'intervalle <sup>2)</sup>	La durée de vie de la graisse est plus courte dans ces conditions
<b>Dimensions du roulement</b>	Les roulements au diamètre d'alésage $d > 300$ mm	Réduisez l'intervalle <sup>2)</sup>	Montages critiques nécessitant une relubrification rigoureuse et fréquente
<b>Roulements à rouleaux cylindriques</b>	Roulements équipés de cages J, JA, JB, MA, MB, ML, MP et PHA <sup>4)</sup>	Divisez l'intervalle par deux	Le ressuage de l'huile est limité avec ces modèles de cages

<sup>1)</sup> Pour les roulements jointifs et les butées, ne prolongez pas l'intervalle.

<sup>2)</sup> Contactez le service Applications SKF.

<sup>3)</sup> Dans des conditions sévèrement contaminées, envisagez des roulements SKF étanches ou la relubrification continue.

<sup>4)</sup> Pour les cages P, PH, M et MR, pas besoin d'ajustement.

Tableau 9

## Procédures de relubrification

Procédure de relubrification	Intervalle de relubrification convenable $t_r$	Avantages	Inconvénients	Caractéristiques nécessaires
<b>Appoint</b>	$t_r < 6$ mois	Fonctionnement sans interruption	Conduites de lubrification nécessaires dans le palier Main-d'œuvre Accès facile au palier nécessaire Risque élevé de contamination	Paliers équipés d'embouts de graissage Pompe à graisse
<b>Relubrification continue</b>	$t_r$ est très court	Idéale pour les points difficiles d'accès Faible risque de contamination Pas de main-d'œuvre Possibilité de surveillance de la lubrification en continu Fonctionnement sans interruption	Bonne pompabilité de la graisse nécessaire (spécialement à des températures ambiantes basses)	Graisseurs automatiques ou systèmes de lubrification centralisée

## Lubrification

### Appoint

Comme seule la graisse contenue à l'intérieur du roulement doit être remplacée, la quantité nécessaire pour l'appoint dépend purement et simplement de la taille du roulement.

Certains roulements intègrent des fonctions de relubrification dans la bague intérieure ou extérieure pour faciliter une relubrification efficace à travers le centre du roulement (→ fig. 5). La quantité de graisse adéquate pour l'appoint est alors

$$G_p = 0,002 D B$$

D'autres roulements ne peuvent être relubrifiés que latéralement (→ fig. 6). La quantité de graisse adéquate pour l'appoint est alors

$$G_p = 0,005 D B$$

avec

$G_p$  = quantité de graisse à ajouter lors de l'appoint [en g]

$D$  = diamètre extérieur du roulement [en mm]

$B$  = largeur totale du roulement (pour les butées, utiliser la hauteur  $H$ ) [en mm]

Les montages de roulements dans des paliers comportant des joints à frottement, par exemple des joints à deux ou quatre lèvres, doivent être équipés d'orifices d'évacuation de graisse pour permettre de retirer la graisse usée et l'excès de graisse du montage. L'orifice d'évacuation doit être placé du même côté que l'écrou de serrage et, par conséquent, du côté opposé à l'embout de graissage (→ fig. 7).

Les montages de roulements comportant des joints sans frottement tels que des joints à chicane n'ont pas besoin d'orifice d'évacuation car la graisse usée et en excès est poussée vers l'extérieur à travers les espaces formés par les chicanes lorsque la graisse fraîche est introduite (→ fig. 8).

L'appoint de graisse doit être effectué dès les premiers signes de détérioration du lubrifiant. Pour faire l'appoint de graisse, SKF recommande ce qui suit :

- 1 si vous introduisez une graisse différente, vérifiez que les graisses sont compatibles (→ *Compatibilité de graisses*, à partir de la page 200).
- 2 Nettoyez l'embout de graissage.
- 3 Faites l'appoint de graisse pendant que la machine est en marche. Si vous n'en avez pas la possibilité, faites tourner l'arbre à la main.
- 4 En cas de longues conduites de lubrification et de températures ambiantes basses, vérifiez que la graisse est pompée correctement en contrôlant qu'il n'y a pas de séparation d'huile excessive suite au pompage.
- 5 Après trois à cinq appoints, si possible, renouvelez le remplissage de graisse (→ *Renouvellement*, à partir de la page 198).

**ATTENTION :** n'appliquez pas plus de graisse que nécessaire. La fuite de la graisse à travers les joints à frottement suite à un remplissage excessif peut endommager les joints et provoquer la surchauffe ainsi que la défaillance prématurée des roulements.

Fig. 5

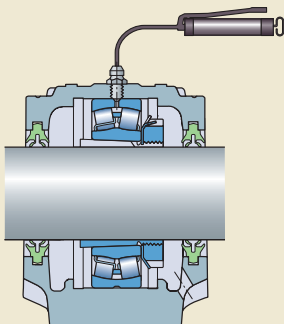
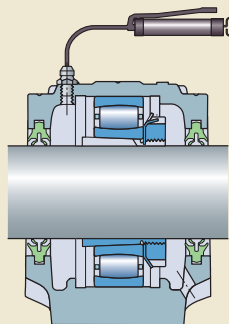


Fig. 6





### Relubrification continue

La relubrification continue est utilisée, par exemple, pour les applications à grande vitesse nécessitant continuellement une petite quantité de lubrifiant. Elle est aussi utilisée dans les environnements hautement contaminés où la lubrification continue est nécessaire pour maintenir les contaminants à l'écart.

Les solutions de lubrification automatique sont conçues pour une lubrification continue ou pour les points de lubrification dont l'accès est difficile ou dangereux, ou bien lorsque la fiabilité des activités de relubrification doit être améliorée. Le principal avantage de la lubrification automatique est qu'elle permet d'avoir un contrôle plus précis sur le type et la quantité de lubrifiant appliqué sur chaque point de lubrification. De plus, le risque de contamination liée au graissage manuel à l'aide de pompes à graisse est réduit.

La quantité de graisse nécessaire pour la relubrification continue peut être calculée approximativement comme suit

$$G_k = (0,3 \dots 0,5) D B \times 10^{-4}$$

avec

$G_k$  = quantité de graisse à fournir en continu [en g/h]

$D$  = diamètre extérieur du roulement [en mm]

$B$  = largeur totale du roulement (pour les butées, utiliser la hauteur  $H$ ) [en mm]

Autrement, la quantité de graisse d'appoint  $G_p$  (→ *Appoint*, page 196) peut être étendue sur l'intervalle de relubrification.

SKF fabrique des graisseurs automatiques monopoint et multipoint tels que les graisseurs SKF SYSTEM 24. Les systèmes de lubrification centralisée constituent une autre option de lubrification automatique (→ *Systèmes de lubrification centralisée*, à partir de la page 213).

Fig. 7

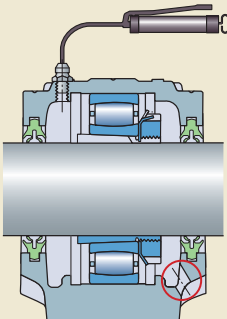
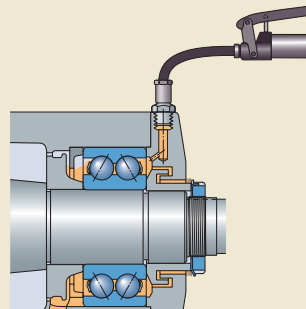


Fig. 8



## Lubrification

### SKF SYSTEM 24

Les graisseurs SKF SYSTEM 24 de la série LAGD (→ fig. 9) sont constitués d'un réservoir transparent rempli d'un lubrifiant spécifié et d'une pile à gaz. Les valeurs affichées sur le cadran de réglage de temps indiquent le temps de distribution réel. Les graisseurs peuvent être désactivés temporairement en remettant le cadran de réglage de temps à zéro.

Les graisseurs SKF SYSTEM 24 de la série LAGE (→ fig. 10) sont constitués d'un réservoir transparent rempli d'un lubrifiant spécifié et d'un système de lubrification électromécanique. Des kits de remplissage munis de blocs-batteries sont disponibles. Le débit de distribution dépend de la température.

Les deux séries de graisseurs ont une pression de fonctionnement maximale de 5 bar et un raccord fileté G 1/4. Vous trouverez des données techniques supplémentaires dans le **tableau 10**.

**ATTENTION :** vérifiez que le nouveau graisseur contient la même graisse que l'ancien. Si une nouvelle graisse est introduite, vérifiez que les deux graisses sont compatibles.

### ATTENTION

Pour minimiser le risque de blessures graves, avant de commencer toute activité, appliquez les procédures de verrouillage/d'étiquetage nécessaires.

## Renouvellement

Le renouvellement est le processus qui consiste à arrêter une machine, retirer la graisse se trouvant à l'intérieur du montage de roulement et la remplacer par de la graisse fraîche. Le renouvellement du remplissage de graisse est généralement recommandé après plusieurs appoints ou lorsque l'intervalle de relubrification est supérieur à six mois.

Lors du renouvellement du remplissage de graisse dans un montage de roulement avec un palier en deux pièces, SKF recommande ce qui suit :

- 1 Nettoyez la zone de travail.
- 2 Ouvrez le palier.
- 3 Retirez la totalité de la graisse usée de la cavité du palier à l'aide d'une spatule et nettoyez la cavité avec un solvant.
- 4 Nettoyez le roulement avec du solvant et laissez-le sécher. Les restes de traces de solvant s'évaporeront.

Fig. 9



Fig. 10



- 5 Remplissez de graisse l'espace vide entre les éléments roulants et la cage, du côté accessible, à l'aide d'un pistolet à graisse.
- 6 Remplissez de graisse 30 à 50 % du palier (quantité typique pour des applications normales).
- 7 Remettez en place le chapeau du palier.
- 8 Rodez le roulement.

Lorsque les paliers ne sont pas faciles d'accès mais qu'ils sont pourvus d'embouts de graissage et d'un orifice d'évacuation de la graisse, SKF recommande ce qui suit :

**ATTENTION :** Si vous introduisez une graisse différente, vérifiez que les graisses sont compatibles (→ *Compatibilité de graisses*, à partir de la page 200).

- 1 Vérifiez que l'orifice d'évacuation de graisse est ouvert.
- 2 Nettoyez l'embout de graissage.
- 3 Introduisez la graisse fraîche progressivement (pas trop vite) à travers l'embout de graissage, tandis que la machine est en marche.
- 4 Récupérez dans un réservoir l'ancienne graisse expulsée par l'orifice d'évacuation de graisse.
- 5 Continuez d'ajouter de la graisse fraîche jusqu'à ce qu'elle ressorte par l'orifice d'évacuation.

**ATTENTION :** l'ajout de graisse en trop grande quantité ou trop rapide sans permettre l'évacuation impliquera le pétrissage de la graisse et des températures élevées.

Tableau 10

## Graisseurs SKF SYSTEM 24

Propriétés	Graisseur LAGD 60	LAGD 125	LAGE 125	LAGE 250
Capacité de graisse	60 ml	125 ml	122 ml	250 ml
Temps de distribution nominal	1 à 12 mois (réglable)	1 à 12 mois (réglable)	1, 3, 6, 9 ou 12 mois (réglable)	1, 3, 6, 9 ou 12 mois (réglable)
Plage de températures extérieures	-20 à +60 °C (-5 à +140 °F)	-20 à +60 °C (-5 à +140 °F)	0 à +55 °C (30 à 130 °F)	0 à +55 °C (30 à 130 °F)
Référence de commande pour graisseurs pré-remplis	LAGD 60/lubrifiant	LAGD 125/ lubrifiant	LAGE 125/ lubrifiant	LAGE 250/ lubrifiant
Graisses SKF adaptées	LGWA 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGGB 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2
Huiles pour chaînes SKF adaptées <sup>1)</sup>	-	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150

<sup>1)</sup> Pour en savoir plus sur les huiles pour chaînes SKF, veuillez vous reporter au **tableau 16, page 209**.

### Compatibilité de graisses

Avant de changer un type de graisse pour un autre, vérifiez que les deux graisses sont compatibles. De même, comme la graisse contenue dans un montage de roulement entre en contact avec l'intégralité du roulement, elle doit être compatible avec tous les matériaux de roulements, agents de préservation ou revêtements.

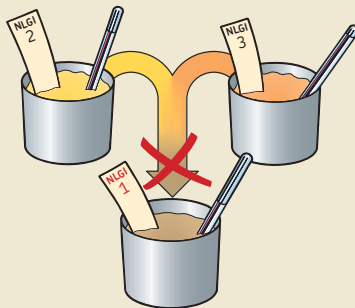
### Compatibilité entre graisses

Les graisses contenant le même épaississant et des huiles de base semblables peuvent généralement se mélanger sans problème. Cependant, le mélange de deux graisses incompatibles donne généralement une consistance plus molle (→ **fig. 11**) et peut provoquer une défaillance prématurée du roulement suite à des fuites de graisse au niveau du roulement. La température de fonctionnement d'un tel mélange est également inférieure et la capacité de charge du film de lubrifiant (en fonctionnement) est plus faible que celle de chacune des graisses séparément.

**ATTENTION** : il est généralement préférable de ne pas mélanger les graisses. Si le type de graisse d'origine est inconnu, retirez d'abord la totalité de la graisse, puis remplissez à nouveau (→ *Renouvellement*, à partir de la **page 198**).

Pour savoir si deux graisses sont compatibles, comparez les huiles de base (→ **tableau 11**) et les épaississants (→ **tableau 12**).

Fig. 11



### ATTENTION

La graisse fluorée SKF LGET 2 n'est pas compatible avec d'autres graisses, huiles ou agents de préservation. Par conséquent, un lavage très approfondi des roulements et le nettoyage des systèmes sont primordiaux avant d'appliquer la graisse fraîche.

Tableau 11

## Compatibilité d'huiles de base

	Minérale/PAO	Ester	Polyglycol	Silicone : méthyle	Silicone : phényle	Polyphényle-éther	PFPE
Minérale/PAO	+	+	-	-	+	0	-
Ester	+	+	+	-	+	0	-
Polyglycol	-	+	+	-	-	-	-
Silicone : méthyle	-	-	-	+	+	-	-
Silicone : phényle	+	+	-	+	+	+	-
Polyphényle-éther	0	0	-	-	+	+	-
PFPE	-	-	-	-	-	-	+

+ = Compatible    0 = À tester    - = Incompatible

Tableau 12

## Compatibilité d'épaississants

	Lithium	Calcium	Sodium	Lithium complexe	Calcium complexe	Sodium complexe	Baryum complexe	Aluminium complexe	Argile	Polyurée commune <sup>1)</sup>	Sulfonate de calcium complexe
Lithium	+	0	-	+	-	0	0	-	0	0	+
Calcium	0	+	0	+	-	0	0	-	0	0	+
Sodium	-	0	+	0	0	+	+	-	0	0	-
Lithium complexe	+	+	0	+	+	0	0	+	-	-	+
Calcium complexe	-	-	0	+	+	0	-	0	0	+	+
Sodium complexe	0	0	+	0	0	+	+	-	-	0	0
Baryum complexe	0	0	+	0	-	+	+	+	0	0	0
Aluminium complexe	-	-	-	+	0	-	+	+	-	0	-
Argile	0	0	0	-	0	-	0	-	+	0	-
Polyurée commune <sup>1)</sup>	0	0	0	-	+	0	0	0	0	+	+
Sulfonate de calcium complexe	+	+	-	+	+	0	0	-	-	+	+

+ = Compatible    0 = À tester    - = Incompatible

<sup>1)</sup> La graisse SKF LGHP 2 a donné des résultats satisfaisants au test de compatibilité avec les graisses épaissies au lithium et lithium complexe.

## Lubrification

### Symptômes d'incompatibilité de graisses

Les symptômes suivants, observés pendant le fonctionnement, sont des signes typiques d'incompatibilité de graisses :

- fuite de lubrifiant
- durcissement du lubrifiant
- changement de couleur du lubrifiant
- augmentation de la température de fonctionnement

### Test rapide de compatibilité

Un test rapide basé sur la compatibilité des épaississants (stabilité mécanique) et la compatibilité des huiles de base (enduction) peut être réalisé comme suit :

- 1 Mettez la même quantité de chaque type de graisse dans un récipient.
- 2 Remuez le mélange à l'aide d'une baguette.
- 3 Versez le mélange dans un autre récipient.

Si le mélange durcit ou devient plus mou et s'écoule plus facilement du récipient que l'une ou l'autre des graisses d'origine, les graisses sont probablement incompatibles.

**ATTENTION :** ce test rapide de compatibilité ne doit être effectué qu'à titre d'orientation ! SKF recommande de réaliser de véritables tests en laboratoire pour déterminer la compatibilité.

### Compatibilité entre graisses et matériaux de roulements

Les graisses pour roulements SKF sont compatibles avec la plupart des matériaux de roulements. Gardez toutefois à l'esprit ce qui suit :

- La graisse contenant des additifs EP peut provoquer une réaction négative avec les cages en polyamide 66 à plus de 100 °C (210 °F).
- La graisse contenant des additifs EP de soufre peuvent attaquer les cages en laiton à plus de 100 °C (210 °F).
- La graisse à base d'huile d'ester n'est pas compatible avec les joints en caoutchouc acrylique (ACM).

### Compatibilité entre graisses et agents de préservation de roulements SKF

Les roulements SKF sont traités avec un agent de préservation à base de pétrole qui est com-

patible avec la majorité des graisses pour roulements. Toutefois, l'agent de préservation n'est pas compatible avec les graisses à base d'huile synthétique fluorée contenant un épaississant PTFE, telles que la SKF LGET 2. Avec ces graisses, il est important de laver et de faire sécher les roulements soigneusement avant d'appliquer la graisse.

Pour retirer l'agent de préservation d'un roulement, portez des gants résistant à la graisse et utilisez un détergent adapté. Le détergent s'évapore rapidement et la graisse doit être appliquée immédiatement après pour éviter que les surfaces ne rouillent.

## Produits de lubrification à la graisse SKF

SKF propose une vaste gamme de graisses pour roulements et d'équipements de lubrification à la graisse couvrant la plupart des exigences des applications (→ **Annexe L**, partir de la **page 420**). Vous trouverez des informations plus détaillées sur les graisses pour roulements SKF, ainsi qu'un guide de sélection de graisse dans **l'Annexe M**, à partir de la **page 423**. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) et [www.skf.com/lubrification](http://www.skf.com/lubrification).

## Lubrification à l'huile

### Composition de l'huile

L'huile lubrifiante est composée d'une huile de base mélangée avec des additifs.

### Huile de base

L'huile de base constitue environ 95 % de l'huile lubrifiante et se classe en trois groupes :

- minérale
- synthétique
- naturelle

Les huiles de base minérales sont des produits à base de pétrole. Ces huiles sont généralement utilisées pour la lubrification des roulements.

Les huiles de base synthétiques sont généralement envisagées pour la lubrification des roulements dans des conditions de fonctionnement spéciales, par exemple, pour des températures de fonctionnement très basses ou très élevées. Le terme « huile synthétique » couvre

Tableau 13

## Additifs d'huiles

Additif	Fonction
<b>Antirouille</b>	Augmente la protection des surfaces des roulements qu'offre l'huile (hydro ou liposoluble)
<b>Antioxydant</b>	Retarde la dégradation de l'huile de base à haute température et prolonge la durée de vie du lubrifiant
<b>Anti-mousse</b>	Empêche la formation de bulles
<b>Extrême pression (EP)</b>	Réduit les effets néfastes du contact métal contre métal
<b>Anti-usure (AW)</b>	Évite le contact métal contre métal
<b>Additif solide</b>	Fournit la lubrification lorsque l'huile de base devient inefficace

un grand nombre de d'huiles de base comprenant les polyalphaoléfinés (PAO), glycols de polyalkylène (PAG) et esters.

Les huiles de base naturelles, c'est-à-dire les huiles animales et végétales, ne sont normalement pas utilisées pour les roulements car il existe un risque de réduction de la qualité et de formation d'acide à court terme.

### Additifs

Des produits chimiques, plus connus sous le nom d'additifs, sont ajoutés aux huiles de base pour leur conférer ou améliorer certaines propriétés de performance. Les additifs sont souvent groupés selon leur fonction, par exemple, les additifs performants, protecteurs du lubrifiant ou protecteurs de la surface.

Certains des additifs les plus courants sont présentés dans le **tableau 13**.

### Viscosité de l'huile

La propriété la plus importante de l'huile lubrifiante est sa viscosité. La viscosité est la résistance d'un fluide à l'écoulement et dépend de la température et de la pression. La viscosité diminue à mesure que la température monte et elle augmente lorsque la température descend. Une huile à viscosité élevée coule moins facilement qu'une huile plus fine à faible viscosité.

La viscosité de l'huile est généralement indiquée selon la température internationale de référence, 40 °C (105 °F).

### Indice de viscosité (VI)

La relation viscosité/température d'une huile est caractérisée par l'indice de viscosité (VI). Un indice VI élevé pour une huile signifie que la viscosité change un minimum avec les variations de température. De même, l'indice VI d'une huile qui dépend fortement de la température est bas.

Pour la lubrification des roulements, SKF recommande d'utiliser des huiles dont l'indice VI est d'au moins 95.

### Degré de viscosité ISO (VG)

ISO a établi une norme au sujet de la viscosité de l'huile qui s'appelle le degré de viscosité ISO (VG). Il s'agit simplement de la viscosité moyenne d'une huile à 40 °C (105 °F). Par exemple, la viscosité moyenne de l'huile ISO VG 68 est de 68 mm<sup>2</sup>/s à 40 °C (105 °F) (68 cSt).

Les viscosités minimales et maximales pour chaque degré de viscosité ISO sont indiquées dans l'**Annexe I-2, page 415**. Une comparaison des différentes méthodes de classification est faite dans l'**Annexe I-1, page 414**.

**REMARQUE :** La viscosité s'exprime en mm<sup>2</sup>/s ou cSt (unités identiques).

### Comment choisir une huile adéquate

Les huiles minérales standard fournissent une lubrification adéquate pour la plupart des applications lubrifiées à l'huile. Les huiles synthétiques ne doivent être choisies que si leur utilisation est justifiée, car elles sont normalement beaucoup plus chères.

Lorsque vous choisissez une huile, il vaut mieux prendre en considération tous les facteurs d'influence. Commencez toujours par réunir les informations nécessaires avant de débiter le processus de sélection :

- application
- type de roulement et cotes d'encombrement
- charge de roulement
- température de fonctionnement et température ambiante
- vitesse de rotation
- orientation de l'arbre
- influences externes, par ex., vibrations, oscillation
- contamination

## Lubrification

**ATTENTION** : prenez garde de ne pas remplacer une huile d'un fabricant de lubrifiant par une huile d'un fabricant différent. Elles peuvent ne pas être identiques ou compatibles.

### Processus de sélection d'huile

La sélection précise d'une huile comprend trois étapes. Un résumé du processus de sélection est présenté ci-après.

#### 1 Sélectionner la viscosité de l'huile

L'huile est choisie en fonction de la viscosité nécessaire pour obtenir une lubrification suffisante dans les conditions de fonctionnement habituelles.

**REMARQUE** : une faible viscosité implique un faible frottement, mais une fine pellicule d'huile. Une viscosité élevée implique un film d'huile épais, mais un frottement élevé. Vous devez trouver un équilibre !

Pour former un film de lubrifiant adéquat entre les surfaces de contact internes d'un roulement, le lubrifiant doit conserver une certaine viscosité minimale « à une température de fonctionnement normale ». La viscosité cinématique minimale  $v_1$  nécessaire pour une lubrification adéquate peut être déterminée à partir du diamètre de roulement moyen  $d_m$  et de la vitesse de rotation  $n$  (→ **diagramme 2**). L'efficacité d'un lubrifiant particulier est déterminée par le coefficient de viscosité  $\kappa$  qui est le rapport entre la viscosité de fonctionnement réelle  $v$  et la viscosité cinématique minimale  $v_1$ . Les coefficients de viscosité adéquats se trouvent généralement entre 1 et 4.

La viscosité cinématique minimale est la viscosité nécessaire « à une température de fonctionnement normale ». La viscosité correspondante à la température internationale de référence de 40 °C (105 °F) peut alors être obtenue (→ **diagramme 3, page 206**) ou calculée. Avec ces informations, le degré de viscosité ISO VG minimum peut également être sélectionné.

Pour déterminer le degré de viscosité minimum ISO VG, procédez comme suit :

**REMARQUE** : lorsque vous déterminez la température de fonctionnement d'un roulement, gardez à l'esprit que la température de l'huile est souvent de 3 à 11 °C (5 à 20 °F) supérieure à la température du palier.

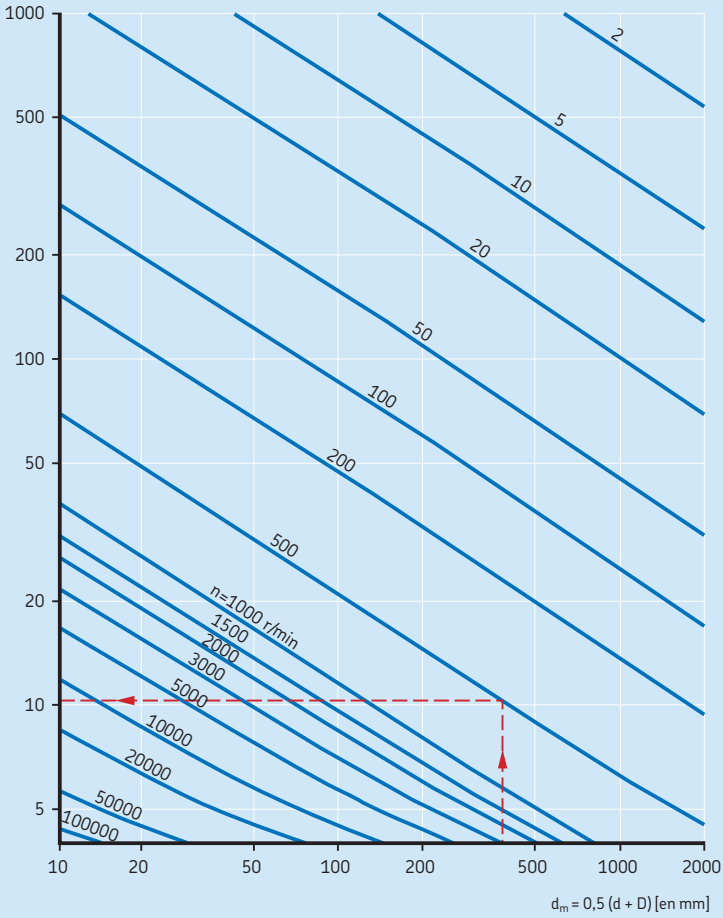
- 1 Déterminez le diamètre de roulement moyen  $d_m$ , la vitesse de rotation  $n$  et la température de fonctionnement du roulement prévue  $T$ .
- 2 À l'aide du **diagramme 2**, repérez le point d'intersection du diamètre moyen et de la vitesse de rotation.
- 3 Lisez en horizontal puis remontez sur l'axe vertical pour déterminer la viscosité cinématique minimale  $v_1$  à la température de fonctionnement.
- 4 À l'aide du **diagramme 3, page 206**, repérez le point d'intersection entre la viscosité cinématique minimale  $v_1$  à la température de fonctionnement, déterminée au point précédent, et la ligne verticale de la température de fonctionnement du roulement prévue.
- 5 Repérez la première courbe en diagonale à droite de ce point. Il s'agit du degré de viscosité ISO VG minimum pouvant être sélectionné.

Si un lubrifiant ayant une viscosité supérieure est choisi, une amélioration des performances des roulements peut être attendue. Cependant, comme une viscosité accrue augmente la température de fonctionnement du roulement, vous devez trouver un équilibre.

#### Exemple

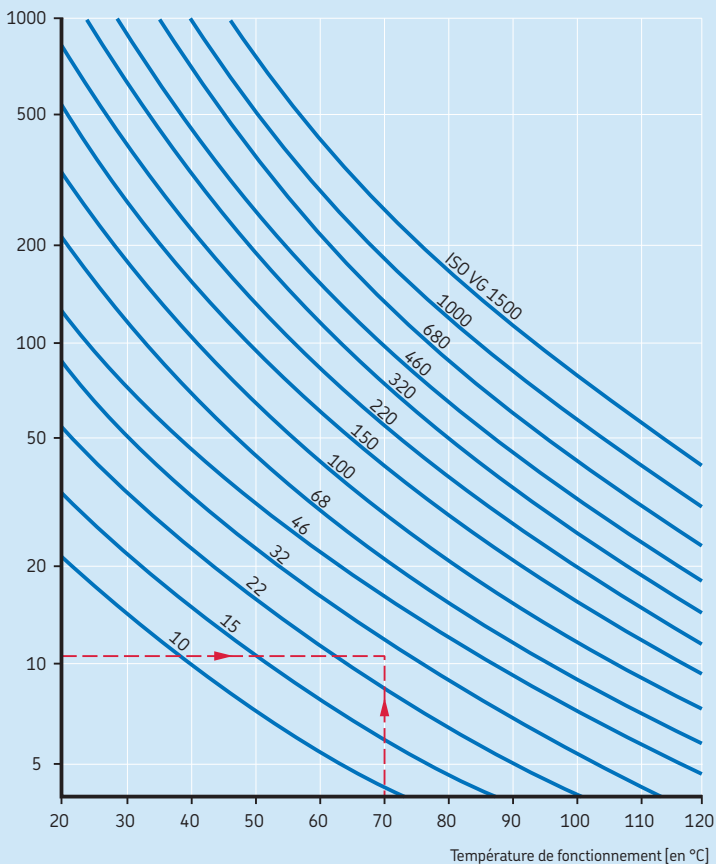
Un roulement au diamètre d'alésage  $d = 340$  mm et au diamètre extérieur  $D = 420$  mm doit fonctionner à une vitesse  $n = 500$  tr/min. Par conséquent,  $d_m = 0,5 (d + D) = 380$  mm. Selon le **diagramme 2**, la viscosité cinématique minimale  $v_1$  nécessaire pour une lubrification adéquate à la température de fonctionnement est d'environ  $11 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Selon le **diagramme 3, page 206**, en admettant que la température de fonctionnement du roulement est de 70 °C (160 °F), on trouve qu'il sera nécessaire d'utiliser une huile lubrifiante de la classe de viscosité ISO VG 32, c'est-à-dire d'une viscosité cinématique  $v$  d'au moins  $32 \text{ mm}^2/\text{s}$  à la température de référence de 40 °C (105 °F).



Estimation de la viscosité cinématique minimale  $\nu_1$  à la température de fonctionnementViscosité requise  $\nu_1$  à la température de fonctionnement [en  $\text{mm}^2/\text{s}$ ]

Conversion à la viscosité cinématique  $\nu$  à la température de référence (classification ISO VG)

Viscosité requise  $\nu_1$  à la température de fonctionnement [en  $\text{mm}^2/\text{s}$ ]



## 2 Vérifier les exigences d'additif anti-usure et d'extrême pression

Les additifs anti-usure (AW) et d'extrême pression (EP) sont nécessaires pour les roulements lents soumis à de fortes charges. Ces additifs sont également bénéfiques pour les charges de chocs, les applications à mouvement d'oscillation et en cas de démarrages et d'arrêts fréquents.

**ATTENTION :** certains additifs EP peuvent avoir un effet néfaste sur les matériaux des roulements et écourter considérablement leur durée de service, en particulier à plus de 80 °C (175 °F). Vérifiez auprès du fabricant du lubrifiant.

## 3 Évaluer d'autres besoins spécifiques

En cas de conditions de fonctionnement particulières, les propriétés de l'huile doivent venir compléter ces conditions. Par exemple, si les roulements doivent fonctionner dans une vaste plage de températures, une huile changeant le moins possible avec les variations de température devra être choisie, autrement dit une huile à l'indice VI élevé.

## Outils supplémentaires de sélection d'huile

Le programme SKF LubeSelect peut également être utilisé pour sélectionner le type d'huile et la viscosité appropriés. Un autre programme SKF, LuBase, contient des données sur plus de 2 000 lubrifiants fournis par plus de 100 fabricants de lubrifiants. Les deux programmes sont disponibles en ligne sur [www.apitudexchange.com](http://www.apitudexchange.com).

Les calculs des viscosités minimales des huiles peuvent également être effectués à l'aide des formules indiquées sur le site [www.skf.com](http://www.skf.com).

Ces outils de sélection d'huile supplémentaires se basent sur un processus de sélection généralisé et ne doivent être utilisés que comme guide.

## Systèmes de lubrification à l'huile

### Types de systèmes de lubrification à l'huile

Le choix de la méthode de lubrification dépend de l'application, des conditions de fonctionnement et de l'orientation de l'arbre. La conception du système de lubrification doit faire l'objet d'une mûre réflexion. Par exemple, comme les huiles sont liquides, des solutions d'étanchéité adaptées doivent être prévues pour éviter les fuites.

Des connaissances de base sur la conception et le fonctionnement d'un système de lubrification est bénéfique pour réaliser les activités de maintenance (→ **tableau 14, page 208**).

La lubrification par brouillard d'huile, qui est utilisée dans des applications très particulières, n'est pas incluse dans le tableau.

### Maintenance des systèmes de lubrification à l'huile

La maintenance d'un système de lubrification à l'huile demande une approche méticuleuse et systématique. Outre les recommandations données ci-après, SKF conseille de prélever régulièrement des échantillons d'huile et de suivre l'évolution des résultats des analyses.

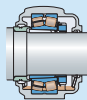
- Pour les nouvelles installations de systèmes de lubrification, vérifiez que le réservoir, le carter d'huile ou la cuve collectrice sont remplis d'huile pour éviter que les roulements ne tournent sans lubrification au démarrage.
- Lorsque vous démarrez une machine équipée d'une bague de remontée d'huile et ayant été à l'arrêt pendant une période prolongée, vérifiez que le carter d'huile contient de l'huile.
- Inspectez l'huile à des intervalles réguliers pour détecter d'éventuelles traces de contamination, d'oxydation ou de mousse. Mais n'oubliez pas que la plus petite particule visible à l'œil nu est de 40 µm.
- Dans un système de lubrification air-huile, vérifiez la pression d'air au niveau de l'orifice d'admission d'huile. Elle doit être d'environ 6 bar.

7

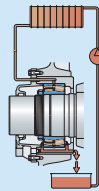
### ATTENTION

Les fuites d'huile provenant de machines sont dangereuses et constituent un risque d'incendie. Trouvez la source de la fuite et réparez-la immédiatement !

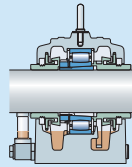
Systèmes de lubrification à l'huile



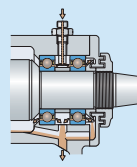
Bain d'huile



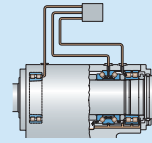
Circulation d'huile



Bague de remontée d'huile



Jet d'huile



Huile-air

Description

L'huile, entraînée par les éléments roulants, se répartit dans le roulement, puis retourne au carter d'huile.

L'huile est pompée au-dessus du roulement, passe à travers le roulement et vient se déposer dans le réservoir. L'huile est filtrée et mise à température avant d'être renvoyée vers le roulement.

La bague de remontée suspendue librement sur un manchon-entretoise, trempe dans le carter d'huile et transporte l'huile vers une cuve collectrice. L'huile descend à travers le roulement et revient dans le carter.

Un jet d'huile est propulsé à haute pression de chaque côté du roulement.

Des doses d'huile sont envoyées de chaque côté du roulement par de l'air comprimé. L'huile, appliquée à intervalles réguliers, recouvre la surface interne des lignes d'alimentation et « glisse » vers les buses qui l'envoient sur les roulements.

Conditions de fonctionnement adéquates

Vitesses lentes ou modérées

Vitesses élevées

Vitesses élevées  
Températures de fonctionnement élevées

Vitesses très élevées

Vitesses extrêmement élevées  
Températures de fonctionnement basses

Avantages / inconvénients

Simple  
Économique

Pompe, filtres et système de refroidissement nécessaires

Convient aux arbres horizontaux uniquement

Nécessite des quantités d'huile relativement petites

Économique  
Aide à repousser les contaminants

Recommandations d'agencement

Prévoyez un niveau d'huile pour permettre des contrôles visuels.

Prévoyez des conduites d'évacuation adaptées - les évacuations horizontales doivent être évitées. Assurez-vous que l'orifice d'évacuation est plus grand que celui d'admission. Installez des joints efficaces.

Prévoyez un niveau d'huile pour permettre des contrôles visuels. Installez des joints efficaces.

La vitesse du jet d'huile doit être d'au moins 15 m/s. Prévoyez des conduites d'évacuation adaptées - les évacuations horizontales doivent être évitées.

Les buses de projection d'huile doivent être placées correctement. Des conduites d'alimentation de jusqu'à 10 m peuvent être utilisées. Un filtre est recommandé.

### Intervalle de renouvellement d'huile

L'intervalle entre deux renouvellements d'huile dépend principalement du système de lubrification à l'huile, des conditions de fonctionnement et de la quantité d'huile utilisée. Pour toutes les méthodes de lubrification, l'analyse de l'huile est recommandée pour aider à établir un programme de renouvellement d'huile approprié.

Des durées indicatives d'intervalles de renouvellement d'huile sont données dans le **tableau 15**. En général, plus les conditions sont hostiles, plus l'huile doit être analysée et renouvelée fréquemment.

**REMARQUE :** n'oubliez pas de changer les cartouches filtrantes régulièrement.

### Huiles pour chaînes

La lubrification des chaînes nécessite un film de lubrifiant adéquat, en particulier dans les parties internes de la chaîne. Une lubrification inadéquate peut provoquer l'accélération de l'usure des pignons et l'élongation de la chaîne.

SKF fabrique des systèmes de lubrification de chaînes (→ **fig. 12**) fournis avec trois huiles de chaînes différentes (→ **tableau 16**).

Fig. 12



Tableau 16

#### Gamme d'huiles pour chaînes SKF

Propriétés	Désignation	LHMT 265	LHFP 150
<b>Description</b>	Température modérée	Température élevée	Compatible alimentaire
<b>Type d'huile de base</b>	Minérale	Ester synthétique	Ester synthétique
<b>Viscosité / Degré de viscosité</b>	ISO VG 68	265 mm <sup>2</sup> /s	ISO VG 150
<b>Température de fonctionnement</b>	-15 à +90 °C (5 à 195 °F)	Jusqu'à 250 °C (480 °F)	-30 à +120 °C (-20 à +250 °F)

Tableau 15

#### Intervalle de renouvellement d'huile

Système de lubrification à l'huile    Conditions de fonctionnement typiques    Intervalle approximatif de renouvellement d'huile<sup>1)</sup>

<b>Bain d'huile ou bague de remontée d'huile</b>	Température de fonctionnement < 50 °C (120 °F) Faible risque de contamination	12 mois
	Température de fonctionnement de 50 à 100 °C (120 à 210 °F) Contamination légère	3 à 12 mois
	Température de fonctionnement > 100 °C (210 °F) Environnement contaminé	3 mois
<b>Circulation d'huile ou jet d'huile</b>	Toutes	Déterminé par des essais de fonctionnement et l'inspection régulière de l'état de l'huile. En fonction de la fréquence de circulation de la quantité d'huile totale et de si l'huile est refroidie ou pas.

<sup>1)</sup> Des renouvellements d'huile plus fréquents sont nécessaires si les conditions de fonctionnement sont plus difficiles.

## Lubrification

### Compatibilité d'huiles

Avant de changer d'huile ou d'en mélanger différents types, vérifiez que les deux huiles sont compatibles. Lorsque des huiles incompatibles sont mélangées, les huiles de base peuvent provoquer une réaction chimique négative. Vérifiez la compatibilité des huiles de base dans le **tableau 11, page 201**.

Les roulements SKF sont traités avec un agent de préservation à base de pétrole qui est compatible avec la majorité des huiles pour roulements.

**ATTENTION :** n'oubliez pas que même si les huiles de base sont compatibles, les additifs de l'ancienne huile peuvent altérer les performances de ceux de la nouvelle huile. Pour obtenir davantage d'informations, veuillez contacter le fabricant du lubrifiant.

### Analyse de l'huile

L'analyse de l'huile est une partie importante de la maintenance de la lubrification. Des échantillons doivent être prélevés à des intervalles réguliers et minutieusement analysés le plus vite possible après le prélèvement. Un suivi de l'évolution est également essentiel pour une maintenance proactive.

En plus de l'analyse des huiles usées, SKF recommande d'analyser les nouvelles. Souvent, les tambours d'huile neuve contiennent un grand nombre de particules en raison des différentes manipulations et des changements d'environnement rencontrés entre le fabricant et le client.

**REMARQUE :** n'oubliez pas que la nouvelle huile affecte l'évolution !

### Prélèvement d'échantillons d'huile

Un échantillon d'huile doit être représentatif du véritable état de l'huile. SKF recommande de procéder comme suit pour le prélèvement d'échantillons :

- 1 Utilisez un petit réservoir propre qui ferme bien.
- 2 Prenez des échantillons du côté pressurisé d'un système à circulation d'huile. Vous pouvez le faire simplement à travers un robinet à boisseau sphérique.

- 3 Prélevez des échantillons des systèmes non pressurisés, par exemple les bains d'huile, à travers l'orifice d'évacuation, en laissant d'abord couler un peu d'huile.
- 4 Fermez le réservoir immédiatement après le prélèvement pour empêcher la pénétration de contaminants.

Les échantillons d'huile sont généralement analysés sur les aspects suivants :

- la viscosité
- l'oxydation
- la concentration de particules d'usure
- la teneur en eau
- la perte de teneur en additifs

La viscosité d'une huile doit généralement se trouver dans une limite de plus ou moins 10 % de la valeur de référence. La concentration en particules d'usure et la teneur en eau se mesurent en partie par million (ppm). La teneur en eau doit être < 200 ppm.

### Test de crépitement

Le test de crépitement est une manière simple de détecter la présence d'eau libre dans un échantillon d'huile :

- 1 Faites chauffer une plaque chauffante à environ 130 °C (265 °F).
- 2 Remuez énergiquement l'échantillon d'huile.
- 3 Placez une goutte d'huile au centre de la plaque chauffante.

Si elle contient de l'eau, des bulles de vapeur se formeront. Si vous entendez un crépitement, la teneur en eau dépasse probablement les 2 000 ppm.

**REMARQUE :** Ce test ne détecte pas l'eau dissoute dans l'huile et ne doit être effectué qu'à titre d'orientation. SKF recommande d'envoyer les échantillons pour en faire leur analyse.

### Contamination et filtrage

Les contaminants sont des substances superflues solides, liquides ou gazeuses qui ont des répercussions négatives sur les performances du lubrifiant. La contamination peut se devoir à une application ou un système de lubrification mal étanchéifié, à un système de filtration inadapté ou fonctionnant mal, à des points de remplissage contaminés ou à des particules d'usures produites par l'application.

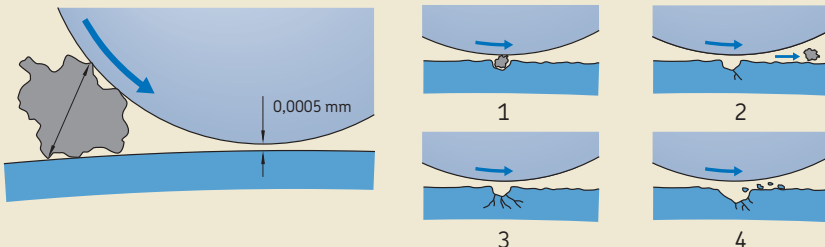
### Contaminants solides

Les contaminants solides peuvent se créer dans l'application suite à l'usure ou à un endommagement, ou bien ils peuvent pénétrer dans l'application à travers un orifice ouvert, un système d'étanchéité inadapté ou défaillant ou, plus probablement, en raison de mauvaises pratiques de relubrification.

La pénétration de contaminants solides dans la cavité du roulement (→ **fig. 13**) provoquera des entailles dans les chemins suite au passage des éléments roulants par-dessus (1). Des bords relevés se formeront autour de l'indentation en raison de la déformation plastique (2). Comme les éléments roulants continuent à lamener les bords relevés, la lubrification se détériore, ce qui produit de la fatigue (3). Lorsque la fatigue atteint un certain niveau, un écaillage prématuré débute à l'extrémité de l'entaille (4).

**REMARQUE :** la propreté du lubrifiant et une manipulation soigneuse lors du montage sont des facteurs importants dans la prévention des entailles. N'oubliez pas que même des petits morceaux de papier ou des fils d'un chiffon en coton peuvent être nuisibles pour un roulement.

Fig. 13



## Lubrification

La méthode standard de classification du niveau de contamination dans un système de lubrification est décrite dans la norme ISO 4406:1999. Dans ce système de classification, le résultat d'un comptage des particules solides est converti en un code à l'aide d'une échelle (→ **tableau 17**). Il existe deux méthodes de contrôle du niveau de contamination :

- La méthode du comptage au microscope : cette méthode de comptage utilise deux codes d'échelle pour le nombre de particules  $\geq 5 \mu\text{m}$  et  $\geq 15 \mu\text{m}$ .
- La méthode de comptage automatique des particules : cette méthode utilise trois valeurs d'échelle pour le nombre de particules  $\geq 4 \mu\text{m}$ ,  $\geq 6 \mu\text{m}$  et  $\geq 14 \mu\text{m}$ .

En utilisant, par exemple, la méthode de comptage automatique des particules, SKF recommande de maintenir des niveaux de particules inférieurs ou égaux à une classification de niveau de contamination 18/15/12. Cela signifie que l'huile contient entre 1 300 et 2 500 particules  $\geq 4 \mu\text{m}$ , entre 160 et 320 particules  $\geq 6 \mu\text{m}$  et entre 20 et 40 particules  $\geq 14 \mu\text{m}$ . Des niveaux plus élevés sont acceptables pour les roulements au diamètre d'alésage  $> 100 \text{ mm}$ .

Un indice de filtre donne une indication de l'efficacité d'un filtre. L'efficacité des filtres est liée à une taille de particule spécifique. Il convient donc de tenir compte aussi bien de l'indice de filtre que de la taille de particule spécifiée.

Pour obtenir davantage d'informations sur la classification de la contamination et sur l'indice de filtre, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

### Contaminants liquides

Les contaminants liquides comprennent l'eau, le carburant, les sous-produits de processus et les produits chimiques tels que le glycol. Des extracteurs d'eau doivent être utilisés aux endroits où une contamination hydraulique est à prévoir. Le type d'extracteur d'eau dépend de l'évaluation du risque de pénétration d'eau dans le système de lubrification. Lorsque cela est nécessaire et réalisable du point de vue économique, une évacuation d'eau continue est recommandée.

Tableau 17

### Classification ISO de la contamination

Nombre de particules par millilitre d'huile Échelle

au-dessus de	à incl.	Échelle
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10

### Contaminants gazeux

La contamination par air ou par gaz réduit la viscosité de l'huile et augmente la formation de mousse. La mousse peut entraîner une perte d'huile.

### Produits de lubrification à l'huile SKF

SKF propose une vaste gamme de produits pour la gestion de l'huile et la maintenance des systèmes de lubrification (→ **Annexe L**, à partir de la **page 420**). Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) et [www.skf.com/lubrification](http://www.skf.com/lubrification).



## Systèmes de lubrification centralisée

Les systèmes de lubrification centralisée servent à lubrifier tous les points de frottement d'une machine à partir d'un réservoir central. Le lubrifiant est libéré aussi souvent que nécessaire et dans une quantité adéquate. Les huiles et graisses des classes NLGI allant jusqu'à 2 peuvent normalement être utilisées. Comme la pompabilité constitue un facteur décisif, des graisses des classes NLGI inférieures sont souvent utilisées.

**REMARQUE :** la maintenance des systèmes de lubrification centralisée se limite généralement au remplissage du réservoir de lubrifiant et à l'inspection occasionnelle des points de contact pour détecter d'éventuelles fuites d'huile. Suivez toutefois les instructions de maintenance fournies avec l'équipement.

### Choix du lubrifiant adéquat

De nombreux dysfonctionnements dans les systèmes de lubrification peuvent s'attribuer au mauvais choix de lubrifiant. Les lubrifiants utilisés dans les systèmes de lubrification centralisée doivent remplir les critères suivants :

- ne pas contenir de particules capables de passer à travers un filtre avec une finesse de filtration de 25 µm
- ne pas contenir d'air en forme de bulles (gaz non dissous) pour éviter l'intensification de la pression et un comportement non contrôlé du système de lubrification
- être compatibles avec les matériaux de tous les composants des montages de roulements, par ex., les joints
- résister à l'oxydation, c'est-à-dire avoir une bonne stabilité au vieillissement
- avoir un taux de ressuage d'huile convenable, car un ressuage excessif entraîne des pertes de pression et le blocage des systèmes
- rester homogène et maintenir une consistance uniforme à toutes les températures de fonctionnement envisagées
- ne pas contenir d'additifs solides qui pourraient impliquer l'accumulation de dépôts dans la pompe, les vannes et les distributeurs

Lorsque vous choisissez entre un système de lubrification à l'huile ou à la graisse, les aspects techniques et économiques sont décisifs. Les deux types de systèmes de lubrification centralisée sont comparés dans le **tableau 18, page 214**. SKF recommande d'utiliser de l'huile lorsque vous en avez la possibilité, mais plus particulièrement pour les applications telles que les machines-outils ainsi que les machines de transformation du bois, d'imprimerie et de traitement du plastique.

### Types de systèmes de lubrification centralisée

Techniquement parlant, les systèmes de lubrification centralisée sont divisés en deux groupes : les systèmes à lubrifiant perdu et les systèmes de lubrification par circulation, en fonction de si le lubrifiant est réutilisé ou non.

Les systèmes de lubrification centralisée quant à eux sont classés selon la manière dont ils fonctionnent (→ **tableau 19, page 215**). Le choix du système approprié dépend :

- des conditions de fonctionnement, par ex., la température de fonctionnement, la viscosité, la présence de sel dans l'atmosphère
- de la nécessité de précision quant à la quantité de lubrifiant
- de la géométrie et de la taille du système de lubrification
- des spécifications en matière de contrôle

SKF propose des systèmes de lubrification complets de pointe, ainsi que des solutions intégrées qui allient les connaissances de SKF en matière de tribologie (l'association des sciences du frottement, de l'usure et de la lubrification) et son expérience en termes de roulements, de joints et de maintenance conditionnelle.

Pour plus d'informations sur les systèmes de lubrification centralisée SKF, veuillez vous rendre sur notre site [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication). Pour obtenir une assistance technique sur les exigences spécifiques, veuillez contacter votre représentant SKF local.

## Lubrification

### Systèmes de lubrification à lubrifiant perdu

Dans les systèmes de lubrification à lubrifiant perdu :

- Le lubrifiant n'est pas réutilisé.
- Du lubrifiant frais est appliqué au niveau des points de frottement pendant le cycle de lubrification.
- La quantité de lubrifiant appliquée est la dose nécessaire pour former un film lubrifiant adéquat.
- Il n'y a pas de dissipation thermique.

La plupart des applications équipées de systèmes de lubrification centralisée s'occupent de la lubrification des parties mobiles.

La microlubrification (MQL) constitue un type spécifique de lubrification à lubrifiant perdu. Ces systèmes prennent en charge la lubrification des processus d'usinage, la pulvérisation ou le mouillage de surfaces. Avec la microlubrification, il est possible d'obtenir une lubrification efficace avec des quantités extrêmement petites d'huile en aérosol.

### Systèmes de lubrification par circulation

Dans les systèmes de lubrification par circulation :

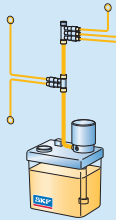
- Le lubrifiant est réutilisé, autrement dit, l'huile retourne dans le réservoir de lubrifiant pour être réutilisée après avoir été filtrée et mise à température.
- La chaleur liée au frottement et au processus est dissipée.
- Les vibrations sont amorties.
- Les particules abrasives, le condensat et l'eau de processus sont évacués.
- Les bulles d'air sont supprimées et la mousse est réduite.
- La formation de corrosion est évitée.

Tableau 18

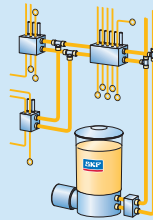
#### Comparaison des systèmes de lubrification centralisée à la graisse et à l'huile

Critères de sélection	Avantages / inconvénients	
	Graisse	Huile
<b>Pressions de service</b>	50 à 400 bar	14 bar
<b>Tuyauteries et raccords nécessaires</b>	Tuyauterie de grand diamètre (en raison d'une perte de pression excessive)	Tuyauterie de petit diamètre
<b>Puissance de pompe nécessaire</b>	Puissance relativement élevée	Faible puissance
<b>Contamination</b>	Les contaminants restent en suspension et peuvent se diriger vers la zone de frottement	Les contaminants se déposent au fond du réservoir
<b>Maintenance</b>	Le niveau de graisse du réservoir est difficile à mesurer Le remplissage de graisse n'est pas facile	Le niveau d'huile du réservoir est facile à mesurer Le remplissage d'huile est facile
<b>Possibilité de circulation du lubrifiant</b>	Pas possible	Relativement facile à faire
<b>Étanchéité</b>	Les roulements n'ont pas besoin d'être étanchéifiés Le lubrifiant remplit une fonction d'étanchéité	Le montage de roulement doit être étanchéifié pour éviter les fuites d'huile et la contamination des alentours Le lubrifiant ne protège pas contre les contaminants
<b>Possibilités de refroidissement et de rinçage</b>	Aucune	Oui

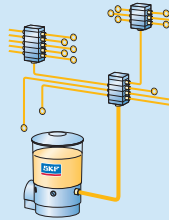
## Systèmes de lubrification centralisée SKF



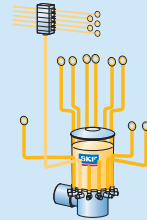
SKF Monoflex



SKF Duoflex

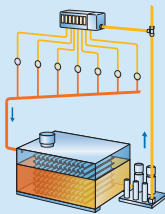


SKF ProFlex

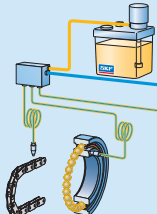


SKF Multiflex

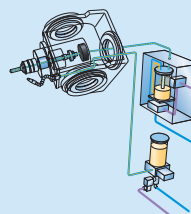
Type	Simple ligne	Double ligne	Progressif	Multiligne
<b>Lubrifiants appropriés</b>	Huile Graisse de classe NLGI de 000 à 2	Huile Graisse de classe NLGI de 000 à 3	Huile Graisse de classe NLGI de 000 à 2	Huile Graisse de classe NLGI de 000 à 3
<b>Exemples d'applications</b>	Machines-outils, imprimerie, textile et applications tout-terrain	Machines de métallurgie, industrie de la pâte et du papier, mines et usines de ciment, grues de pont, centrales électriques	Presses industrielles et d'imprimerie, applications tout-terrain, éoliennes	Industrie des hydrocarbures, applications industrielles lourdes



SKF CircOil



SKF Oil+Air



SKF LubriLean

Type	Circulation d'huile	Huile et air	Microlubrification (MQL)
<b>Lubrifiants appropriés</b>	Huile	Huile	Huile
<b>Exemples d'applications</b>	Industrie de la pâte et du papier, machines de métallurgie, applications industrielles lourdes	Machines-outils, applications à chaînes, industrie sidérurgique	Machines-outils



# Inspection

<b>Introduction</b> . . . . .	<b>218</b>
Méthodologies de maintenance . . . . .	218
<b>Inspection des roulements pendant leur fonctionnement</b> . . . . .	<b>220</b>
Surveillance du bruit . . . . .	221
Surveillance de la température . . . . .	221
Surveillance des conditions de lubrification . . . . .	222
Surveillance des vibrations des roulements . . . . .	222
Mesure des vibrations . . . . .	223
Analyse de la fréquence de défaillance des roulements . . . . .	224
<b>Inspection pendant un arrêt machine</b> . . . . .	<b>224</b>
Inspection des roulements . . . . .	225
Inspection des faces d'appui de joint . . . . .	226

# Introduction

Les pannes prématurées de roulements, sont souvent dues à des charges inattendues pendant le fonctionnement de la machine, telles qu'un déséquilibre ou un défaut d'alignement par exemple. Il est capital de s'assurer du bon fonctionnement des roulements lors de l'inspection des équipements. En effet, une défaillance catastrophique du roulement entraîne des dommages aux composants associés et peut mener à une défaillance de la machine.

Aujourd'hui, il existe trois approches différentes de la maintenance des roulements et des machines, à savoir la maintenance : curative, préventive et prédictive. L'approche proactive, qui combine le meilleur des trois pratiques, est la plus recommandée.

La maintenance conditionnelle recouvre toutes les mesures de surveillance des machines grâce à une large gamme d'instruments. La maintenance conditionnelle à paramètres multiples est la technique la plus courante et la surveillance des vibrations est la méthode la plus utilisée pour surveiller l'état d'une machine. L'avantage d'une approche à paramètres multiples est qu'elle permet au système de surveillance non seulement de prendre en compte les roulements mais également de considérer la machine dans son ensemble. Corriger les défauts de la machine à un stade précoce de leur développement permet de protéger les roulements.

Les roulements tout comme les machines dans lesquelles ils sont montés peuvent être inspectés soit pendant le fonctionnement de ces dernières soit à l'arrêt, en fonction de la nature de l'activité. SKF propose une large gamme d'instruments à la pointe de la technologie dédiée à l'activité d'inspection.

## Méthodologies de maintenance

L'expérience montre que les stratégies de maintenance varient considérablement d'une usine à l'autre. Toutefois, les méthodologies utilisées pour la mise en œuvre des différentes stratégies de maintenance peuvent, en général, être classées dans un certain nombre de catégories courantes (→ **diagramme 1**).

La maintenance curative reflète l'absence d'une stratégie de maintenance organisée mais peut, dans certaines situations, s'avérer être l'approche la plus appropriée. Par nature, les

Pour plus d'informations sur la maintenance conditionnelle SKF, rendez-vous sur [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm) ou [www.apitudexchange.com](http://www.apitudexchange.com).

Pour plus d'informations sur les instruments de maintenance conditionnelle SKF et les produits de maintenance SKF, rendez-vous sur [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm) et [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Le SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) propose une large gamme de formations recouvrant des sujets tels que l'analyse des vibrations et la thermographie (→ *Formation*, à partir de la **page 326**).

Pour plus d'informations, veuillez contacter votre interlocuteur SKF habituel ou rendez-vous sur [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

activités de maintenance curative ne peuvent pas être anticipées. Elles peuvent toutefois être planifiées de manière à minimiser l'impact des perturbations sur les activités prévues.

La maintenance préventive est une routine ou un processus planifié basé sur la prévention de dysfonctionnements inattendus au moyen de procédures de maintenance correctes et de bonnes pratiques de maintenance. La compréhension des motifs de défaillance des machines et la mise en place d'une stratégie de maintenance adaptée ont un profond impact sur les performances de maintenance et de fonctionnement.

La maintenance prédictive (PdM) peut être définie comme un processus de maintenance basé sur l'inspection des machines, la surveillance et la prédiction. La maintenance conditionnelle des machines comprend différents instruments et différentes techniques, par exemple la surveillance des vibrations.

Il est évident qu'aucune des méthodologies de maintenance mentionnées précédemment et considérée individuellement, ne constitue une solution de maintenance idéale. La véritable solution est une combinaison de ces méthodologies.

La maintenance proactive est un processus structuré et dynamique destiné à appliquer la combinaison appropriée des méthodologies de maintenance curative, préventive et prédictive.

Pour une efficacité maximale, SKF recommande d'adopter une méthodologie qui facilite le partage des données au sein de l'entreprise et qui permet la mise en œuvre d'une fiabilité pilotée par l'opérateur.

Diagramme 1

## Différentes méthodologies de maintenance

Efficacité maximale



Fiabilité pilotée par l'opérateur

**Fiabilité pilotée par l'opérateur (ODR)**

Les opérateurs de première ligne sont responsables de leurs machines. Ils identifient, décrivent et transmettent à l'équipe de l'usine toutes les informations utiles afin de maintenir les machines en parfait état de marche.

Maintenance proactive

**Maintenance proactive (PRM)**

La maintenance prédictive est utilisée pour identifier les causes profondes des problèmes de machine et des processus de fabrication; les arrêts-machines imprévus sont réduits de manière significative. Le temps moyen entre les défaillances (MTBF) des machines et composants est considérablement amélioré.

Maintenance prédictive

**Maintenance prédictive (PdM)**

L'état des machines est évalué à l'aide de techniques de maintenance conditionnelle; les arrêts-machines sont planifiés en fonction des problèmes identifiés par des équipements sophistiqués de surveillance des vibrations et de maintenance conditionnelle; les arrêts non planifiés sont considérablement réduits.

Maintenance préventive

**Maintenance préventive (PM)**

Les arrêts planifiés sont organisés de manière à permettre une révision des équipements à intervalles prédéterminés; les efforts de maintenance ne se fondent pas sur une évaluation de l'état de la machine en cours de fonctionnement.

Maintenance curative/corrective

**Maintenance curative/corrective**

L'approche consiste à attendre une rupture de la pièce pour entreprendre une réparation; des arrêts non planifiés surviennent quand la machine tombe en panne.

Efficacité minimale

## Inspection des roulements pendant leur fonctionnement

Les roulements sont des composants vitaux de toute machine comportant des pièces en rotation et doivent être attentivement surveillés. Des signes précoces de dommages des roulements permettent de les remplacer dans le cadre des mesures de maintenance planifiées et ainsi d'éviter des arrêts machines imprévus dus à une défaillance des roulements.

**REMARQUE :** Les roulements de machines critiques ou utilisés dans des environnements difficiles doivent être surveillés plus souvent !

Il existe différents instruments et différentes méthodes pour surveiller les performances des roulements et des composants de la machine pendant leur fonctionnement. Les paramètres importants qui permettent de mesurer l'état des machines pour une performance optimisée des roulements sont, entre autres, le bruit, la température et les vibrations.

Les roulements usés ou endommagés montrent en général des symptômes identifiables. Les causes possibles sont nombreuses et doivent être explorées

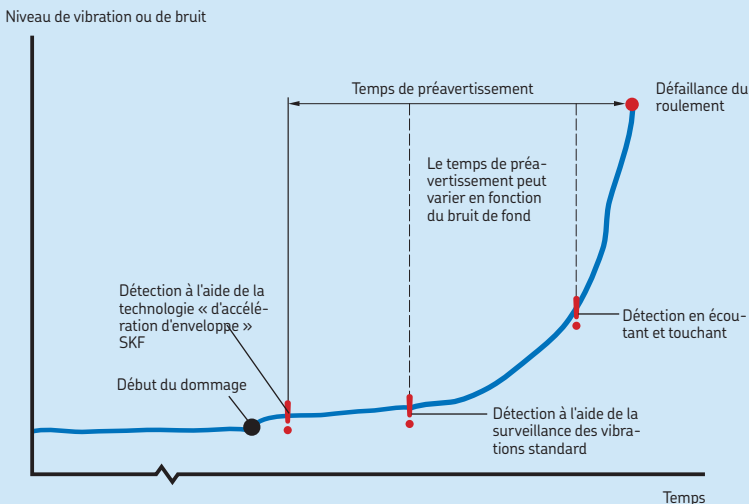
(→ *Résolution des problèmes*, à partir de la **page 228**).

Pour des raisons pratiques, il peut être difficile de surveiller toutes les machines ou seulement certaines fonctions de celles-ci à l'aide de systèmes développés. Dans ces cas-là, les zones à problèmes peuvent être détectées en observant ou en écoutant la machine. Toutefois, cette méthode, qui se base sur les sens humains, a ses limites en termes de détection de problèmes. Le dommage peut avoir eu le temps de s'aggraver avant même que la détérioration ne soit détectable. L'avantage des technologies objectives, comme l'analyse vibratoire, par exemple, est qu'elles permettent de détecter les défauts à un stade précoce de leur développement (→ **diagramme 2**).

Afin de prendre des mesures précises et obtenir des résultats fiables, SKF recommande d'utiliser des instruments de maintenance conditionnelle professionnels. Pour une vue d'ensemble des instruments de maintenance conditionnelle proposés par SKF, reportez-vous à l'**annexe N**, à partir de la **page 432**. Pour des informations détaillées sur ces produits et d'autres produits associés, rendez-vous sur [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm) et [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Diagramme 2

### L'avantage d'une maintenance conditionnelle avancée





**ATTENTION :** Ne confondez pas détection et analyse. Remplacer un roulement endommagé après avoir détecté de hauts niveaux de vibration ne résout que provisoirement le problème ! La cause profonde des vibrations doit être identifiée, analysée et éliminée.

### Surveillance du bruit

Un moyen courant d'identifier une irrégularité dans le fonctionnement d'un roulement est d'écouter. Les roulements en bon état produisent un bruit de « ronronnement » régulier. Des grincements, couinements et autres bruits anormaux indiquent généralement un mauvais état des roulements ou la présence d'un autre défaut.

La large gamme de sons produits par les machines inclut également des composants ultrasoniques à ondes courtes de nature extrêmement directionnelle. Des instruments, par exemple des sondes ultrasoniques, peuvent isoler ces ultrasons aériens des bruits ambiants des machines et de l'usine, afin d'en localiser avec précision la source.

Un autre instrument apprécié pour l'identification des composants de machine problématiques ou de roulements endommagés est le stéthoscope électronique SKF (→ **fig. 1**), qui détecte, localise et diagnostique la source de toutes sortes de bruits de machines.



Fig. 1



Fig. 2

### Surveillance de la température

Il est important de surveiller la température du roulement selon toutes ses conditions de fonctionnement. Si ces conditions restent stables, une augmentation de la température indique souvent une défaillance imminente du roulement. Gardez toutefois à l'esprit qu'une augmentation naturelle de la température pendant un ou deux jours se produit normalement immédiatement après la lubrification des roulements et après chaque relubrification (période de rodage).

Les thermomètres avec et sans contact (→ **fig. 2**) de la gamme SKF peuvent être utilisés pour mesurer des températures. Les thermomètres sans contact sont particulièrement utiles dans les zones difficiles ou dangereuses d'accès.

De plus, les appareils photos et caméras thermiques SKF utilisent des ondes infrarouges pour « voir » des anomalies thermiques ou des « points chauds » indétectables à l'œil nu. L'ins-

pection thermographique infrarouge peut révéler des problèmes potentiels et localiser des zones sensibles sans avoir à interrompre la production.

**REMARQUE :** Dans les applications où la bague intérieure tourne, la température du palier est, en général, inférieure de 5 °C à celle de la bague extérieure du roulement et de 10 °C à celle de la bague intérieure.

### Surveillance des conditions de lubrification

Seule une lubrification adaptée permet aux roulements d'atteindre un niveau de performance maximal. Aussi, les conditions de lubrification d'un roulement doivent être surveillées attentivement. L'état du lubrifiant lui-même doit également être évalué périodiquement. Pour cela, le meilleur moyen est de prélever quelques échantillons (de préférence en différents points) et de les faire analyser. Le kit de test de graisse SKF (→ **fig. 3**) est un outil utile pour analyser toutes les données relatives à l'état des graisses sur le terrain.

En général, l'analyse du lubrifiant a pour principal objectif d'évaluer l'état du lubrifiant et de la machine. La surveillance de l'état de l'huile, par exemple, offre la possibilité de prolonger les intervalles de relubrification permettant ainsi de réaliser de considérables économies d'huile et de réduire ainsi les arrêts machines.

SKF recommande de suivre les lignes directrices générales suivantes pour les activités d'inspection liées à la lubrification :

- 1 Contrôlez les zones autour du roulement pour détecter une éventuelle fuite du lubrifiant.
- 2 Examinez toutes les fuites de lubrifiant. Les fuites sont en général dues à des joints usés, défectueux, des faces d'appui de joint endommagées, ou une contamination liquide, par exemple de l'eau dans la graisse, ou des bouchons desserrés. Elles peuvent également résulter de mauvaises connexions entre les surfaces de contact, par exemple entre un palier et un couvercle d'obturation, ou de la séparation de l'huile de son épaississant par la mise en émulsion de la graisse.

**REMARQUE :** Les joints en caoutchouc sont conçus pour permettre une légère fuite de lubrifiant afin de lubrifier la face d'appui du joint.

- 3 Maintenez les collerettes de protection et les joints à chicane remplis de graisse pour une protection maximale.
- 4 Contrôlez que les systèmes de lubrification automatique fonctionnent correctement et fournissent la quantité de lubrifiant appropriée aux roulements.



Fig. 3

- 5 Contrôlez le niveau de lubrifiant dans les carters et réservoirs et faites l'appoint si nécessaire.
- 6 Regraissez les roulements aux endroits et moments appropriés (→ *Relubrification*, à partir de la **page 192**).

Pour des informations sur l'analyse du lubrifiant, le regraissage et les renouvellements d'huile, consultez le chapitre *Lubrification*, à partir de la **page 178**.

### Surveillance des vibrations des roulements

Les vibrations doivent être surveillées pour trois raisons fondamentales :

- Toutes les machines vibrent.
- L'apparition d'un problème mécanique s'accompagne en général d'une augmentation des niveaux de vibration.
- La nature de la défaillance peut être déterminée à partir des caractéristiques de vibration.

Chaque problème mécanique génère une fréquence de vibration unique. Cette fréquence doit donc être analysée afin d'identifier la cause profonde. Pour capturer la fréquence de vibration, un transducteur (capteur piézoélectrique) est placé à un endroit stratégique sur la machine. Une large gamme de fréquences peut être générée par différents défauts de machine :

- gamme de basses fréquences, 0 à 2 kHz
- gamme de hautes fréquences, 2 à 50 kHz
- gamme de très hautes fréquences, > 50 kHz

Les vibrations à basse fréquence sont dues, par exemple, à une résonance structurelle, un défaut d'alignement ou un desserrage mécanique. Les hautes et très hautes fréquences incluent celles générées par les dommages (défauts) de roulements. Par conséquent, en mesurant l'amplitude en termes d'accélération, il est possible d'anticiper et d'identifier avec précision les problèmes liés au roulement.

### Mesure des vibrations

#### Où prendre des mesures

Les vibrations doivent être mesurées, par exemple à l'aide du détecteur d'état MCA « SKF Machine Condition Advisor » (→ fig. 4), dans trois directions différentes à chaque position de roulement sur une machine (→ fig. 5).

En général, les mesures horizontales indiquent plus de vibrations que les mesures verticales car une machine est normalement plus flexible sur le plan horizontal. Le déséquilibre, par exemple, produit des vibrations radiales à la fois verticales et horizontales. Des vibrations horizontales excessives sont souvent un signe fiable de déséquilibre.

Les mesures axiales ne révèlent généralement que peu de vibrations mais elles indiquent alors un défaut d'alignement et/ou un arbre fléchi.



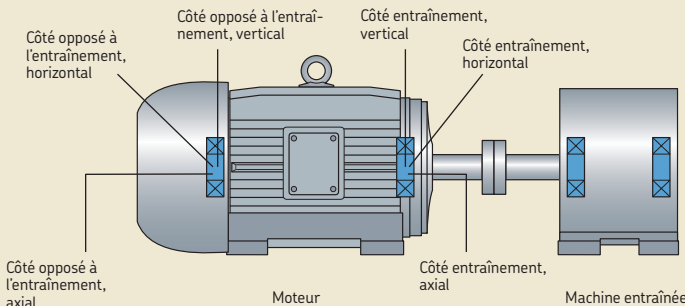
Fig. 4

#### Quand prendre des mesures

Le moment idéal pour mesurer les vibrations est lorsque la machine fonctionne dans des conditions normales, c'est-à-dire lorsque les roulements ont atteint leur température de fonctionnement normale et que la vitesse de la machine est conforme aux spécifications. Pour les machines à vitesse variable, les mesures doivent toujours être prises au même point dans le cycle du processus.

**REMARQUE :** À des fins de comparaison, l'endroit et le type de mesure ainsi que les conditions de fonctionnement doivent être identiques à chaque fois qu'une mesure est effectuée.

Fig. 5



## Inspection

### Analyse de la fréquence de défaillance des roulements

Chaque roulement génère un signal à basse fréquence. La fréquence du signal dépend du nombre et de la dimension des éléments roulants, de l'angle de contact du roulement et du diamètre primitif des éléments roulants.

À chaque fois qu'un défaut du roulement est rencontré, un signal à haute fréquence est généré, entraînant un pic d'amplitude du signal. Le taux de ces pics est fonction de la vitesse, de la position du défaut sur le roulement et de la géométrie interne de ce dernier.

Pour surveiller l'état d'un roulement, on utilise une technique appelée accélération d'enveloppe ou enveloppement. L'enveloppement isole le signal à haute fréquence généré par le défaut d'autres fréquences structurelles ou rotationnelles se produisant naturellement dans la machine (→ **diagramme 3**).

### Calcul de la fréquence des défaillances des roulements

Chaque composant de roulement présente une fréquence de défaut unique, ce qui permet à un spécialiste de localiser avec précision le dommage.

Les fréquences de défaut suivantes peuvent être calculées :

- BPF0 : fréquence de passage des billes/rouleaux sur la ou les pistes de bague extérieure [Hz]
- BPF1 : fréquence de passage des billes/rouleaux sur la ou les pistes de bague intérieure [Hz]
- BSF : fréquence de rotation des billes/rouleaux [Hz]
- FTF : fréquence de rotation de la cage (fréquence fondamentale du train) [Hz]

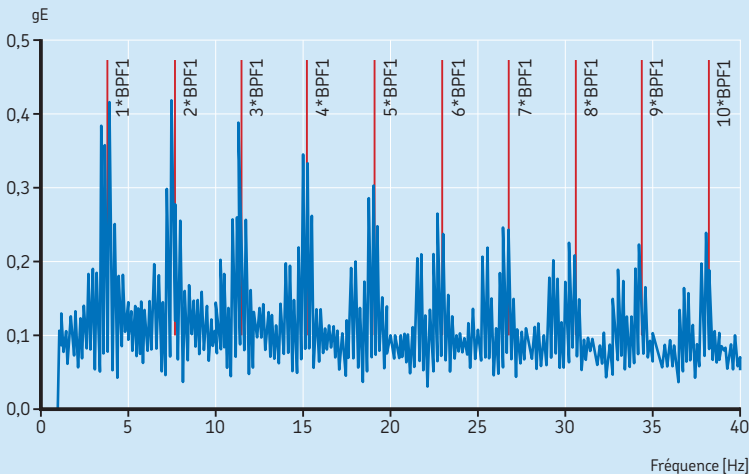
Un programme permettant de calculer les fréquences de défaillance des roulements et donc de localiser avec précision les dommages est disponible sur le site [www.skf.com](http://www.skf.com).

## Inspection pendant un arrêt machine

Un arrêt de fonctionnement d'une machine donne l'occasion d'évaluer l'état des roulements, joints, paliers, faces d'appui des joints et du lubrifiant. Une inspection générale peut souvent être réalisée en enlevant le chapeau du palier. Pour une inspection plus détaillée, les roulements doivent d'abord être nettoyés. Si un roulement semble endommagé, il doit être démonté et soigneusement inspecté.

Diagramme 3

### Analyse de l'accélération d'enveloppe



L'alignement d'arbre et de courroie ainsi qu'une inspection minutieuse des fondations et de l'extérieur de la machine peuvent également être effectués pendant un arrêt machine. Tout défaut, que ce soit une cale manquante ou des fondations en cours de détérioration, est susceptible de nuire au bon fonctionnement de la machine. Plus le problème est identifié tôt, plus l'action corrective peut être appliquée rapidement.

Pour plus d'informations sur l'alignement des machines, reportez-vous au chapitre *Alignement*, à partir de la **page 158**.

**ATTENTION :** Remplacez les roulements si ils sont endommagés (et les composants associés tels que les joints, rondelles, écrous et manchons associés si nécessaire). Le montage de nouveaux roulements pendant un arrêt planifié régulièrement coûte beaucoup moins cher que si cette mesure doit être effectuée pendant un arrêt machine imprévu dû à une défaillance prématurée des roulements.

## Inspection des roulements

Les roulements ne sont pas toujours facilement accessibles. Cependant, des contrôles visuels peuvent être effectués lorsque les roulements sont partiellement exposés. Le plus pratique est d'inspecter les roulements pendant l'opération de maintenance dite « de routine ».

Dans les cas où l'accès aux roulements pour inspection est difficile ou prend trop de temps, un endoscope SKF (→ **fig. 6**) peut s'avérer utile. Cet endoscope comporte, par exemple, un tube d'insertion à petit diamètre, un écran LCD et une fonction d'enregistrement d'images.

Lors de l'inspection d'un roulement monté, SKF recommande de suivre les lignes directrices générales suivantes :

**REMARQUE :** Prenez des photos pendant tout le processus d'inspection afin de documenter l'état du roulement, du lubrifiant et de la machine en général.

### Préparation

**1** Nettoyez la surface externe de la machine afin d'empêcher la pénétration de poussière et de saleté dans l'ensemble-roulement pendant l'inspection.



Fig. 6

### ATTENTION

Pour minimiser les risques de blessures graves, prenez les mesures de verrouillage/étiquetage requises avant de commencer tout travail.

- 2** Retirez le couvercle du palier ou, pour un palier en deux parties, le chapeau, de manière à exposer le roulement.
- 3** Prélevez un peu de lubrifiant sur la semelle du palier pour l'analyser.
- 4** Pour les roulements ouverts lubrifiés à la graisse, prélevez quelques échantillons de lubrifiant à différents endroits afin de les analyser. Inspectez visuellement l'état du lubrifiant. Les impuretés peuvent souvent être détectées simplement en frottant du lubrifiant entre le pouce et l'index. Une autre méthode est d'étaler une fine couche sur une feuille de papier et de l'examiner sous une lampe.
- 5** Nettoyez les surfaces externes exposées du roulement à l'aide d'un chiffon non pelucheux.

**ATTENTION :** Le contact direct avec des produits pétroliers peut causer des réactions allergiques. Utilisez des lunettes et gants de protection SKF lors de la manipulation de solvants et du nettoyage de roulements !

## Inspection

### Inspection

- 1 Inspectez les surfaces externes exposées du roulement pour détecter toute rouille de contact. En cas de rouille de contact modérée, éliminez-la à l'aide de papier abrasif fin humide et sec.
- 2 Inspectez les bagues du roulement pour détecter toute fissure.
- 3 Pour des roulements étanches, inspectez le degré d'usure des joints.
- 4 Tournez très lentement l'arbre en étant attentif à une éventuelle résistance dans la rotation. Un roulement en bon état tourne sans à-coups.

Si une inspection plus détaillée des roulements ouverts graissés est requise, continuez comme suit :

- 5 Éliminez toute la graisse de la semelle du palier.
- 6 Éliminez autant de graisse que possible du roulement à l'aide d'un racleur non métallique.

**REMARQUE :** Conservez un échantillon représentatif de la graisse pour une analyse plus approfondie (→ **fig. 7**).

- 7 Nettoyez le roulement à l'aide d'un solvant à base de pétrole en pulvérisant le solvant dans le roulement. Tournez très lentement l'arbre pendant que vous le nettoyez et continuez à pulvériser jusqu'à ce que le solvant ne recueille plus de saleté ni de graisse. Pour les roulements de grande dimension contenant une accumulation de lubrifiant très oxydé, nettoyez à l'aide d'une puissante solution alcaline constituée de 10 % de soude caustique et de 1 % d'agent mouillant.
- 8 Séchez le roulement avec un chiffon non pelucheux ou de l'air comprimé propre et sec.
- 9 Utilisez un endoscope pour inspecter les pistes de roulement, les cage(s) et les éléments roulants afin de détecter les écaillages, marques, rayures, stries, décolorations et zones polies. Si nécessaire, mesurez le jeu interne radial du roulement (pour déterminer la présence d'usure) et vérifiez qu'il est conforme aux spécifications.
- 10 Si l'état du roulement est satisfaisant, appliquez immédiatement la graisse appropriée sur le roulement et fermez le palier. S'il apparaît que le roulement est endommagé, démontez-le (→ *Démontage*, à partir de la **page 252**) et protégez-le contre la corrosion. Puis réalisez une analyse complète (→ *Dommages des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**).

**REMARQUE :** Certains roulements de grande et moyenne dimension peuvent être rénovés. Pour plus d'informations, consultez la section *Rénovation et remise à neuf*, à la **page 331**.

### Inspection des faces d'appui de joint

Pour être efficace, une lèvres de joint doit être en contact avec une face d'appui lisse. Si la face d'appui est usée ou endommagée, la lèvres de joint ne fonctionnera pas correctement. Ceci est particulièrement important lors de l'installation d'un joint neuf. Si le joint neuf est placé contre une face d'appui usée ou endommagée, il n'assurera pas une bonne étanchéité ou subira une défaillance de manière prématurée.

La face d'appui du joint doit donc être réparée avant l'installation de joints neufs.

Lors de l'inspection de la face d'appui du joint, contrôlez également la présence éventuelle de rouille de contact. En cas de rouille de contact

Fig. 7



Graisse fraîche :  
couleur brune

Graisse usagée :  
couleur jaune



Fig. 8

modérée, éliminez-la à l'aide de papier abrasif fin humide et sec.

**REMARQUE :** Les arbres et autres composants qui présentent des faces d'appui de joint usées ou endommagées ne doivent pas impérativement être remplacés. Ils peuvent être reconstruits et réusinés. Dans certains cas précis, un manchon SKF SPEEDI-SLEEVE (pour des diamètres d'arbre  $\leq 203$  mm) ou un manchon d'usure de gros diamètre (LDSL) (pour des diamètres d'arbre  $> 203$  mm) représentent une excellente manière de réparer les rainures d'usure à faible coût ( $\rightarrow$  fig. 8). Pour plus d'informations sur les manchons d'usure SKF, reportez-vous à la section *Réparation d'un arbre usé à l'aide d'un manchon d'usure SKF*, à partir de la **page 152**.



SKF

TOOL  
RELEASE



# Résolution de problèmes

<b>Introduction</b> . . . . .	<b>230</b>
Les raisons des défaillances des roulements. . . . .	230
Facteurs qui influencent la durée de service des roulements . . . . .	230
<b>Résolution de problèmes.</b> . . . . .	<b>232</b>
Symptômes courants de problèmes de roulements . . . . .	232
Les problèmes et leurs solutions . . . . .	235

## Introduction

### Les raisons des défaillances des roulements

Seule une petite portion de l'ensemble des roulements en fonctionnement connaissent des défaillances (→ **diagramme 1**). Pour la plupart d'entre eux (environ 90 %), leur durée de vie dépasse celle des équipements où ils sont installés. Un certain nombre de roulements (9,5 %) sont remplacés avant que la défaillance ne survienne pour des raisons de sécurité (de prévention). Environ 0,5 % des roulements sont remplacés suite à leur endommagement ou à une défaillance.

Plusieurs raisons peuvent expliquer l'endommagement ou la défaillance d'un roulement, notamment :

- la fatigue
- des joints inefficaces
- une lubrification inappropriée
- des charges supérieures à celles prévues
- des ajustements mal faits ou inappropriés
- une mauvaise installation

Chacune de ces situations produit un dommage bien particulier sur le roulement et laisse une empreinte appelée une marque (→ *Marque de passage*, à partir de la **page 291**). Par conséquent, l'examen approfondi du type d'un roulement endommagé, permet, dans la majorité des cas, de trouver la cause première de ce dommage. À partir des résultats obtenus, des

Pour obtenir davantage d'informations sur les instruments de maintenance conditionnelle et les produits de maintenance SKF, visitez [www.skf.com/com](http://www.skf.com/com) et [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF propose une vaste gamme de services de maintenance mécanique (→ *Services de maintenance mécanique*, **page 330**) et le SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) propose une gamme complète de formations (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Veuillez contacter votre représentant SKF local pour davantage d'informations ou visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

mesures correctives peuvent être prises pour éviter que le problème ne se reproduise.

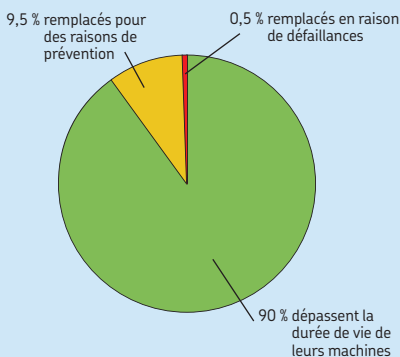
Parmi les roulements subissant des défaillances, en général :

- 1/3 le fait en raison de la fatigue
- 1/3 le fait en raison de problèmes de lubrification
- 1/6 le fait en raison de la contamination
- 1/6 le fait pour d'autres raisons (par exemple, manipulation et montage inadéquats)

Les chiffres varient en fonction du secteur industriel. Dans le secteur des pâtes et papiers, par exemple, les principales causes de défaillance des roulements sont la contamination et une mauvaise lubrification, mais pas la fatigue.

Diagramme 1

#### Durée de vie et défaillance des roulements



### Facteurs qui influencent la durée de service des roulements

D'une manière générale, la durée de vie des roulements installés dans une application est calculée (→ *Durée de vie des roulements*, à partir de la **page 27**). Le fait que les roulements atteignent ou pas, voire dépassent la durée de vie calculée dépend d'un certain nombre de facteurs :

#### • La qualité des roulements

Seuls les roulements fabriqués selon les normes de qualités les plus strictes peuvent avoir une longue durée de service.

- **Le stockage**

Un stockage correct des roulements constitue une partie importante du stockage en lui-même. Évitez les excès de stock et appliquez le principe du « premier entré, premier sorti » pour vous assurer que des roulements « frais » se trouvent sur l'étagère. Cet aspect est particulièrement important pour les roulements équipés de joints ou de flasques, car ils sont lubrifiés en usine et la graisse a une durée de stockage limitée. N'oubliez pas non plus que l'évolution rapide des technologies de fabrication implique que les roulements d'aujourd'hui ont une durée de vie beaucoup plus longue que ceux fabriqués il y a 10 ou 15 ans. Pour obtenir davantage d'informations sur le stockage des roulements, veuillez vous reporter à la section *Stockage des roulements, des joints et des lubrifiants*, à partir de la **page 41**.

- **L'application**

L'application doit utiliser les roulements adéquats.

- **Le montage**

Les roulements ne fonctionneront correctement que s'ils sont montés correctement (→ *Montage des roulements*, à partir de la **page 44**). De mauvaises techniques de montage peuvent facilement endommager les roulements et provoquer des défaillances prématurées.

- **La lubrification**

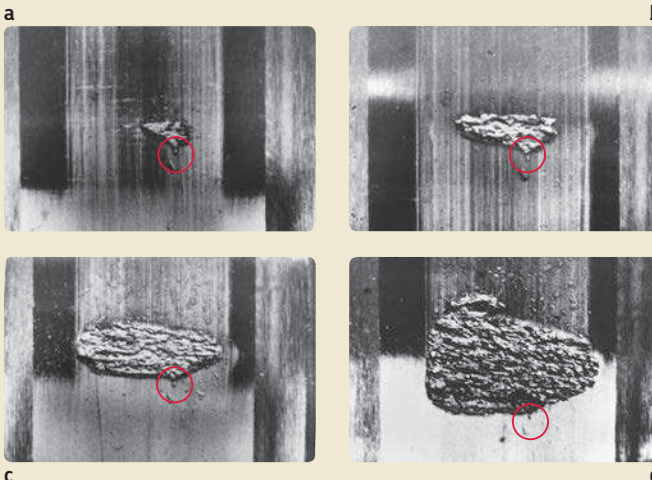
Différentes conditions de fonctionnement nécessitent des lubrifiants et des intervalles de relubrification différents. C'est pourquoi il est important non seulement d'appliquer le bon lubrifiant, mais également d'en appliquer la bonne quantité, au bon moment, en utilisant la bonne méthode (→ *Lubrification*, à partir de la **page 178**).

- **La solution d'étanchéité**

Le but d'un joint est de retenir les lubrifiants à l'intérieur du roulement et les contaminants à l'extérieur. Une défaillance prématurée d'un roulement peut se produire si l'application n'est pas bien étanchéifiée.

Si l'un de ces facteurs est déficient, la durée de service du roulement peut être compromise.

Fig. 1



**Progression de l'endommagement**

Un contaminant dur a été écrasé et a provoqué une empreinte sur le chemin (a). La fatigue du matériau a débuté juste en dessous de l'empreinte. Après un certain temps, l'écaillage devient de plus en plus important (b, c). Si la machine n'est pas arrêtée à temps, des dommages secondaires peuvent se produire au niveau des composants de la machine. La source du dommage peut même avoir (complètement) disparu (d).

## Résolution de problèmes

S'ils sont tous bien en place, vous pourrez prévoir une longue durée de service.

Prenez par exemple une application dont le système d'étanchéité est inadapté. Lorsque les contaminants sous forme de particules pénètrent à travers le joint, les éléments roulants peuvent passer par-dessus. Le passage crée des empreintes dans les chemins (→ **fig. 1**). Les particules dures peuvent produire des empreintes aux coins pointus. Lorsque la zone autour des empreintes est soumise à des contraintes, la fatigue de la surface débute et le métal commence à se décoller du chemin. Ce phénomène s'appelle l'écaillage. Une fois que l'écaillage se produit, les dommages progressent jusqu'à ce que le roulement devienne inutilisable.

Le temps écoulé entre le premier dommage (initial) et le moment où le roulement devient inutilisable peut varier considérablement. À grande vitesse, il peut s'agir d'une question de secondes. Dans les machines lentes et de grandes dimensions, cela peut prendre des mois. Il est plus facile de répondre à la question « quand dois-je remplacer le roulement ? » en contrôlant l'état du roulement (→ *Inspection*, à partir de la **page 216**).

Si un roulement endommagé n'est pas diagnostiqué et n'est pas remplacé avant d'être définitivement hors service, des dommages secondaires peuvent se produire sur la machine et ses composants. De même, lorsqu'un roulement cesse de fonctionner, il peut être difficile, voire impossible de déterminer la source de la défaillance.

## Résolution de problèmes

Les roulements qui ne sont pas utilisés correctement présentent souvent des symptômes identifiables. La meilleure manière d'identifier les symptômes et de prendre les mesures correctives à un stade précoce est de mettre au point un programme de maintenance conditionnelle dans toute l'usine (→ *Inspection*, à partir de la **page 216**).

Pour les cas où un équipement de maintenance conditionnelle n'est pas disponible ou pratique à utiliser, la section suivante donne des conseils utiles pour identifier les symptômes les plus courants, leurs causes, et le cas échéant, leurs solutions pratiques. En fonction du degré d'endommagement du roulement, certains symp-

Tableau 1

### Symptômes courants de problèmes de roulements

- A Chaleur excessive → **tableau 1a**
- B Niveaux sonores excessifs → **tableau 1b**
- C Niveaux de vibrations excessifs → **tableau 1c, page 234**
- D Mouvement excessif de l'arbre → **tableau 1d, page 234**
- E Moment de frottement excessif pour tourner l'arbre → **tableau 1e, page 235**

tômes peuvent être trompeurs et sont dans de nombreux cas le résultat de dommages secondaires. Pour résoudre les problèmes de roulements avec efficacité, il est nécessaire d'analyser les symptômes en fonction de ceux qui ont été observés en premier lieu dans l'application. Ce sujet est abordé plus en détail dans le chapitre *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.

### Symptômes courants de problèmes de roulements

Les symptômes de problèmes au niveau du roulement peuvent souvent se réduire à quelques symptômes courants décrits dans cette section. Chaque symptôme est divisé en catégories de situations pouvant provoquer ces symptômes (→ **tableau 1**). Un code numérique est attribué à chaque situation et fait référence à des solutions pratiques pour cette situation en particulier (→ **tableau 2**, à partir de la **page 236**).

**REMARQUE :** Les solutions aux problèmes présentées dans ce chapitre doivent être utilisées à titre de recommandation uniquement.

Tableau 1a

Symptôme : A. Chaleur excessive

Code de solution	Cause probable
	<b>Problème de lubrification</b>
1	Manque de lubrifiant – trop peu de graisse ou niveau d'huile trop bas
2	Excès de lubrifiant – trop de graisse sans possibilité d'évacuation ou niveau d'huile trop élevé
3	Mauvais type de lubrifiant – mauvaise consistance, mauvaise viscosité, mauvais additifs
4	Mauvais système de lubrification
	<b>État des joints</b>
5	Joints du palier trop serrés ou d'autres éléments bloquent les joints
6	Plusieurs joints dans un montage de roulement (palier)
7	Défaut d'alignement des joints externes (du palier)
8	Vitesse de fonctionnement trop élevée pour les joints à frottement dans un roulement
9	Joints mal lubrifiés
10	Joints orientés dans la mauvaise direction
	<b>Jeu insuffisant lors du fonctionnement</b>
11	Mauvais choix du jeu interne initial du roulement
12	Dilatation du matériau de l'arbre supérieure à celle de l'acier du roulement (par ex., acier inoxydable)
13	Grande différence de températures entre l'arbre et le palier (palier beaucoup plus froid que l'arbre)
14	Enfoncement axial excessif sur une portée conique – roulement coincé dans un palier ovale
15	Faux-rond excessif au niveau de l'arbre ou du palier
16	Ajustement serré de l'arbre excessif ou diamètre de portée de l'arbre surdimensionné
17	Ajustement serré du palier excessif ou diamètre de portée du palier sous-dimensionné
	<b>Charge inappropriée exercée sur le roulement</b>
18	Roulements soumis à de trop fortes charges en raison du changement des paramètres de l'application
19	Défaut d'alignement axial de deux unités
20	Défaut d'alignement angulaire de deux unités
21	Roulement installé vers l'arrière
22	Déséquilibre ou balourd
23	Mauvais roulement installé
24	Charges axiales exercées excessives
25	Charge insuffisante
26	Précharge excessive

Tableau 1b

Symptôme : B. Niveaux sonores excessifs

Code de solution	Cause probable
	<b>Contact métal contre métal</b>
1	Manque de lubrifiant
3	Film d'huile trop fin pour les conditions de fonctionnement
25	Glissement des éléments roulants (patinage)
	<b>Contamination</b>
27	Empreintes dans les chemins et/ou les éléments roulants en raison de la pénétration et l'écrasement de contaminants solides
28	Particules solides restées dans le palier après la fabrication ou des défaillances antérieures des roulements
29	Contaminants liquides réduisant la viscosité du lubrifiant
	<b>Ajustements trop libres</b>
30	Glissement (rotation) de la bague intérieure sur l'arbre
31	Glissement (rotation) de la bague extérieure dans le palier
32	Écrou de serrage du roulement desserré sur l'arbre ou sur le manchon du roulement
33	Roulement mal fixé contre les éléments d'ajustement
34	Jeu interne radial/axial excessif dans le roulement
	<b>Surface endommagée</b>
1, 2, 3, 4	Usure due à une lubrification inefficace
25	Grippage dû au glissement des éléments roulants
27	Empreintes dans les chemins et/ou les éléments roulants en raison du passage au-dessus de contaminants solides
35	Empreintes dans les chemins et/ou les éléments roulants en raison d'impacts ou de charges de chocs
36	Marques de faux effet « Brinell » sur les chemins et/ou sur les éléments roulants en raison de la vibration statique
37	Écaïlles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de la fatigue du matériau
38	Écaïlles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de l'endommagement entamé de la surface
39	Attaque statique sur les chemins et/ou les éléments roulants due à des contaminants chimiques/liquides (Micro) écaïlles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de l'humidité ou de courant électrique nuisible
41	Cannelures dans les chemins et/ou les éléments roulants créées suite au passage de courant électrique nuisible
	<b>Frottement</b>
7	Joints du palier mal installés
32	Manchon de serrage ou de démontage mal fixé
33	Bagues-entretoises mal fixées
42	Languettes de la rondelle-frein tordues

Tableau 1c

Symptôme : C. Niveaux de vibrations excessifs

Code de solution	Cause probable
25	<b>Contact métal contre métal</b> Glissement des éléments roulants (patinage)
27	<b>Contamination</b> Empreintes dans les chemins et/ou les éléments roulants en raison de la pénétration et l'écrasement de contaminants solides
28	Particules solides restées dans le palier après la fabrication ou des défaillances antérieures des roulements
30	<b>Ajustements trop libres</b> Glissement (rotation) de la bague intérieure sur l'arbre
31	Glissement (rotation) de la bague extérieure dans le palier
1, 2, 3, 4	<b>Surface endommagée</b> Usure due à une lubrification inefficace
25	Grippage dû au glissement des éléments roulants
27	Empreintes dans les chemins et/ou les éléments roulants en raison du passage au-dessus de contaminants solides
35	Empreintes dans les chemins et/ou les éléments roulants en raison d'impacts ou de charges de chocs
36	Marques de faux effet « Brinell » sur les chemins et/ou sur les éléments roulants en raison de la vibration statique
37	Écailles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de la fatigue du matériau
38	Écailles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de l'endommagement entamé de la surface
39	Attaque statique sur les chemins et/ou les éléments roulants due à des contaminants chimiques/liquides
40	(Micro) écailles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de l'humidité ou de courant électrique nuisible
41	Cannelures dans les chemins et/ou les éléments roulants créées suite au passage de courant électrique nuisible

Tableau 1d

Symptôme : D. Mouvement excessif de l'arbre

Code de solution	Cause probable
30	<b>Desserrement</b> Bague intérieure lâche sur l'arbre
31	Bague extérieure trop lâche dans le palier
33	Roulement mal fixé sur l'arbre ou dans le palier
1, 2, 3, 4	<b>Surface endommagée</b> Usure due à une lubrification inefficace
37	Écailles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de la fatigue
38	Écailles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de l'endommagement entamé de la surface
11	<b>Mauvais jeu interne du roulement</b> Roulement installé avec un mauvais jeu
33	Roulement mal fixé sur l'arbre ou dans le palier, jeu axial excessif

Tableau 1e

**Symptôme : E. Moment de frottement excessif pour faire tourner l'arbre**

Code de solution	Cause probable
------------------	----------------

<b>Roulement préchargé</b>	
11	Mauvais choix du jeu pour le roulement de rechange
12	Dilatation du matériau de l'arbre supérieure à celle de l'acier du roulement (par ex., acier inoxydable)
13	Grande différence de températures entre l'arbre et le palier
14	Enfoncement axial excessif sur une portée conique
15	Faux-rond excessif de l'arbre ou du palier – roulement coincé
16, 17	Ajustements serrés excessifs de l'arbre et/ou du palier
26	Précharge excessive – mauvais montage (précharge)
<b>Résistance du système d'étanchéité</b>	
5	Joints du palier trop serrés ou d'autres éléments bloquent les joints
6	Plusieurs joints dans un montage de roulement (palier)
7	Défaut d'alignement des joints externes (du palier)
9	Joints mal lubrifiés
<b>Surface endommagée</b>	
37	Écailles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de la fatigue
38	Écailles sur les chemins et/ou les éléments roulants en raison de l'endommagement entamé de la surface
41	Cannelures dans les chemins et/ou les éléments roulants créées suite au passage de courant électrique nuisible
<b>Conception</b>	
43	Défaut de perpendicularité des épaulements de l'arbre et/ou du palier par rapport à la portée du roulement
44	Épaulement de l'arbre trop grand et bloque les joints/flasques

## Les problèmes et leurs solutions

Des solutions pratiques aux symptômes courants de problèmes au niveau du roulement sont données dans le **Tableau 2**, à partir de la **page 236**.

### ATTENTION

Pour minimiser le risque de blessures graves, avant de commencer toute activité, appliquez les procédures de verrouillage/d'étiquetage nécessaires.

**ATTENTION :** Le contact direct avec des produits pétroliers peut provoquer des réactions allergiques ! Lisez les fiches de données de sécurité avant de manipuler des lubrifiants et portez des gants de protection à tout moment.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

1

### Manque de lubrifiant

Lubrification à la graisse

À prendre en compte lors du premier remplissage ou du démarrage :

- La graisse doit remplir 100 % du roulement et jusqu'en bas de l'arbre dans le palier ( $1/3$  à  $1/2$ ).
- Si la cavité du palier le long du roulement est étroite, la quantité de graisse peut devoir être légèrement réduite pour éviter la surchauffe due au pétrissage.
- → *Lubrification*, à partir de la **page 178**.

Actions pendant le fonctionnement :

- Contrôlez l'éventuelle présence de signes d'usure ou de joints endommagés ou inadaptés (cherchez d'éventuelles fuites de graisse).
- Fuites en raison de l'incompatibilité des graisses (cherchez d'éventuelles fuites de graisse).

Actions pendant la relubrification :

- Assurez-vous que l'intervalle de relubrification est le bon (pas trop long).
- Vérifiez que la graisse atteint bien le roulement.
- Assurez-vous que la graisse fraîche s'introduit dans le roulement.

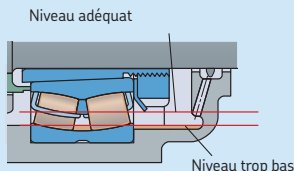
Lubrification par bain d'huile

À prendre en compte lors du premier remplissage, de l'appoint ou de l'arrêt :

- Le niveau du bain d'huile doit se trouver au milieu de l'élément roulant le plus bas à l'arrêt.

Actions pendant le fonctionnement :

- Assurez-vous que le palier est correctement ventilé pour éviter une contre-pression qui peut entraîner un dysfonctionnement des graisseurs automatiques.
- Contrôlez des signes d'usure, de dommages et de fuites au niveau des joints.
- Recherchez la présence d'éventuelles fuites au niveau de la séparation en deux du palier et appliquez une fine couche de pâte à joints si nécessaire.



2

### Excès de lubrifiant

Un excès de lubrifiant peut entraîner un pétrissage excessif et des températures élevées.

Lubrification à la graisse

À prendre en compte lors du premier remplissage ou du démarrage :

- La graisse doit remplir 100 % du roulement et jusqu'en bas de l'arbre dans le palier ( $1/3$  à  $1/2$ ).
- Si la cavité du palier le long du roulement est étroite, la quantité de graisse peut devoir être légèrement réduite pour éviter la surchauffe due au pétrissage.
- → *Lubrification*, à partir de la **page 178**.

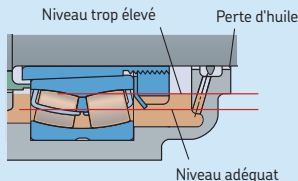
Actions pendant le fonctionnement :

- Vérifiez que l'évacuation de la graisse est possible à travers les joints ou un bouchon de vidange.
- Une soupape à graisse peut éviter d'appliquer trop de graisse.
- Vérifiez l'orientation des joints qui permettra d'évacuer l'excès de lubrifiant tout en maintenant les contaminants à l'extérieur.
- Assurez-vous que l'intervalle de relubrification n'est pas trop court.
- Assurez-vous d'appliquer la bonne quantité lors de la relubrification.

Lubrification par bain d'huile

Actions :

- Vérifiez que le niveau du bain d'huile se trouve au milieu de l'élément roulant le plus bas à l'arrêt.
- Vérifiez que les orifices de retour d'huile ne sont pas obstrués.
- L'installation d'un niveau à huile sur tous les paliers est une manière rapide et facile de vérifier qu'un niveau d'huile adéquat se maintient dans les paliers.





Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

3



Mauvais lubrifiant

Actions :

- Réviser l'application pour déterminer la bonne viscosité de l'huile de base (graisse, huile) et la consistance (graisse) nécessaires pour les conditions de fonctionnement spécifiques (→ *Lubrification*, à partir de la **page 178**).
- Le contact métal contre métal peut provoquer une chaleur excessive et une usure prématurée qui finiront par impliquer des niveaux sonores élevés.
- Vérifiez la miscibilité si la graisse ou l'huile ont été changées d'un type à un autre.
- Vérifiez la consistance de la graisse.
- Vérifiez la viscosité de fonctionnement.

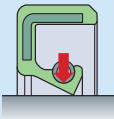
4

Mauvais système de lubrification

Actions :

- Réviser la vitesse de fonctionnement et mesurez la température de fonctionnement.
- Vérifiez que le lubrifiant et le système de lubrification utilisés sont adaptés.
- Passer de la graisse à l'huile peut être une solution simple.
- Passer de la lubrification par bain d'huile à la circulation d'huile peut constituer une solution.
- L'ajout d'un refroidisseur auxiliaire au système de lubrification à l'huile existant peut également éviter de nombreux problèmes liés à la chaleur.
- Consultez SKF ou le fabricant de l'équipement en cas de besoins spécifiques.
- Reportez-vous au guide du produit du fabricant pour trouver les valeurs de vitesses de base. Vous trouverez les valeurs de référence et les vitesses limites de SKF sur le site [www.skf.com](http://www.skf.com).

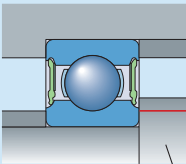
5



Joint du palier trop serrés

Actions :

- Vérifiez le diamètre de l'arbre pour vous assurer que sa taille est adaptée au joint spécifique à ressort utilisé pour éviter un frottement excessif ou remplacez le joint par un joint dont la tension du ressort est correcte.
- Assurez-vous que les joints sont correctement lubrifiés.
- Vérifiez l'état d'usure des lèvres du joint.
- Les joints en feutre doivent être trempés dans de l'huile chaude avant l'installation.



D'autres éléments bloquent les joints du roulement

Action :

- Vérifiez les éléments se trouvant à proximité des joints :
  - hauteurs d'appui (→ [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements), disponible en ligne sur [www.skf.com](http://www.skf.com))
  - possibilité de compensation du déplacement axial en cas d'élongation de l'arbre

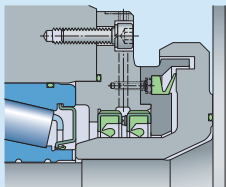
Bonne hauteur

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

6

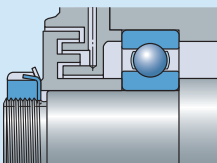


### Plusieurs joints dans un montage de roulement (palier)

À prendre en compte :

- Si plusieurs joints à frottement sont utilisés pour aider à repousser les contaminants, le frottement et la chaleur augmenteront.
- Avant d'ajouter des joints supplémentaires dans une application, évaluez les effets thermiques sur le roulement et le lubrifiant.
- De plus, tenez compte de la puissance supplémentaire nécessaire pour faire tourner l'équipement.

7



### Défaut d'alignement des joints externes (du palier)

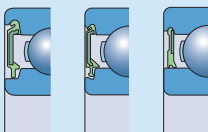
À prendre en compte lors du montage :

- Tout défaut d'alignement de l'arbre par rapport au palier peut provoquer le frottement d'un joint sans frottement ou à passage étroit. Cette situation peut faire monter les températures, augmenter les niveaux sonores et accélérer l'usure pendant la période de rodage initiale. Elle compromet également l'intégrité du dispositif d'étanchéité.

Actions :

- Vérifiez l'alignement et corrigez-le en conséquence.
- Si le défaut d'alignement ne peut pas être évité, il peut y avoir besoin d'augmenter le jeu ou les espaces entre les joints externes.

8



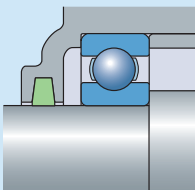
Joints à frottement

### Vitesse de fonctionnement trop élevée pour les joints à frottement dans le roulement

À prendre en compte :

- Les lèvres des joints ont une vitesse limite. Des vitesses de fonctionnement supérieures aux vitesses limites entraîneront l'endommagement de la lèvre du joint et des fuites de graisse.
- Si la vitesse de fonctionnement a été augmentée ou si un roulement équipé d'un joint différent est utilisé, vérifiez que le joint du roulement peut supporter la vitesse.
- Les joints à frottement produiront davantage de chaleur que les joints à faible frottement, les flasques ou les roulements ouverts.

9



### Joints mal lubrifiés

À prendre en compte :

- Des joints à frottement fonctionnant à sec peuvent faire augmenter la chaleur du système de manière significative.

Action lors du montage :

- Assurez-vous que les joints sont correctement lubrifiés lors de la mise en route d'un équipement neuf ou remis en état (les joints en feutre doivent être trempés dans de l'huile chaude avant l'installation).

Actions pendant le fonctionnement :

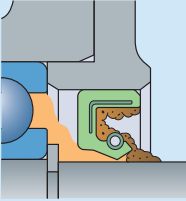
- Normalement, le lubrifiant contenu dans le palier sera projeté vers les joints et les lubrifiera automatiquement.
- Des joints correctement lubrifiés resteront plus froids et créeront une étanchéité efficace car tous les espaces entre les points de contact seront bouchés par une barrière de lubrifiant.
- Une lubrification adéquate réduira également l'usure prématurée du joint.
- Vérifiez la présence éventuelle d'usure ou de dommages sur les joints.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

10



**Joints orientés dans la mauvaise direction et ne permettant pas l'évacuation de la graisse**

À prendre en compte lors du montage :

- En fonction de l'application, les joints à frottement peuvent avoir besoin d'être orientés dans une direction spécifique soit pour permettre l'évacuation du lubrifiant ou soit pour prévenir des fuites d'huile.

Action :

- Vérifiez les schémas de l'application ou contactez le fabricant de l'équipement pour déterminer la bonne orientation des joints.

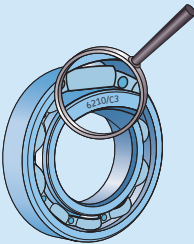
À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Les lèvres du joint orientées vers l'extérieur permettront normalement d'évacuer l'excès de lubrifiant et de prévenir la pénétration de contaminants.

Action :

- Les joints doivent être orientés correctement pour retenir la graisse à l'intérieur du roulement et les contaminants à l'extérieur.

11

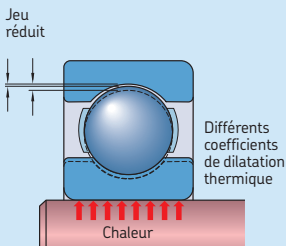


**Mauvais choix du jeu interne initial du roulement**

Action :

- Vérifiez l'emballage pour vous assurer que le jeu interne du nouveau roulement est conforme aux caractéristiques de conception d'origine.
- Si un roulement est surchauffé après avoir été remplacé et si un plus grand jeu est nécessaire pour l'application, veuillez contacter le service Applications SKF pour connaître les effets d'un jeu supérieur sur l'équipement et sur le roulement.
- Vérifiez toutes les dimensions car l'usure des composants peut influencer le jeu du roulement.

12



**Dilatation du matériau de l'arbre (et du palier) supérieure à celle de l'acier du roulement**

À prendre en compte lors de la modification de la conception ou de la rénovation :

- Dans certains cas, les matériaux de l'arbre et du palier peuvent être modifiés, par exemple un arbre en acier inoxydable pour être conforme aux réglementations alimentaires ou un palier en aluminium pour diminuer le poids de l'équipement.
- Lorsque le coefficient de dilatation thermique du matériau de l'arbre est supérieur à celui de l'acier du roulement, le jeu radial interne est réduit davantage. Par conséquent, certains matériaux d'arbres en acier inoxydable (série 300) requièrent soit un ajustement légèrement plus libre de l'arbre, soit un roulement au jeu radial interne plus grand, par exemple CN à C3, C3 à C4, etc.
- Si vous utilisez un palier fait dans un matériau dont le coefficient de dilatation thermique est supérieur à celui de l'acier du roulement, par exemple l'aluminium, un ajustement légèrement plus serré peut être nécessaire pour empêcher que la bague extérieure ne tourne dans la portée du palier.

Action :

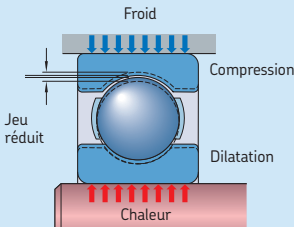
- Dans les deux cas, il peut être nécessaire de calculer l'effet du nouveau matériau de l'arbre ou du matériau sur le jeu interne du roulement et de remplacer le roulement en conséquence.

Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

13



Grande différence de températures entre l'arbre et le palier

À prendre en compte lors de la conception :

- En raison de leur conception, la température de la bague intérieure des montages de roulements est souvent supérieure à celle de la bague extérieure. Par exemple, l'arbre d'un moteur électrique est relativement chaud, ce qui provoque la dilatation de la bague intérieure. La surface des capots de moteur qui contiennent les bagues extérieures des roulements est relativement grande, ce qui favorise la dissipation de la chaleur et implique une différence de températures assez marquée.

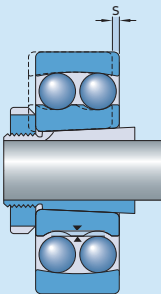
À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Une grande différence de températures entre l'arbre et le palier réduit le jeu interne du roulement, ce qui peut donner un jeu trop petit ou même une précharge provoquant des températures de fonctionnement élevées.

Actions :

- Vérifiez les températures de l'arbre et du palier le plus près possible du roulement.
- Si cela est justifié, choisissez un roulement au jeu interne plus grand pour éviter la précharge, par ex. CN à C3, C3 à C4, etc.

14



Enfoncement axial excessif sur une portée conique

À prendre en compte lors du montage :

- Le montage d'un roulement à alésage conique sur une portée conique (arbre ou manchon) réduit le jeu radial interne dans le roulement.

À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Un enfoncement axial « s » trop grand peut donner lieu à un jeu interne réduit ou même à une précharge. Cela implique des températures de fonctionnement plus élevées.
- Un enfoncement axial « s » excessif peut donner lieu à des tensions de charge trop élevées dans le roulement et provoquer la fissuration de la bague intérieure.

Actions :

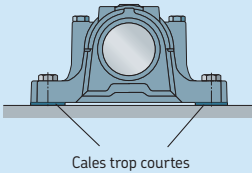
- Roulements à rotule sur billes de petites dimensions : Après les avoir montés sur l'arbre, vérifiez que la bague extérieure peut pivoter facilement. Si ce n'est pas le cas, démontez le roulement et reprenez la procédure de montage depuis le début.
- Roulements à rotule sur billes ou sur rouleaux et roulements à rouleaux toroïdaux CARB de grandes dimensions : Comparez le jeu final après le montage par rapport au jeu initial. Veuillez vous reporter à l'**Annexe F**, à partir de la **page 402** pour connaître les valeurs maximales de réduction de jeu. Si le jeu n'est pas suffisant, démontez le roulement et reprenez la procédure de montage depuis le début.
- Pour un montage adéquat, utilisez la méthode par enfoncement axial SKF ou la méthode de l'angle de serrage pour les roulements à rotule sur billes, la méthode par enfoncement axial SKF ou la méthode de réduction du jeu pour les roulements à rotule sur rouleaux et les roulements à rouleaux toroïdaux CARB. La méthode éprouvée par enfoncement axial SKF (→ **page 57**) est une manière facile d'obtenir le bon jeu de fonctionnement sans utiliser de calibre à lame. Utilisez la méthode SensorMount (→ **page 67**) pour les roulements de très grandes dimensions.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

15



## Roulement monté sur/dans un élément comportant un faux-ronde

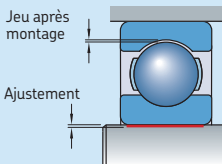
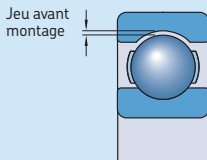
À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- La bague intérieure d'un roulement installée dans un faux-ronde ou un palier déformé (serrage ovale / coincement) réduit le jeu ou crée un précharge et augmente la température de fonctionnement.
- Ce phénomène se caractérise souvent par deux zones de charge dans la bague extérieure à 180° l'une de l'autre.
- Le serrage ovale (coincement) peut également restreindre le mouvement axial du palier libre et induire de fortes charges axiales.

Actions :

- Vérifiez que la surface d'appui est plate pour éviter le phénomène de pied bancal. Les cales doivent couvrir l'intégralité de la zone de la base du palier.
- Assurez-vous que la surface d'appui du palier est assez rigide pour éviter la flexion.
- Contrôlez la rondeur (ovalisation) des portées de l'arbre et du palier (→ **Annexe D-1, page 386**).
- Au besoin, réusinez.

16



## Ajustement serré de l'arbre excessif ou diamètre de portée de l'arbre surdimensionné

À prendre en compte lors de la conception :

- Un ajustement serré entre la bague intérieure du roulement et la portée de l'arbre implique la dilatation de la bague intérieure et réduit le jeu interne du roulement.
- Un ajustement trop serré peut donner lieu à un jeu de fonctionnement trop petit dans le roulement, voire une précharge. Cela entraînera une surchauffe du roulement.

Actions :

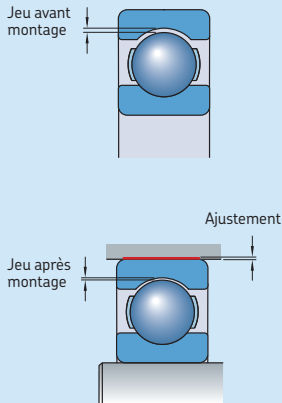
- Vérifiez que le jeu interne du roulement installé est correct.
- Si l'arbre est neuf ou remis à neuf, vérifiez soigneusement la précision des dimensions et de la forme de la portée du roulement (→ **Annexe D-1, page 386**).
- Avant d'entreprendre une action corrective, vérifiez les dimensions de l'alésage du palier.
- Si toutes les dimensions sont conformes aux spécifications, un roulement au jeu radial interne plus grand peut être nécessaire.
- Notez qu'un ajustement serré sur l'arbre et dans le palier donnera probablement un jeu de fonctionnement trop petit (→ *Fixation radiale des roulements*, à partir de la **page 31**).

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

17



### Ajustement serré du palier excessif ou diamètre de portée du palier sous-dimensionné

À prendre en compte lors de la conception :

- Un ajustement serré entre la bague extérieure du roulement et la portée du palier implique la contraction de la bague extérieure et réduit le jeu interne du roulement.
- Un ajustement trop serré peut donner lieu à un jeu de fonctionnement trop petit dans le roulement, voire une précharge. Cela entraînera une surchauffe du roulement.

Actions :

- Vérifiez que le jeu interne du roulement installé est correct.
- Si le palier est neuf ou remis à neuf, vérifiez soigneusement la précision des dimensions et de la forme de la portée du roulement (→ **Annexe D-1, page 386**). Rectifiez la portée du palier pour lui donner un ajustement adéquat. Si vous ne pouvez pas, utilisez un roulement au jeu interne plus grand.
- Notez qu'un ajustement serré sur l'arbre et dans le palier donnera probablement un jeu de fonctionnement trop petit (→ *Fixation radiale des roulements*, à partir de la **page 31**).
- Notez que pour une charge exercée sur une bague intérieure tournante, un ajustement serré dans le palier impliquera que le roulement « flottant » devienne fixe et induira une charge axiale ainsi qu'une chaleur excessive.

18

### Roulements soumis à de trop fortes charges en raison du changement des paramètres de l'application

À prendre en compte lors de la modification de la conception ou de la rénovation :

- L'augmentation des charges externes sur un roulement se traduira par l'accroissement de la chaleur dans le roulement.
- Des charges plus fortes réduiront la durée de service du roulement.
- Par conséquent, si une modification est apportée à la conception, réviser les charges pour vous assurer qu'elles n'ont pas augmenté.

Exemples :

- Lorsque vous passez d'un accouplement à un entraînement par courroie.
- Lorsque vous passez d'un accouplement à une poulie à gorge.
- Lorsque vous augmentez la vitesse d'une pièce de l'équipement.

Action :

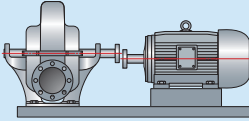
- Les modifications au niveau des performances d'une pièce d'un équipement doivent être révisées auprès du fabricant de l'équipement d'origine.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

19

**Défaut d'alignement axial de deux unités**

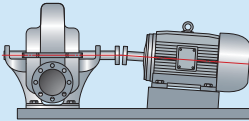
À prendre en compte lors du montage :

- Les deux paliers ne sont pas alignés (verticalement ou horizontalement).
- Cela implique des charges supplémentaires exercées sur les roulements et les joints, ce qui augmente le frottement ainsi que la température et réduit la durée de service des roulements, des joints et du lubrifiant.

Action :

- Alignez les paliers à l'aide de l'équipement approprié, en utilisant des cales pour les réaligner verticalement (→ *Alignement*, à partir de la **page 158**).

20

**Défaut d'alignement angulaire de deux unités**

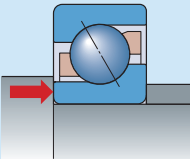
À prendre en compte lors du montage :

- Les deux surfaces d'appui ne sont pas alignées : l'une est inclinée par rapport à l'autre.
- Cela implique des charges supplémentaires exercées sur les roulements et les joints, ce qui augmente le frottement ainsi que la température et réduit la durée de service des roulements, des joints et du lubrifiant.

Action :

- Alignez les paliers à l'aide de l'équipement et des cales appropriés (→ *Alignement*, à partir de la **page 158**).

21

**Roulement installé vers l'arrière provoquant la décharge des roulements à billes à contact oblique**

À prendre en compte lors du montage :

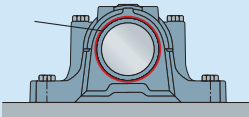
- Les roulements directionnels doivent être installés dans le bon sens pour fonctionner correctement.
- Par exemple : Les roulements à billes à contact oblique à une rangée ne peuvent supporter des charges axiales que dans un sens. Si le roulement est installé vers l'arrière, la charge axiale sera exercée sur l'épaulement inférieur de la bague intérieure, ce qui endommagera le roulement, augmentera la chaleur générée par ce dernier et finira par sa défaillance prématurée.

Action :

- Pendant le montage/assemblage, assurez-vous que la charge axiale est exercée sur l'épaulement supérieur.

22

Jeu

**Déséquilibre ou balourd**

À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Une charge déséquilibrée peut produire une charge sur la bague extérieure tournante qui augmentera considérablement la chaleur générée par le roulement tout en augmentant la charge exercée sur celui-ci.

Actions :

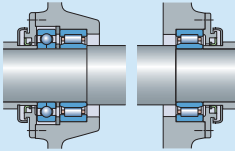
- Inspectez le rotor pour détecter l'éventuelle accumulation de saleté/contaminants.
- Rééquilibrez l'équipement.
- Notez qu'une portée de palier trop grande provoquera également des vibrations et le glissement (rotation) de la bague extérieure.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

23



### Le mauvais roulement est fixé (radialement)

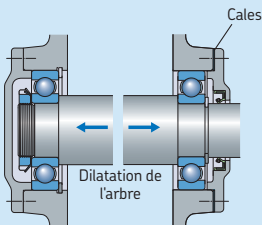
À prendre en compte lors de la conception ou du montage :

- Dans certaines applications, le montage de roulements pour la position fixe est composé d'un roulement radial et d'une butée.
- Si le roulement radial est fixé axialement, il sera soumis à des charges axiales, ce qui entraînera des charges combinées trop fortes. Cela peut entraîner des températures excessives et probablement la défaillance prématurée du roulement.
- Si le roulement axial est fixé radialement, il sera soumis à des charges radiales, ce qui entraînera des charges combinées (trop) fortes. Cela peut entraîner des températures excessives et probablement la défaillance prématurée du roulement.

Action :

- Assurez-vous que le roulement radial est axialement libre et que la butée est radialement libre. Pour éviter que la bague extérieure de la butée ne tourne, un arrêt doit être prévu, par exemple, un roulement à billes à quatre points de contact comporte généralement des encoches d'arrêt dans la bague extérieure.

24



### Les roulements sont montés en opposition et l'arbre ne peut plus se dilater

À prendre en compte lors de la conception ou du montage :

- Lorsque les roulements sont montés en opposition et que la dilatation de l'arbre est trop restreinte, des charges axiales internes sont exercées sur les deux roulements.
- Les charges exercées peuvent entraîner des températures de fonctionnement excessives et l'augmentation du moment de frottement.
- Les charges exercées peuvent être fortes et mener à un écaillage prématuré dû à la fatigue.

Actions :

- Insérez des cales entre le palier et le couvercle pour obtenir un jeu adéquat entre le couvercle et la face latérale de la bague extérieure pour éviter une précharge axiale des roulements.
- Si vous en avez la possibilité, appliquez une charge axiale du ressort sur la bague extérieure pour réduire le jeu axial dans le système du roulement.
- La détermination de la dilatation de l'arbre à prévoir peut aider à établir la proportion de jeu nécessaire entre la face latérale de la bague extérieure et le couvercle du palier.

25



### Grippage lorsque les éléments roulants glissent (patinent) car leur charge est insuffisante

À prendre en compte lors de la conception :

- Afin d'obtenir un fonctionnement satisfaisant et éviter le grippage, tous les roulements à billes et à rouleaux doivent toujours être soumis à une charge minimale donnée (→ [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements)).
- Si la charge minimale nécessaire n'est pas atteinte, un glissement (dérapage) peut se produire. Ceci générerait un excès de chaleur et de bruit. Les graisses extrêmement dures peuvent contribuer à cette situation, particulièrement dans les environnements très froids.

Actions :

- Des charges externes supplémentaires doivent être appliquées ou des dispositifs externes à ressort sont nécessaires.
- Autrement, un roulement au jeu interne différent ou un type de roulement différent peuvent s'avérer nécessaires.
- La réduction des dimensions du roulement peut également être une solution.

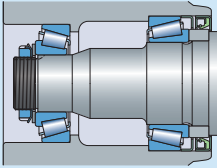


## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

26

**L'ajustement du roulement implique une charge excessive**

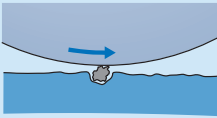
À prendre en compte lors du montage ou de l'assemblage :

- Lorsque vous ajustez le jeu axial ou la précharge dans un montage de roulement, un serrage excessif du dispositif d'ajustement (écrou de serrage) peut produire une précharge et des températures de fonctionnement excessives.
- Une précharge excessive augmentera également le moment de frottement dans les roulements. Exemple : les roulements à rouleaux coniques ou les roulements à billes à contact oblique avec un roulement à chaque extrémité de l'arbre.

Actions :

- Vérifiez auprès du fabricant de l'équipement les procédures de montage adéquates pour définir le jeu axial ou la précharge de l'équipement.
- Utilisez un comparateur à cadran pour mesurer le mouvement axial de l'arbre (pendant et) après l'ajustement.

27

**Des contaminants solides pénètrent dans le roulement et marquent les surfaces de roulage**

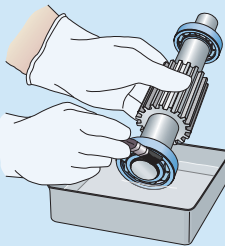
À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Les contaminants peuvent endommager les surfaces de contact du roulement et faire ainsi augmenter le niveau sonore et de vibrations. Dans certains cas, les températures peuvent également augmenter.

Actions :

- Vérifiez les aspects suivants du dispositif d'étanchéité :
  - Le bon joint a été utilisé.
  - Le joint a été installé correctement.
  - Le joint n'est pas usé, endommagé ou ne laisse pas fuir le lubrifiant.
- L'intervalle de relubrification peut avoir besoin d'être écourté. L'application de plus petites quantités de graisse fraîche plus fréquemment peut aider à évacuer la graisse contaminée de la cavité du roulement/palier (→ *Relubrification*, à partir de la **page 192**).
- Envisagez de remplacer les roulements ouverts par des roulements étanches.

28

**Des solides sont restés dans le logement après la fabrication ou des défaillances antérieures des roulements**

À prendre en compte lors du nettoyage ou de l'assemblage et au sujet de la propreté du lubrifiant :

- Des empreintes peuvent se créer sur les surfaces de contact des roulements lorsque des contaminants solides restent dans le palier après une défaillance, à cause de l'usure d'autres éléments, par exemple les engrenages, ou d'un lubrifiant contaminé.
- Cela augmente la température, le niveau sonore et de vibrations.

Actions :

- Éliminez les bavures et vérifiez que toutes les surfaces usinées sont lisses.
- Nettoyez en profondeur le palier et tous les éléments situés dans le palier avant d'installer un nouveau roulement.
- Vérifiez que le lubrifiant appliqué est propre et ne contient pas de contaminants (les pots de graisse doivent être fermés et stockés correctement).

Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

29



**Des contaminants liquides réduisent la viscosité du lubrifiant**

À prendre en compte lors de l'assemblage ou de la lubrification et au sujet de l'étanchéité :

- Les contaminants liquides réduiront la viscosité du lubrifiant, ce qui peut entraîner un contact métal contre métal.
- Ils peuvent de surcroît produire de la rouille sur les surfaces de contact du roulement.
- Ces situations entraînent une augmentation de la température, de l'usure et des niveaux sonores.

Actions :

- Vérifiez les joints du palier pour vous assurer qu'ils peuvent empêcher efficacement la pénétration des contaminants liquides.
- L'intervalle de relubrification peut avoir besoin d'être écourté. L'application de plus petites quantités de graisse fraîche plus fréquemment peut aider à évacuer la graisse contaminée de la cavité du roulement/palier (→ *Relubrification*, à partir de la **page 192**).

30



**La bague intérieure glisse (tourne) sur la portée de l'arbre**

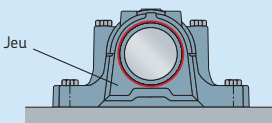
À prendre en compte pour les ajustements ou le glissement :

- La plupart des applications comportent un arbre tournant où la charge est unidirectionnelle. Cette dernière est considérée comme une charge sur la bague intérieure tournante et requiert un ajustement serré sur l'arbre pour éviter les mouvements relatifs. Les performances des roulements dépendent en grande partie des ajustements adéquats.
- Toutefois, une bague intérieure peut glisser ou tourner sur sa portée d'arbre si les dimensions de cette dernière sont trop petites ou si elle est usée.
- Cela entraîne une augmentation des niveaux sonores et de vibrations, ainsi que de l'usure.

Action :

- Métallisez et rectifiez la portée d'arbre pour ajuster ses dimensions (→ *Fixation radiale des roulements*, à partir de la **page 31**).

31



**La bague extérieure glisse (tourne) dans la portée du palier**

Portée usée ou trop grande

À prendre en compte pour les ajustements ou le glissement :

- La plupart des applications comportent un palier fixe où la charge est unidirectionnelle. Cette charge est considérée comme une charge sur la bague extérieure fixe et, dans la plupart des cas, la bague extérieure peut être maintenue en place avec un ajustement libre.
- Toutefois, une bague extérieure peut glisser ou tourner sur sa portée de palier si les dimensions de cette dernière sont trop grandes ou si elle est usée.
- Cela entraîne une augmentation des niveaux sonores et de vibrations, ainsi que de l'usure.

Actions :

- Métallisez et rectifiez la portée du palier pour ajuster ses dimensions (→ *Fixation radiale des roulements*, à partir de la **page 31**).
- Pour les paliers de grandes dimensions, l'usinage de la portée à un diamètre plus grand et l'utilisation d'un manchon à cartouche peuvent être une solution.

Charge déséquilibrée

À prendre en compte pour les ajustements ou le glissement :

- Les charges provenant d'un arbre déséquilibré peuvent faire glisser la bague extérieure même si les ajustements sont adéquats.

Actions :

- Éliminez la source du déséquilibre.
- Rééquilibrez la machine.

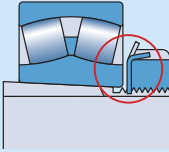


## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

32



**L'écrou de serrage du roulement est desserré sur l'arbre ou le manchon de serrage**

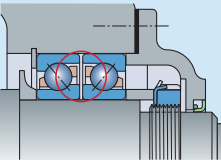
À prendre en compte lors du montage ou de l'assemblage :

- Un écrou de serrage ou une rondelle d'arrêt desserrés sur l'arbre ou un manchon de serrage peuvent faire que le roulement soit plus libre sur sa portée.
- Cela peut faire que la bague intérieure glisse (tourne) sur sa portée d'arbre.
- Cette situation peut faire augmenter les niveaux sonores et la chaleur générée par le roulement, mais se traduit également par un mauvais emplacement du roulement.

Actions :

- Serrez l'écrou de serrage pour que la bague intérieure soit dans la bonne position (jeu interne) (→ *Montage des roulements*, à partir de la **page 44**).
- Vérifiez que l'écrou de serrage est serré correctement, avec une rondelle-frein par exemple, lorsque le montage est terminé.

33



**Le roulement est mal fixé contre les éléments d'ajustement**

À prendre en compte lors du montage ou de l'assemblage :

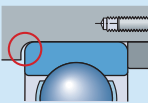
- Un roulement qui n'est pas bien fixé contre un élément voisin peut ne pas atteindre le jeu interne ou la précharge nécessaires.
- Cette situation peut faire augmenter les niveaux sonores et avoir un impact négatif sur les performances du roulement.

Exemples :

- Deux roulements à billes à contact oblique appariés mal fixés.
- Cela peut augmenter le jeu axial dans la paire de roulements et se traduire par des dommages au niveau du glissement des billes (grippage), des niveaux sonores élevés et des problèmes de lubrification.
- Le roulement mal fixé affectera également l'emplacement de l'arbre.

Action :

- Vérifiez que le dispositif de blocage place les deux roulements contre leur épaulement d'arbre ou entretoise.



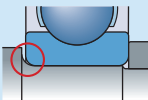
**Congé (rayon d'arrondi) trop grand**

À prendre en compte lors du montage ou de l'assemblage :

- Si le congé d'un élément voisin est trop grand, le roulement ne sera pas supporté correctement.
- Cette situation peut déformer les bagues du roulement.
- Le roulement n'atteindra pas le jeu interne adéquat (précharge).

Action :

- Usinez le congé pour obtenir un support adéquat.

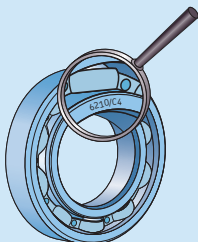


## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

34



### Jeu interne radial ou axial trop grand dans un roulement

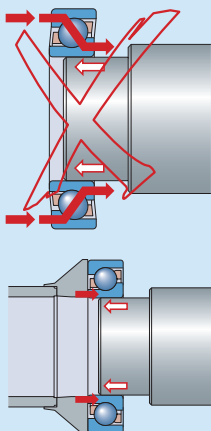
À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Un jeu interne radial ou axial excessif peut augmenter les niveaux sonores car les éléments roulants peuvent se déplacer librement en dehors de la zone de charge.
- De plus, un excès de jeu peut également avoir un effet néfaste sur les performances du roulement à cause du glissement des éléments roulants.

Actions :

- L'utilisation de ressorts ou de rondelles ondulées peut fournir une charge axiale adéquate pour que les éléments roulants restent chargés à tout moment (en particulier dans les applications comportant des roulements à billes).
- Réviser le jeu initial nécessaire dans le roulement. Ajustez le jeu choisi le cas échéant.

35



### Les surfaces de roulement sont marquées suite à un impact ou un choc (mauvaise méthode de montage)

À prendre en compte lors de la conception :

- La plupart des roulements sont montés avec un ajustement serré sur l'arbre ou sur le palier.

À prendre en compte lors du montage :

- Lorsque vous montez la bague du roulement avec un ajustement serré, exercez toujours la force sur cette bague. Ne laissez jamais la force de montage se transmettre à travers les éléments roulants car les chemins et les éléments roulants peuvent être marqués.
- Les dommages causés peuvent augmenter les niveaux sonores et de vibrations, ainsi que la température.
- Le roulement subira probablement une défaillance prématurée.

Actions :

- Remplacez le roulement.
- Ne tapez jamais directement avec un marteau sur une partie d'un roulement lors du montage. Utilisez toujours un manchon de montage.
- Réviser les procédures de montage en vérifiant qu'aucune force de montage n'est exercée sur les éléments roulants (→ *Montage à froid*, à partir de la page 53).
- Utilisez un outil de montage de roulements (le kit d'outils de montage de roulements SKF constitue un outil idéal pour les roulements de petites dimensions).

36



### Les surfaces de roulement présentent un faux effet « Brinell » en raison des vibrations

À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Les vibrations provoquées par d'autres machines, alors qu'une pièce de l'équipement ne tourne pas, peuvent provoquer un faux effet « Brinell » sur les chemins. Ce dommage surgit généralement dans la zone chargée et se caractérise par des empreintes correspondant à la distance entre les éléments roulants.
- Ce problème courant provoque du bruit dans un équipement restant à l'arrêt pendant des durées prolongées à proximité d'un autre équipement en fonctionnement, par ex. un équipement en stand-by.

Actions :

- Faites tourner de manière périodique l'arbre de l'équipement à l'arrêt pour aider à minimiser les effets des vibrations.
- L'isolation de l'équipement contre les vibrations serait la véritable solution mais n'est pas toujours pratique.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la page 288.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

37

**Les surfaces de roulement sont écaillées en raison de la fatigue du matériau**

À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- La fatigue du matériau pur des roulements de haute qualité devient de plus en plus rare.
- L'écaillage dû à la fatigue est le résultat d'une condition de fonctionnement anormale qui implique une contrainte plus élevée dans le roulement telle qu'un défaut d'alignement, un serrage ovale (coincement) ou le résultat des défauts du matériau, par exemple des inclusions ou un acier de mauvaise qualité.

Actions :

- Utilisez des roulements de haute qualité uniquement.
- Contrôlez un éventuel défaut d'alignement des roulements endommagés. Réalignez si nécessaire.
- Contrôlez un éventuel serrage ovale (coincement) au niveau des roulements endommagés. Réparez et usinez les portées aux endroits le nécessitant.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.

38

**Les surfaces de roulement sont écaillées en raison de la fatigue entamée des surfaces**

À prendre en compte pendant le fonctionnement :

- Une lubrification inappropriée se traduit par un contact métal contre métal entre les surfaces de roulement.
- Les causes peuvent être les suivantes, sans s'y limiter : viscosité trop faible à la température de fonctionnement, particules d'usure et pénétration de contaminants.

Actions :

- Réviser la viscosité de fonctionnement du lubrifiant en tenant compte des véritables conditions de fonctionnement.
- Pour éliminer les particules d'usure, envisagez une relubrification plus fréquente.
- Vérifiez l'état du dispositif d'étanchéité.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.

**Les surfaces de roulement sont écaillées en raison de leur endommagement**

À prendre en compte lors du montage ou du fonctionnement :

- Le début de l'endommagement des surfaces comprend des situations telles que l'effet « Brinell » suite à un impact, le faux effet « Brinell » dû aux vibrations, l'attaque due à l'eau, les empreintes dues aux particules, le passage de courant électrique, etc.

Actions :

- Identifiez la source du dommage et prenez les mesures nécessaires, par exemple éliminez l'impact à travers les éléments roulants pendant le montage, remplacez les joints pour empêcher la pénétration de contaminants, raccordez l'équipement à la terre, etc.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

39



**Les surfaces de roulage ont été attaquées par des contaminants liquides/ des produits chimiques (eau, acides, gaz ou autre agents corrosifs)**

Pendant l'arrêt :

- L'attaque (corrosion) se produit lorsque l'équipement est à l'arrêt et le plus souvent dans les roulements lubrifiés à la graisse.
- Les dommages commis par l'attaque statique s'effectuent à distance des éléments roulants.

Actions :

- Vérifiez le système d'étanchéité.
- Améliorez le dispositif d'étanchéité en installant un flasque de protection et/ou un déflecteur.
- L'application de plus petites quantités de graisse fraîche plus fréquemment peut aider à évacuer la graisse contaminée de la cavité du roulement/palier (→ *Relubrification*, à partir de la **page 192**).
- Faites tourner l'arbre de temps en temps pour minimiser les effets néfastes de l'attaque statique.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.

40

**Les chemins et/ou les éléments roulants comportent des (micro) écailles**

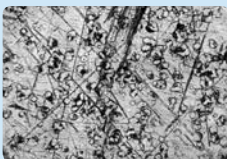
Pendant le fonctionnement :

- Les micro-écailles des surfaces de roulage, parfois appelés piqûres, sont le résultat de contaminants corrosifs ou de fuites de courant (érosion électrique).
- Les niveaux sonores et de vibrations augmenteront indépendamment de la cause.

Actions :

- → Codes de solution **39** et **41**.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.

41



**Les chemins et/ou les éléments roulants comportent des (micro) écailles**

Pendant le fonctionnement :

- Les fuites de courant (érosion électrique) - courant passant à travers le roulement - peuvent produire des cratères sur la surface. Comme ils sont très petits, ils peuvent à peine se percevoir à l'œil nu. Le Détecteur de passage de courant SKF est un instrument sans contact qui peut aider à établir la présence de courants de décharges électriques.

Actions :

- Agrandissez la zone de 500 × à 1 000 × pour confirmer la présence de cratères.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.



**Cannelures sur les surfaces de roulage**

Pendant le fonctionnement :

- Les cannelures formées sur les chemins sont un dommage secondaire le plus souvent attribué au passage de courant électrique nuisible.
- Dans de rares cas, un aspect ondulé peut être le résultat de vibrations pendant le fonctionnement.
- Le passage de courant à travers le roulement peut provenir de problèmes de mise à la terre, des convertisseurs de fréquence, des câbles, du type de moteur et des machines entraînées.

Actions :

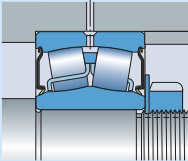
- Vérifiez que l'équipement est correctement raccordé à la terre.
- Si une mise à la terre adéquate ne résout pas le problème, des solutions alternatives existent comme les roulements INSOAT (avec un revêtement isolant), les roulements hybrides (avec des éléments roulants en céramique) ou l'utilisation d'un manchon isolant dans l'alésage du palier.
- → *Endommagement des roulements et leurs causes*, à partir de la **page 288**.

## Les problèmes et leurs solutions

Code de solution

Situation / Solutions pratiques

42



**Les languettes des rondelles-freins sont repliées et bloquent la cage ou les joints du roulement**

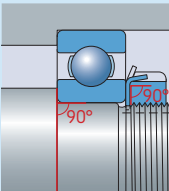
À prendre en compte lors du montage ou de l'assemblage :

- Les languettes de certaines rondelles-freins sont repliées et peuvent bloquer la cage ou les joints, produire du bruit et accélérer l'usure et les dommages.
- Une languette d'arrêt ou une languette antirotation de rondelles-freins usées peuvent également être endommagées sans que cela ne se voie et céder plus tard.

Actions :

- Ne réutilisez jamais les rondelles (et écrous).
- Notez que les écrous de serrage KMFE intègrent une entretoise pour éviter ce genre de dommages. Autrement, une bague intermédiaire peut être placée entre le roulement et l'écrou de serrage.

43



**Défaut de perpendicularité des épaulements de l'arbre et/ou du palier par rapport à la portée du roulement**

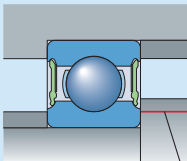
À prendre en compte pour les épaulements usinés lors du montage ou de l'assemblage :

- Le défaut de perpendicularité des épaulements de l'arbre/du palier peut déformer les bagues du roulement, ce qui augmente le moment de frottement dans le roulement et produit de la chaleur.
- → Codes de solution **19** et **20**.

Action :

- Usinez les pièces pour obtenir une perpendicularité convenable.

44



Bonne hauteur

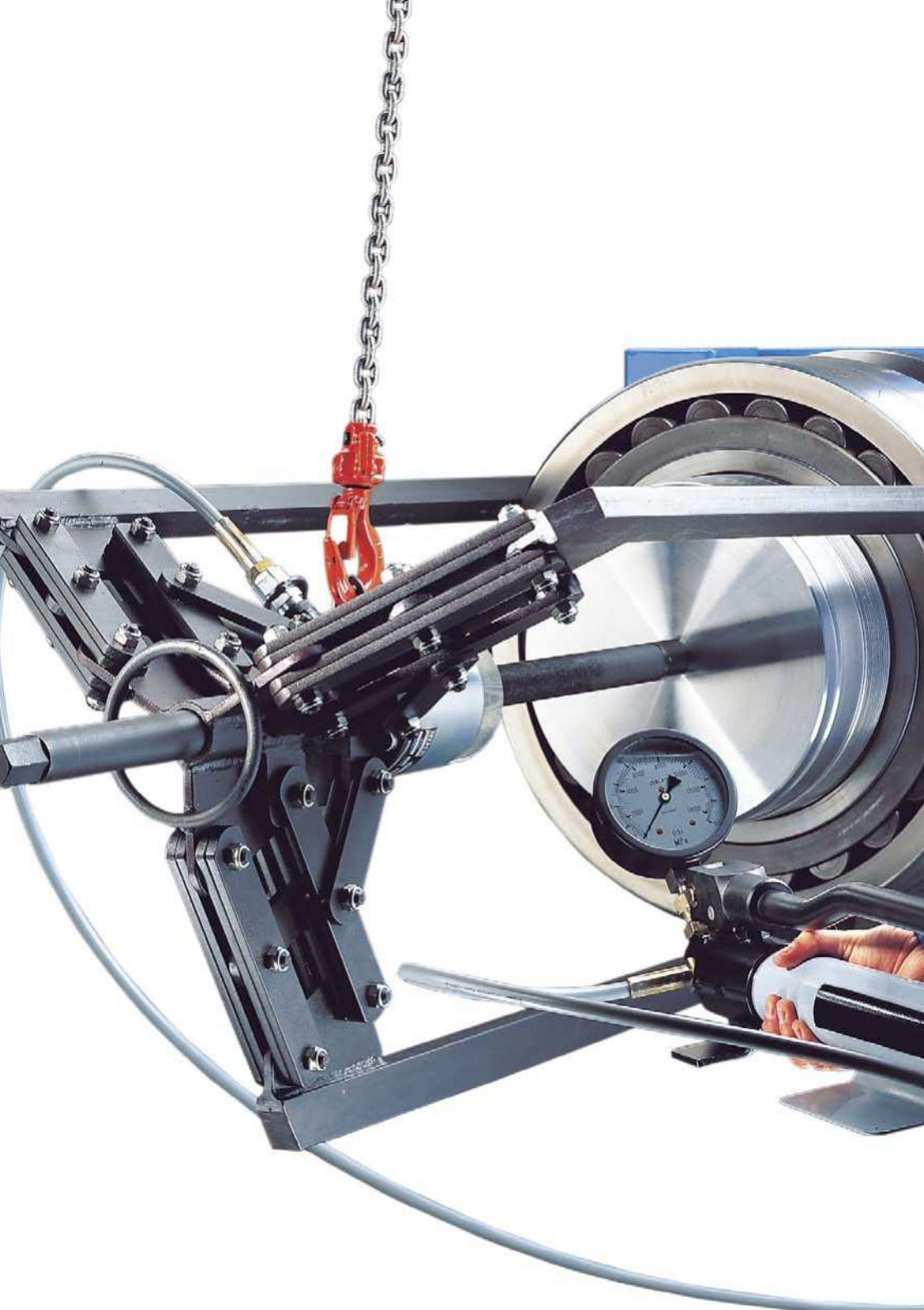
**L'épaulement de l'arbre est trop haut et bloque les joints/flasques**

À prendre en compte pour les épaulements usinés lors de l'assemblage ou du fonctionnement :

- Si l'épaulement est trop haut, il peut bloquer les joints/flasques.

Actions :

- Vérifiez que le diamètre de l'épaulement est conforme aux recommandations disponibles sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements)
- Usinez l'épaulement de l'arbre pour dégager les joints/flasques.





# Démontage

<b>Démontage des roulements</b> . . . . .	<b>254</b>	Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile . . . . .	268
À savoir. . . . .	254	Démontage par chauffage . . . . .	269
Préparations avant démontage. . . . .	254	Démontage d'un roulement d'un arbre et d'un palier en une pièce simultanément. . . . .	269
Méthodes de démontage adéquates. . . . .	255		
Démontage d'un roulement installé sur une portée d'arbre cylindrique. . . . .	256		
Démontage manuel. . . . .	256		
Démontage avec un extracteur à assistance hydraulique . . . . .	257	<b>Démontage des paliers complets</b> . . . . .	<b>270</b>
Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile . . . . .	258	À savoir. . . . .	270
Démontage avec une presse . . . . .	258	Préparations avant démontage. . . . .	271
Démontage par chauffage. . . . .	258	Démontage de paliers à billes avec vis de blocage (de pression) . . . . .	272
Démontage d'un roulement installé sur une portée d'arbre conique . . . . .	259	Démontage de paliers à billes avec bague de blocage excentrique . . . . .	273
Démontage manuel. . . . .	260	Démontage de paliers à billes installés sur un manchon de serrage . . . . .	274
Démontage avec un extracteur à assistance hydraulique . . . . .	260	Démontage de paliers à billes SKF ConCentra . . . . .	275
Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile . . . . .	260	Démontage de paliers à rouleaux SKF ConCentra . . . . .	276
Démontage d'un roulement installé sur un manchon de serrage . . . . .	260	Démontage de paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique. . . . .	276
Démontage manuel : arbres pleins . . . . .	262	<b>Démontage des corps de paliers</b> . . . . .	<b>278</b>
Démontage manuel : arbres épaulés . . . . .	262	À savoir. . . . .	278
Démontage avec un écrou hydraulique . . . . .	262	Préparations avant démontage. . . . .	278
Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile . . . . .	264	Démontage de paliers à semelle à joint diamétral . . . . .	280
Démontage d'un roulement installé sur un manchon de démontage . . . . .	264	Démontage de paliers appliqués . . . . .	282
Démontage manuel. . . . .	264	<b>Retrait de joints</b> . . . . .	<b>284</b>
Démontage avec un écrou hydraulique . . . . .	266	Retrait de joints sans frottement . . . . .	284
Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile. . . . .	266	Retrait de joints à frottement. . . . .	284
Démontage d'un roulement d'un palier en une pièce. . . . .	267		
Démontage manuel. . . . .	267		

# Démontage des roulements

### À savoir

Le démontage peut toujours occasionner l'endommagement potentiel d'un roulement à priori intact. Par conséquent, lorsque vous en avez la possibilité, ne démontez pas un roulement en bon état. Toutefois, si vous devez le faire et que vous avez l'intention de réutiliser le roulement après son démontage, tenez compte de ce qui suit :

- Ne frappez pas directement sur les bagues du roulement ou d'autres parties.
- Ne laissez jamais la force de démontage s'exercer à travers les éléments roulants.
- Ne chauffez pas le roulement à feu nu.

Les outils et méthodes utilisés pour démonter les roulements dépendent souvent de la taille du roulement. En général, les roulements peuvent être classés comme suit :

- roulements de petites dimensions : diamètre d'alésage  $d \leq 80$  mm
- roulements de moyennes dimensions : diamètre d'alésage  $80 \text{ mm} < d < 200$  mm
- roulements de grandes dimensions : diamètre d'alésage  $d \geq 200$  mm

Une fois le roulement démonté, nettoyez-le avec un solvant de nettoyage adapté et séchez-le avec précaution. Inspectez d'éventuels signes d'usure ou d'endommagement de toutes les parties du roulement, particulièrement les chemins, les éléments roulants et la cage. Si le roulement peut être réutilisé, protégez-le contre la corrosion en le recouvrant rigoureusement de graisse, d'huile ou d'un fluide anticorrosion, puis emballez-le.

Cela ne vaut généralement pas la peine de nettoyer les roulements étanches de petites dimensions et les roulements très encrassés ou recouverts de lubrifiant rouillé. Normalement, il est plus économique de se débarrasser de l'ancien roulement et de le remplacer par un nouveau.

**REMARQUE :** Marquez la position relative du roulement dans le palier (ou sur l'arbre) (→ **fig. 1**) avant de démonter le roulement. Lorsqu'un roulement en bon état est remonté, la bague fixe est généralement tournée de 120 à

Des outils et produits de démontage sont disponibles parmi les produits de maintenance SKF (→ **Annexe 0**, à partir de la **page 435**). Le fluide de démontage SKF peut être utilisé lors du démontage à l'aide d'outils à assistance hydraulique et avec la méthode à pression d'huile. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Le Reliability Maintenance Institute (RMI) de SKF propose une vaste gamme de formations sur les techniques de démontage (→ *Formation*, à partir de la **page 326**). Veuillez contacter votre représentant SKF local pour davantage d'informations ou visitez [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

180° pour permettre qu'une nouvelle partie du chemin se trouve dans la zone de charge.

### Préparations avant démontage

Accorder du temps à la préparation peut faciliter le démontage. Si vous en disposez, révisez les plans d'assemblage et étudiez le montage de roulement. Ensuite, avant de commencer tout travail, suivez les lignes directrices suivantes :

- Nettoyez soigneusement l'application et la zone alentour.
- Faites en sorte d'avoir à disposition des réservoirs adaptés pour prélever des échantillons de lubrifiant et récupérer le lubrifiant usagé.
- Faites en sorte d'avoir à disposition un solvant de nettoyage adapté, par exemple du pétrole, du kérosène ou une solution alcaline forte, pour nettoyer l'arbre, le palier et le roulement s'ils vont être réutilisés.

**REMARQUE :** Pour des raisons de respect de l'environnement, SKF déconseille l'utilisation de solvants chlorés de toutes sortes.

### Méthodes de démontage adéquates

SKF recommande d'appliquer une des méthodes suivantes pour démonter les roulements :

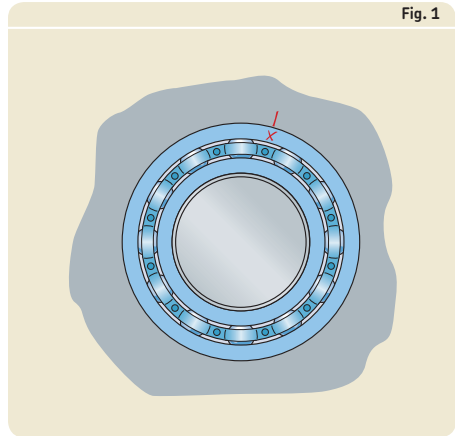
- démontage manuel
- démontage avec des outils à assistance hydraulique
- démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile
- démontage par chauffage

La méthode utilisée dépend en grande partie de la taille et du type de roulement. Les roulements de petites dimensions peuvent être retirés de leurs portées avec des outils mécaniques. Les roulements de plus grandes dimensions nécessitent davantage de force que celle d'un outil mécanique. Par conséquent, SKF recommande d'utiliser soit des outils à assistance hydraulique, soit la méthode à pression d'huile ou les deux.

Des bagues de chauffage ou des appareils de chauffage par induction spéciaux peuvent être utilisés pour retirer les bagues intérieures des roulements à aiguilles ou des roulements à rouleaux cylindriques du type NU, NJ et NUP. L'utilisation de la chaleur pour retirer les bagues d'autres types de roulements ne doit toutefois se faire qu'en dernier recours.

Pour utiliser la méthode à pression d'huile, il est présumé que le canal d'amenée d'huile et la rainure de distribution nécessaires ont été intégrés dans le montage de roulement (→ **Annexe G, page 405**).

Fig. 1



## Démontage

### Démontage d'un roulement installé sur une portée d'arbre cylindrique

#### Démontage manuel

Lorsque vous en avez la possibilité, maintenez l'arbre dans un étau adapté (→ **fig. 2**) pour éviter d'endommager l'arbre ou le roulement pendant le démontage.

Les roulements de petites dimensions peuvent être retirés de leur arbre avec un extracteur mécanique. Les mâchoires doivent être appliquées sur la bague intérieure ou un élément voisin, par exemple une chicane (→ **fig. 3**).

S'il n'est pas possible d'appliquer les mâchoires sur la bague intérieure ou un élément voisin convenable, retirez le roulement par la bague extérieure. Pour éviter de créer des dommages pendant le démontage, SKF recommande de faire tourner la bague extérieure pendant que vous démontez le roulement (→ **fig. 4**). Toutefois, SKF recommande de ne pas réutiliser le roulement si vous avez appliqué cette technique.

Fig. 2

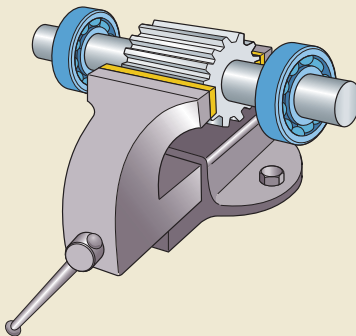


Fig. 3

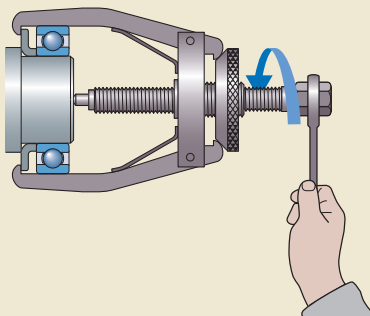
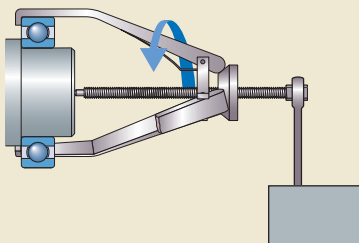


Fig. 4



Si un extracteur adapté n'est pas disponible, un marteau et un chasse-goupille en métal mou ou un outil semblable peuvent être utilisés pour retirer le roulement de sa portée. Des petits coups peuvent être donnés avec un marteau de manière régulière tout autour de la face latérale de la bague intérieure (→ **fig. 5**). Faites bien attention lorsque vous utilisez cette technique car il est très facile d'endommager l'arbre. De même, SKF recommande de ne pas réutiliser le roulement car des dommages non détectables peuvent s'être produits pendant le démontage.

### Démontage avec un extracteur à assistance hydraulique

La force à exercer pour démonter des roulements ayant été montés avec un ajustement serré sur l'arbre augmente proportionnellement à la taille du roulement. Par conséquent, SKF recommande d'utiliser un extracteur à assistance hydraulique robuste (→ **fig. 6**) lorsque vous démontez des roulements de grandes dimensions. Ces extracteurs sont généralement disponibles pour les roulements d'un diamètre extérieur de jusqu'à 500 mm. Si vous les utilisez, suivez les instructions fournies avec les extracteurs.

SKF propose également des ensembles d'extracteurs à assistance hydraulique qui peuvent être utilisés pour démonter les roulements de petites et moyennes dimensions.

Fig. 5

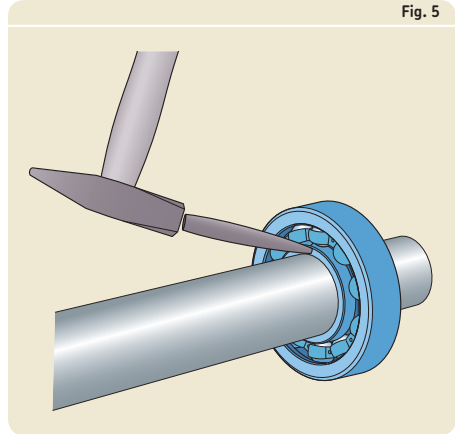
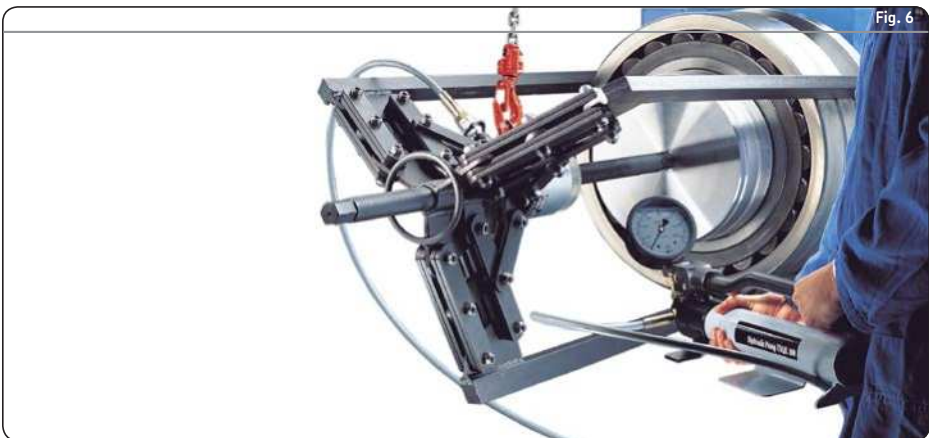


Fig. 6



10

## Démontage

### Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile

La méthode à pression d'huile peut être utilisée pour démonter les roulements à alésage cylindrique. Cette méthode injecte de l'huile à haute pression, avec une viscosité de l'ordre de  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$  à  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $70 \text{ }^\circ\text{F}$ ), entre la portée d'arbre et l'alésage de la bague intérieure, jusqu'à ce qu'un film d'huile sépare complètement les surfaces de contact (→ fig. 7). Si le roulement est retiré rapidement et sans interruption, une force relativement faible sera nécessaire pour le démontage.

### Démontage avec une presse

Placer une presse contre l'extrémité de l'arbre constitue une manière très pratique de retirer un roulement de sa portée d'arbre. Dans ce cas, la bague intérieure du roulement doit être soutenue (→ fig. 8).

### Démontage par chauffage

Le démontage par chauffage est une méthode convenable pour retirer les bagues intérieures des roulements à aiguilles ou les roulements à rouleaux cylindriques du type NU, NJ et NUP. Pour cela, deux outils différents sont utilisés couramment : les bagues de chauffage et les appareils de chauffage par induction.

Les bagues de chauffage sont généralement utilisées pour monter et démonter la bague intérieure de roulements de petites et moyennes dimensions qui sont tous de la même taille.

Les bagues de chauffage sont en alliage léger, fendues radialement et équipées de poignées isolées (→ fig. 9). La procédure de démontage est simple. Recouvrez d'huile anti-oxydation le chemin de la bague intérieure du roulement. Placez la bague de chauffage sur une plaque chauffante et chauffez-la jusqu'à ce qu'elle atteigne environ  $280 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $540 \text{ }^\circ\text{F}$ ). Placez la bague chauffée autour de la bague intérieure et appuyez sur les deux poignées à la fois. La chaleur sera rapidement transmise à la bague intérieure. Dès que la bague intérieure se desserre, retirez l'outil et la bague intérieure. Retirez ensuite la bague intérieure de l'outil.

Fig. 7

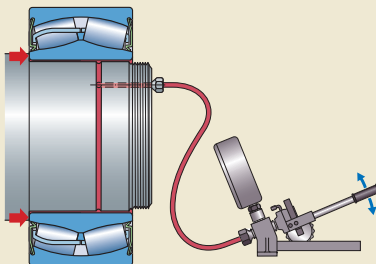


Fig. 8

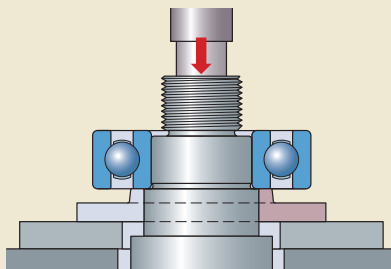
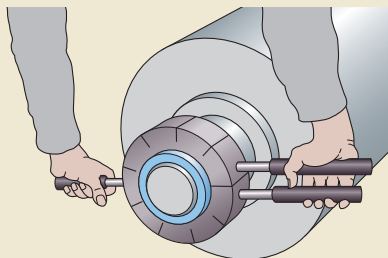


Fig. 9

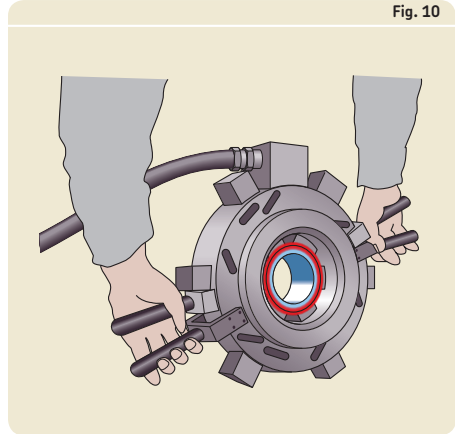


Si des bagues intérieures de différents diamètres sont démontées fréquemment, SKF recommande d'utiliser un appareil de chauffage par induction SKF réglable. Ces appareils de chauffage électriques par induction (→ **fig. 10**) chauffent rapidement la bague intérieure sans chauffer du tout l'arbre. Si la bague intérieure doit être réutilisée, elle doit être démagnétisée après le démontage.

Pour les démontages fréquents de bagues intérieures de roulements à rouleaux cylindriques de moyennes et grandes dimensions, par exemple les roulements de tourillons dans les laminoirs, SKF recommande d'utiliser un appareil de chauffage par induction SKF fixe.

SKF fournit des bagues de chauffage et des appareils de chauffage par induction. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Fig. 10



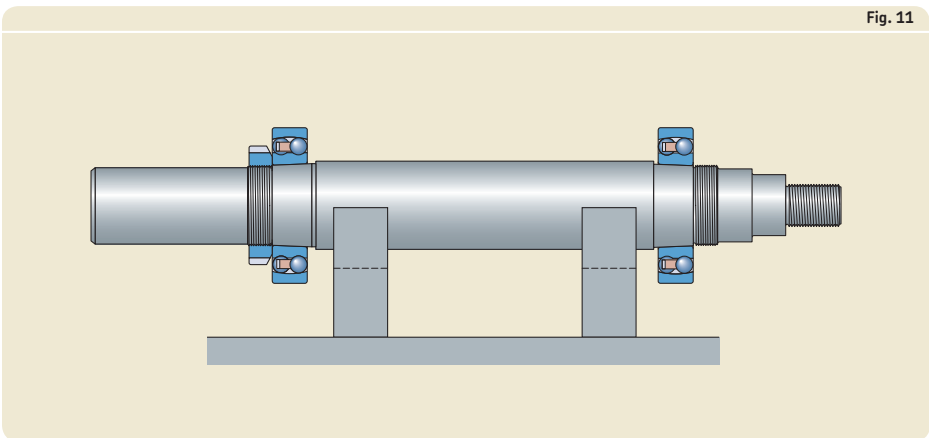
### Démontage d'un roulement installé sur une portée d'arbre conique

Pour éviter d'endommager l'arbre ou le roulement pendant leur démontage, soutenez l'arbre convenablement. Pour cela, utilisez un étau adapté, deux blocs en V (→ **fig. 11**) ou un appareil de levage.

#### ATTENTION

Pour éviter le risque de blessures graves, placez une fixation provisoire (par ex. un écrou de serrage) à l'extrémité de l'arbre pour limiter le déplacement du roulement lorsqu'il se dégage soudainement.

Fig. 11



10

## Démontage

### Démontage manuel

Les roulements de petites dimensions peuvent être démontés à l'aide d'un extracteur mécanique qui s'engage dans la bague intérieure. Des extracteurs à centrage automatique équipés de bras sur ressort doivent être utilisés pour simplifier la procédure et éviter d'endommager la portée du roulement.

S'il n'est pas possible d'appliquer les mâchoires de l'extracteur sur la bague intérieure, retirez le roulement par la bague extérieure ou utilisez un extracteur et une plaque d'extraction (→ fig. 12).

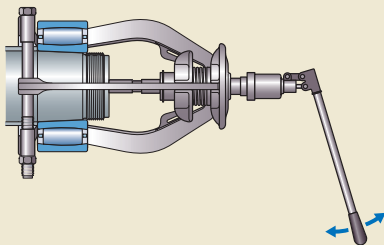
### Démontage avec un extracteur à assistance hydraulique

Les roulements de grandes dimensions nécessitent généralement une force considérable et doivent être retirés de leur portée conique à l'aide d'extracteurs à assistance hydraulique (→ fig. 6, page 256). Ces extracteurs servent généralement pour les roulements d'un diamètre extérieur de jusqu'à 500 mm.

### Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile

Le démontage des roulements de moyennes et grandes dimensions des arbres coniques est plus facile et plus sûr avec la méthode à pression d'huile. Avec cette méthode, de l'huile ayant une viscosité de l'ordre de  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$  à  $20 \text{ °C}$  ( $70 \text{ °F}$ ) est injectée à haute pression entre les deux surfaces de contact coniques, à travers un canal d'amenée et une rainure de distribution. Cela réduit de manière significative le frottement

Fig. 12



### ATTENTION

Pour éviter le risque de blessures graves, placez une fixation provisoire (par ex. un écrou de serrage) à l'extrémité de l'arbre pour limiter le déplacement du roulement lorsqu'il se dégage soudainement.

entre les deux surfaces et produit une force axiale qui sépare le roulement de sa portée (→ fig. 13).

### Démontage d'un roulement installé sur un manchon de serrage

La méthode utilisée pour démonter un roulement installé sur un manchon de serrage dépend de ce qui suit :

- dimensions du roulement
- type de montage : arbre plein ou épaulé (→ fig. 14)
- type de manchon de serrage : avec ou sans canaux d'amenée d'huile et rainures de distribution pour l'injection d'huile (→ fig. 15)

Dans tous les cas, le démontage débute comme suit (→ fig. 16) :

- Retirez l'excès de lubrifiant et nettoyez le montage.

Fig. 13

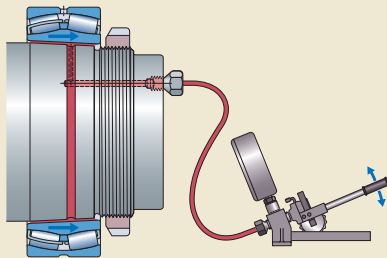




Fig. 14

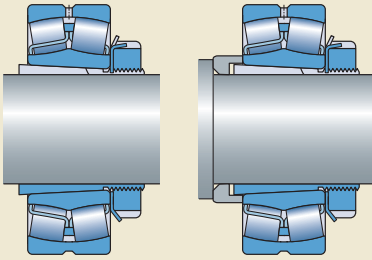
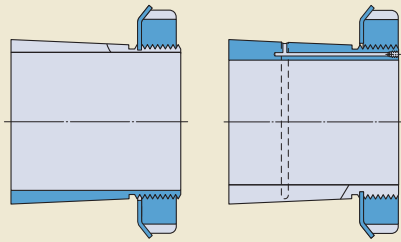
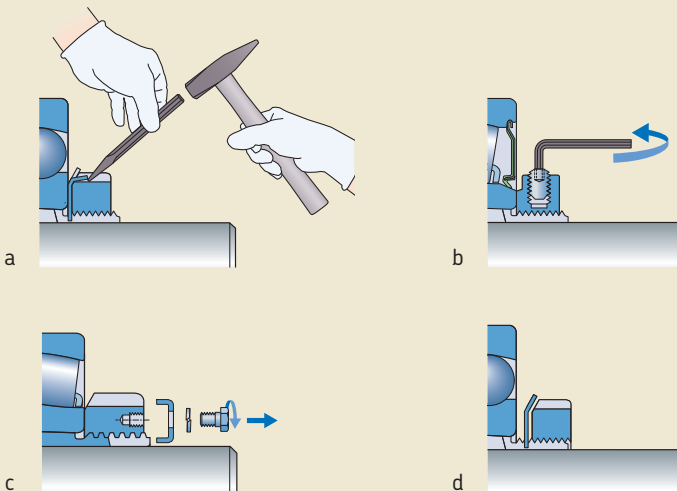


Fig. 15



- En fonction du système de blocage :
  - Ôtez de l'écrou de serrage la languette repliée de la rondelle-frein (a).
  - Desserrez les vis de blocage situées dans l'écrou de serrage (b).
  - Retirez l'étrier-frein fixé sur l'écrou de serrage (c).
  - Desserrez l'écrou de serrage de quelques tours (d).

Fig. 16



## Démontage

### Démontage manuel : arbres pleins

Les roulements de petites dimensions installés sur un manchon de serrage et un arbre épaulé peuvent être démontés en deux ou trois coups de marteau donnés sur une douille de frappe appuyée sur l'écrou du manchon de serrage (→ **fig. 17**). Mais l'écrou du manchon doit d'abord avoir été desserré de quelques tours. De même, pour faciliter le remontage, marquez la position du manchon sur l'arbre. Une fois le roulement libéré, retirez totalement l'écrou de serrage, la rondelle-frein, le roulement et le manchon de l'arbre. Pour faciliter le retrait, élargissez légèrement le manchon en insérant dans sa rainure une petite cale en plastique ou un tournevis.

**REMARQUE :** Le bloc de métal apparaissant dans la **fig. 18** est un segment d'une bague tournée et peut être fait facilement selon les dimensions répertoriées dans les tableaux de produits disponibles sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

### Démontage manuel : arbres épaulés

Les roulements de petites dimensions installés sur un manchon de serrage et un arbre épaulé peuvent être démontés en deux coups de marteau pointu donnés sur une douille de frappe appuyée sur l'écrou du manchon de serrage (→ **fig. 19**). Une fois le roulement libéré, retirez totalement l'écrou de serrage, la rondelle-frein, ainsi que le roulement et démontez le manchon et la bague d'appui de l'arbre. Pour faciliter le retrait, élargissez légèrement le manchon en insérant dans sa rainure une petite cale en plastique ou un tournevis.

**REMARQUE :** Utilisez le kit d'outils de montage de roulements SKF pour les diamètres d'arbre  $\leq 55$  mm (→ **page 72**).

### Démontage avec un écrou hydraulique

L'utilisation d'un écrou hydraulique pour démonter les roulements installés sur un manchon de serrage sur un arbre épaulé facilite le retrait du roulement. Toutefois, pour utiliser cette méthode, vous devez avoir la possibilité de monter une butée contre laquelle puisse s'appuyer le piston de l'écrou hydraulique (→ **fig. 20**). Cette butée peut être une bague d'arrêt ou une plaque boulonnée à l'extrémité de l'arbre ou peut se présenter sous la forme d'une bague en deux parties

installée dans une rainure de l'arbre et maintenue en place par une bague monobloc.

Placez l'écrou hydraulique sur le manchon de serrage, le piston vers l'extérieur. Assurez-vous de laisser un espace entre le roulement et l'écrou supérieur à la distance d'enfoncement axial initiale. Raccordez la pompe hydraulique sur l'écrou hydraulique. Lorsque vous mettez l'écrou hydraulique sous pression, le piston pousse le manchon de serrage sous la bague d'appui jusqu'à ce que le roulement se dégage.

Pour vider l'écrou hydraulique, ouvrez le clapet de décharge d'huile de la pompe hydraulique et faites revenir le piston en place en visant l'écrou dans la partie filetée du manchon. Débranchez ensuite la pompe hydraulique et retirez la butée. Enfin, dévissez l'écrou du manchon et retirez le roulement et le manchon de l'arbre.

**REMARQUE :** Vous trouverez des informations détaillées sur les écrous hydrauliques SKF dans la section *Outils hydrauliques*, à partir de la **page 73**. Des instructions utiles d'utilisation se trouvent dans la section *La méthode à pression d'huile*, à partir de la **page 62**.

Fig. 17

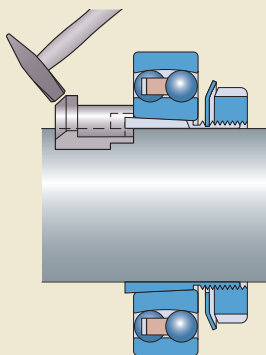


Fig. 18

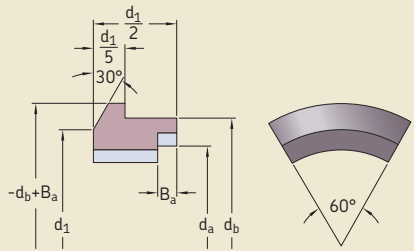


Fig. 19

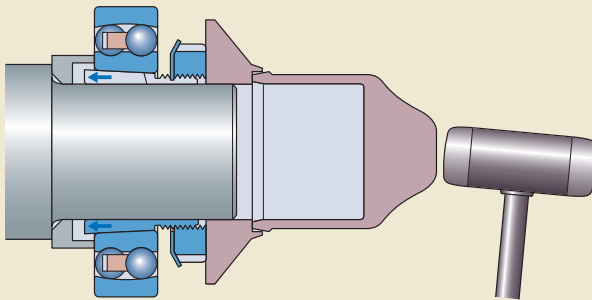
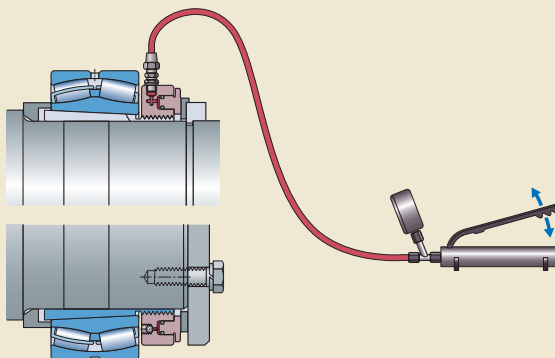


Fig. 20



## Démontage

### Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile

Les manchons de serrage équipés d'un canal d'amenée d'huile et d'une rainure de distribution d'huile facilitent le démontage car ils permettent d'utiliser la méthode à pression d'huile (→ **fig. 21**). Il s'agit d'une caractéristique standard de tous les manchons de serrage SKF au diamètre d'alésage  $\geq 200$  mm, mais qui n'existe pas pour les manchons au diamètre d'alésage  $\geq 140$  mm.

Détachez d'abord le mécanisme de blocage et desserrez la vis de blocage de quelques tours. Nettoyez ensuite l'orifice de raccordement fileté de la face latérale du manchon. Raccordez la pompe hydraulique au manchon de serrage à l'aide d'un tube-allonge adapté. Injectez de l'huile ayant une viscosité de l'ordre de  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$  à  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $70 \text{ }^\circ\text{F}$ ) à haute pression entre les deux surfaces de contact coniques, à travers le canal d'amenée et la rainure de distribution. Le roulement se démontera soudainement de sa portée. Une fois la pompe hydraulique et le tuyau-allonge débranchés, retirez l'écrou de serrage, la ron-

#### ATTENTION

Pour éviter le risque de blessures graves, placez une fixation provisoire (par ex. un écrou de serrage) à l'extrémité de l'arbre pour limiter le déplacement du roulement lorsqu'il se dégage soudainement.

delle-frein, le roulement et le manchon de serrage de l'arbre.

**REMARQUE :** Vous obtiendrez des informations détaillées sur la méthode à pression d'huile et des instructions utiles d'utilisation dans la section *La méthode à pression d'huile*, à partir de la **page 62**.

### Démontage d'un roulement installé sur un manchon de démontage

La méthode utilisée pour démonter un roulement installé sur un manchon de démontage dépend de ce qui suit :

- dimensions du roulement
- type de manchon de démontage : avec ou sans canaux d'amenée d'huile et rainures de distribution pour l'injection d'huile (→ **fig. 22**)

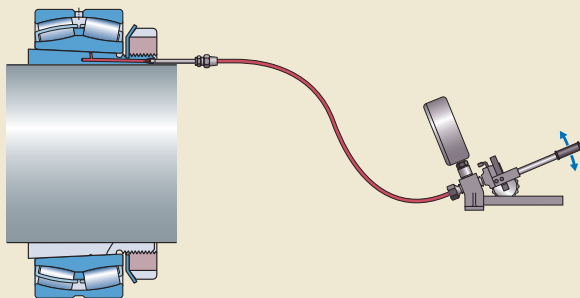
Dans tous les cas, le démontage débute comme suit (→ **fig. 23**) :

- Retirez l'excès de lubrifiant et nettoyez le montage.
- Retirez le système de blocage, par exemple un écrou de serrage ou une rondelle-frein (a), ou encore une plaque d'obturation (b).
- Soutenez le roulement, par exemple, avec un appareil de levage (c).

### Démontage manuel

Les roulements de petites et moyennes dimensions installés sur un manchon de démontage

Fig. 21



peuvent être démontés avec un écrou de serrage et une clé à ergot ou de frappe (→ **fig. 24**).

Avant de visser l'écrou de serrage sur le filetage du manchon, lubrifiez le filetage et la partie de l'écrou de serrage se trouvant face à la bague intérieure du roulement à l'aide d'une pâte de disulfure molybdène ou d'une substance semblable réductrice de frottement. Serrez l'écrou de serrage jusqu'à ce que le manchon de démontage se dégage. Enfin, retirez le manchon et le roulement de l'arbre en le soutenant convenablement.

**REMARQUE :** Si la section filetée du manchon dépasse de l'extrémité ou de l'épaule de l'arbre, il convient d'insérer dans l'alésage du manchon une bague d'appui dont l'épaisseur de

Fig. 22

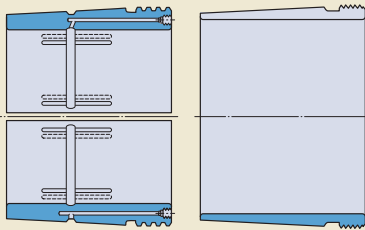


Fig. 24

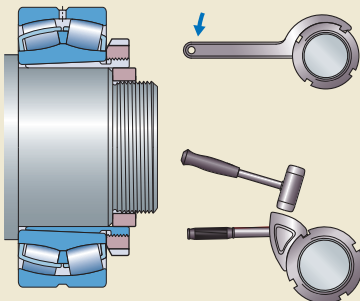
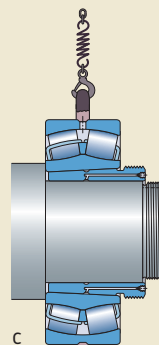
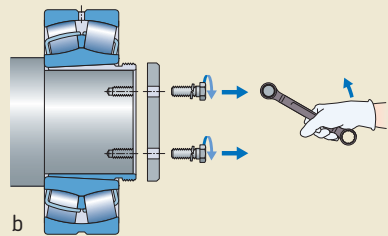
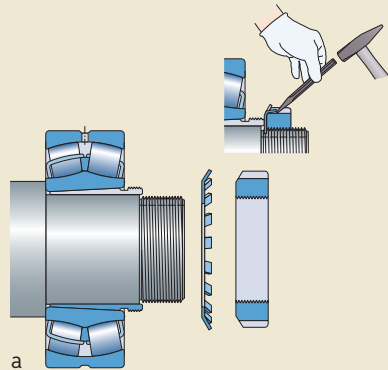


Fig. 23



## Démontage

paroi doit être la plus importante possible, afin d'empêcher la déformation et l'endommagement du filetage lors du serrage de l'écrou (→ fig. 24).

### ATTENTION

Pour éviter le risque de blessures graves, placez une fixation provisoire (par ex. un écrou de serrage pour plaque d'obturation) à l'extrémité de l'arbre (→ fig. 25) pour limiter le déplacement du manchon de démontage lorsqu'il se dégage soudainement.

### Démontage avec un écrou hydraulique

Les roulements de moyennes et grandes dimensions installés sur un manchon de démontage peuvent se démonter facilement avec un écrou hydraulique.

Vissez l'écrou hydraulique sur le filetage du manchon de démontage, le piston placé face au roulement, jusqu'à ce que le piston s'appuie sur la bague intérieure. Raccordez la pompe hydraulique à l'écrou hydraulique et faites couler de l'huile jusqu'à ce que le manchon se dégage. Une fois le manchon libéré, ouvrez le clapet de décharge d'huile de la pompe hydraulique, de sorte que l'huile sous pression puisse quitter l'écrou. Débranchez la pompe hydraulique et retirez la butée. Retirez complètement le manchon de l'arbre et retirez le roulement.

**REMARQUE :** Vous trouverez des informations détaillées sur les écrous hydrauliques SKF dans la section *Outils hydrauliques*, page 73. Des instructions utiles d'utilisation se trouvent dans la section *La méthode à pression d'huile*, à partir de la page 62.

### Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile

Les manchons de démontage standard au diamètre d'alésage  $\geq 200$  mm intègrent deux canaux d'amenée d'huile et une rainure de distribution d'huile dans l'alésage et la surface extérieure. Lorsque vous utilisez la méthode à pression d'huile, deux pompes hydrauliques et deux tuyaux-allonges adaptés sont nécessaires (→ fig. 26).

Fig. 25

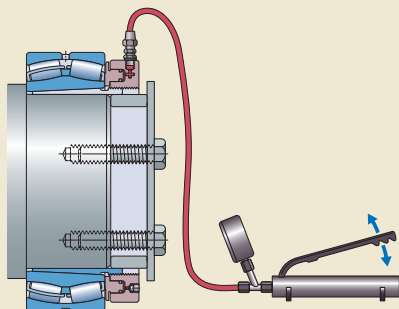
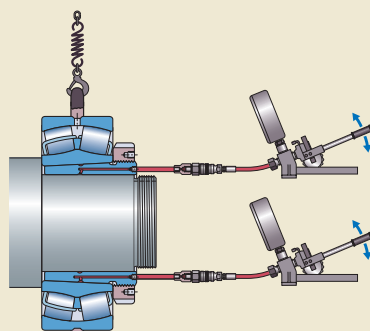


Fig. 26



Nettoyez tout d'abord le filetage externe ainsi que les orifices de raccordement filetés de la face latérale du manchon de démontage. Vissez l'écrou de serrage pour le mettre en place et serrez-le. Raccordez les deux pompes hydrauliques au manchon à l'aide des tuyaux-allonges correspondants. Injectez de l'huile ayant une viscosité de  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$  à  $20^\circ\text{C}$  ( $70^\circ\text{F}$ ) à haute pression entre le manchon et l'arbre à travers un canal et entre le manchon et l'alésage du roulement à travers l'autre. La pression d'huile entre les surfaces de contact augmentera jusqu'à ce qu'elle retombe soudainement, indiquant que les surfaces de contact sont séparées. Tandis que vous serrez l'écrou de serrage avec, par exemple, une clé à impact, le manchon se dégage. Débranchez les pompes hydrauliques et retirez

complètement le manchon de l'arbre au moyen de l'écrou de serrage. Enfin, retirez le roulement.

**REMARQUE :** Vous trouverez des informations détaillées au sujet de la méthode à pression d'huile et des équipements appropriés dans la section *La méthode à pression d'huile*, à partir de la **page 62**.

### Démontage d'un roulement d'un palier en une pièce

La plupart des roulements ont un ajustement libre dans le palier et doivent être faciles à extraire. Toutefois, si l'application nécessite un ajustement serré du palier ou si le roulement a été endommagé (par exemple corrosion par frottement), ce dernier peut devoir être retiré par la force.

#### Démontage manuel

Les roulements au diamètre extérieur de jusqu'à 120 mm, qui sont montés dans un alésage de palier sans épaulement, peuvent être retirés à l'aide d'une douille de frappe placée contre la bague extérieure du roulement et d'un marteau. Pour cela, utilisez le kit d'outils de montage de roulements SKF (→ **page 72**). Les roulements de plus grandes dimensions requièrent davantage de force pour être démontés et doivent être retirés à l'aide d'une presse.

Si un épaulement intégré derrière le roulement dans l'alésage du palier ne permet pas l'utilisation d'une douille de frappe ou d'une presse, utilisez un marteau et un chasse-goupille en métal mou pour faire sortir le roulement du palier. Des petits coups de marteau doivent être donnés de manière régulière tout autour de la face latérale de la bague extérieure (→ **fig. 27**). Faites attention lorsque vous utilisez cette méthode car le roulement et l'alésage du palier peuvent être très facilement endommagés.

Les épaulements de paliers comportant des trous filetés (→ **fig. 28**) ou des rainures (→ **fig. 29**) permettent l'utilisation de vis, d'un extracteur de roulement ou d'un marteau et un chasse-goupille pour extraire le roulement du palier.

Les roulements de petites dimensions au diamètre d'alésage s'échelonnant de 7 à 60 mm qui sont montés dans un palier, peuvent être retirés d'un alésage de palier à l'aide d'un extracteur

Fig. 27

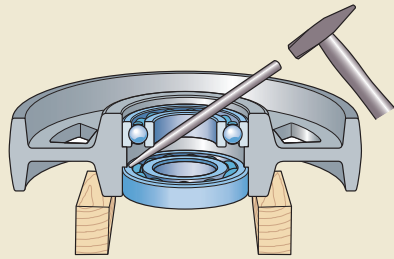


Fig. 28

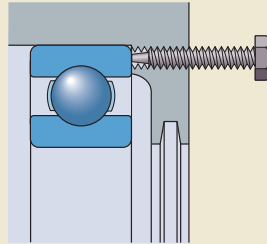
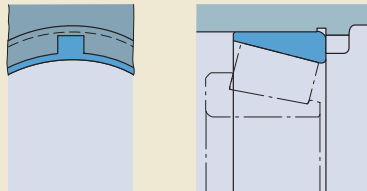


Fig. 29



## Démontage

interne à inertie tel que le kit extracteur interne de roulements SKF (→ fig. 30).

Pour cela, placez les mâchoires de l'extracteur adapté à travers l'alésage du roulement en compressant le mécanisme à ressort pour fermer les bras de l'extracteur (a). En relâchant le mécanisme à ressort, l'extracteur saisit fermement l'épaulement de la bague intérieure (b). Le roulement peut être extrait de l'alésage du palier en frappant à plusieurs reprises sur la bague d'arrêt à l'aide du marteau à inertie (c).

### Démontage à l'aide de la méthode à pression d'huile

Si le canal d'amenée d'huile et la rainure de distribution nécessaires ont été créés dans le palier et que le roulement n'a pas de dispositif de lubrification dans la bague extérieure, la méthode à pression d'huile peut toujours être utilisée. Cette méthode réduit considérablement la quantité de force nécessaire pour retirer les roulements de grandes dimensions (→ fig. 31).

**REMARQUE :** Vous trouverez des informations détaillées au sujet de la méthode à pression d'huile dans la section *La méthode à pression d'huile*, à partir de la **page 62**.

Fig. 31

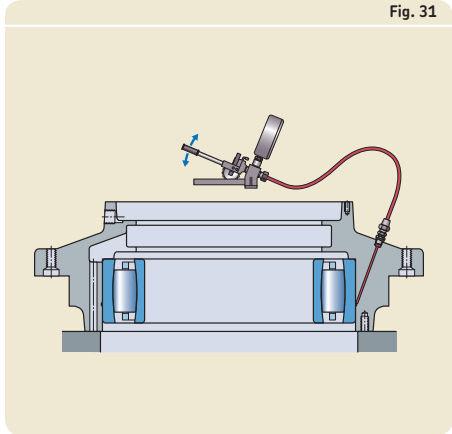
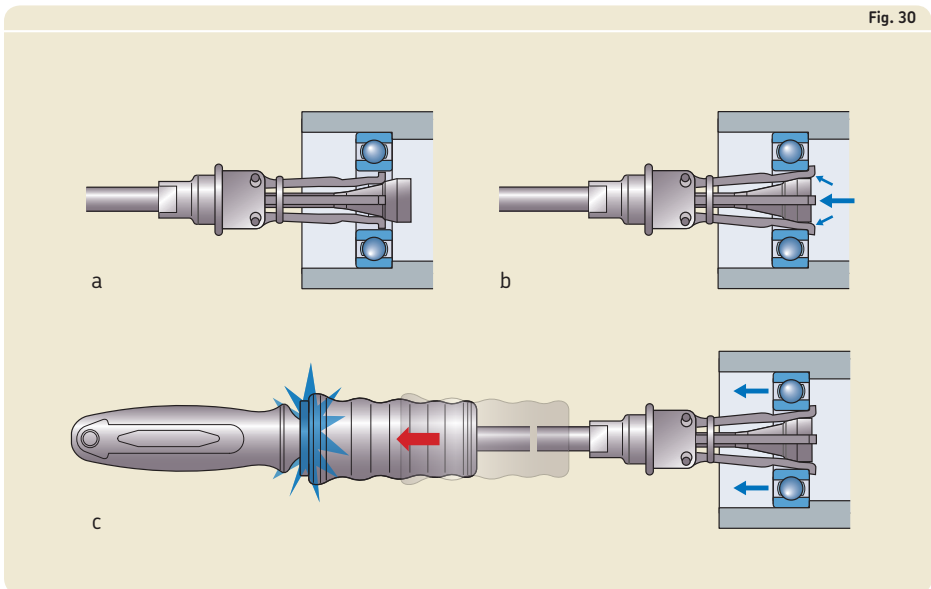


Fig. 30





## Démontage par chauffage

Le chauffage d'un palier pour en extraire le roulement en utilisant, par exemple, une nappe chauffante (→ fig. 32), n'est pas une technique très courante et ne doit être utilisée qu'en dernier recours.

**ATTENTION :** N'utilisez jamais de chalumeau ou d'autres types de flammes pour chauffer le palier.

## Démontage d'un roulement d'un arbre et d'un palier en une pièce simultanément

Des extracteurs spéciaux ont été créés pour démonter les roulements rigides à billes de petites dimensions d'un arbre et d'un palier en une pièce de manière simultanée.

La fig. 33 montre un extracteur conçu pour les roulements au diamètre d'alésage s'échelonnant de 10 à 100 mm. Les bras de l'extracteur sont placés entre les billes et saisissent le chemin de la bague intérieure, tout en étant supportés par la bague extérieure.

La fig. 34 montre un extracteur conçu pour les roulements au diamètre d'alésage s'échelonnant de 30 à 160 mm. Pour mettre l'extracteur en place, la cage du roulement doit d'abord être retirée. Les extrémités des bras de l'extracteur sont arrondies avec deux endroits plus plats. Ils sont placés entre les billes et saisissent les chemins de la bague intérieure et de la bague extérieure.

Pour obtenir des informations supplémentaires au sujet des kits extracteurs internes de roulements, veuillez visiter [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Fig. 32

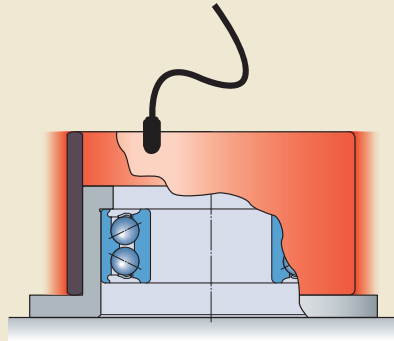


Fig. 33

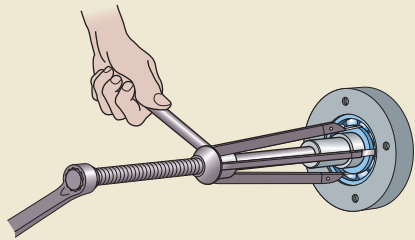
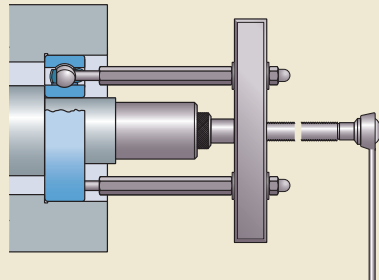


Fig. 34



# Démontage des paliers complets

### À savoir

Les paliers complets SKF (→ **fig. 35**) existent sous forme de paliers à semelle, de paliers appliqués et de coulisseaux-tendeurs. En fonction de la taille et du type de roulement, ils peuvent être fixés sur l'arbre avec l'une des méthodes suivantes (→ **fig. 36**) :

- par vis de blocage (de pression) (a)
- par bague de blocage excentrique avec une vis de blocage (de pression) (b)
- par un manchon de serrage (c)
- par le mécanisme de blocage SKF ConCentra (d, e)
- par bague de blocage cylindrique avec deux vis de blocage (de pression) (f)

Par conséquent, la procédure de démontage et les outils nécessaires peuvent varier. Les outils adéquats comprennent :

- une clé hexagonale pour desserrer les vis, boulons ou écrous de fixation
- une clé hexagonale pour desserrer les vis de blocage (de pression) de la bague intérieure ou de la bague de blocage, comme l'indique le **tableau 3, page 102** au chapitre *Montage des paliers complets*
- une clé à ergot pour desserrer l'écrou de serrage du manchon de serrage, comme indiqué dans le **tableau 4, page 103** au chapitre *Montage des paliers complets*

Dans certains cas, un marteau sans rebond peut être nécessaire.

Les clés à ergot et les marteaux sans rebond font partie de la vaste gamme de produits de maintenance SKF. Des informations détaillées sont disponibles en ligne sur [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Une fois le palier complet démonté, vérifiez s'il peut être réutilisé ou pas. Pour cela, nettoyez la surface extérieure du palier, en prenant garde de ne pas endommager les joints ou que le solvant de nettoyage ne pénètre pas dans la cavité du roulement. Faites tourner le roulement lentement pour détecter d'éventuels dommages. Le cas échéant, relubrifiez le palier doucement à travers le raccord de graissage, tout en faisant tourner la bague intérieure. Si vous déterminez

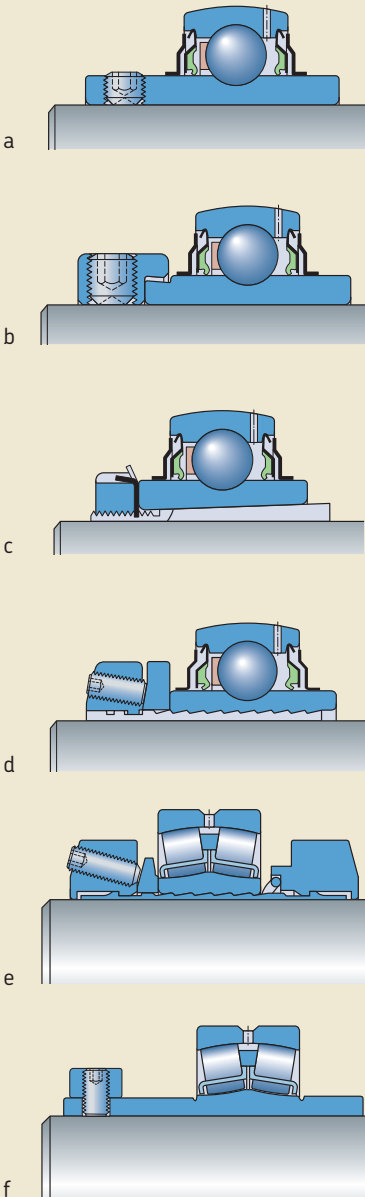
Fig. 35



qu'il est réutilisable, recouvrez de graisse, d'huile ou de fluide anticorrosif les surfaces non traitées pour éviter la corrosion.

**REMARQUE :** Cela ne vaut souvent pas la peine de nettoyer les paliers complets de petites dimensions très encrassés. Normalement, il est plus économique de se débarrasser du roulement et de le remplacer par un nouveau.

Fig. 36



### ATTENTION

Pour minimiser le risque de blessures graves, avant de commencer toute activité, appliquez les procédures de verrouillage/ d'étiquetage nécessaires.

### Préparations avant démontage

Accorder du temps à la préparation peut faciliter le démontage. Si vous en disposez, révissez les plans d'assemblage et étudiez le montage de palier. Ensuite, avant de commencer tout travail, procédez comme suit :

- Débranchez l'alimentation électrique de l'application.
- Nettoyez soigneusement le palier complet et la zone alentour.
- Nettoyez l'arbre.
- Vérifiez la méthode de blocage et choisissez les outils adéquats pour démonter les paliers complets.
- Contrôlez d'éventuels dommages qui empêcheraient le palier de glisser pour s'extraire de l'arbre et réparez-les.
- Soutenez l'arbre pour éliminer toute charge exercée sur le roulement.

## Démontage

### Démontage de paliers à billes avec vis de blocage (de pression)

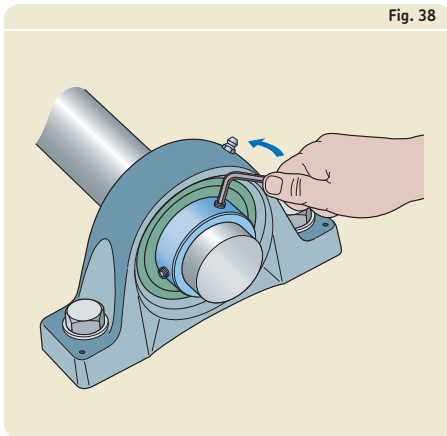
Lorsque vous démontez des paliers à billes avec vis de blocage (de pression) (→ **fig. 37**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 270**, et procédez comme suit :

- 1 Desserrez les vis de blocage (de pression) de la bague intérieure des deux paliers, au moins d'un tour complet (→ **fig. 38**)
- 2 Dévissez et retirez les boulons de fixation.
  - Pour les coulisseaux-tendeurs, retirez la vis de réglage des trous moulés des deux paliers.
- 3 Retirez les paliers de l'arbre.
  - Pour les coulisseaux-tendeurs, retirez l'ensemble complet arbre/paliers des glissières et enlevez les paliers de l'arbre.
  - Pour les paliers à semelle en acier embouti, retirez les chapeaux de paliers, levez l'arbre et ôtez les roulements de l'arbre.
  - Pour les paliers appliqués en acier embouti, retirez le premier chapeau de palier et faites glisser le roulement pour l'extraire de l'arbre. Recommencez ensuite de l'autre côté.

Fig. 37



Fig. 38



## Démontage de paliers à billes avec bague de blocage excentrique

Lorsque vous démontez des paliers complets à billes avec bague de blocage excentrique (→ **fig. 39**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 270**, et procédez comme suit (→ **fig. 40**) :

- 1 Desserrez la vis de blocage (de pression) de la bague de blocage excentrique des deux paliers, au moins un tour complet (**a**).
- 2 Desserrez la bague de blocage dans le sens inverse du sens de rotation. Pour cela :
  - Placez un chasse-goupille dans le trou borgne situé dans la circonférence de la bague et frappez dessus avec un marteau.
  - Ou bien utilisez une clé à ergot en engageant l'ergot dans le trou borgne situé dans la circonférence de la bague (**b**).
- 3 Retirez de l'arbre la bague de blocage excentrique des deux paliers.
- 4 Dévissez et retirez les boulons de fixation.
  - Pour les coulisseaux-tendeurs, retirez la vis de réglage des trous moulés des deux paliers.
- 5 Retirez les paliers de l'arbre.
  - Pour les coulisseaux-tendeurs, retirez l'ensemble complet arbre/paliers des glissières et enlevez les paliers de l'arbre.
  - Pour les paliers à semelle en acier embouti, retirez les chapeaux de paliers, levez l'arbre et ôtez les roulements de l'arbre.
  - Pour les paliers appliques en acier embouti, retirez le premier chapeau de palier et faites glisser le roulement pour l'extraire de l'arbre. Recommencez ensuite de l'autre côté.



Fig. 39

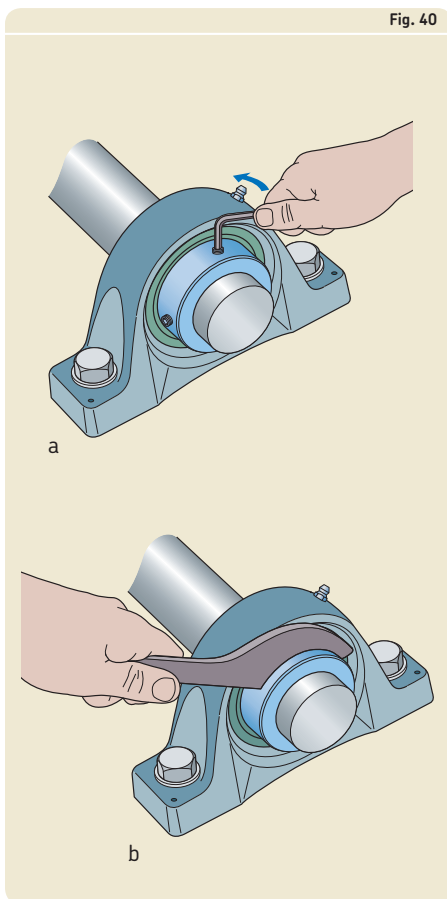


Fig. 40

## Démontage

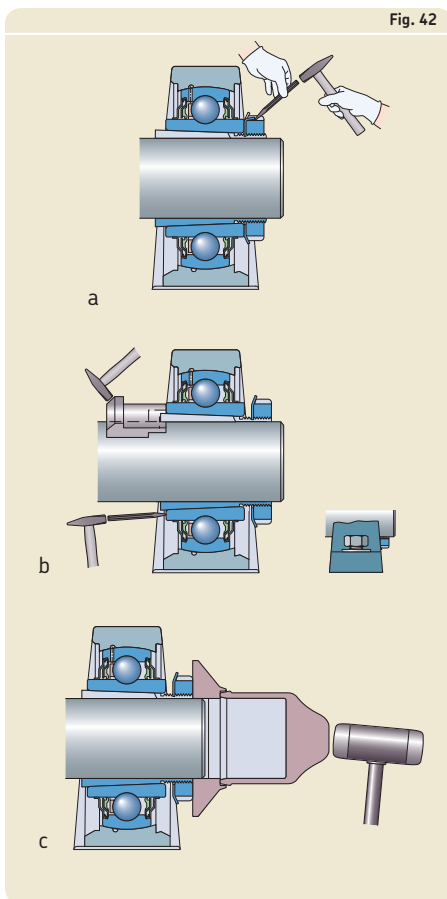
### Démontage de paliers à billes installés sur un manchon de serrage

Lorsque vous démontez des paliers complets à billes avec un manchon de serrage (→ **fig. 41**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 270**, et procédez comme suit (→ **fig. 42**) :

- 1 Ôtez de la rainure de l'écrou de serrage la languette repliée de la rondelle-frein (a) et dévissez l'écrou de serrage de quelques tours.
- 2 Desserrez les boulons ou les écrous de fixation de quelques tours.
- 3 Les paliers dont l'accès se trouve du côté opposé au dispositif de blocage peuvent être séparés de leur manchon de serrage à l'aide d'un bloc de métal ou d'un chasse-goupille et d'un marteau (b). Les paliers dont l'accès ne se trouve pas du côté opposé au dispositif de blocage peuvent être séparés du manchon de serrage en deux ou trois coups de marteau donnés sur une douille de frappe appuyée sur l'écrou de serrage du manchon de serrage (c).

**REMARQUE :** Utilisez le kit d'outils de montage de roulements SKF pour les diamètres d'arbre ≤ 55 mm (→ **page 72**).

- 4 Dévissez l'écrou de serrage et retirez la rondelle-frein des deux paliers.
- 5 Ôtez les boulons ou les écrous de fixation et faites glisser les paliers pour les extraire du manchon le long de l'arbre.
- 6 Retirez le manchon de serrage de l'arbre. Pour faciliter le retrait, élargissez légèrement le manchon en insérant dans sa rainure une cale en plastique ou un tournevis.



## Démontage de paliers à billes SKF ConCentra

Avant de démonter un palier à billes SKF ConCentra (→ **fig. 43**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 270**, et procédez comme suit (→ **fig. 44**) :

- 1 Desserrez de quelques tours les vis de blocage (de pression) de la bague de montage des deux paliers (**a**).
- 2 Desserrez les boulons ou les écrous de fixation des deux paliers, sans les retirer.
- 3 Déplacez la bague de montage latérale jusqu'à ce que le manchon à portées multiples SKF ConCentra se dégage :
  - en tapant sur l'extrémité de l'arbre avec un marteau (**b**)
  - en tapant sur une douille de frappe placée contre la bague de montage (**c**)

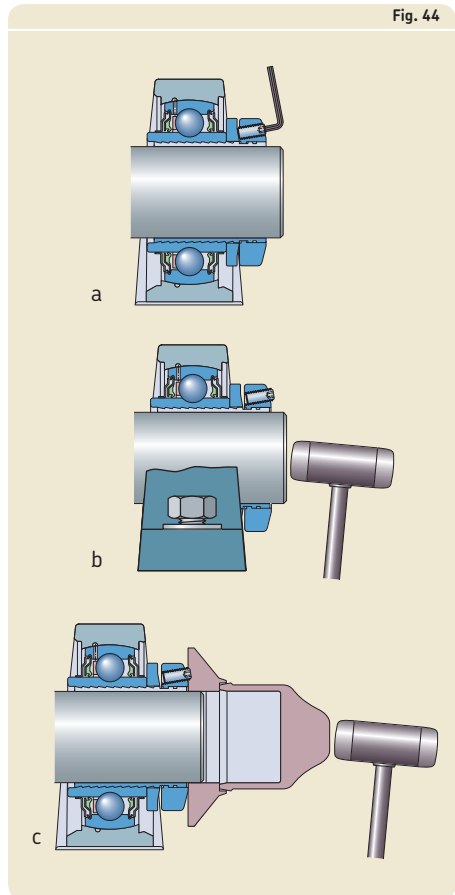
**REMARQUE :** Utilisez le kit d'outils de montage de roulements SKF pour les diamètres d'arbre  $\leq 55$  mm (→ **page 72**).

- 4 Retirez les boulons de fixation et enlevez les paliers de l'arbre.

Fig. 43



Fig. 44



## Démontage

### Démontage de paliers à rouleaux SKF ConCentra

Lorsque vous démontez des paliers à rouleaux à semelle comportant le système de blocage SKF ConCentra (→ **fig. 45**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 270**, et procédez comme suit (→ **fig. 46**) :

- 1 Desserrez et retirez les vis de fixation. Si possible, commencez par lever le montage de roulement complet, c'est-à-dire l'arbre, les deux paliers et les composants associés, avant de démonter les paliers (**a**).
- 2 Placez un support sous l'arbre.
- 3 Commencez par le palier fixe.
- 4 Desserrez de quelques tours les vis de blocage (de pression) de la bague de montage (**b**).
- 5 Placez-vous face à la bague de montage et, tout en tenant la semelle, tirez sur le palier jusqu'à ce qu'il se détache de l'arbre (**c**). L'énergie provenant du ressort ondulé préchargé facilite le détachement de l'arbre. Si nécessaire, tapez sur la bague de l'autre côté du palier à l'aide d'un marteau en caoutchouc (**d**).
- 6 Retirez le palier de l'arbre.
- 7 Pour démonter le palier libre, reprenez les **étapes 4 à 6**.

### Démontage de paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique

Lorsque vous démontez des paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique (→ **fig. 47**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 270**, et procédez comme suit :

- 1 Desserrez de quelques tours les deux vis de blocage (de pression) de la bague de blocage cylindrique des deux paliers.
- 2 Dévissez et retirez les boulons de fixation.
  - Pour les coulisseaux-tendeurs, retirez la vis de réglage des trous moulés des deux paliers.
- 3 Retirez les paliers de l'arbre. Au besoin, utilisez un marteau en caoutchouc et tapez légèrement sur le palier jusqu'à ce qu'il se détache de l'arbre.
  - Pour les coulisseaux-tendeurs, extrayez l'ensemble complet arbre/palier des glissières et enlevez le palier de l'arbre.

Fig. 45

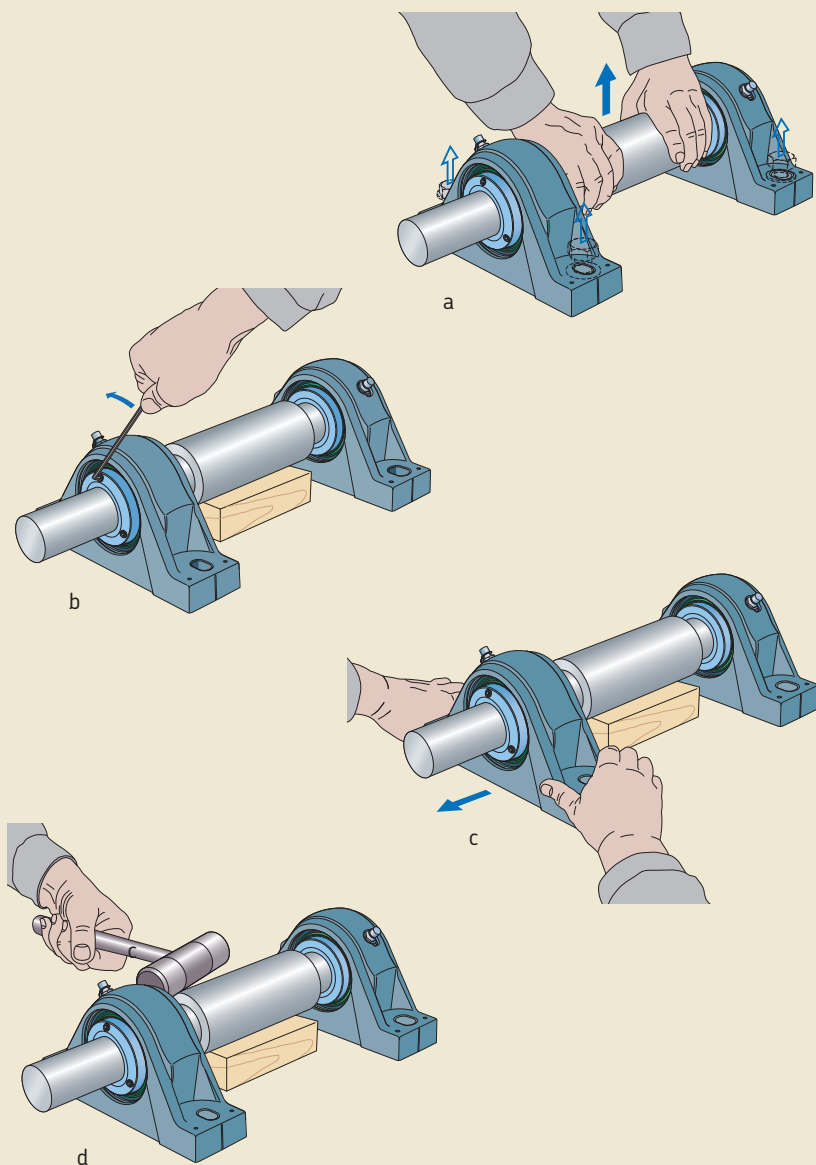


Fig. 47





Fig. 46



# Démontage des corps de paliers

Les corps de paliers, utilisés dans différentes applications industrielles, existent dans un grand nombre de modèles et de tailles. Vous trouverez dans cette section des informations sur la manière de démonter les paliers à semelle et les paliers appliques les plus courants (→ **fig. 48**). Pour obtenir les instructions de démontage d'autres paliers, veuillez contacter le service Applications SKF.

### À savoir

Si un corps de palier est censé être réutilisé, démontez-le toujours avec précaution en tenant compte de ce qui suit :

- Laissez groupés entre eux les éléments de chaque palier. La semelle et le chapeau des paliers ne sont pas interchangeables. La semelle et le chapeau des paliers SKF SNL, SONL et SAF portent un numéro de série.
- Manipulez avec précaution toutes les pièces en métal des joints non coupés.
- Ne frappez pas directement sur le palier avec un marteau.

### ATTENTION

Pour minimiser le risque de blessures graves, avant de commencer toute activité, appliquez les procédures de verrouillage/d'étiquetage nécessaires.

### Préparations avant démontage

Accorder du temps à la préparation peut faciliter le démontage. Si vous en disposez, réviser les plans d'assemblage et étudiez le montage de roulement. Ensuite, avant de commencer tout travail, procédez comme suit :

- Débranchez l'alimentation électrique de l'application.
- Nettoyez soigneusement les paliers et la zone alentour.
- Soutenez l'arbre, par exemple, à l'aide d'un appareil de levage.
- Pour les paliers à semelle, assurez-vous que vous disposez des bons outils pour lever l'arbre et l'extraire des semelles des paliers (→ **fig. 49**).
- Faites en sorte d'avoir à disposition des réservoirs adaptés pour prélever des échantillons de lubrifiant et récupérer le lubrifiant usagé.

Vérifiez les paliers pour détecter d'éventuelles fissures avant de les réutiliser. Si un palier est considéré comme étant réutilisable, recouvrez toutes les surfaces non peintes d'une couche de graisse ou d'huile pour les protéger contre la corrosion.

Fig. 48

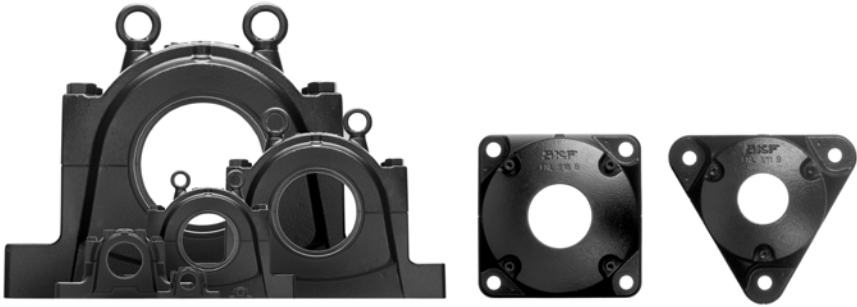
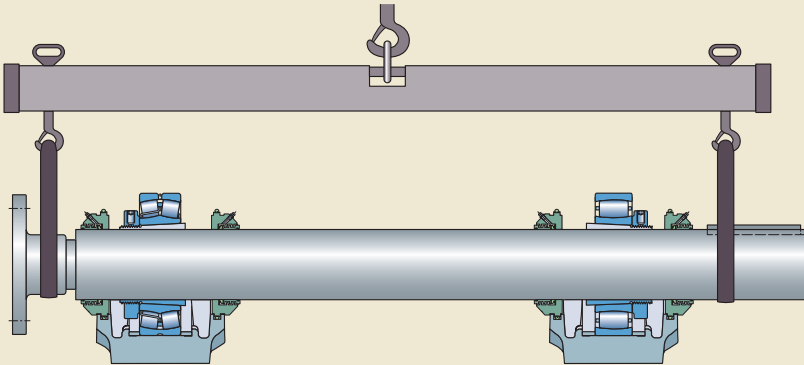


Fig. 49



## Démontage

### Démontage de paliers à semelle à joint diamétral

Lorsque vous démontez un corps de palier à semelle standard (→ **fig. 50**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 278**, et procédez comme suit (→ **fig. 51**) :

- 1 Retirez tous les raccords auxiliaires du palier, par exemple, les circuits d'alimentation en lubrifiant ou autres dispositifs.
- 2 Desserrez et retirez les boulons ou les écrous de fixation des deux paliers.

**REMARQUE** : Si possible, déposez l'ensemble complet (arbre, paliers et autres éléments) dans un endroit propre et ouvert.

- 3 Desserrez et retirez les vis d'assemblage des deux paliers.
- 4 Retirez les chapeaux de paliers (**a**).

**REMARQUE** : Tous les paliers SKF courants comportent des encoches dans la semelle et dans le chapeau permettant d'y insérer un tournevis ou un levier.

- 5 Le cas échéant, retirez l'excès de graisse et les joints coupés des chapeaux de paliers (**b**).
- 6 Levez l'ensemble-arbre des semelles de paliers (**c**).
- 7 Retirez les autres moitiés de joint ou le disque d'obturation et les bagues d'arrêt (de stabilisation), le cas échéant (**d**).

**ATTENTION** : Ne réutilisez jamais les joints à frottement.

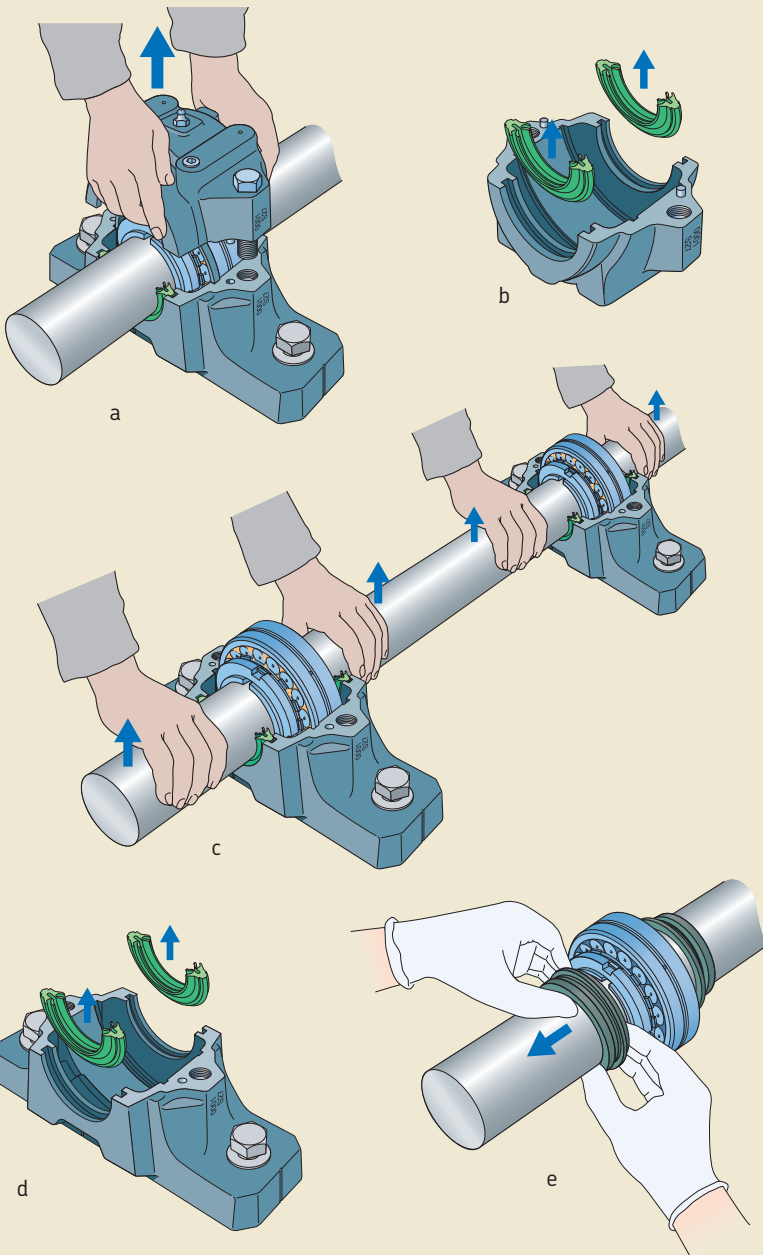
- 8 Retirez l'excès de graisse de la semelle du palier.
- 9 Retirez les joints non coupés de l'arbre (**e**). Les joints V-ring peuvent être coupés.
- 10 Démontez les roulements de l'arbre.
- 11 Retirez la deuxième rondelle ou bague d'étanchéité de l'arbre.

**REMARQUE** : Assurez-vous que tous les éléments de chaque palier restent groupés entre eux.

Fig. 50



Fig. 51



### Démontage de paliers appliqués

Lorsque vous démontez un palier appliqué standard (→ **fig. 52**), lisez attentivement les recommandations données dans *À savoir*, à partir de la **page 278** et procédez comme suit (→ **fig. 53**) :

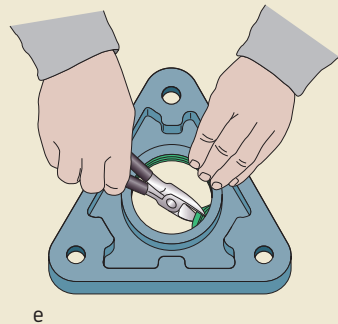
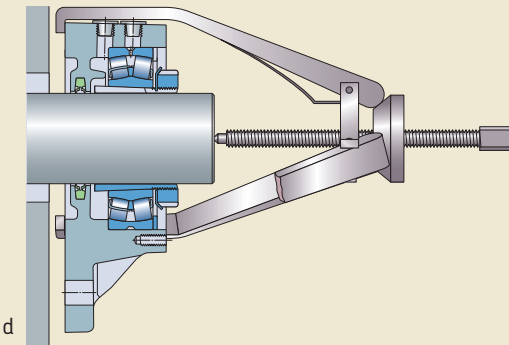
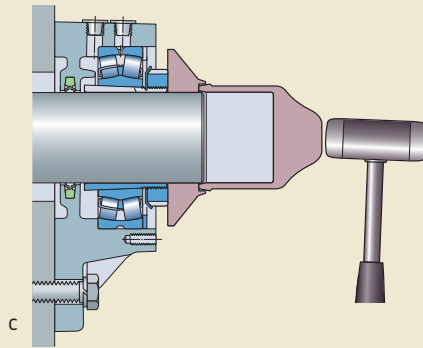
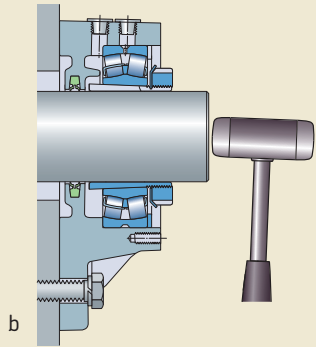
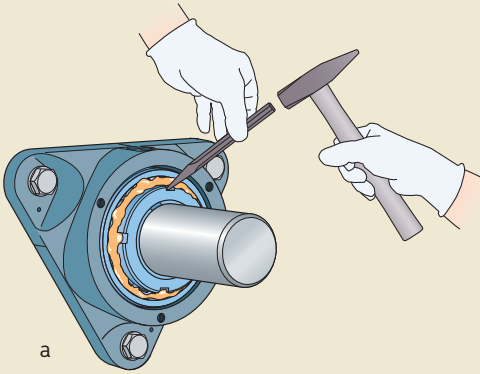
- 1 Desserrez et retirez les boulons des couvercles des deux paliers.
  - 2 Retirez le couvercle et les bagues d'arrêt (de stabilisation), le cas échéant.
  - 3 Retirez l'excès de graisse du couvercle et du palier pour que le dispositif de blocage du manchon de serrage soit visible.
  - 4 Ôtez de la rainure de l'écrou de serrage la languette repliée de la rondelle-frein et dévissez l'écrou de serrage de quelques tours (**a**).
  - 5 Desserrez les boulons ou les écrous de fixation, sans les retirer.
  - 6 Séparez le roulement du manchon de serrage
    - en tapant avec un marteau sur les extrémités de l'arbre (**b**)
    - en tapant sur une douille de frappe appuyée sur l'écrou de serrage (**c**)
- REMARQUE** : Utilisez le kit d'outils de montage de roulements SKF pour les diamètres d'arbre  $\leq 55$  mm (→ **page 72**).
- 7 Dévissez l'écrou de serrage et retirez la rondelle-frein des deux côtés.
  - 8 Retirez les boulons ou les écrous de fixation.
  - 9 Séparez le palier de sa surface d'appui et faites glisser le palier, le roulement et le manchon de serrage pour les retirer de l'arbre.
  - 10 Utilisez un extracteur en cas de besoin de force supplémentaire pour libérer le roulement de l'arbre (**d**).
  - 11 Coupez le joint placé dans la rainure de joint (**e**).
  - 12 Retirez l'excès de graisse du palier derrière le roulement.
  - 13 Démontez le roulement en suivant les instructions données dans *Démontage d'un roulement d'un palier en une pièce*, à partir de la **page 267**.

**REMARQUE** : Assurez-vous que tous les éléments de chaque palier restent groupés entre eux.

Fig. 52



Fig. 53



### Retrait de joints

Il existe généralement deux types de joints différents pour protéger les montages de roulements : les joints non frottants et les joints frottants.

#### Retrait de joints non frottants

Les joints non frottants (→ fig. 54) ne génèrent pratiquement pas de frottement, ce qui leur permet de durer très longtemps. Dans la plupart des cas, ces joints sont réutilisables. Ils doivent donc être retirés avec beaucoup de précautions et à l'aide d'outils adaptés. Ne frappez jamais sur un joint non frottant avec un marteau et n'utilisez pas de tournevis ou de chasse-goupille pointu pendant le processus de retrait.

Avant de retirer ces joints, vérifiez l'arbre et réparez les dommages qui pourraient abîmer les joints lorsque vous les ferez glisser sur l'arbre.

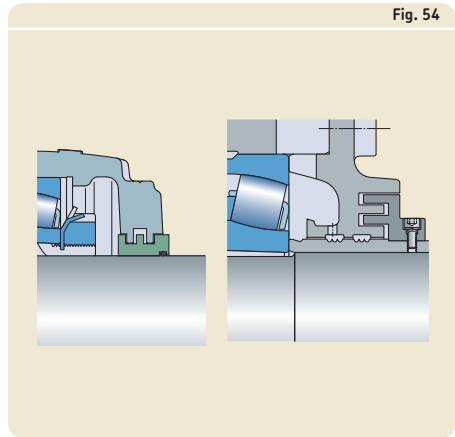


Fig. 54

#### Retrait de joints frottants

Les joints frottants (→ fig. 55), qui sont généralement fixés dans un palier et glissent contre une surface d'appui (par exemple, un arbre ou une bague-entretoise) avec une force radiale déterminée, s'useront avec le temps. Ils ne doivent donc jamais être réutilisés.

Toutefois, si la cause d'une défaillance des joints doit être analysée, ils doivent être manipulés avec précaution pendant leur retrait.

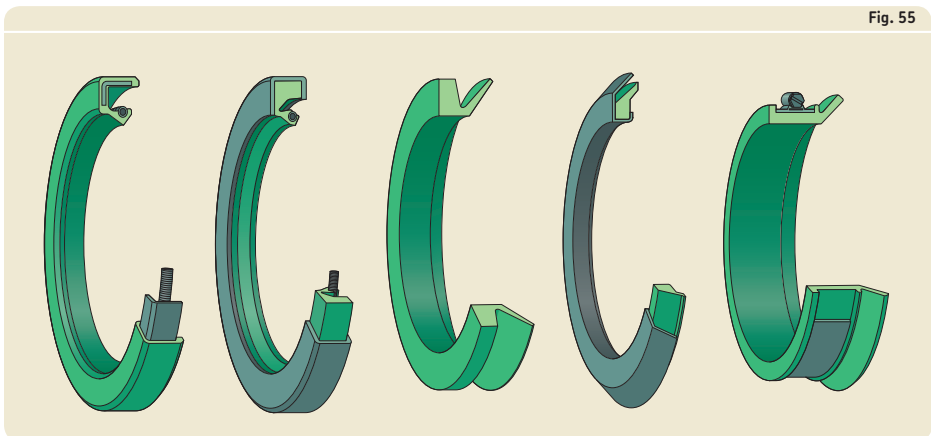


Fig. 55



Les joints radiaux peuvent être retirés avec :

- un marteau et un chasse-goupille, si l'épaule-ment du palier comporte des événements (→ **fig. 56**)
- un tournevis, si la face avant ou arrière du joint est accessible (→ **fig. 57**)
- des tenailles pour saisir la charnière ou l'armature du joint (→ **fig. 58**)
- une douille de frappe, par ex. le kit d'outils de montage de roulements SKF (→ **fig. 59**)
- un crochet pour saisir l'armature par l'arrière (→ **fig. 60**)

Fig. 58

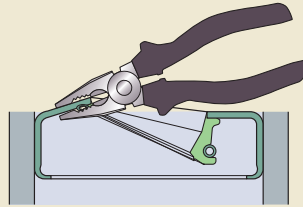


Fig. 56

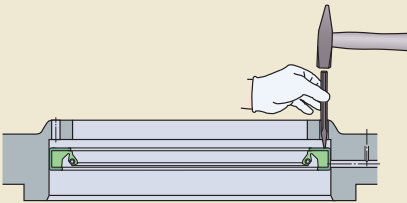


Fig. 59

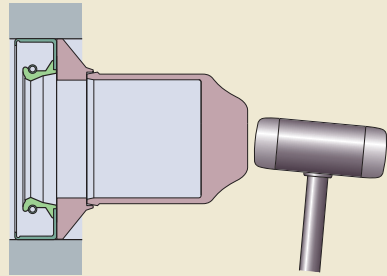


Fig. 57

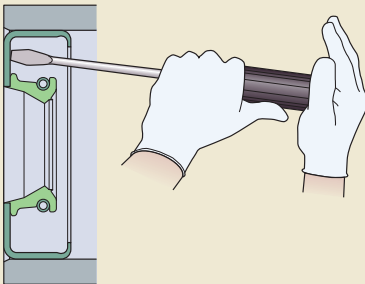
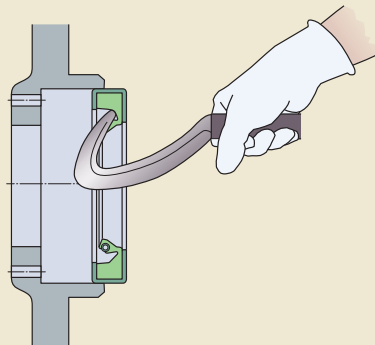


Fig. 60



## Démontage

Les joints V-ring peuvent être retirés en :

- les étirant par-dessus les autres éléments (→ fig. 61)
- les coupant avec des ciseaux (→ fig. 62)

Les joints radiaux en élastomère de grandes dimensions peuvent être retirés en :

- les étirant ou en les coupant avec des ciseaux (→ fig. 63)
- décrochant le raccord à ressort que comportent les joints coupés (→ fig. 64)

Fig. 62

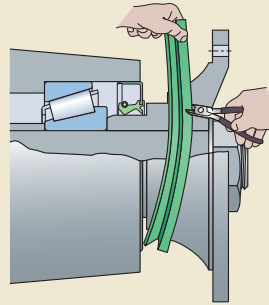


Fig. 63

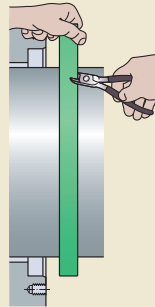


Fig. 61

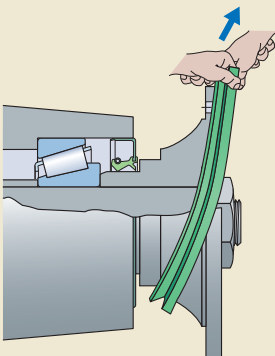
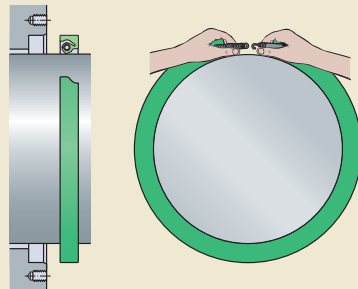


Fig. 64







# Endommagement des roulements et leurs causes

<b>Introduction</b> .....	<b>290</b>
<b>Démontage</b> .....	<b>291</b>
<b>Marques de passage</b> .....	<b>291</b>
Marques correspondant à des conditions de fonctionnement normales. ....	292
Marques correspondant à des conditions de fonctionnement anormales. ....	296
<b>Endommagement des roulements</b> .....	<b>298</b>
Causes d'endommagement avant fonctionnement .....	300
Mauvais ajustements sur l'arbre et dans le palier. ....	300
Dommages et défaillances dus à des portées d'arbre et de palier défectueuses .....	302
Défaut d'alignement statique .....	304
Mauvaises méthodes de montage. . .	305
Passage de tension électrique excessive à travers le roulement . . .	307
Dommages dus au transport et au stockage .....	308
Causes de dommages pendant le fonctionnement .....	309
Fatigue du matériau (initiée en sous-couche) .....	309
Lubrification inefficace .....	310
Joints inefficaces .....	314
Vibrations (faux effet « Brinell ») . . .	319
Défaut d'alignement pendant le fonctionnement .....	320
Passage de courant électrique à travers le roulement .....	321

### Introduction

De nos jours, les roulements constituent un des éléments les plus importants dans les machines de haute technologie. Les défaillances des roulements impliquent un arrêt de la machine pouvant s'avérer onéreux. Le choix d'un roulement adapté à l'application ne constitue que la première étape du chemin menant à des performances fiables de l'équipement. Les paramètres de fonctionnement de la machine, par exemple les charges, les vitesses, la température, la précision de rotation et les exigences de fonctionnement, sont nécessaires pour choisir le type et la taille de roulement les mieux appropriés dans une gamme de produits.

La durée de vie calculée de tout roulement est basée sur huit hypothèses :

- 1 Le roulement est de haute qualité et ne comporte pas de défauts inhérents.
- 2 Le roulement est le bon pour l'application.
- 3 Les dimensions des pièces liées au roulement telles que les portées d'arbre et de palier sont appropriées.
- 4 Le roulement est monté correctement.
- 5 Le bon lubrifiant est toujours appliqué dans le roulement dans les bonnes quantités.
- 6 Le montage de roulement est protégé (étanchéifié) correctement.
- 7 Les conditions de fonctionnement conviennent au montage de roulement.
- 8 La maintenance recommandée est effectuée.

Si toutes ces conditions sont remplies, le roulement doit atteindre sa durée de vie calculée. Ce fait reste malheureusement très hypothétique. Il existe souvent quelque chose qui empêche d'avoir des conditions de fonctionnement « idéales ».

Une erreur courante sur le terrain est de penser que la défaillance d'un roulement se doit à un manque de capacité de charge. Suivant ce raisonnement, beaucoup de gens s'engagent dans des remplacements coûteux pour augmenter la capacité de charge et finissent par rencontrer davantage de défaillances.

L'identification de la source de la défaillance d'un roulement constitue une première étape dans l'obtention de performances fiables des équipements. Une des tâches les plus difficiles

L'analyse de l'endommagement des roulements permet de comprendre le fonctionnement de l'équipement et les dommages subis par les roulements. Des preuves doivent être réunies et interprétées correctement pour établir la source du problème. Les connaissances, les compétences et l'expérience sont nécessaires pour savoir séparer les informations utiles des pistes fausses ou trompeuses. C'est pourquoi SKF propose une assistance professionnelle pour l'analyse des dommages.

Pour en savoir plus sur le service d'analyse des dommages SKF, veuillez contacter votre représentant SKF local ou votre distributeur agréé SKF.

est d'identifier le mode de défaillance principal (la source) et de filtrer les conditions secondaires découlant du mode de défaillance principal.

Ce chapitre vous met à disposition les outils permettant d'effectuer une évaluation initiale de la cause de l'endommagement ou de la défaillance d'un roulement.

## Démontage

Pour le démontage, SKF recommande ce qui suit :

- Prenez des photos. Elles pourront vous aider plus tard dans votre analyse. Par exemple, assurez-vous de photographier la position, la quantité et l'état de la graisse dans et autour du roulement.
- Prélevez des échantillons de lubrifiant pour les analyser. Pour les applications lubrifiées à la graisse, prenez des échantillons à différents endroits.

**REMARQUE :** Veuillez vous reporter au chapitre *Démontage*, à partir de la **page 252**.

## Marques de passage

Les roulements neufs ont un très bel aspect (→ **fig. 1**). Leurs composants ont été fabriqués aux dimensions exactes, souvent à des fractions de microns près. Les dimensions ont été contrôlées de nombreuses fois pendant le processus de fabrication. Les zones qui ont été rectifiées (les surfaces des bagues intérieures et extérieures et les éléments roulants) sont très brillantes.

Lorsque vous examinez un roulement qui a tourné pendant assez longtemps, vous pouvez observer un certain nombre de changements, par exemple :

- des zones mates sur les chemins et les éléments roulants, parfois également très brillantes (→ **fig. 2**)
- une décoloration de l'alésage de la bague intérieure et du diamètre extérieur de la bague extérieure
- l'usure de la cage
- de la corrosion de contact sur l'alésage de la bague intérieure ou le diamètre extérieur de la bague extérieure

Si un roulement présente des traces d'usure ou d'endommagements même mineurs, ou a cessé de fonctionner, un examen approfondi peut apporter des informations sur ce qui est arrivé au roulement pendant le fonctionnement.

Pendant l'inspection, le secret est de chercher les « marques ». Une marque peut être



## Endommagement des roulements et leurs causes

« normale » ou elle peut révéler un problème. La marque que vous trouvez peut très souvent permettre d'identifier la source d'un problème.

Un certain nombre de marques courantes et typiques sont présentées dans ce chapitre.

### Marques correspondant à des conditions de fonctionnement normales

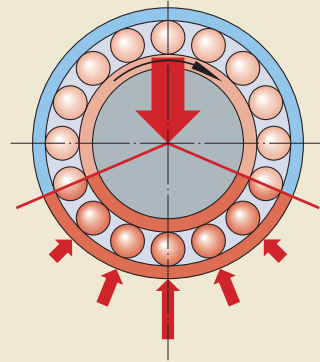
Les **fig. 3** et **4** illustrent la manière dont une charge radiale unidirectionnelle et constante exercée sur la bague intérieure tournante d'un roulement est répartie sur la bague extérieure fixe, à travers les éléments roulants.

La grande flèche située à 12 heures représente la charge exercée et la série de petites flèches entre 4 et 8 heures représente la manière dont la charge est répartie ou supportée à travers les éléments roulants dans le roulement.

Comme la bague intérieure tourne, chaque point de la bague entre dans la zone de charge. Par conséquent, la totalité de la circonférence du chemin de la bague intérieure sera marquée en son centre d'une bande d'une largeur uniforme. Il s'agit de la zone de charge d'une bague intérieure tournante.

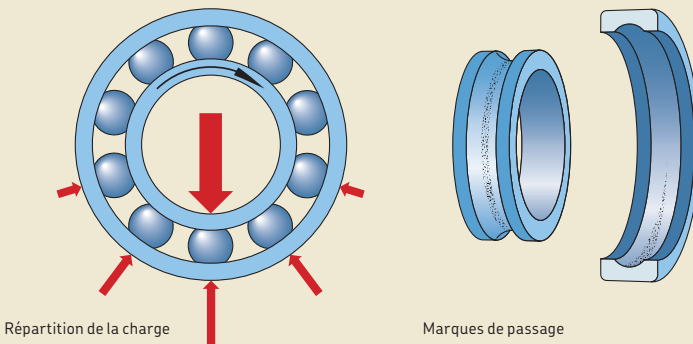
La bague extérieure est fixe, par conséquent, la zone de charge est limitée à l'endroit où les éléments roulants transmettent la charge. Il s'agit de la zone de charge d'une bague extérieure fixe. La répartition de la charge dans la zone de charge de la bague extérieure est variable. Elle est à son maximum dans le sens

Fig. 3



- Zone de charge ( $\approx 150^\circ$ )
- Entrera dans la zone de charge pendant la rotation
- Jeu dans le roulement, zone de décharge
- Charge (arbre) et répartition de la charge (palier)

Fig. 4





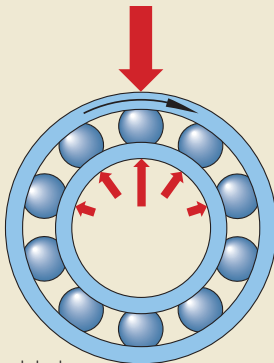
de la charge et diminue dans toutes les directions à partir de ce point. Pour la plupart des applications, la zone de charge est d'environ  $150^\circ$ .

La **fig. 5** illustre la manière dont une charge radiale unidirectionnelle et constante exercée sur la bague extérieure tournante d'un roulement est répartie sur la bague intérieure fixe, à travers les éléments roulants.

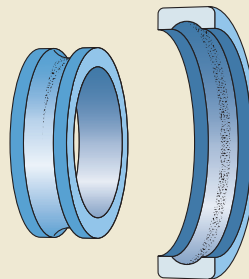
Comme la bague extérieure tourne, chaque point de cette bague entre dans la zone de charge. Par conséquent, la totalité de la circonférence du chemin de la bague extérieure sera marquée en son centre d'une bande d'une largeur uniforme.

La répartition de la charge sur la bague intérieure est variable. Elle est à son maximum dans le sens de la charge et diminue dans toutes les directions à partir de ce point. Pour la plupart des applications, la zone de charge est d'environ  $150^\circ$ .

Fig. 5



Répartition de la charge



Marques de passage

## Endommagement des roulements et leurs causes

Ces marques de charge apparaissent également lorsque la bague intérieure tourne en même temps que la charge (c.à.d. charges déséquilibrées ou excentriques) et que la bague extérieure est fixe. Même si la bague intérieure tourne, la charge exercée dessus est fixe, tandis que la charge exercée sur la bague extérieure est tournante (→ **fig. 6**).

La **fig. 7** illustre l'effet d'une charge axiale unidirectionnelle et constante exercée sur un roulement rigide à billes.

La bague tournante présentera une bande déplacée latéralement tout autour de la circonférence.

La bague fixe présentera une bande déplacée latéralement du côté opposé. Si l'intensité de la charge axiale est suffisamment élevée, la bande de la bague fixe sera marquée tout autour de sa circonférence.

La **fig. 8** illustre la combinaison d'une charge radiale unidirectionnelle et constante avec une charge axiale exercée sur un roulement rigide à billes comportant une bague intérieure tournante et une bague extérieure fixe.

La zone de charge est déplacée latéralement tout autour de la circonférence de la bague intérieure.

La zone de charge de la bague extérieure est déplacée latéralement dans le sens opposé. La longueur de la zone de charge est supérieure à celle d'une zone produite uniquement par une charge radiale, mais pas nécessairement de 360°.

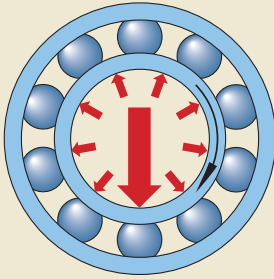
Pour les roulements à deux rangées, les charges combinées produiront des zones de charge de longueurs inégales. La rangée qui supporte la charge axiale aura une zone de charge fixe plus longue. Si la charge axiale est d'une intensité suffisante, une des rangées d'éléments roulants peut devenir totalement déchargée.

Pour une bague extérieure soumise à une charge radiale pure seule une petite portion (environ 150°) présentera une marque de passage (→ **fig. 3 et 4, page 292**).

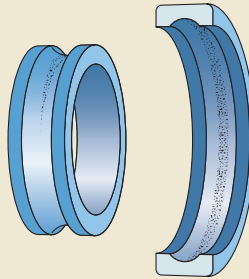
Lorsque l'ensemble de la bague extérieure est soumis à une charge axiale pure, la marque de passage sera déplacée latéralement (→ **fig. 7**).

En cas de charges combinées, la marque de passage se trouvera entre les deux cas précédents en fonction de l'intensité de la charge radiale par rapport à la charge axiale (→ **fig. 8**).

Fig. 6

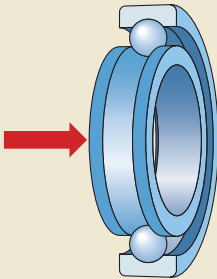


Répartition de la charge

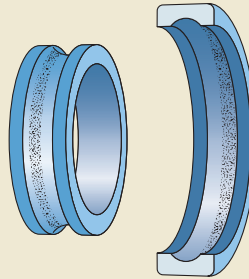


Marques de passage

Fig. 7

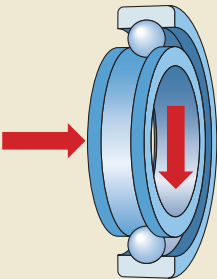


Répartition de la charge

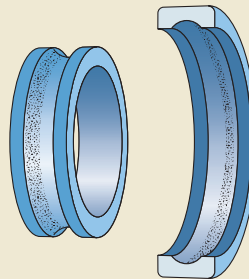


Marques de passage

Fig. 8



Répartition de la charge



Marques de passage

### Marques correspondant à des conditions de fonctionnement anormales

La **fig. 9** illustre les zones de charge produites par une charge radiale unidirectionnelle et constante lorsqu'une bague extérieure fixe est mal alignée par rapport à la bague intérieure tournante.

La totalité de la circonférence du chemin de la bague intérieure sera marquée en son centre d'une bande d'une largeur uniforme.

La bague extérieure comportera une bande allant d'un côté à l'autre. Le tracé et la longueur de la bande dépendent de l'ampleur du défaut d'alignement, de la charge et du jeu dans le roulement. La bande peut se trouver n'importe où entre 150° et 360°.

Cette situation peut se produire lorsque l'arbre est fléchi ou si les roulements se trouvent dans des paliers séparés sans alésage concentrique.

La **fig. 10** illustre les zones de charge produites par une charge radiale unidirectionnelle et constante lorsqu'une bague extérieure fixe est coincée radialement (serrée dans une forme ovale).

Dans ces conditions, la totalité de la circonférence du chemin de la bague intérieure sera marquée en son centre d'une bande d'une largeur uniforme.

La bague extérieure présentera deux zones de charge opposées diamétralement. Une bague extérieure peut se trouver coincée diamétralement pour une des raisons suivantes :

- Le palier est monté sur une surface non plate.
- Les deux moitiés d'un palier en deux parties ou une pièce de l'équipement ne s'assemblent pas de manière concentrique.
- La portée du palier comporte un faux-rond dû à des erreurs de fabrication. Dans ce cas, deux zones de charge ou plus peuvent exister.

Les zones de charges multiples augmentent considérablement les charges internes ainsi que la température de fonctionnement du roulement, entraînant un endommagement ou une défaillance prématurée.

La **fig. 11** illustre les zones de charge produites par un roulement préchargé en interne qui supporte une charge radiale unidirectionnelle et constante, tandis que la bague intérieure tourne et que la bague extérieure est fixe.

Dans ces conditions, la totalité de la circonférence du chemin de la bague intérieure sera marquée en son centre d'une bande d'une largeur uniforme.

La bague extérieure présentera également une zone de charge de 360°, mais la marque sera souvent plus grande à l'endroit où la charge exercée s'allie avec la précharge interne.

Cette situation peut être le résultat d'un ajustement serré excessif sur l'arbre et/ou dans le palier. Si l'ajustement est trop serré, le roulement peut en venir à comporter une précharge interne de par la compression des éléments roulants entre les deux bagues. Un jeu interne initial trop petit peut poser le même problème.

Une différence de températures excessive entre l'arbre et le palier constitue également une cause pouvant mener à cette situation. Cette dernière peut également réduire considérablement le jeu interne du roulement. Un coefficient de dilatation thermique différent entre les matériaux de l'arbre et du palier peut également contribuer à la réduction du jeu.

**REMARQUE :** Veuillez vous reporter à la section *Ajustements et tolérances recommandés*, page 35.

Fig. 9

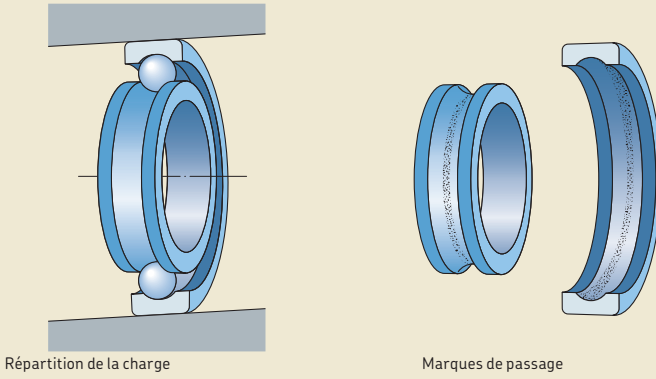


Fig. 10

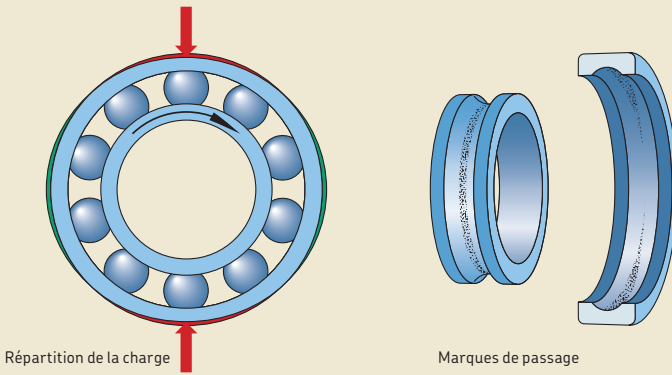
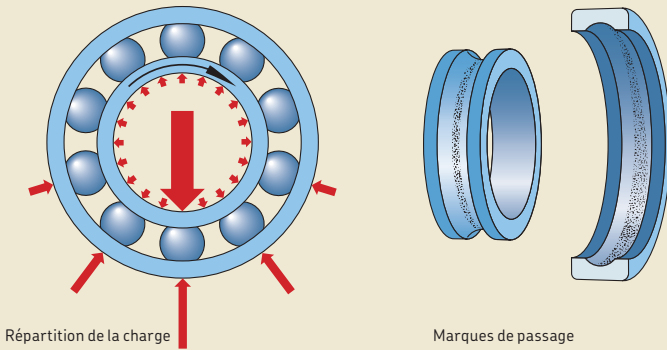


Fig. 11



## Endommagement des roulements

En raison de l'attention croissante portée à la prévention de la reproduction des endommagements et des défaillances des roulements, l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a mis au point une méthodologie de classification des dommages et des défaillances (ISO 15243:2004). Cette norme reconnaît six groupes principaux de modes de défaillance et seize sous-groupes, tous reliés à des dommages survenus après la fabrication. La norme se base principalement sur des caractéristiques visibles des éléments roulants, des chemins et d'autres surfaces fonctionnelles. Elle identifie également les mécanismes impliqués dans chaque type de défaillance.

La plupart des dommages subis par les roulements peuvent être reliés aux six groupes principaux, ainsi qu'aux différents sous-groupes présentés dans le **tableau 1**. Les définitions des modes de défaillances sont données dans le **tableau 2**.

La plupart des dommages provenant de ces mécanismes peuvent être détectés et surveillés facilement lorsque la maintenance conditionnelle fait partie d'un programme de maintenance complet. Grâce à l'analyse des vibrations les premiers signes d'endommagement du roulement peuvent se détecter, ce qui permet au personnel de maintenance d'entreprendre les actions correctives dans les plus brefs délais. Cela peut réduire de manière significative les arrêts-machines coûteux et imprévus, et éviter les défaillances graves qui pourraient endommager les éléments voisins. Ainsi, le personnel de maintenance est également en mesure d'examiner le roulement endommagé à un stade précoce pour déterminer la source du problème et appliquer les procédures nécessaires afin d'empêcher qu'il ne se reproduise.

**REMARQUE :** Veuillez vous reporter au chapitre *Inspection*, à partir de la **page 216**.

La plupart des dommages subis par les roulements peuvent être classés en deux catégories : avant fonctionnement et pendant le fonctionnement. Les dommages avant fonctionnement se produisent avant ou pendant l'installation du roulement, tandis que les dommages pendant

le fonctionnement arrivent alors que le roulement est en service.

Causes de dommages avant fonctionnement :

- mauvais ajustements sur l'arbre et dans le palier
- portées de roulements défectueuses sur les arbres et dans les paliers
- défaut d'alignement statique
- mauvaises méthodes de montage
- passage de courant électrique à travers le roulement (tension excessive)
- transport, manipulation et stockage

Causes de dommages pendant le fonctionnement :

- fatigue du matériau
- lubrification inefficace
- joints inefficaces
- vibrations (faux effet « Brinell »)
- défaut d'alignement pendant le fonctionnement
- passage de courant électrique à travers le roulement (fuites de courant)

**Tableau 1**

**Classification ISO des dommages de roulements et des modes de défaillance**

Groupe principal	Sous-groupe
<b>Fatigue</b>	Fatigue initiée en sous-couche
	Fatigue initiée en surface
<b>Usure</b>	Usure par abrasion
	Usure d'adhérence
<b>Corrosion</b>	Corrosion par humidité
	Corrosion par frottement
	Corrosion de contact
	Faux effet « Brinell »
<b>Érosion électrique</b>	Tension excessive
	Fuite de courant
<b>Déformation plastique</b>	Surcharge
	Indentations dues aux débris
	Indentations dues à la manipulation
<b>Rupture et fissures</b>	Rupture forcée
	Rupture par fatigue
	Fissure thermique

Tableau 2

## Définition et explication des modes de défaillance

Modes de défaillance	Définition et/ou explication
<b>Fatigue</b>	Un changement dans la structure du matériau provoqué par les contraintes successives produites dans les zones de contact entre les éléments roulants et les chemins. La fatigue se manifeste sous forme d'écaillage de particules en surface. Le temps écoulé entre un écaillage primaire et un écaillage avancé varie selon la vitesse et la charge.
Fatigue initiée en sous-couche	L'amorce de microfissures sous la surface du chemin. Lorsque ces microfissures se propagent jusqu'à la surface, elles produisent des écailles (effritement).
Fatigue initiée en surface	Défaut de surface. Défaillance des aspérités (rugosité) des surfaces de contact de roulage en métal due à une mauvaise lubrification.
<b>Usure</b>	La désintégration progressive du matériau provenant de l'interaction de deux surfaces de contact de glissement ou de roulage/glissement pendant le fonctionnement.
Usure par abrasion	Le résultat d'une lubrification inappropriée ou de la pénétration de contaminants.
Usure d'adhérence	Le transfert de matériau d'une surface à une autre avec la chaleur dégagée par le frottement et parfois avec trempage ou rendurcissement de la surface.
<b>Corrosion</b>	La détérioration d'une surface en métal faisant suite à l'oxydation ou à une réaction chimique sur les surfaces en métal.
Corrosion par humidité	Oxydation des surfaces en présence d'humidité.
Corrosion par frottement	La réaction chimique activée par un micromouvement relatif entre les surfaces de contact sous certaines conditions de frottement.
Corrosion de contact	L'oxydation et l'usure des aspérités des surfaces sous un micromouvement d'oscillation.
Faux effet « Brinell »	La formation de creux superficiels faisant suite à un micromouvement provoqué par des vibrations cycliques pendant qu'une machine est à l'arrêt. Des creux équidistants correspondant à l'emplacement des éléments roulants dans les chemins.
<b>Érosion électrique</b>	L'endommagement des surfaces de contact (désintégration du matériau) provoqué par le passage de courants électriques.
Tension excessive	Étincelles et chaleur localisée provenant du passage de courant dans la zone de contact en raison d'une isolation inefficace.
Fuite de courant	La production de cratères superficiels provenant du passage de courant (faible). Les cratères sont proches les uns des autres. Ils évoluent au fil du temps sous forme de cannelures parallèles à l'axe de roulage et sont équidistants.
<b>Déformation plastique</b>	Déformation permanente qui se produit lorsque la résistance élastique du matériau est dépassée.
Surcharge	Surcharge due à des charges statiques ou de chocs menant à la déformation plastique (véritable effet « Brinell »).
Indentations dues aux débris	Les particules laminées dans les zones de contact forment des indentations dans les chemins et les éléments roulants. La taille et la forme des indentations dépendent de la nature des particules.
Indentations dues à la manipulation	Surfaces de roulements entaillées ou creusées par des objets durs et tranchants.
<b>Rupture</b>	La résistance à la traction du matériau est dépassée et une séparation complète d'une partie du composant se produit.
Rupture forcée	Une rupture provenant d'une concentration de contraintes au-delà de la résistance à la traction du matériau.
Rupture par fatigue	Une rupture provoquée par un dépassement fréquent de la limite de résistance à la fatigue du matériau.
Fissure thermique	Fissures produites par une chaleur élevée due au frottement. Elles apparaissent souvent perpendiculairement au sens de glissement.

### Causes d'endommagement avant fonctionnement

#### Mauvais ajustements sur l'arbre et dans le palier

Un mauvais ajustement sur l'arbre ou dans le palier peut se traduire par un jeu excessif ou une précharge excessive pouvant mener à l'une des conditions suivantes :

- glissement de la bague (la bague tourne sur sa portée)
- corrosion de contact
- bagues fissurées
- réduction de la capacité de charge
- charges induites
- températures de fonctionnement excessives

Par conséquent, un ajustement adéquat est crucial pour la durée de service du roulement et les performances de l'application.

Si la bague d'un roulement tourne et que la charge est unidirectionnelle et constante, un ajustement serré est nécessaire. Le degré de serrage est régi par l'intensité de la charge ainsi que le type et la taille du roulement. Généralement, plus la charge exercée est élevée, plus l'ajustement doit être serré.

Si la bague d'un roulement est fixe et que la charge est unidirectionnelle et constante, son ajustement est généralement libre. Vous trouverez les ajustements recommandés dans **l'Annexe A**, à partir de la **page 334**. Les valeurs des écarts et des ajustements consé-

quents sont répertoriées dans **l'Annexe B**, à partir de la **page 338**.

La présence de chocs ou de vibrations continues requiert un ajustement plus serré de la bague qui tourne par rapport à la charge.

Dans le cas d'une bague de roulement dont la zone de charge est tournante, de roulements légèrement chargés ou de roulements fonctionnant à très faible vitesse, un ajustement moins serré ou, dans certains cas, un ajustement libre, peut être appliqué.

Il est parfois impossible de monter une pièce de l'équipement si les ajustements recommandés sont appliqués. Dans ce cas, veuillez contacter le service Applications SKF.

Prenons deux exemples : Dans la roue avant d'une voiture, le sens de la charge est constant, c'est-à-dire que la surface de la route exerce toujours une force vers le haut sur la roue. Par conséquent, la bague extérieure tournante a un ajustement serré dans le moyeu de roue, tandis que la bague intérieure fixe a un ajustement libre sur la fusée d'essieu.

Les roulements installés dans un moteur électrique traditionnel possèdent des bagues extérieures fixes par rapport à la charge et leur ajustement est libre dans le palier, mais les bagues intérieures tournent par rapport à la charge et sont montées avec un ajustement serré.

Dans certains cas, il est nécessaire de monter aussi bien la bague intérieure que la bague extérieure d'un roulement avec un ajustement serré. C'est le cas, par exemple, pour les roulements à rouleaux cylindriques et à rouleaux

Fig. 12

Usure par abrasion due au roulage de la bague extérieure  
Classification ISO : Usure par abrasion

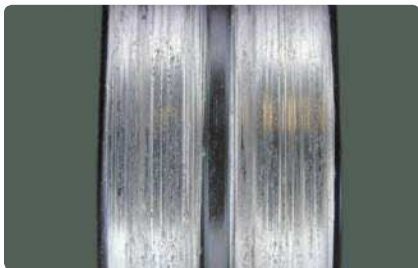


Fig. 13

Usure par polissage due au roulage de la bague extérieure  
Classification ISO : Usure par abrasion





toroïdaux CARB qui peuvent compenser une dilatation axiale de l'arbre dans le roulement plutôt que de faire glisser une des bagues du roulement sur sa portée. Cela peut également être le cas des applications soumises à de fortes charges de chocs.

De mauvais ajustements sur l'arbre ou dans le palier, ou encore des ajustements inutilement libres peuvent faire que la bague intérieure ou extérieure tourne sur sa portée. Ce mouvement relatif est appelé le glissement de la bague. Le mouvement relatif génère un frottement et peut entraîner l'usure ou le grippage. Les dommages ne se limitent pas toujours à la surface de la portée et peuvent également avoir un effet sur les faces latérales des bagues. La **fig. 12** montre une usure par abrasion, tandis que la **fig. 13** illustre une usure par polissage.

Des ajustements trop peu serrés peuvent impliquer une différence de vitesses entre les surfaces de contact. Un ajustement libre ne peut parfois pas être évité, par exemple, pour les roulements à rouleaux coniques à quatre rangées sur les tourillons des laminoirs. Généralement, la bague intérieure a un ajustement libre pour des raisons de montage et démontage. En raison de l'ajustement libre, il existe une différence de vitesses entre la bague intérieure et la portée de l'arbre (glissement), ainsi qu'entre la face latérale de la bague intérieure et sa surface d'appui. Ces différences de vitesses dans la zone de contact généreront de la chaleur. Dans certains cas, la chaleur localisée peut être si intense que des fragments de matériau sont transférés de la bague du roulement à ses surfaces de glissement et vice versa (grippage) (→ **fig. 14**). La chaleur peut également produire des cassures à chaud dans le matériau (→ **fig. 14**) qui peuvent à leur tour provoquer la fissuration de la bague (fissure thermique).

Un ajustement serré entre une bague intérieure et un arbre impliquera des tensions de charge dans la bague. Si l'ajustement serré est excessif, la tension de charge en résultant peut dépasser la résistance de la bague et en provoquer la rupture (→ **fig. 15**).

Les montages de roulements sont généralement composés d'un roulement fixe et d'un roulement libre. Le roulement libre est conçu pour compenser la dilatation thermique de l'arbre, soit dans le roulement ou soit en le déplaçant sur sa portée dans le palier. Pour

Fig. 14

Des vitesses différentes dans la zone de contact entre le roulement et une bague-entretoise ont provoqué un grippage (marques périphériques). La chaleur en résultant a produit des fissures thermiques dans la bague du roulement (perpendiculaires aux marques de grippage).  
Classification ISO : Usure d'adhérence et fissures thermiques

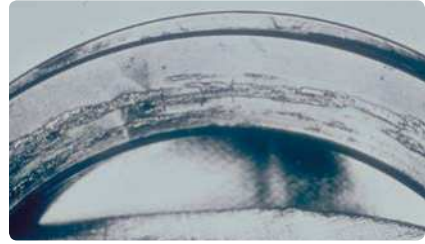


Fig. 15

Fissures sur la bague dues à un ajustement serré excessif  
Classification ISO : Rupture forcée

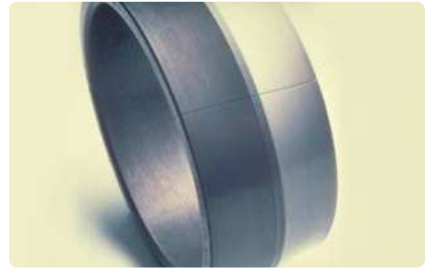


Fig. 16

Un ajustement dans le palier trop serré pour un roulement libre provoquera de fortes charges axiales qui réduiront considérablement la durée de service du roulement.  
Classification ISO : Fatigue initiée en sous-couche (à cause de fortes charges) ou fatigue initiée en surface (suite à des problèmes de lubrification)



## Endommagement des roulements et leurs causes

pouvoir se déplacer sur sa portée, la bague extérieure doit avoir un ajustement libre. Si l'ajustement est trop serré ou que la bague extérieure n'est pas à plat dans le palier, la bague ne pourra pas bouger. Cela induit de fortes charges axiales dans le système de roulement. Ces fortes charges axiales peuvent mener à l'une des situations suivantes : fatigue prématurée du matériau, chaleur excessive, mauvaise lubrification, usure excessive ou début d'écaillage des surfaces (→ fig. 16). Il en résulte une réduction drastique de la durée de service du roulement.

### Domages et défaillances dus à des portées d'arbre et de palier défectueuses

Les formules utilisées pour calculer la durée de vie d'un roulement partent d'hypothèses de base. Une de ces hypothèses est que les portées d'arbre et de palier respectent les spécifications géométriques. Malheureusement, d'autres facteurs peuvent avoir des répercussions négatives sur les composants qui ont été fabriqués dans le plus strict respect des spécifications. Par exemple, les portées d'arbre et de palier peuvent être déformées, autrement dit, avoir une forme conique, un faux-rond, un défaut de perpendicularité ou se déformer sous l'effet de la température. La même situation peut être produite par une portée de roulement dans un palier sans erreur de fabrication, mais qui s'est déformé lors de sa fixation sur le bâti de la machine ou la surface d'appui.

Tandis que la section *Mauvais ajustements sur l'arbre et dans le palier*, à partir de la page 300, traitait des mauvais choix d'ajustements, cette section cible les portées de roulements déformées et les dommages qu'elles peuvent provoquer.

La corrosion par contact se produit lorsque l'ajustement est trop serré et qu'il existe un mouvement relatif entre une bague de roulement et l'arbre ou le palier. Le mouvement relatif, généralement provoqué par des imprécisions de forme ou la flexion de l'arbre, fait que des petites particules de matériau se détachent de la surface de la portée d'arbre ou de palier. Ces particules s'oxydent rapidement lorsqu'elles sont exposées à l'air.

La corrosion par contact peut faire que les bagues de roulement ne soient pas supportées de manière uniforme, ce qui aurait un effet

Fig. 17

Une corrosion de contact « forte » se produit souvent dans les applications fortement chargées. La corrosion de contact se trouve dans la zone de charge de la portée de la bague extérieure.

Classification ISO : Corrosion de contact



Fig. 18

Corrosion de contact provenant d'un mauvais ajustement sur l'arbre

Classification ISO : Corrosion de contact



Fig. 19

Corrosion de contact provenant d'une portée d'arbre défectueuse (usinage) ou de la flexion de l'arbre

Classification ISO : Corrosion de contact



négalif sur la répartition de la charge dans le roulement. La corrosion par contact apparaît sous forme de rouille sur la surface extérieure de la bague extérieure (→ fig. 17) ou dans l'alésage de la bague intérieure (→ fig. 18 et 19). Le volume de l'oxyde de fer est plus grand que celui du fer pur. Par conséquent, la géométrie du roulement peut changer et la marque de passage du chemin peut être fortement accentuée aux endroits correspondants.

La corrosion par contact est courante dans les applications où les conditions de fonctionnement provoquent la déformation des portées sous la charge. Cela arrive très souvent dans les applications soumises à de fortes charges.

**REMARQUE :** La corrosion par contact  $Fe_3O_4$ , également appelée magnétite (→ fig. 17), peut être noire – ou la  $Fe_2O_3$ , également connue sous le nom d'hématite, est rouge ou marron rougeâtre (→ fig. 18 et 19).

Avec le temps, un mauvais contact entraînera une corrosion par contact profonde. Les zones corrodées peuvent également en arriver à des ruptures (→ fig. 20 et 21).

Les portées de roulements concaves, convexes ou coniques impliquent un mauvais contact avec la bague du roulement sur toute sa largeur. La bague fléchit alors sous la charge et des ruptures dues à la fatigue apparaissent fréquemment sur la circonférence, le long du chemin.

La fig. 22 est une image inversée en miroir de la bague extérieure d'un roulement à rotule sur billes montée dans un alésage de palier présentant un faux-rond (ovale). La bague extérieure fixe a été pincée à deux endroits (à  $180^\circ$  l'un de l'autre) provoquant une précharge à ces deux endroits. La précharge a généré des forces excessives qui se sont traduites par la fatigue prématurée du matériau et l'écaillage initié en sous-couche.

La précharge a également généré de la chaleur et mené à un état de mauvaise lubrification. Observez la forte corrosion par contact (à  $180^\circ$  d'écart) sur le diamètre extérieur de la bague extérieure correspondant aux deux zones de charge.

Fig. 20

La corrosion de contact peut entraîner la rupture de la bague. La bague se fissure à l'endroit le plus fragile : la rainure de lubrification.  
Classification ISO : Corrosion de contact et rupture forcée



Fig. 21

La bague extérieure de ce roulement n'était pas bien appuyée dans la portée du palier. La corrosion de contact a entraîné des contraintes élevées dans la bague extérieure et a fini par produire une rupture forcée.  
Classification ISO : Corrosion de contact et rupture forcée



Fig. 22

La bague extérieure de ce roulement à rotule sur billes est placée contre un miroir. Deux zones de charge et l'écaillage s'aperçoivent à  $180^\circ$  d'écart. Les dommages sont dus à une portée d'arbre comportant un faux-rond.  
Classification ISO : Fatigue initiée en sous-couche



### Défaut d'alignement statique

Les situations suivantes indiquent un défaut d'alignement statique, cause courante de surchauffe et/ou d'écaillage prématuré :

- La bague intérieure est posée contre un épaulement d'arbre qui n'est pas perpendiculaire à la portée du roulement.
- La bague extérieure est posée contre un épaulement de palier qui n'est pas perpendiculaire à l'alésage du palier.
- Les deux alésages de palier ne sont pas concentriques ou coaxiaux.
- Une bague de roulement est mal placée contre son épaulement et n'est pas à plat sur sa portée.
- La bague extérieure d'un roulement libre n'est pas à plat sur sa portée.

Les roulements auto-aligneurs ne peuvent pas remédier à tous les défauts d'alignement. Par exemple, lorsque la bague intérieure tournante d'un roulement auto-aligneur n'est pas perpendiculaire à sa portée d'arbre, elle oscillera lorsqu'elle tournera. Cela peut provoquer des problèmes de lubrification ainsi qu'une usure prématurée et/ou une fatigue initiée en surface.

Les butées à billes peuvent également montrer des signes de fatigue précoce lorsqu'elles sont montées sur des supports qui ne sont pas perpendiculaires à l'arbre. Dans ce cas, seule une courte partie (arc) de la bague fixe supporte l'intégralité de la charge. Lorsque la bague tournante d'une butée à billes est montée sur

un épaulement d'arbre présentant un défaut de perpendicularité, la bague oscille en tournant. La bague tournante oscillante ne charge qu'une petite portion de la bague fixe et se traduit par une fatigue précoce.

Lorsque deux paliers supportant le même arbre n'ont pas de ligne centrale commune, seuls des roulements à billes ou à rouleaux auto-aligneurs pourront fonctionner sans supposer de moments de flexion qui, autrement, provoqueraient la flexion de l'arbre et un défaut d'alignement. Les roulements à billes rigides et à contact oblique, ainsi que les roulements à rouleaux cylindriques et coniques ne peuvent compenser que de très faibles défauts d'alignement. Un défaut d'alignement dans ces roulements provoque généralement une charge de bord qui peut mener à une fatigue prématurée.

Le roulement à billes à contact oblique à deux rangées apparaissant dans la **fig. 23** comportait un défaut d'alignement qui a créé deux zones de charge à 180° d'écart. Les fortes charges exercées ont mené à une lubrification inefficace. Les fortes charges associées au problème de lubrification se sont traduites par un endommagement prématuré du roulement qui a débuté sous forme d'écaillage de la surface.

Le roulement à rouleaux coniques apparaissant dans la **fig. 24** a été installé dans un palier présentant un défaut d'alignement. La charge n'était supportée que sur une petite zone sur le bord. Les contraintes très élevées produites

Fig. 23

**Roulement à billes à contact oblique à deux rangées mal aligné :** Le défaut d'alignement a créé deux zones de charges à 180° d'écart. Les charges élevées, les contraintes occasionnées et des problèmes de lubrification ont entraîné la défaillance prématurée du roulement.  
Classification ISO : Fatigue initiée en surface



Fig. 24

**Défaut d'alignement du palier a provoqué une charge de bord dans ce roulement à rouleaux coniques. Le résultat : défaillance prématurée du roulement.**  
Classification ISO : Fatigue initiée en sous-couche



dans cette zone ont entraîné la fatigue du matériau et un écaillage initié en sous-couche.

### Mauvaises méthodes de montage

Une mauvaise manipulation et la négligence avant et après le montage se traduisent souvent par des dommages et une fatigue ou une défaillance prématurée.

Une des principales causes de défaillances précoces dues à la fatigue réside dans les dommages faisant suite à un impact pendant la manipulation, le montage, le stockage et/ou le fonctionnement.

Dans ces cas, l'impact est supérieur à la résistance du matériau (surcharge) qui subit une déformation plastique. L'endommagement part du point de déformation et se termine par une défaillance prématurée du roulement.

La **fig. 25** montre que la force de montage, appliquée sur la mauvaise bague, est passée à travers les éléments roulants. Cela peut également arriver si le roulement est soumis à une charge anormale alors qu'il n'est pas en service. Comme la charge d'impact est une charge axiale, des indentations peuvent apparaître sur les bagues qui sont décalées axialement par rapport au centre. La distance entre les indentations correspond à l'espacement entre les éléments roulants.

La **fig. 26** montre des dommages subis par la bague intérieure d'un roulement à billes à contact oblique à deux rangées. Dans ce cas, la force de montage a été appliquée à travers la bague extérieure. La déformation plastique en découlant se présente sous forme d'indenta-

tions qui correspondent à la distance entre les billes.

La **fig. 27** montre les dommages que présente un roulement rigide à billes après avoir tourné un certain temps.

Une autre cause de défaillances précoces dues à la fatigue est la présence de contaminants retenus dans le roulement ou le palier. Les contaminants peuvent être introduits pendant le montage ou provenir de restes de contaminants suite à une défaillance précédente du roulement. Les contaminants peuvent également s'introduire pendant le processus de fabrication du palier.

La prise au piège d'un fragment entre le diamètre extérieur du roulement et l'alésage

Fig. 25

Force de montage appliquée sur la mauvaise bague  
Classification ISO : Surcharge

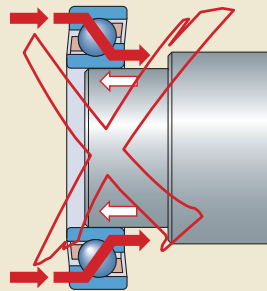


Fig. 26

Dommages causés par un impact pendant le montage  
Classification ISO : Surcharge



Fig. 27

Fatigue causée par un endommagement suite à un impact pendant le montage  
Classification ISO : Surcharge



## Endommagement des roulements et leurs causes

du palier entraînera également la défaillance prématurée du roulement.

Les roulements à rouleaux cylindriques peuvent s'endommager facilement pendant le montage. Cela peut se produire, par exemple, avec les roulements du type NU après la mise en place de la bague intérieure sur l'arbre et de la bague extérieure avec l'ensemble cage/rouleaux dans le palier. Si l'arbre est de travers pendant le montage et qu'il n'est pas tourné, les rouleaux peuvent créer des rayures (des sillons) sur le chemin de la bague intérieure (→ **fig. 28**), provoquant des indentations en forme de longues stries transversales. Notez que l'espacement (→ **fig. 29**) des rayures de la zone endommagée correspond à la distance entre les rouleaux.

**REMARQUE :** Cela peut être évité : Lubrifiez bien tous les éléments et faites tourner la bague intérieure pendant le montage. Pour les roulements de grandes dimensions, un manchon de montage doit être utilisé (→ **fig. 30**).

Fig. 28

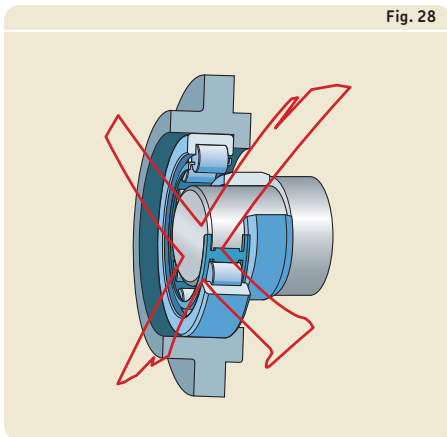


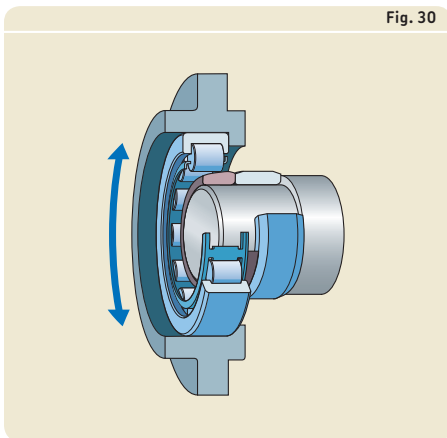
Fig. 29

### Dommages dus au montage sur un roulement à rouleaux cylindriques

Classification ISO : Indentations dues à la manipulation



Fig. 30



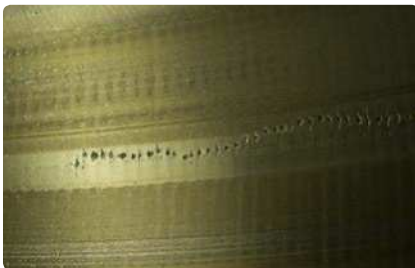
### Passage de tension électrique excessive à travers le roulement

Dans certaines conditions, du courant électrique cherchant à aller vers la terre passera à travers un roulement. Par exemple, lors de la réparation d'un arbre, un potentiel de tension excessif peut provenir d'une mauvaise mise à la terre de l'équipement de soudure. Le passage de l'arc électrique d'une bague de roulement aux éléments roulants, puis à la bague extérieure provoque de sérieux dommages. La **fig. 31** montre les dommages créés par une tension électrique excessive sur le chemin de la bague extérieure et sur la surface des rouleaux d'un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions.

Les dommages peuvent se produire à l'arrêt, mais arrivent souvent pendant le fonctionnement. Ce type de dommage est toutefois classé parmi les dommages avant fonctionnement.

Fig. 31

**Dommages sur un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions suite au passage d'une tension électrique excessive. Gauche : dommages sur le chemin de la bague extérieure ; droite : dommages correspondants sur le rouleau.**  
Classification ISO : Tension excessive



### Dommmages dus au transport et au stockage

Les dommages généralement associés au transport comprennent le véritable effet « Brinell » (surcharge) provenant de chocs ou le faux effet « Brinell » provenant des vibrations.

Le véritable effet « Brinell » est le résultat d'un impact. L'impact peut se produire suite à une mauvaise manipulation du roulement ou à des chocs dans une application. En fonction de la sévérité des dommages, le véritable effet « Brinell » augmentera les niveaux sonores et de vibrations et réduira la durée de service du roulement. Pour identifier un véritable effet « Brinell », vérifiez que la distance entre les zones endommagées correspond à celle de l'espacement entre deux éléments roulants. Comme le véritable effet « Brinell » est le résultat d'un impact, les lignes de rectification d'origines peuvent être aperçues grâce à un agrandissement. La **fig. 32** montre un agrandissement de 100 x des dommages dus à un impact (surcharge).

Le faux effet « Brinell » correspond également à la distance entre les éléments roulants. Toutefois, comme il est provoqué par les vibrations, les marques de rectification ont disparu, comme l'illustre la **fig. 33**. Le faux effet « Brinell » augmentera également les niveaux sonores et de vibrations en fonction de son intensité.

Lorsque les roulements sont stockés, leur emballage doit rester en bon état, sans quoi ils risquent de se détériorer. Cela est aussi vrai pour les roulements déjà montés dans des sous-ensembles (→ **fig. 34**). Les roulements doivent être bien protégés.

Fig. 32

Marque d'impact provenant d'une surcharge (véritable effet « Brinell ») – agrandissement 100 x  
Classification ISO : Surcharge



Fig. 33

Marques provenant d'un faux effet « Brinell » – agrandissement 100 x  
Classification ISO : Faux effet « Brinell »



Fig. 34

Dommmages provenant d'un stockage inapproprié  
Classification ISO : Corrosion par humidité





## Causes de dommages pendant le fonctionnement

### Fatigue du matériau (initiée en sous-couche)

Pendant le fonctionnement, la charge est transmise d'une bague à l'autre à travers les éléments roulants. Chaque fois qu'un élément roulant entre dans la zone de charge, la charge transmise dans la zone de contact passe de zéro à son maximum, puis revient à zéro. Cela provoque une accumulation de contraintes résiduelles dans le matériau. En fonction de la charge, la température et du nombre de cycles de contraintes, ces dernières entraîneront des modifications structurelles du matériau et provoqueront la formations de fissures sous la surface. Ces fissures finiront par se propager sur la surface, provoquant son écaillage (→ fig. 35).

Un roulement est endommagé dès l'apparition du premier écaillage. Cela ne veut pas dire que le roulement ne peut pas continuer à fonctionner. La taille et le nombre d'écailles grandissent graduellement (→ fig. 36) et donnent lieu à l'augmentation des niveaux sonores et de vibrations dans la machine. La machine doit être arrêtée et réparée avant la défaillance définitive du roulement.

Pour éviter que la fatigue initiée en sous-couche ne commence, trois conditions essentielles doivent être remplies :

- la propreté de l'acier pour roulement – roulement de la meilleure qualité
- de bonnes conditions de lubrification (sans contamination)
- une bonne répartition de la charge entre les éléments roulants et le long de leur ligne de contact

Fig. 35

**Une écaille dans un roulement**  
Classification ISO : Fatigue initiée en sous-couche



Fig. 36

**Écaillage avancé dû à la fatigue initiée en sous-couche du matériau**  
Classification ISO : Fatigue initiée en sous-couche



### Lubrification inefficace

Une des premières hypothèses posées pour calculer la durée de vie d'un roulement est que le roulement est correctement lubrifié. Cela signifie que la bonne quantité de bon lubrifiant sera fournie au roulement au bon moment. Tous les roulements ont besoin d'une lubrification adéquate pour que leur fonctionnement soit fiable. Le lubrifiant sépare les éléments roulants, la cage et les chemins aussi bien dans les zones de contact de roulement que de glissement. Le manque de lubrification provoque un contact métal contre métal entre les éléments roulants et les chemins ainsi que d'autres surfaces de contact, donnant lieu à l'endommagement de ces surfaces.

On croit trop souvent que l'expression « défaillance due au lubrifiant » implique l'absence d'huile ou de graisse dans le roulement. Même si cela peut arriver de temps à autre, l'analyse des dommages des roulements n'est pas aussi simple. De nombreux dommages sont le résultat d'un manque ou d'un excès de viscosité du lubrifiant, d'une surlubrification, d'une mauvaise quantité de lubrifiant, d'un lubrifiant contaminé ou de l'utilisation du mauvais lubrifiant dans l'application. Il convient par conséquent de réaliser un examen approfondi des propriétés du lubrifiant, de la quantité de lubrifiant appliquée sur le roulement et des conditions de fonctionnement lors de l'analyse des dommages dus à la lubrification.

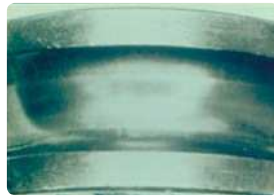
Une lubrification inefficace créera des dommages sous forme de fatigue de la surface. Ces dommages peuvent évoluer rapidement en défaillances souvent difficiles à différencier des défaillances dues à la fatigue du matériau ou l'écaillage. L'écaillage se produira et occultera souvent la preuve d'une lubrification inefficace. Cependant, s'ils sont détectés rapidement, des indications signalant la cause réelle des dommages seront visibles.

Les étapes de l'endommagement dû à une mauvaise lubrification (défaut de surface) sont décrites dans la **fig. 37**. La première indication visible d'un problème se caractérise souvent par une légère rugosité ou ondulation sur la surface. Ensuite, de fines fissures se développent, suivies d'un écaillage.

Fig. 37

#### Étapes progressives d'écaillage (défaut de surface) causées par une lubrification inefficace

Classification ISO : Fatigue initiée en surface



Étape 1 : Une légère rugosité ou ondulation se crée sur la surface.



Étape 2 : Défaut de surface et développement de petites fissures. Ensuite, un micro-écaillage se produit.



Étape 3 : Les débris sont laminés ; un véritable écaillage de la surface se développe.



Étape 4 : Sur le long terme, l'ensemble du chemin est écaillé ; les dommages initiaux ne s'aperçoivent plus.

La **fig. 38** présente un chemin de bague intérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions. Une fatigue de la surface s'est produite en raison d'une mauvaise lubrification. L'écaillage a déjà commencé sur les côtés extérieurs du contact du chemin. La **fig. 39** présente une bague extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux. Ici, l'écaillage se trouve dans un état avancé.

Fig. 38

Défaut de surface sur les côtés extérieurs du contact du chemin de la bague intérieure dans un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions  
Classification ISO : Fatigue initiée en surface



Fig. 39

Écaillage avancé dû à un défaut de surface dans la bague extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux  
Classification ISO : Fatigue initiée en surface



## Endommagement des roulements et leurs causes

Une autre forme d'endommagement de la surface est appelée le grippage (usure d'adhérence). Le grippage (patinage) peut se produire dans une des conditions suivantes :

- vitesses relativement élevées
- charge insuffisante
- lubrifiant trop dur
- jeu excessif
- lubrifiant insuffisant dans la zone de charge

Lorsque les éléments roulants sont soumis à de sévères accélérations lorsqu'ils pénètrent à nouveau dans la zone de charge, un glissement peut se produire. La chaleur générée par ces contacts glissants peut être si élevée que cela entraîne la fusion des deux surfaces au niveau des points de contact métal contre métal. Ce processus de fusion donne lieu à un transfert de matériau d'une surface à une autre, ce qui produit davantage de frottement et des concentrations de contraintes localisées supposant un risque élevé de formation de fissures et de défaillance prématurée du roulement. La **fig. 40** présente la bague extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux. Chaque rangée comporte un point de grippage. Remarquez la présence de deux marques d'usure dans la zone de charge. Un autre exemple de grippage est montré dans la **fig. 41**.

Le grippage peut également se produire dans des applications où la charge est trop légère par rapport à la vitesse de rotation. Le glissement des éléments roulants provoque l'augmentation rapide de la température qui peut provoquer une fusion locale et le transfert de matériau d'une surface à l'autre (→ **fig. 42**).

Le grippage peut également se produire dans des zones telles que les épaulements fixes et les faces latérales des rouleaux des roulements à rouleaux cylindriques et coniques, la bague de guidage et les faces latérales des rouleaux de roulements à rotule sur rouleaux, ainsi que le côté de charge axiale des rouleaux et les chemins des butées à rotule sur rouleaux (→ **fig. 42**).

Fig. 40

Grippage du côté de la réentrée de la zone de charge dans la bague extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux

Classification ISO : Usure d'adhérence



Fig. 41

Grippage sur un chemin de la bague intérieure fixe d'un roulement à rotule sur rouleaux

Classification ISO : Usure d'adhérence



Fig. 42

Grippage du côté de la butée d'un rouleau d'une butée à rotule sur rouleaux

Classification ISO : Usure d'adhérence



L'usure d'un roulement dans son ensemble provient également d'une lubrification inefficace. La **fig. 43** illustre ce type de dommage.

La plupart des cages métalliques ne sont pas renforcées. Lorsque la lubrification est inefficace, l'usure démarre souvent dans les alvéoles de la cage (→ **fig. 44** et **45**).

Fig. 43

**Usure due à une lubrification inefficace dans un roulement à rotule sur rouleaux**  
Classification ISO : Usure par abrasion



Fig. 44

**Usure due à une lubrification inefficace : cage massive en laiton d'un roulement à rouleaux cylindriques**  
Classification ISO : Usure par abrasion



Fig. 45

**Usure avancée due à une lubrification inefficace : cage massive en acier d'un roulement à billes à contact oblique à une rangée**  
Classification ISO : Usure par abrasion



### Joint inefficaces

Cette section traite de l'endommagement des roulements dû à des dispositifs d'étanchéité inefficaces.

La pénétration de contaminants dans la cavité du roulement en réduit la durée de service. Il est donc extrêmement important de protéger les roulements avec des joints ou des flasques intégrés, ou encore des joints externes. Dans les environnements très contaminés, l'utilisation des deux solutions d'étanchéité peut être avantageuse.

Lorsque des contaminants solides pénètrent dans un roulement, le lubrifiant peut perdre de son efficacité et entraîner une usure. Il s'agit d'un processus à vitesse croissante car le lubrifiant continuera à se détériorer et l'usure détruira la microgéométrie du roulement. La vitesse de ce processus dépend en grande partie du type de contaminant et de si les particules d'usure restent dans le roulement ou sont éliminées (relubrification). La plupart du temps, l'usure se présente sous la forme de surfaces mates (→ **fig. 46 à 48**).

La **fig. 46** montre la bague extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux comportant deux bandes d'usure dans la zone de charge. Une certaine ondulation due aux vibrations pendant le fonctionnement peut également s'apercevoir. La **fig. 47** présente la bague intérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux dans une application comportant une bague extérieure tournante. L'usure se trouve dans un état avancé sur les deux chemins et l'écaillage a commencé. La **fig. 48** présente la bague intérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions dans une application comportant une bague extérieure tournante. L'usure est très avancée et l'écaillage a commencé. Chaque chemin comporte deux zones d'usure. L'usure s'est produite dans une zone. Ensuite, en raison du roulage (rotation) de la bague, l'usure s'est étendue à la deuxième zone.

Fig. 46

Usure dans la bague extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux

Classification ISO : Usure par abrasion



Fig. 47

Usure avancée sur la bague intérieure fixe d'un roulement à rotule sur rouleaux

Classification ISO : Usure par abrasion



Fig. 48

Usure très avancée sur la bague intérieure fixe d'un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions

Classification ISO : Usure par abrasion



Les particules d'usure ou autres contaminants solides font parfois office d'agents de polissage et les surfaces de contact deviennent extrêmement brillantes. La proportion de ce phénomène dépend de la taille des particules, de leur dureté et du temps (→ fig. 49 et 50).

Fig. 49

**Usure par polissage dans un roulement à rotule sur rouleaux**

Classification ISO : Usure par abrasion



Fig. 50

**Usure par polissage sur la bague intérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions**

Classification ISO : Usure par abrasion



## Endommagement des roulements et leurs causes

Les contaminants solides qui pénètrent dans la cavité du roulement provoquent des indentations lorsque qu'ils sont laminés dans les chemins par le passage répété des éléments roulants. Les dommages produits sur les chemins dépendent du type de contaminant. Les particules très dures, par exemple,  $Al_2O_3$  (matériau d'une meule), forment des indentations avec des coins vifs provoquant de fortes contraintes dans la zone endommagée. Les contaminants mous tels qu'un morceau de papier ou un fil de coton peuvent également provoquer des indentations nuisibles.

Chaque indentation peut provoquer la fatigue prématurée.

La **fig. 51** montre une indentation causée par un morceau de fil de fer laminé dans un roulement à rotule sur rouleaux de très grandes dimensions.

La **Fig. 52** montre des indentations dans un roulement à rotule sur rouleaux de très grandes dimensions. Le grand nombre d'indentations réduirait la durée de service du roulement de manière considérable.

La **fig. 53** présente un roulement rigide à billes comportant des indentations dues aux contaminants. L'écaillage a démarré aux deux endroits indiqués par les cercles et a continué à s'étendre à partir de là.

Fig. 51

Une indentation créée par un morceau de fil de fer dans un roulement à rotule sur rouleaux de très grandes dimensions

Classification ISO : Indentations dues aux débris



Fig. 52

Indentations provoquées par des débris dans un roulement à rotule sur rouleaux de grandes dimensions

Classification ISO : Indentations dues aux débris



Fig. 53

Écaillage dans un roulement rigide à billes dû à des indentations

Classification ISO : Indentations dues aux débris





La corrosion constitue un autre problème pouvant survenir suite à l'inefficacité des dispositifs d'étanchéité, essentiellement à l'arrêt.

L'eau, l'acide et de nombreux agents nettoyants détériorent les lubrifiants et donnent lieu à de la corrosion.

La pénétration d'eau, d'acide ou d'agents nettoyants dans une application aura des répercussions négatives sur la capacité du lubrifiant à protéger les surfaces en acier de l'oxydation. De cette manière, lorsqu'une machine est à l'arrêt, de la rouille se forme facilement en profondeur.

Avec le temps, une humidité excessive formera de l'acide dans le lubrifiant qui attaquera la surface en laissant des marques noires, comme l'illustre la **fig. 54**.

En présence d'eau et en raison de la capillarité, la zone située à côté de la zone de contact des éléments roulants peut être corrodée (→ **fig. 55**). Cette corrosion apparaît sous forme de sillons gris-noir en travers des chemins qui coïncident généralement avec la distance entre les éléments roulants (→ **fig. 56**).

Lorsque de l'eau, de l'acide ou des agents nettoyants ont compromis la capacité du

Fig. 54

**Acides provenant de l'humidité dans un roulement à rotule sur rouleaux**  
Classification ISO : Corrosion par humidité

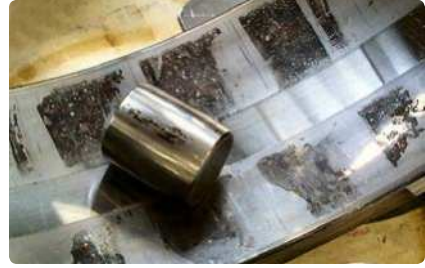


Fig. 55

**De par l'action capillaire, la zone proche de la zone de contact des éléments roulants peut être corrodée.**  
Classification ISO : Corrosion par humidité

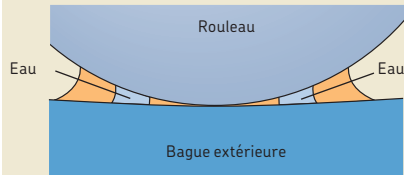


Fig. 56

**Sillons de corrosion provoqués par de l'eau contenue dans le lubrifiant**  
Classification ISO : Corrosion par humidité



## Endommagement des roulements et leurs causes

lubrifiant à protéger les surfaces en acier et que l'arrêt est prolongé, l'intégralité de la surface des bagues et des éléments roulants peut être corrodée (→ fig. 57 et 58).

Fig. 57

**Rouille sur une bague extérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux provoquée par l'humidité pendant un arrêt prolongé**

Classification ISO : Corrosion par humidité



Fig. 58

**Rouille sur un rouleau d'un roulement à rotule sur rouleaux provoquée par l'humidité pendant un arrêt prolongé**

Classification ISO : Corrosion par humidité



### Vibrations (faux effet « Brinell »)

Les vibrations, la plupart du temps à l'arrêt, constituent une autre cause d'endommagement des roulements. Comme dans le cas des équipements auxiliaires et de ceux à l'arrêt, les dommages dus aux vibrations peuvent être provoqués par des machines voisines en service. En fonction de la proximité entre l'unité à l'arrêt et celle en service, les vibrations créées par l'équipement en cours de fonctionnement feront vibrer les éléments roulants des roulements de la machine immobile. En fonction de l'intensité et de la fréquence des vibrations, de l'état du lubrifiant et de la charge, un mélange de corrosion et d'usure peut apparaître et former des creux superficiels dans le chemin.

Les creux dont l'espacement est le même que celui des éléments roulants sont souvent décolorés (rougeâtre) ou brillants (creux sphériques pour les roulements à billes, lignes pour les roulements à rouleaux).

L'intensité et la durée des vibrations ainsi que le jeu interne du roulement peuvent influencer le dommage. Les roulements à rouleaux semblent être plus sujets à ce type de dommages que les roulements à billes.

La **fig. 59** montre le résultat de dommages dus aux vibrations dans un roulement à rotule sur billes dans une unité à l'arrêt. La **fig. 60** montre un résultat semblable dans un roulement à rouleaux toroïdaux CARB suite à un arrêt prolongé. La **fig. 61** présente un faux effet « Brinell » dans la bague extérieure d'un roulement à rouleaux cylindriques. Le roulement a été installé près du moteur électrique d'une pièce d'équipement auxiliaire. Plusieurs arrêts et démarrages se sont produits. À chaque arrêt, des dommages dus aux vibrations sont survenus. Plusieurs ensembles de « cannelures » peuvent être observés au niveau de l'espacement entre rouleaux. Les trois flèches montrent les dommages les plus importants (au niveau de l'espace entre rouleaux) lors d'un arrêt prolongé.

Fig. 59

**Dommages dus aux vibrations dans un roulement à rotule sur billes dans une unité à l'arrêt**  
Classification ISO : Faux effet « Brinell »



Fig. 60

**Dommages dus aux vibrations dans un roulement à rouleaux toroïdaux CARB suite à un arrêt prolongé**  
Classification ISO : Faux effet « Brinell »



Fig. 61

**Dommages dus aux vibrations dans un roulement à rouleaux cylindriques dans une pièce auxiliaire de l'équipement**  
Classification ISO : Faux effet « Brinell »



### Défaut d'alignement pendant le fonctionnement

Parmi les causes de défaut d'alignement pendant le fonctionnement comptent les flexions de l'arbre provoquées par de fortes charges ou des changements d'amplitude des charges pendant le fonctionnement (charge déséquilibrée). Lorsqu'il existe un défaut d'alignement pendant le fonctionnement, les zones de charge ne sont pas parallèles aux rainures des chemins (→ **fig. 9, page 297**). Il en découle des charges axiales induites qui peuvent être dangereuses car elles peuvent mener à une rupture par fatigue. La **fig. 62** montre la bague extérieure d'un roulement à deux rangées de rouleaux cylindriques jointifs du type NNCF. L'épaulement de la bague extérieure est presque intégralement brisé suite à la fatigue provoquée par les charges axiales induites provenant de la flexion de l'arbre.

Fig. 62

Rupture par fatigue de l'épaulement de la bague extérieure dans un roulement à deux rangées de rouleaux cylindriques jointifs  
Classification ISO : Rupture par fatigue



### Passage de courant électrique à travers le roulement

Pour les dommages dus à une surtension électrique, veuillez vous reporter à la section *Passage de tension électrique excessive à travers le roulement*, page 307.

Les dommages provoqués par le courant peuvent toutefois se produire même si l'intensité du courant est relativement faible. Les courants électriques vagabonds peuvent être provoqués par l'un des éléments suivants : les convertisseurs de fréquence, les asymétries de flux, le type de moteur, un câblage asymétrique, la mise à la terre et la machine entraînée. Au départ, les dommages produits sur la surface se présentent sous forme de cratères superficiels rapprochés les uns des autres et si petits qu'un agrandissement est nécessaire pour les voir (→ fig. 63 et 64).

Une coupe à travers le matériau et un agrandissement d'environ 500 x montrent le changement du matériau (→ fig. 65). La zone blanche montre que le métal a été durci, généralement de 66 à 68 HRC. Ce matériau est très dur et cassant. Sous la zone durcie se trouve une couche noire recuite par la chaleur, moins dure que le matériau du roulement alentour (56 à 57 HRC).

L'amplitude des dommages dépend d'un certain nombre de facteurs : le type de roulement, l'intensité du courant (Ampères), la durée, la charge du roulement, le jeu du roulement, la vitesse et le lubrifiant. Au bout d'un certain temps, des cannelures (également

Fig. 63

**Fuite de courant :** De petits cratères peuvent être observés avec un agrandissement de 500 x.  
Classification ISO : Fuite de courant

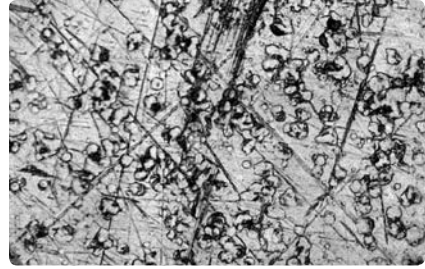


Fig. 64

**Cratères (agrandissement de 1 000 x)**  
Classification ISO : Fuite de courant

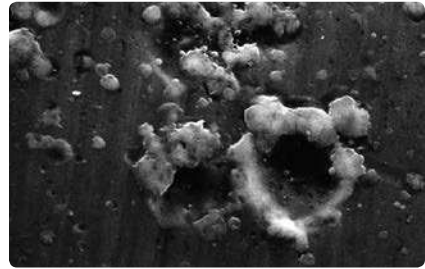
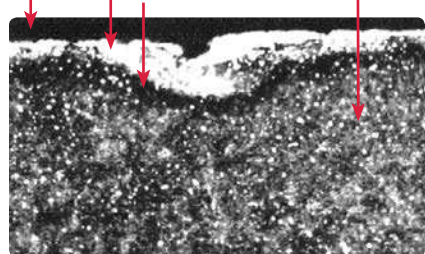


Fig. 65

**Modification du matériau :** Section transversale de la bague du roulement avec un agrandissement de 500 x  
Classification ISO : Fuite de courant

Rendurci 66–68 HRC (blanc)      Normal 58–62 HRC  
Chemin de roulement      Recuit 56–57 HRC (noir)



## Endommagement des roulements et leurs causes

appelées effet d'usure ondulatoire) se développeront à partir des cratères (→ **fig. 66** et **67**), parallèlement aux axes de roulage. Elles peuvent être d'une profondeur considérable et produiront du bruit et des vibrations pendant le fonctionnement. Puis le roulement finira éventuellement par subir une défaillance due à la fatigue du métal. Outre les cannelures marquées sur les bagues et les rouleaux des roulements, deux autres signes peuvent indiquer des dommages dus à des courants électriques vagabonds : une décoloration mate gris foncé des éléments roulants (→ **fig. 68**) associée à une zone de charge mate décolorée gris foncé très fine. La graisse située sur ou près des barrettes de la cage sera (carbonisée) noire (→ **fig. 69**).

Les dommages dus au courant peuvent également être provoqués par l'électricité statique émanant de courroies chargées ou de processus de fabrication impliquant du cuir, du papier, du tissu ou du caoutchouc. Ces courants vagabonds passent à travers l'arbre et le roulement avant d'arriver à la terre. Des arcs microscopiques se forment lorsque le courant traverse le film de lubrifiant situé entre les éléments roulants et les chemins.

**REMARQUE :** Pour éviter les problèmes de dommages dus aux fuites de courant, SKF recommande d'utiliser des roulements procurant une certaine isolation : roulements hybrides ou INSOCOAT. Les détecteurs de

Fig. 66

**Cannelures (ondulation) à un stade précoce dans un roulement à rotule sur rouleaux**  
Classification ISO : Fuite de courant

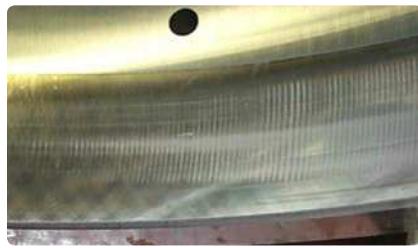


Fig. 67

**Cannelures à un stade avancé dans un roulement rigide à billes**  
Classification ISO : Fuite de courant



Fig. 68

**Gauche : bille devenue mate suite à une fuite de courant**  
**Droite : bille normale**  
Classification ISO : Fuite de courant



Fig. 69

**Graisse brûlée sur les barrettes de la cage**  
Classification ISO : Fuite de courant



passage de courant SKF peuvent aider à détecter la présence de courants de décharges électriques dans les roulements.



**SKF**



# Assistance pour la maintenance

<b>Introduction</b> . . . . .	<b>326</b>
<b>Formation</b> . . . . .	<b>326</b>
SKF Reliability Maintenance Institute. . .	326
Formation en classe . . . . .	326
Formation personnalisée. . . . .	326
SKF Reliability Maintenance Institute en ligne . . . . .	327
SKF @ptitude Exchange. . . . .	327
Système d'aide à la décision SKF @ptitude . . . . .	327
<b>Revue de la stratégie de maintenance</b> . . .	<b>328</b>
Analyse des besoins du client SKF . . . .	328
Solutions de maintenance intégrée . . . .	329
<b>Développement durable et gestion énergétique</b> . . . . .	<b>329</b>
Service de surveillance de l'énergie SKF. . . . .	329
Cartes de vigilance dans les ateliers. . . .	330
<b>Services de maintenance mécanique</b> . . . .	<b>330</b>
<b>Remise à neuf et rénovation</b> . . . . .	<b>331</b>
Services de remise à neuf SKF. . . . .	331
L'expertise SKF au service des broches de machines-outils . . . . .	331
<b>Distributeurs agréés SKF</b> . . . . .	<b>331</b>
Partenaires de maintenance agréés SKF. . . . .	331
Réparateurs de moteurs électriques agréés SKF. . . . .	331

# Introduction

Afin de mieux vous aider dans les travaux de maintenance de vos machines, SKF vous propose une vaste gamme de services d'assistance.

Ce chapitre donne un aperçu général de ces services. Vous trouverez des informations détaillées sur [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services) et/ou [www.aptitudexchange.com](http://www.aptitudexchange.com).

# Formation

Recevoir la bonne formation est la garantie que vous et vos équipes soyez correctement formés et ayez les compétences nécessaires pour faire la maintenance et gérer vos équipements, tout en réduisant les coûts de maintenance ainsi qu'en améliorant la fiabilité et la productivité de vos installations.

SKF propose différents types de formation allant d'une formation sur mesure en face à face sur le terrain jusqu'à des solutions de formation en ligne que vous pouvez suivre aux moments qui vous conviennent et à votre propre rythme.

Un large éventail de cours est disponible et aborde la fiabilité des machines depuis un niveau de base jusqu'au niveau expert.

Quel que soit votre secteur d'activité ou le type de machines que vous utilisez, SKF peut vous enseigner la manière d'améliorer la maintenance de vos équipements.

## SKF Reliability Maintenance Institute

Le SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) propose tout un ensemble de cours pour différents niveaux de compétences, avec un éventail de formations qui couvre la plupart des aspects de la maintenance et de la fiabilité des machines, depuis les notions de base sur les roulements et la lubrification jusqu'aux stratégies de maintenance et la gestion des équipements.

### Formation en classe

Les formations en classe traditionnelles du SKF Reliability Maintenance Institute, assurées par des instructeurs spécialisés, ont lieu dans différents niveaux de formation SKF, mais peuvent également se tenir sur le terrain, sur demande. La formation sur le terrain implique le déplacement de l'instructeur et l'expertise jusqu'à votre usine de sorte à pouvoir appliquer la formation directement sur vos équipements.

La plupart des cours comprennent une épreuve de validation. Les participants qui



réussissent cette épreuve sont Agréés SKF pour ce cours.

### Formation personnalisée

SKF peut créer des programmes de formation personnalisés aux compagnies individuelles en fonction de leurs besoins spécifiques. Pour le développement des compétences des employés, la formation sur le processus ou les équipements, les spécialistes du SKF Reliability Maintenance Institute peuvent réaliser une analyse des tâches et des compétences afin d'évaluer les besoins en formation, créer des supports de cours et mettre au point un programme de formation.

### SKF Reliability Maintenance Institute en ligne

L'espace en ligne du SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) propose un vaste choix de cours d'apprentissage en ligne, d'un niveau basique couvrant un grand nombre de sujets. Cela permet une formation que les participants peuvent suivre à leur propre rythme, selon leur convenance. Le SKF Reliability Maintenance Institute en ligne permet aux élèves de collaborer entre eux et de communiquer avec les tuteurs. La fonction « Demander à l'expert » donne au participant un accès direct à un réseau étendu d'experts SKF sur le sujet, ce qui augmente au maximum l'efficacité de l'apprentissage.

De manière comparable aux formations en classe, les cours en ligne sont structurés de sorte à refléter le programme Asset Efficiency Optimization de SKF. À la fin d'un cours, chaque participant a la possibilité d'évaluer les connaissances acquises en répondant à un test. Des certificats seront mis à disposition de tous les participants réussissant ces tests et pourront être imprimés.

### SKF @ptitude Exchange

SKF @ptitude Exchange constitue la source de connaissances en ligne de SKF pour la maintenance et la fiabilité et cible trois domaines principaux :

- Gestion des équipements, par exemple optimisation de la maintenance et logistique
- Maintenance mécanique, par exemple équilibrage, alignement et lubrification

- Ingénierie de fiabilité, par exemple maintenance prédictive, analyse des vibrations et techniques d'inspection

Le site SKF @ptitude Exchange fait office de bibliothèque du SKF Reliability Maintenance Institute et fournit un grand nombre d'informations techniques de haute qualité pour renforcer les cours. Les utilisateurs enregistrés, moyennant paiement, ont à leur disposition des présentations techniques, des articles, des didacticiels et bien plus encore, ainsi qu'un droit d'accès à de nombreux programmes et services interactifs, notamment :

- SKF Bearing Inspector, pour obtenir une assistance dans l'analyse de l'endommagement des roulements
- LubeSelect, pour le choix du lubrifiant
- LuBase, pour les données spécifiques aux lubrifiants
- SKF.com/mount, pour obtenir les instructions de montage détaillées des roulements, paliers et paliers complets
- @ptitude Exchange Forum, pour avoir accès aux discussions avec les spécialistes en maintenance et en fiabilité

L'abonnement est obligatoire pour certains programmes.

### Système d'aide à la décision SKF @ptitude

Le système d'aide à la décision SKF @ptitude est un système de gestion des connaissances qui utilise les technologies les plus avancées pour regrouper des données provenant de plusieurs sources dans une seule application de maintenance facile d'emploi. Grâce à une approche structurée de collecte et d'application des connaissances, il améliore la capacité de l'utilisateur à prendre la bonne décision au bon moment.

# Revue de la stratégie de maintenance

Où et comment améliorer les performances de mon usine ? Mieux vaut-il aligner mon usine sur les données de référence du secteur ? Comment assurer une amélioration continue des processus de maintenance de mon usine ?

Voilà de très bonnes questions. Mais y trouver les bonnes réponses et mettre en œuvre les stratégies pour y faire face peut être plus fastidieux. Avec les défis opérationnels quotidiens et les contraintes de temps, identifier et obtenir des opportunités d'amélioration peut sembler impossible. Mais SKF peut vous aider.

Pour réussir vous devez vous assurer que votre stratégie de maintenance et son exécution se suivent de très près afin d'obtenir les bénéfices que vous attendez. En coopération avec votre équipe, votre consultant SKF peut vous fournir les outils, les techniques, l'entraînement et les conseils vous permettant d'atteindre votre but.

SKF peut effectuer une révision de votre stratégie de maintenance en la comparant aux données de référence de votre secteur et en établissant un rapport montrant comment procéder à l'avenir. Lorsque vous décidez vous-même de comment réaliser les améliorations et mettre en œuvre ces recommandations, SKF peut vous aider à chaque étape tout au long du parcours en vous apportant les connaissances, les technologies et la formation dont votre personnel a besoin pour vous donner les retours souhaités.

Autrement, SKF peut établir et exécuter le programme de maintenance de vos machines à votre place en fournissant l'expertise, la main-d'œuvre et les équipements nécessaires pour donner les résultats convenus mutuellement.

## Analyse des besoins du client SKF

La mise en œuvre d'une analyse des besoins du client SKF peut constituer un point de départ pour évaluer l'efficacité de votre stratégie de maintenance actuelle. Ce service peut cibler vos stratégies de gestion des équipements et/ou les aspects liés à votre rendement énergétique et au développement durable.

Une stratégie intégrée de gestion des équipements basée sur la fiabilité et le risque commence



par un point précis sur votre situation actuelle et vos besoins pour atteindre des performances optimales. C'est ce que permet l'Analyse des besoins du client de SKF, en associant notre expérience de la maintenance axée sur la fiabilité avec vos connaissances concernant l'état des équipements de l'usine. L'objectif est de fournir des informations utiles pour vous aider à vous orienter vers des opportunités crédibles d'amélioration des performances.

L'Analyse des besoins du client SKF sert à établir une sorte de cliché instantané de la situation actuelle de votre usine et tient également compte des aspects de maintenance et de fiabilité spécifiques au secteur afin de créer une analyse unique basée sur les besoins.

Une fois que nous savons comment fonctionnent vos processus de maintenance de la fiabilité, nous pouvons concevoir des feuilles de route à suivre pour surmonter vos défis les plus urgents.

## Solutions de maintenance intégrée

Une solution de maintenance intégrée (IMS) est basée sur un partenariat au sein duquel SKF se charge de la création et de la mise en œuvre de votre stratégie de gestion des outils de production dans le but ultime d'améliorer la fiabilité et la productivité de votre usine. Dans le cadre d'un contrat IMS, SKF fait partie intégrante de votre équipe opérationnelle. Nous fournissons les roulements, les joints et les lubrifiants, et gérons la maintenance de vos équipements. Nous travaillons à vos côtés, en mettant à votre disposition notre vaste expérience de la gestion des outils de production et nos connaissances approfondies sur les machines tournantes, pour réduire le coût total de possession de vos équipements.

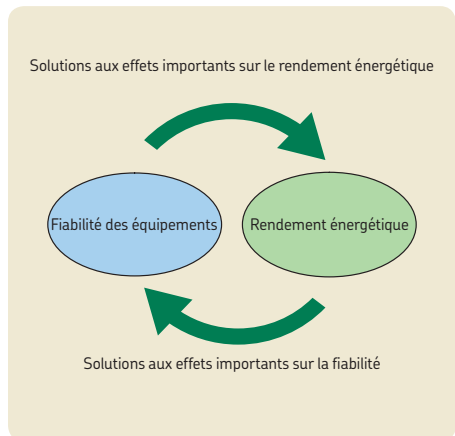
Coup d'œil sur les bénéfices potentiels :

- amélioration de la fiabilité et de la disponibilité des machines
- diminution du coût total de possession et maîtrise de vos coûts de maintenance
- amélioration des opérations de maintenance, leur fiabilité et les compétences associées
- limitation des investissements en technologie et en stocks
- approvisionnement en temps voulu et maîtrise de vos coûts relatifs aux fournitures MRO (maintenance, réparation et exploitation)
- appui des ressources techniques de SKF



## Développement durable et gestion énergétique

Le rendement énergétique peut fournir une indication quant à la fiabilité des équipements d'une usine comme, par exemple, les pompes. Même si le rendement énergétique peut être un indicateur de fiabilité, il ne peut toutefois pas être utilisé pour prédire et détecter des problèmes de maintenance spécifiques. Ainsi, les programmes de surveillance de l'énergie et de maintenance conditionnelle de SKF sont complémentaires et offrent un maximum de bénéfices et d'économies lorsqu'ils sont mis en œuvre en parallèle.



## Assistance pour la maintenance

### Service de surveillance de l'énergie SKF

SKF propose des services de surveillance de l'énergie pour les systèmes d'air comprimé et de pompes. Les deux services peuvent vous aider à identifier les possibilités pour réduire vos factures d'énergie et améliorer vos performances environnementales. Avantages typiques :

- économies – à travers l'identification d'opportunités d'optimisation des systèmes et de réduction de l'énergie
- gestion de programme d'expert – collecte et analyse de données professionnelles avec recommandations d'actions pour améliorer l'efficacité du système
- meilleures pratiques – alliance des technologies de maintenance conditionnelle et des inspections routinières SKF avec les meilleures pratiques du secteur pour la surveillance et le calcul de l'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub>
- ODR – application des outils et de la méthodologie éprouvés de fiabilité pilotée par l'opérateur pour sensibiliser les opérateurs et les responsables au sujet de l'énergie et les impliquer dans les activités de gestion de l'énergie
- intégration – association des données énergétiques et des programmes de maintenance conditionnelle pour le tri des données, leur analyse et l'établissement de rapports
- flexibilité des ressources – exécution par du personnel interne formé par SKF, ou par SKF lui-même sous un contrat de prestation de services sur place

### Cartes de vigilance dans les ateliers

L'expérience du Département de l'énergie des États-Unis a démontré qu'un programme complet de vigilance peut réduire la consommation d'énergie de 5 % sans investissements importants.

Les cartes SKF de vigilance dans les ateliers sur l'énergie et le développement durable donnent aux responsables de terrain l'opportunité et les outils pour engager leurs équipes dans une discussion au sujet de l'énergie et du développement durable de manière à encourager, lors de chaque réunion, le retour d'informations et l'apport d'idées pour économiser l'énergie.

De la même manière que de nombreuses sociétés commencent les réunions par une discussion au sujet de la sécurité, les cartes de

vigilance dans les ateliers permettent à chaque réunion d'avoir une « minute énergie ». Les cartes présentent des thèmes spécifiques liés à l'énergie et au développement durable dans des termes non techniques qui rendent les sujets compréhensibles et à la portée du personnel d'exécution. Leur but n'est pas de servir de programme de formation complet mais plutôt de rappeler régulièrement à tous les employés l'existence des questions liées à l'énergie et au développement durable.

### Services de maintenance mécanique

En raison des avancées technologiques ainsi que des lois sur l'environnement et la sécurité, les équipements sont de plus en plus difficiles à entretenir. C'est pourquoi de plus en plus de sociétés ont besoin d'aide pour réaliser leurs activités de maintenance. SKF offre une vaste gamme de services de maintenance mécanique pour aider les clients à atteindre leurs objectifs de maintenance. Ces services incluent :

- l'installation de machines
- l'alignement de précision
- les mesures en 3D
- l'usinage sur place
- l'équilibrage de précision
- le montage et le démontage de roulements
- les solutions de lubrification



## Remise à neuf et rénovation

### Services de remise à neuf SKF

La remise à neuf peut prolonger la durée de service de vos roulements et par conséquent réduire les coûts de maintenance ainsi que l'impact sur l'environnement. SKF dispose dans le monde entier d'un réseau de centres de service à la pointe de la technologie, à travers lequel vous pouvez profiter de nos installations de remise à neuf des roulements de niveau mondial. Nous utilisons les mêmes matériaux, méthodes et machines de qualité pour remettre les roulements à neuf que pour les fabriquer. Ainsi, vous pouvez être certains que vos roulements et autres composants associés (par ex. les paliers) sont traités avec un niveau de qualité, des processus de travail et des connaissances identiques, indépendamment de l'endroit où vous vous trouvez dans le monde.

Pour savoir si vos roulements peuvent être remis à neuf, veuillez contacter votre représentant SKF local.

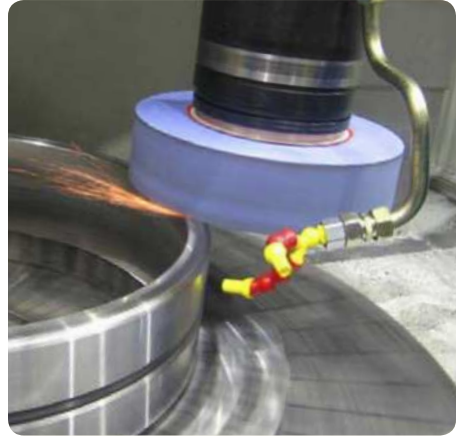
### L'expertise SKF au service des broches de machines-outils

SKF est le plus grand prestataire services de remise à neuf de broches au monde et fournit un grand nombre de services d'expertise hautement spécialisés allant des modernisations techniques à l'analyse, la remise en état ou le remplacement des broches.

## Distributeurs agréés SKF

SKF porte le plus grand soin au développement et au soutien de son réseau de distributeurs afin de leur permettre d'apporter davantage de valeur à leurs clients. Cela signifie que les utilisateurs de produits SKF peuvent attendre de leur distributeur SKF de recevoir une livraison rapide, des conseils basés sur des connaissances et des services complets.

Notre réseau mondial de distributeurs permet d'avoir à disposition les produits et services SKF presque partout dans le monde. L'association des connaissances mondiales de SKF avec l'expérience des distributeurs locaux constitue une ressource puissante pour les personnes concernées par la maintenance et la fiabilité des machines industrielles.



Pour trouver votre distributeur local agréé SKF, reportez-vous à votre site Internet national ou visitez [www.skf.com](http://www.skf.com).

### Partenaires de maintenance agréés SKF

Les Partenaires de maintenance agréés SKF sont des Distributeurs agréés SKF ayant reçu une formation avancée sur la fiabilité des machines. Ils peuvent aider à surveiller le fonctionnement de vos machines, prédire les défaillances et identifier de nouvelles possibilités d'économies.

### Réparateurs de moteurs électriques agréés SKF

Les Réparateurs de moteurs électriques agréés SKF disposent de l'expérience, des ressources et procédures précises pour aider à obtenir une durée de service des moteurs plus longue et plus fiable, ainsi que pour améliorer les performances et la rentabilité. Pour bénéficier du titre prestigieux de Réparateurs de moteurs électriques agréés SKF, les ateliers de réparation de moteurs électriques doivent répondre à des exigences strictes.

# Annexes

<b>Annexe A : Ajustements recommandés</b> . . . . .	<b>334</b>
A-1 Ajustements pour arbres pleins en acier (pour roulements radiaux à alésage cylindrique) . . . . .	334
A-2 Ajustements pour arbres pleins en acier (pour butées) . . . . .	336
A-3 Ajustements pour paliers en une pièce en fonte et en acier (pour roulements radiaux) . . . . .	336
A-4 Ajustements pour paliers en une ou deux pièces en fonte et en acier (pour roulements radiaux) . . . . .	337
A-5 Ajustements pour paliers en fonte et en acier (pour butées) . . . . .	337
<b>Annexe B : Tolérances de l'arbre et du palier</b> . . . . .	<b>338</b>
B-1 Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques) . . . . .	338
B-2 Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques) . . . . .	350
B-3 Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces) . . . . .	360
B-4 Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces) . . . . .	372
B-5 Écarts modifiés sur diamètre d'arbre pour utilisation avec des roulements à cotes en pouces . . . . .	382
B-6 Écarts modifiés sur diamètre d'alésage du palier pour utilisation avec des roulements à cotes en pouces . . . . .	383
B-7 Diamètre d'arbre et tolérances de forme pour montage sur manchon . . . . .	384
<b>Annexe C : Classes de tolérances ISO</b> . . . . .	<b>385</b>
<b>Annexe D : Précision des portées de roulements</b> . . . . .	<b>386</b>
D-1 Précision de forme et de position des portées de roulements . . . . .	386
D-2 Rugosité de surface des portées de roulements . . . . .	387
D-3 Dimensions pour congés avec dégagement . . . . .	387
<b>Annexe E : Jeu interne de roulement</b> . . . . .	<b>388</b>
E-1 Jeu radial interne des roulements rigides à billes . . . . .	388
E-2 Jeu axial interne des roulements à billes à contact oblique pour appariement universel . . . . .	389
E-3 Précharge axiale des roulements à billes à contact oblique pour appariement universel . . . . .	389
E-4 Jeu axial interne des roulements à billes à contact oblique à deux rangées . . . . .	390
E-5 Jeu axial interne des roulements à quatre points de contact . . . . .	391
E-6 Jeu radial interne des roulements à rotule sur billes . . . . .	392
E-7 Jeu radial interne des roulements à rouleaux cylindriques et à aiguilles . . . . .	393
E-8 Jeu axial interne des roulements à rouleaux cylindriques NUP . . . . .	394
E-9 Jeu axial interne des roulements à rouleaux cylindriques NJ + HJ . . . . .	395



E-10	Jeu axial interne des roulements à rouleaux coniques à une rangée à cotes métriques appariés. ....	396
E-11	Jeu radial interne des roulements à rotule sur rouleaux à alésage cylindrique. ....	397
E-12	Jeu radial interne des roulements à rotule sur rouleaux à alésage conique ....	398
E-13	Jeu radial interne des roulements à rouleaux toroïdaux CARB à alésage cylindrique ....	399
E-14	Jeu radial interne des roulements à rouleaux toroïdaux CARB à alésage conique ...	400
E-15	Jeu radial interne des roulements Y ....	401

**Annexe F : Valeurs recommandées pour l'enfoncement axial, la réduction du jeu radial interne et l'angle de serrage de l'écrou de serrage** ..... **402**

F-1	Données d'enfoncement pour les roulements à rotule sur billes à alésage conique ..	402
F-2	Données d'enfoncement pour les roulements à rotule sur rouleaux à alésage conique .....	403
F-3	Données d'enfoncement pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB à alésage conique .....	404

**Annexe G : Valeurs recommandées pour la préparation des éléments associés pour la méthode à pression d'huile** ..... **405**

G-1	Dimensions recommandées pour les conduits d'alimentation et les rainures de distribution d'huile .....	405
G-2	Conception et dimensions recommandées des trous filetés pour le raccordement de l'alimentation en huile. ....	405

**Annexe H : Valeurs indicatives pour la méthode par enfoncement axial SKF** ..... **406**

H-1	Valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur billes .....	406
H-2	Valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur rouleaux .....	407
H-3	Valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rouleaux toroïdaux CARB .....	412

**Annexe I : Équivalences de viscosité d'huile et classes de viscosité ISO** ..... **414**

I-1	Équivalences de viscosité .....	414
I-2	Degrés de viscosité ISO .....	415

**Annexe J : Présentation des outils et produits de montage SKF** ..... **416**

**Annexe K : Présentation des équipements d'alignement SKF** ..... **419**

**Annexe L : Présentation des outils et produits de lubrification SKF** ..... **420**

**Annexe M : Graisses pour roulements SKF et tableau de sélection de graisse** ..... **423**

**Annexe N : Présentation des instruments de maintenance conditionnelle de base SKF** . **432**

**Annexe O : Présentation des outils et produits de démontage SKF** ..... **435**

**Annexe P : Tableau de conversion d'unités** ..... **437**

**Ajustements pour arbres pleins en acier (pour roulements radiaux à alésage cylindrique)**

Conditions d'utilisation	Exemples	Diamètre de l'arbre, en mm				Classe de tolérances
		Roulements à billes <sup>1)</sup>	Roulements à rouleaux cylindriques	Roulements à rouleaux coniques	Roulements CARB et à rotule sur rouleaux	
<b>Charge tournante sur bague intérieure ou direction de charge indéterminée</b>						
Charges faibles et variables (P ≤ 0,05 C)	Convoyeurs, roulements de réducteurs faiblement chargés	≤ 17	–	–	–	js5 (h5) <sup>2)</sup> j6 (j5) <sup>2)</sup> k6 m6
		(17) à 100 (100) à 140 –	≤ 25 (25) à 60 (60) à 140	≤ 25 (25) à 60 (60) à 140	– – –	
Charges normales à fortes (P > 0,05 C)	Applications de roulements générales, moteurs électriques, turbines, pompes, engrenages, machines de transformation du bois, éoliennes	≤ 10	–	–	–	js5 j5 (js5) <sup>2)</sup> k5 <sup>3)</sup> k6 m5 m6 n5 <sup>4)</sup> n6 <sup>4)</sup> p6 <sup>3)</sup> p7 <sup>4)</sup> r6 <sup>4)</sup> r7 <sup>4)</sup>
		(10) à 17 (17) à 100	– –	– –	– < 25	
		–	≤ 30 (30) à 50	≤ 40 –	– 25 à 40	
		(100) à 140 (140) à 200	– (50) à 65 (65) à 100 (100) à 280	– (40) à 65 (65) à 200 (200) à 360	– (40) à 60 (60) à 100 (100) à 200	
		–	(200) à 500	–	–	
		> 500	–	–	–	
		–	(280) à 500 > 500	(360) à 500 > 500	(200) à 500 > 500	
Charges fortes à très fortes et chocs dans des conditions de fonctionnement difficiles (P > 0,1 C)	Boîtes d'essieu pour véhicules ferroviaires lourds, moteurs de traction, laminoirs	–	(50) à 65	–	(50) à 70	n5 <sup>4)</sup> n6 <sup>4)</sup> p6 <sup>6)</sup> r6 <sup>7)</sup> s6 <sub>min</sub> ± IT6/2 <sup>6)</sup> <sup>8)</sup> s7 <sub>min</sub> ± IT7/2 <sup>6)</sup> <sup>8)</sup>
		–	(65) à 85	(50) à 110	–	
		–	(85) à 140	(110) à 200	(70) à 140	
		–	(140) à 300	(200) à 500	(140) à 280	
		–	(300) à 500 > 500	– > 500	(280) à 400 > 400	
Exigences élevées de précision de fonctionnement avec faibles charges (P ≤ 0,05 C) <sup>10)</sup>	Machines-outils	8 à 240	–	–	–	js4 js4 (j5) <sup>9)</sup> k4 (k5) <sup>9)</sup> m5 n5
		–	25 à 40	25 à 40	–	
		–	(40) à 140	(40) à 140	–	
		–	(140) à 200 (200) à 500	(140) à 200 (200) à 500	– –	
<b>Charge fixe sur bague intérieure</b>						
Déplacement axial aisé de la bague intérieure sur l'arbre souhaité	Roues sur axes fixes					g6 <sup>11)</sup>
Déplacement axial aisé de la bague intérieure sur l'arbre superflu	Poulies de traction, poulies à câble					h6
<b>Charges axiales uniquement</b>	Toutes sortes d'applications de roulements	≤ 250 > 250	– –	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	j6 js6

- 1) Les roulements à billes soumis à des charges normales à fortes ( $P > 0,05 C$ ) nécessitent souvent un jeu radial interne supérieur au jeu normal lorsque les classes de tolérances d'arbre répertoriées ci-dessus sont utilisées. Si le jeu radial est supérieur au jeu normal mais que les conditions de fonctionnement requièrent des ajustements plus serrés pour éviter que la bague intérieure ne tourne (roulage), utilisez les classes de tolérances indiquées ci-après :
  - k4 pour les diamètres d'arbre de 10 à 17 mm
  - k5 pour les diamètres d'arbre de (17) à 25 mm
  - m5 pour les diamètres d'arbre de (25) à 140 mm
  - n6 pour les diamètres d'arbre de (140) à 300 mm
  - p6 pour les diamètres d'arbre de (300) à 500 mmPour davantage d'informations, veuillez contacter le service Applications SKF.
- 2) Les classes de tolérances indiquées entre parenthèses s'appliquent aux roulements en acier inoxydable.
- 3) Pour les roulements en acier inoxydable dont le diamètre est compris entre 17 et 30 mm, la classe de tolérances j5 doit être appliquée.
- 4) Des roulements avec un jeu radial interne supérieur au jeu normal peuvent s'avérer nécessaires.
- 5) Les roulements avec un jeu radial interne supérieur au jeu normal sont recommandés lorsque  $d \leq 150$  mm. Si  $d > 150$  mm, des roulements avec un jeu radial interne supérieur au jeu normal peuvent être nécessaires.
- 6) Des roulements avec un jeu radial interne supérieur au jeu normal sont recommandés.
- 7) Des roulements avec un jeu radial interne supérieur au jeu normal peuvent s'avérer nécessaires. Pour les roulements à rouleaux cylindriques, un jeu radial interne supérieur au jeu normal est recommandé.
- 8) Pour connaître les valeurs des classes de tolérances, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements) ou veuillez contacter le service Applications SKF.
- 9) Les classes de tolérances indiquées entre parenthèses s'appliquent aux roulements à rouleaux coniques. Pour les roulements à rouleaux coniques faiblement chargés et fixés par la bague intérieure, il convient d'utiliser une classe de tolérances js5 ou js6.
- 10) Pour les exigences de précision de fonctionnement, des roulements ayant une précision supérieure à la normale sont nécessaires. Les tolérances de l'alésage et du diamètre extérieur de ces roulements sont plus restreintes, ce qui a une influence sur les ajustements. Pour obtenir des valeurs utiles, contactez le service Applications SKF.
- 11) La classe de tolérances f6 peut être choisie pour les roulements de grandes dimensions afin de permettre un déplacement axial aisé.

**Ajustements pour arbres pleins en acier (pour butées)**

Conditions d'utilisation	Diamètre de l'arbre, en mm	Classe de tolérances
--------------------------	----------------------------	----------------------

**Charges axiales uniquement**

Butées à billes	–	h6
Butées à rouleaux cylindriques	–	h6 (h8)
Ensembles cage et rouleaux cylindriques	–	h8

**Charges radiales et axiales combinées agissant sur butées à rotule sur rouleaux**

Charge fixe sur rondelle d'arbre	≤ 250	j6
	> 250	js6
Charge tournante sur rondelle d'arbre ou direction de charge indéterminée	≤ 200	k6
	(200) à 400	m6
	> 400	n6

**Ajustements pour paliers en une pièce en fonte et en acier (pour roulements radiaux)**

Conditions d'utilisation	Exemples	Classe de tolérances <sup>1)</sup>	Déplacement de la bague extérieure
--------------------------	----------	------------------------------------	------------------------------------

**Charge sur bague extérieure tournante**

Fortes charges sur roulements dans paliers à parois minces, fortes charges de chocs ( $P > 0,1 C$ )	Moyeux à roulements à rouleaux, coussinets de tête de bielle	P7	Ne peut être déplacée
---	--	----	-----------------------

Charges normales à fortes ( $P > 0,05 C$ )	Moyeux à roulements à billes, coussinets de tête de bielle, roues de grue	N7	Ne peut être déplacée
--	---	----	-----------------------

Charges faibles et variables ( $P \leq 0,05 C$ )	Rouleaux de convoyeurs, poulies à câble, poulies de tendeurs de courroie	M7	Ne peut être déplacée
--	--	----	-----------------------

**Direction de la charge indéterminée**

Chocs importants	Moteurs de tractions électriques	M7	Ne peut être déplacée
------------------	----------------------------------	----	-----------------------

Charges normales à fortes ( $P > 0,05 C$ ), déplacement axial de la bague extérieure superflu	Moteurs électriques, pompes, roulements de vilebrequins	K7	Ne peut être déplacée en règle générale
---	---	----	---

**Fonctionnement précis ou silencieux<sup>2)</sup>**

Roulements à billes	Petits moteurs électriques	J6 <sup>3)</sup>	Peut être déplacée
---------------------	----------------------------	------------------	--------------------

Roulements à rouleaux coniques	Si fixés par la bague extérieure	JS5	–
	Bague extérieure fixée axialement	K5	–
	Charge sur bague extérieure tournante	M5	–

<sup>1)</sup> Pour les roulements à billes, lorsque  $D \leq 100$  mm, la classe de tolérances IT6 est souvent préférable et recommandée pour les roulements à bagues minces, par exemple dans les séries de diamètres 7, 8 ou 9. Pour ces séries, la classe de tolérances de cylindricité IT4 est également recommandée.

<sup>2)</sup> Pour les roulements haute et super précision conformes à la classe de tolérances P5, d'autres valeurs sont recommandées. Pour obtenir davantage d'informations, veuillez vous rendre sur le site [www.skf.com/roulements](http://www.skf.com/roulements).

<sup>3)</sup> Lorsqu'un déplacement axial aisé est nécessaire, utilisez la classe de tolérances H6.

## Annexe A-4

## Ajustements pour paliers en une ou deux pièces en fonte et en acier (pour roulements radiaux)

Conditions d'utilisation	Exemples	Classe de tolérances <sup>1)</sup>	Déplacement de la bague extérieure
<b>Direction de la charge indéterminée</b>			
Charges faibles à normales ( $P \leq 0,1 C$ ), déplacement axial de la bague extérieure souhaité	Moteurs et générateurs de taille moyenne, pompes, roulements de vilebrequins	J7	Peut être déplacée en règle générale, mais une certaine force axiale (induite) peut s'exercer
<b>Charge fixe sur bague extérieure</b>			
Charges de tous types	Mécanique générale, boîtes d'essieux ferroviaires	H7 <sup>2)</sup>	Peut être déplacée en règle générale
Charges faibles à normales ( $P \leq 0,1 C$ ) avec conditions de fonctionnement simples	Mécanique générale	H8	Peut être déplacée
Dilatation thermique de l'arbre	Cylindres sécheurs, machines électriques de grande taille équipées de roulements à rotule sur rouleaux	G7 <sup>3)</sup>	Peut être déplacée

<sup>1)</sup> Pour les roulements à billes, lorsque  $D \leq 100$  mm, la classe de tolérances IT6 est souvent préférable et recommandée pour les roulements à bagues minces, par exemple dans les séries de diamètres 7, 8 ou 9. Pour ces séries, la classe de tolérances de cylindricité IT4 est également recommandée.

<sup>2)</sup> Pour les roulements de grandes dimensions ( $D > 250$  mm) ou des différences de températures entre la bague extérieure et le palier  $> 10$  °C, il convient d'utiliser G7 au lieu de H7.

<sup>3)</sup> Pour les roulements de grandes dimensions ( $D > 250$  mm) ou des différences de températures entre la bague extérieure et le palier  $> 10$  °C, il convient d'utiliser F7 au lieu de G7.

## Annexe A-5

## Ajustements pour paliers en fonte et en acier (pour butées)

Conditions d'utilisation	Classe de tolérances	Remarques
<b>Charges axiales uniquement</b>		
Butées à billes	H8	Pour les montages de roulements moins précis, un jeu radial de jusqu'à $0,001 D$ peut exister
Butées à rouleaux cylindriques	H7 (H9)	
Ensembles cage et rouleaux cylindriques	H10	
Butées à rotule sur rouleaux où des roulements séparés assurent la fixation radiale	–	La rondelle-logement doit être installée avec un jeu radial convenable de sorte qu'aucune charge radiale ne puisse s'exercer sur les butées
<b>Charges radiales et axiales combinées sur butées à rotule sur rouleaux</b>		
Charge fixe sur rondelle-logement	H7	Pour obtenir davantage d'informations, veuillez vous rendre sur le site <a href="http://www.skf.com/roulements">www.skf.com/roulements</a>
Charge tournante sur rondelle-logement	M7	

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)



Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage Δ <sub>dmp</sub>		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances																																			
	incl.	inf.	sup.	f5		f6		g5		g6		h5																										
au-dessus de	Écart (diamètre d'arbre) Serrage (-)/jeu (+) théoriques																																					
de	Serrage (-)/jeu (+) probables																																					
mm	μm			μm																																		
-	3	-8	0	-6	-10	-6	-12	-2	-6	-2	-8	0	-4	-2	+10	-2	+12	-6	+6	-6	+8	-8	-8	+4	-1	+9	0	+10	-5	+5	-4	+6	-7	-7	+3			
				3	6	-8	0	-10	-15	-10	-18	-4	-9	-4	-12	0	-5	+2	+15	+2	+18	-4	+9	-4	+12	-8	+5	+3	+14	+4	+16	-3	+8	-2	+10	-7	-7	+4
				6	10	-8	0	-13	-19	-13	-22	-5	-11	-5	-14	0	-6	+5	+19	+5	+22	-3	+11	-3	+14	-8	+6	+7	+17	+7	+20	-1	+9	-1	+12	-6	-6	+4
10	18	-8	0	-16	-24	-16	-27	-6	-14	-6	-17	0	-8	+8	+24	+8	+27	-2	+14	-2	+17	-8	-8	+8	+10	+22	+10	+25	0	+12	0	+15	-6	-6	+6			
				18	30	-10	0	-20	-29	-20	-33	-7	-16	-7	-20	0	-9	+10	+29	+10	+33	-3	+16	-3	+20	-10	+9	+12	+27	+13	+30	-1	+14	0	+17	-8	-8	+7
				30	50	-12	0	-25	-36	-25	-41	-9	-20	-9	-25	0	-11	+13	+36	+13	+41	-3	+20	-3	+25	-12	+11	+16	+33	+17	+37	0	+17	+1	+21	-9	-9	+8
50	80	-15	0	-30	-43	-30	-49	-10	-23	-10	-29	0	-13	+15	+43	+15	+49	-5	+23	-5	+29	-15	-15	+13	+19	+39	+19	+45	-1	+19	-1	+25	-11	-11	+9			
				80	120	-20	0	-36	-51	-36	-58	-12	-27	-12	-34	0	-15	+16	+51	+16	+58	-8	+27	-8	+34	-20	+15	+21	+46	+22	+52	-3	+22	-2	+28	-15	-15	+10
				120	180	-25	0	-43	-61	-43	-68	-14	-32	-14	-39	0	-18	+18	+61	+18	+68	-11	+32	-11	+39	-25	+18	+24	+55	+25	+61	-5	+26	-4	+32	-19	-19	+12
180	250	-30	0	-50	-70	-50	-79	-15	-35	-15	-44	0	-20	+20	+70	+20	+79	-15	+35	-15	+44	-30	-30	+20	+26	+64	+28	+71	-9	+29	-7	+36	-24	-24	+14			
				250	315	-35	0	-56	-79	-56	-88	-17	-40	-17	-49	0	-23	+21	+79	+21	+88	-18	+40	-18	+49	-35	+23	+29	+71	+31	+79	-10	+32	-9	+40	-27	-27	+15
				315	400	-40	0	-62	-87	-62	-98	-18	-43	-18	-54	0	-25	+22	+87	+22	+98	-22	+43	-22	+54	-40	+25	+30	+79	+33	+87	-14	+35	-11	+43	-32	-32	+17
400	500	-45	0	-68	-95	-68	-108	-20	-47	-20	-60	0	-27	+23	+95	+23	+108	-25	+47	-25	+60	-45	-45	+27	+32	+86	+35	+96	-16	+38	-13	+48	-36	-36	+18			

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)

Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage $\Delta_{amp}$		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances																																		
	incl.	inf.	sup.	f5		f6		g5		g6		h5																									
au- dessus de	Écart (diamètre d'arbre)			Serrage (-)/jeu (+) théoriques																																	
de	Serrage (-)/jeu (+) probables																																				
mm	$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$																																	
500	630	-50	0	-76	-104	-76	-120	-22	-50	-22	-66	0	-28	+26	+104	+26	+120	-28	+50	-28	+66	-50	+28	+36	+94	+39	+107	-18	+40	-15	+53	-40	+18				
				630	800	-75	0	-80	-112	-80	-130	-24	-56	-24	-74	0	-32	+5	+112	+5	+130	-51	+56	-51	+74	-75	+32	+17	+100	+22	+113	-39	+44	-34	+57	-63	+20
								800	1 000	-100	0	-86	-122	-86	-142	-26	-62	-26	-82	0	-36	-14	+122	-14	+142	-74	+62	-74	+82	-100	+36	0	+108	+6	+122	-60	+48
1 000	1 250	-125	0	-98	-140	-98	-164					-28	-70	-28	-94	0	-42	-27	+140	-27	+164	-97	+70	-97	+94	-125	+42	-10	+123	-3	+140	-80	+53	-73	+70	-108	+25
				1 250	1 600	-160	0					-110	-160	-110	-188	-30	-80	-30	-108	0	-50	-50	+160	-50	+188	-130	+80	-130	+108	-160	+50	-29	+139	-20	+158	-109	+59
1 600	2 000	-200	0					-120	-180	-120	-212	-32	-92	-32	-124	0	-60	-80	+180	-80	+212	-168	+92	-168	+124	-200	+60	-55	+155	-45	+177	-143	+67	-133	+89	-175	+35

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)



Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage $\Delta_{amp}$		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances												
	au-dessus de	incl.	inf.	sup.	Écart (diamètre d'arbre) Serrage (-)/jeu (+) théoriques Serrage (-)/jeu (+) probables										
mm		$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$										
-	3	-8	0	0	-6	0	-14	0	-25	+2	-2	+4	-2		
				-8	+6	-8	+14	-8	+25	-10	+2	-12	+2		
				-6	+4	-6	+12	-5	+22	-9	+1	-10	0		
3	6	-8	0	0	-8	0	-18	0	-30	+3	-2	+6	-2		
				-8	+8	-8	+18	-8	+30	-11	+2	-14	+2		
				-6	+6	-5	+15	-5	+27	-10	+1	-12	0		
6	10	-8	0	0	-9	0	-22	0	-36	+4	-2	+7	-2		
				-8	+9	-8	+22	-8	+36	-12	+2	-15	+2		
				-6	+7	-5	+19	-5	+33	-10	0	-13	0		
10	18	-8	0	0	-11	0	-27	0	-43	+5	-3	+8	-3		
				-8	+11	-8	+27	-8	+43	-13	+3	-16	+3		
				-6	+9	-5	+24	-5	+40	-11	+1	-14	+1		
18	30	-10	0	0	-13	0	-33	0	-52	+5	-4	+9	-4		
				-10	+13	-10	+33	-10	+52	-15	+4	-19	+4		
				-7	+10	-6	+29	-6	+48	-13	+2	-16	+1		
30	50	-12	0	0	-16	0	-39	0	-62	+6	-5	+11	-5		
				-12	+16	-12	+39	-12	+62	-18	+5	-23	+5		
				-8	+12	-7	+34	-7	+57	-15	+2	-19	+1		
50	80	-15	0	0	-19	0	-46	0	-74	+6	-7	+12	-7		
				-15	+19	-15	+46	-15	+74	-21	+7	-27	+7		
				-11	+15	-9	+40	-9	+68	-17	+3	-23	+3		
80	120	-20	0	0	-22	0	-54	0	-87	+6	-9	+13	-9		
				-20	+22	-20	+54	-20	+87	-26	+9	-33	+9		
				-14	+16	-12	+46	-12	+79	-21	+4	-27	+3		
120	180	-25	0	0	-25	0	-63	0	-100	+7	-11	+14	-11		
				-25	+25	-25	+63	-25	+100	-32	+11	-39	+11		
				-18	+18	-15	+53	-15	+90	-26	+5	-32	+4		
180	250	-30	0	0	-29	0	-72	0	-115	+7	-13	+16	-13		
				-30	+29	-30	+72	-30	+115	-37	+13	-46	+13		
				-22	+21	-18	+60	-17	+102	-31	+7	-38	+5		
250	315	-35	0	0	-32	0	-81	0	-130	+7	-16	+16	-16		
				-35	+32	-35	+81	-35	+130	-42	+16	-51	+16		
				-26	+23	-22	+68	-20	+115	-34	+8	-42	+7		
315	400	-40	0	0	-36	0	-89	0	-140	+7	-18	+18	-18		
				-40	+36	-40	+89	-40	+140	-47	+18	-58	+18		
				-29	+25	-25	+74	-23	+123	-39	+10	-47	+7		
400	500	-45	0	0	-40	0	-97	0	-155	+7	-20	+20	-20		
				-45	+40	-45	+97	-45	+155	-52	+20	-65	+20		
				-33	+28	-28	+80	-26	+136	-43	+11	-53	+8		

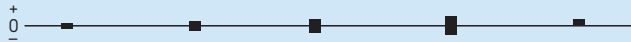


## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)



Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage $\Delta_{amp}$		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances										
	incl.	inf.	sup.	h6		h8		h9		j5		j6	
au- dessus de	Écart (diamètre d'arbre)			Serrage (-)/jeu (+) théoriques									
de	Serrage (-)/jeu (+) probables												
mm	$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$									
500	630	-50	0	0	-44	0	-110	0	-175	-	-	+22	-22
				-50	+44	-50	+110	-50	+175	-	-	-72	+22
				-37	+31	-31	+91	-29	+154	-	-	-59	+9
630	800	-75	0	0	-50	0	-125	0	-200	-	-	+25	-25
				-75	+50	-75	+125	-75	+200	-	-	-100	+25
				-58	+33	-48	+98	-45	+170	-	-	-83	+8
800	1 000	-100	0	0	-56	0	-140	0	-230	-	-	+28	-28
				-100	+56	-100	+140	-100	+230	-	-	-128	+28
				-80	+36	-67	+107	-61	+191	-	-	-108	+8
1 000	1 250	-125	0	0	-66	0	-165	0	-260	-	-	+33	-33
				-125	+66	-125	+165	-125	+260	-	-	-158	+33
				-101	+42	-84	+124	-77	+212	-	-	-134	+9
1 250	1 600	-160	0	0	-78	0	-195	0	-310	-	-	+39	-39
				-160	+78	-160	+195	-160	+310	-	-	-199	+39
				-130	+48	-109	+144	-100	+250	-	-	-169	+9
1 600	2 000	-200	0	0	-92	0	-230	0	-370	-	-	+46	-46
				-200	+92	-200	+230	-200	+370	-	-	-246	+46
				-165	+57	-138	+168	-126	+296	-	-	-211	+11

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)



Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage Δ <sub>dmp</sub>		Écarts sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances																																		
	incl.	inf.	sup.	js4		js5		js6		js7		k4																									
au-dessus de	Écarts (diamètre d'arbre)			Serrage (-)/jeu (+) théoriques																																	
de	Serrage (-)/jeu (+) probables																																				
mm	µm			µm																																	
-	3	-8	0	+1,5	-1,5	+2	-2	+3	-3	+5	-5	+3	0	-9,5	+1,5	-10	+2	-11	+3	-13	+5	-11	0	-8,5	+0,5	-9	+1	-9	+1	-11	+3	-10	-1				
				3	6	-8	0	+2	-2	+2,5	-2,5	+4	-4	+6	-6	+5	+1	-10	+2	-10,5	+2,5	-12	+4	-14	+6	-13	-1	-9	+1	-9	+1	-10	+2	-12	+4	-12	-2
								6	10	-8	0	+2	-2	+3	-3	+4,5	-4,5	+7,5	-7,5	+5	+1	-10	+2	-11	+3	-12,5	+4,5	-15,5	+7,5	-13	-1	-9	+1	-9	+1	-11	+3
10	18	-8	0	+2,5	-2,5	+4	-4					+5,5	-5,5	+9	-9	+6	+1	-10,5	+2,5	-12	+4	-13,5	+5,5	-17	+9	-14	-1	-9,5	+1,5	-10	+2	-11	+3	-14	+6	-13	-2
				18	30	-10	0	+3	-3	+4,5	-4,5	+6,5	-6,5	+10,5	-10,5	+8	+2	-13	+3	-14,5	+4,5	-16,5	+6,5	-20,5	+10,5	-18	-2	-10,5	+1,5	-12	+2	-14	+4	-17	+7	-16	-4
30	50	-12	0					+3,5	-3,5	+5,5	-5,5	+8	-8	+12,5	-12,5	+9	+2	-15,5	+3,5	-17,5	+5,5	-20	+8	-24,5	+12,5	-21	-2	-13,5	+1,5	-15	+3	-16	+4	-20	+8	-19	-4
				50	80	-15	0	+4	-4	+6,5	-6,5	+9,5	-9,5	+15	-15	+10	+2	-19	+4	-21,5	+6,5	-24,5	+9,5	-30	+15	-25	-2	-15,5	+1,5	-18	+3	-20	+5	-25	+10	-22	-5
80	120	-20	0					+5	-5	+7,5	-7,5	+11	-11	+17,5	-17,5	+13	+3	-25	+5	-27,5	+7,5	-31	+11	-37,5	+17,5	-33	-3	-22	+2	-23	+3	-25	+5	-31	+11	-30	-6
				120	180	-25	0	+6	-6	+9	-9	+12,5	-12,5	+20	-20	+15	+3	-31	+6	-34	+9	-37,5	+12,5	-45	+20	-40	-3	-27	+2	-28	+3	-31	+6	-37	+12	-36	-7
180	250	-30	0					+7	-7	+10	-10	+14,5	-14,5	+23	-23	+18	+4	-37	+7	-40	+10	-44,5	+14,5	-53	+23	-48	-4	-32	+2	-34	+4	-36	+6	-43	+13	-43	-9
				250	315	-35	0	+8	-8	+11,5	-11,5	+16	-16	+26	-26	+20	+4	-4	+8	-46,5	+11,5	-51	+16	-61	+26	-55	-4	-37	+2	-39	+4	-42	+7	-49	+14	-49	-10
315	400	-40	0					+9	-9	+12,5	-12,5	+18	-18	+28,5	-28,5	+22	+4	-49	+9	-52,5	+12,5	-58	+18	-68,5	+28,5	-62	-4	-42	+2	-44	+4	-47	+7	-55	+15	-55	-11
				400	500	-45	0	+10	-10	+13,5	-13,5	+20	-20	+31,5	-31,5	+25	+5	-55	+10	-58,5	+13,5	-65	+20	-76,5	+31,5	-70	-5	-48	+3	-49	+4	-53	+8	-62	+17	-63	-12

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)




Arbre		Roulement		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents									
Diamètre nominal		Tolérance de diamètre d'alésage		Classes de tolérances									
d		$\Delta_{amp}$		js4		js5		js6		js7		k4	
au-dessus de	incl.	inf.	sup.	Écart (diamètre d'arbre)									
				Serrage (-) / jeu (+) théoriques					Serrage (-) / jeu (+) probables				
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
500	630	-50	0	-	-	+14	-14	+22	-22	+35	-35	-	-
				-	-	-64	+14	-72	+22	-85	+35	-	-
				-	-	-54	+4	-59	+9	-69	+19	-	-
630	800	-75	0	-	-	+16	-16	+25	-25	+40	-40	-	-
				-	-	-91	+16	-100	+25	-115	+40	-	-
				-	-	-79	+4	-83	+8	-93	+18	-	-
800	1 000	-100	0	-	-	+18	-18	+28	-28	+45	-45	-	-
				-	-	-118	+18	-128	+28	-145	+45	-	-
				-	-	-104	+4	-108	+8	-118	+18	-	-
1 000	1 250	-125	0	-	-	+21	-21	+33	-33	+52	-52	-	-
				-	-	-146	+21	-158	+33	-177	+52	-	-
				-	-	-129	+4	-134	+9	-145	+20	-	-
1 250	1 600	-160	0	-	-	+25	-25	+39	-39	+62	-62	-	-
				-	-	-185	+25	-199	+39	-222	+62	-	-
				-	-	-164	+4	-169	+9	-182	+22	-	-
1 600	2 000	-200	0	-	-	+30	-30	+46	-46	+75	-75	-	-
				-	-	-230	+30	-246	+46	-275	+75	-	-
				-	-	-205	+5	-211	+11	-225	+25	-	-

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)



Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage Δ <sub>dmp</sub>		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents																														
	incl.	inf.	sup.	Classes de tolérances																													
au-dessus de	mm	μm	μm	Écart (diamètre d'arbre)																													
				Serrage (-) théorique		Serrage probable (-)		k5		k6		m5		m6		n5																	
-	3	-8	0	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4	-12	0	-14	0	-14	-2	-16	-2	-16	-4	-11	-1	-12	-2	-13	-3	-14	-4	-15	-5
3	6	-8	0	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8	-14	-1	-17	-1	-17	-4	-20	-4	-21	-8	-13	-2	-15	-3	-16	-5	-18	-6	-20	-9
6	10	-8	0	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10	-15	-1	-18	-1	-20	-6	-23	-6	-24	-10	-13	-3	-16	-3	-18	-8	-21	-8	-22	-12
10	18	-8	0	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12	-17	-1	-20	-1	-23	-7	-26	-7	-28	-12	-15	-3	-18	-3	-21	-9	-24	-9	-26	-14
18	30	-10	0	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15	-21	-2	-25	-2	-27	-8	-31	-8	-34	-15	-19	-4	-22	-5	-25	-10	-28	-11	-32	-17
30	50	-12	0	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17	-25	-2	-30	-2	-32	-9	-37	-9	-40	-17	-22	-5	-26	-6	-29	-12	-33	-13	-37	-20
50	80	-15	0	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20	-30	-2	-36	-2	-39	-11	-45	-11	-48	-20	-26	-6	-32	-6	-35	-15	-41	-15	-44	-24
80	120	-20	0	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23	-38	-3	-45	-3	-48	-13	-55	-13	-58	-23	-33	-8	-39	-9	-43	-18	-49	-19	-53	-28
120	180	-25	0	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27	-46	-3	-53	-3	-58	-15	-65	-15	-70	-27	-40	-9	-46	-10	-52	-21	-58	-22	-64	-33
180	250	-30	0	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31	-54	-4	-63	-4	-67	-17	-76	-17	-81	-31	-48	-10	-55	-12	-61	-23	-68	-25	-75	-37
250	315	-35	0	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34	-62	-4	-71	-4	-78	-20	-87	-20	-92	-34	-54	-12	-62	-13	-70	-28	-78	-29	-84	-42
315	400	-40	0	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+62	+37	-69	-4	-80	-4	-86	-21	-97	-21	-102	-37	-61	-12	-69	-15	-78	-29	-86	-32	-94	-45
400	500	-45	0	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+67	+40	-77	-5	-90	-5	-95	-23	-108	-23	-112	-40	-68	-14	-78	-17	-86	-32	-96	-35	-103	-49

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)



Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage $\Delta_{amp}$		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances										
	incl.	inf.	sup.	k5		k6		m5		m6		n5	
au- dessus de	Écart (diamètre d'arbre)			Serrage (-) théorique									
de	Serrage probable (-)			Serrage probable (-)									
mm	$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$									
500	630	-50	0	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26	+73	+44
				-78	0	-94	0	-105	-26	-120	-26	-122	-44
				-68	-10	-81	-13	-94	-36	-107	-39	-112	-54
630	800	-75	0	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30	+82	+50
				-107	0	-125	0	-137	-30	-155	-30	-157	-50
				-95	-12	-108	-17	-125	-42	-138	-47	-145	-62
800	1 000	-100	0	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34	+92	+56
				-136	0	-156	0	-170	-34	-190	-34	-192	-56
				-122	-14	-136	-20	-156	-48	-170	-54	-178	-70
1 000	1 250	-125	0	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40	+108	+66
				-167	0	-191	0	-207	-40	-231	-40	-233	-66
				-150	-17	-167	-24	-190	-57	-207	-64	-216	-83
1 250	1 600	-160	0	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48	+128	+78
				-210	0	-238	0	-258	-48	-286	-48	-288	-78
				-189	-21	-208	-30	-237	-69	-256	-78	-267	-99
1 600	2 000	-200	0	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58	+152	+92
				-260	0	-292	0	-318	-58	-350	-58	-352	-92
				-235	-25	-257	-35	-293	-83	-315	-93	-327	-117

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)

Arbre		Roulement		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents																																	
Diamètre nominal		Tolérance de diamètre d'alésage		Classes de tolérances																																	
d	$\Delta_{amp}$	n6	p6	p7	r6	r7																															
au-dessus de	incl.	inf.	sup.	Écart (diamètre d'arbre)																																	
de				Serrage (-) théorique					Serrage probable (-)																												
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$																																	
50	80	-15	0	+39	+20	+51	+32	+62	+32	-	-	-	-	-54	-20	-66	-32	-77	-32	-	-	-	-	-50	-24	-62	-36	-72	-38	-	-	-	-				
				80	100	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51	-65	-23	-79	-37	-92	-37	-93	-51	-106	-51	-59	-29	-73	-43	-85	-44	-87	-57	-99	-58
								100	120	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54	-65	-23	-79	-37	-92	-37	-96	-54	-109	-54	-59	-29	-73	-43	-85	-44
120	140	-25	0	+52	+27	+68	+43					+83	+43	+88	+63	+103	+63	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-113	-63	-128	-63	-70	-34	-86	-50	-100	-51	-106	-70	-120	-71
				140	160	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-115	-65	-130	-65	-70	-34	-86	-50	-100	-51	-108	-72	-122	-73
160	180	-25	0					+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-118	-68	-133	-68	-70	-34	-86	-50	-100	-51	-111	-75	-125	-76
				180	200	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-136	-77	-153	-77	-82	-39	-101	-58	-116	-60	-128	-85	-143	-87
200	225	-30	0					+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-139	-80	-156	-80	-82	-39	-101	-58	-116	-60	-131	-88	-146	-90
				225	250	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-143	-84	-160	-84	-82	-39	-101	-58	-116	-60	-135	-92	-150	-94
250	280	-35	0					+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94	-101	-34	-123	-56	-143	-56	-161	-94	-181	-94	-92	-43	-114	-65	-131	-68	-152	-103	-169	-106
				280	315	-35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98	-101	-34	-123	-56	-143	-56	-165	-98	-185	-98	-92	-43	-114	-65	-131	-68	-156	-107	-173	-110
315	355	-40	0					+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108	-113	-37	-138	-62	-159	-62	-184	-108	-205	-108	-102	-48	-127	-73	-146	-75	-173	-119	-192	-121
				355	400	-40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114	-113	-37	-138	-62	-159	-62	-190	-114	-211	-114	-102	-48	-127	-73	-146	-75	-179	-125	-198	-127
400	450	-45	0					+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126	-125	-40	-153	-68	-176	-68	-211	-126	-234	-126	-113	-52	-141	-80	-161	-83	-199	-138	-219	-141

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)

Arbre		Roulement		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents									
Diamètre nominal		Tolérance de diamètre d'alésage		Classes de tolérances									
d	$\Delta_{amp}$			n6		p6		p7		r6		r7	
au-dessus de	incl.	inf.	sup.	Écart (diamètre d'arbre)									
				Serrage (-) théorique					Serrage probable (-)				
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
450	500	-45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132
				-125	-40	-153	-68	-176	-68	-217	-132	-240	-132
				-113	-52	-141	-80	-161	-83	-205	-144	-225	-147
500	560	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150
				-138	-44	-172	-78	-198	-78	-244	-150	-270	-150
				-125	-57	-159	-91	-182	-94	-231	-163	-254	-166
560	630	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155
				-138	-44	-172	-78	-198	-78	-249	-155	-275	-155
				-125	-57	-159	-91	-182	-94	-236	-168	-259	-171
630	710	-75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+225	+175	+255	+175
				-175	-50	-213	-88	-243	-88	-300	-175	-330	-175
				-158	-67	-196	-105	-221	-110	-283	-192	-308	-197
710	800	-75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185
				-175	-50	-213	-88	-243	-88	-310	-185	-340	-185
				-158	-67	-196	-105	-221	-110	-293	-202	-318	-207
800	900	-100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210
				-212	-56	-256	-100	-290	-100	-366	-210	-400	-210
				-192	-76	-236	-120	-263	-127	-346	-230	-373	-237
900	1000	-100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+276	+220	+310	+220
				-212	-56	-256	-100	-290	-100	-376	-220	-410	-220
				-192	-76	-236	-120	-263	-127	-356	-240	-383	-247
1000	1120	-125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250
				-257	-66	-311	-120	-350	-120	-441	-250	-480	-250
				-233	-90	-287	-144	-317	-153	-417	-274	-447	-283
1120	1250	-125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260
				-257	-66	-311	-120	-350	-120	-451	-260	-490	-260
				-233	-90	-287	-144	-317	-153	-427	-284	-457	-293
1250	1400	-160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300
				-316	-78	-378	-140	-425	-140	-538	-300	-585	-300
				-286	-108	-348	-170	-385	-180	-508	-330	-545	-340
1400	1600	-160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+408	+330	+455	+330
				-316	-78	-378	-140	-425	-140	-568	-330	-615	-330
				-286	-108	-348	-170	-385	-180	-538	-360	-575	-370
1600	1800	-200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370
				-384	-92	-462	-170	-520	-170	-662	-370	-720	-370
				-349	-127	-427	-205	-470	-220	-627	-405	-670	-420
1800	2000	-200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400
				-384	-92	-462	-170	-520	-170	-692	-400	-750	-400
				-349	-127	-427	-205	-470	-220	-657	-435	-700	-450

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)

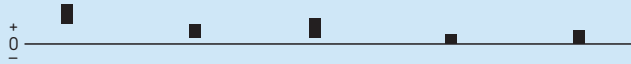
Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage $\Delta_{amp}$		Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances				
	incl.	inf.	sup.	Écart (diamètre d'arbre)			
au-dessus de				Serrage (-) théorique			
de				Serrage probable (-)			
mm	mm	mm	mm	mm			
200	225	-30	0	+144	+115	+153	+107
				-174	-115	-183	-107
				-166	-123	-173	-117
225	250	-30	0	+154	+125	+163	+117
				-184	-125	-193	-117
				-176	-133	-183	-127
250	280	-35	0	+174	+142	+184	+132
				-209	-142	-219	-132
				-200	-151	-207	-144
280	315	-35	0	+186	+154	+196	+144
				-221	-154	-231	-144
				-212	-163	-219	-156
315	355	-40	0	+208	+172	+218	+161
				-248	-172	-258	-161
				-237	-183	-245	-174
355	400	-40	0	+226	+190	+236	+179
				-266	-190	-276	-179
				-255	-201	-263	-192
400	450	-45	0	+252	+212	+263	+200
				-297	-212	-308	-200
				-285	-224	-293	-215
450	500	-45	0	+272	+232	+283	+220
				-317	-232	-328	-220
				-305	-244	-313	-235
500	560	-50	0	+302	+258	+315	+245
				-352	-258	-365	-245
				-339	-271	-349	-261
560	630	-50	0	+332	+288	+345	+275
				-382	-288	-395	-275
				-369	-301	-379	-291
630	710	-75	0	+365	+315	+380	+300
				-440	-315	-455	-300
				-423	-332	-433	-322
710	800	-75	0	+405	+355	+420	+340
				-480	-355	-495	-340
				-463	-372	-473	-362
800	900	-100	0	+458	+402	+475	+385
				-558	-402	-575	-385
				-538	-422	-548	-412
900	1 000	-100	0	+498	+442	+515	+425
				-598	-442	-615	-425
				-578	-462	-588	-452



## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes métriques)

Arbre Diamètre nominal d	Roulement Tolérance de diamètre d'alésage $\Delta_{amp}$			Écart sur diamètre d'arbre, ajustements conséquents Classes de tolérances			
	au-dessus de	incl.	inf.	sup.	$s_{6min} \pm IT6/2$ $s_{7min} \pm IT7/2$		
				Écart (diamètre d'arbre)			
				Serrage (-) théorique			
				Serrage probable (-)			
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$			
1 000	1 120	-125	0	+553	+487	+572	+467
				-678	-487	-697	-467
				-654	-511	-664	-500
1 120	1 250	-125	0	+613	+547	+632	+527
				-738	-547	-757	-527
				-714	-571	-724	-560
1 250	1 400	-160	0	+679	+601	+702	+577
				-839	-601	-862	-577
				-809	-631	-822	-617
1 400	1 600	-160	0	+759	+681	+782	+657
				-919	-681	-942	-657
				-889	-711	-902	-697
1 600	1 800	-200	0	+866	+774	+895	+745
				-1 066	-774	-1 095	-745
				-1 031	-809	-1 045	-795
1 800	2 000	-200	0	+966	+874	+995	+845
				-1 166	-874	-1 195	-845
				-1 131	-909	-1 145	-895

Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



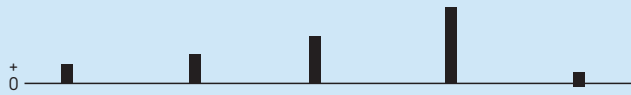
Palier		Roulement		Écart de diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents									
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur		Classes de tolérances									
D		$\Delta_{Dmp}$		F7		G6		G7		H5		H6	
au-dessus de	incl.	sup.	inf.	Écart (diamètre d'alésage du palier)									
				Jeu (+) théorique									
				Jeu (+) probable									
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
6	10	0	-8	+13	+28	+5	+14	+5	+20	0	+6	0	+9
				+13	+36	+5	+22	+5	+28	0	+14	0	+17
				+16	+33	+7	+20	+8	+25	+2	+12	+2	+15
10	18	0	-8	+16	+34	+6	+17	+6	+24	0	+8	0	+11
				+16	+42	+6	+25	+6	+32	0	+16	0	+19
				+19	+39	+8	+23	+9	+29	+2	+14	+2	+17
18	30	0	-9	+20	+41	+7	+20	+7	+28	0	+9	0	+13
				+20	+50	+7	+29	+7	+37	0	+18	0	+22
				+23	+47	+10	+26	+10	+34	+2	+16	+3	+19
30	50	0	-11	+25	+50	+9	+25	+9	+34	0	+11	0	+16
				+25	+61	+9	+36	+9	+45	0	+22	0	+27
				+29	+57	+12	+33	+13	+41	+3	+19	+3	+24
50	80	0	-13	+30	+60	+10	+29	+10	+40	0	+13	0	+19
				+30	+73	+10	+42	+10	+53	0	+26	0	+32
				+35	+68	+14	+38	+15	+48	+3	+23	+4	+28
80	120	0	-15	+36	+71	+12	+34	+12	+47	0	+15	0	+22
				+36	+86	+12	+49	+12	+62	0	+30	0	+37
				+41	+81	+17	+44	+17	+57	+4	+26	+5	+32
120	150	0	-18	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+101	+14	+57	+14	+72	0	+36	0	+43
				+50	+94	+20	+51	+21	+65	+5	+31	+6	+37
150	180	0	-25	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+108	+14	+64	+14	+79	0	+43	0	+50
				+51	+100	+21	+57	+22	+71	+6	+37	+7	+43
180	250	0	-30	+50	+96	+15	+44	+15	+61	0	+20	0	+29
				+50	+126	+15	+74	+15	+91	0	+50	0	+59
				+60	+116	+23	+66	+25	+81	+6	+44	+8	+51
250	315	0	-35	+56	+108	+17	+49	+17	+69	0	+23	0	+32
				+56	+143	+17	+84	+17	+104	0	+58	0	+67
				+68	+131	+26	+75	+29	+92	+8	+50	+9	+58
315	400	0	-40	+62	+119	+18	+54	+18	+75	0	+25	0	+36
				+62	+159	+18	+94	+18	+115	0	+65	0	+76
				+75	+146	+29	+83	+31	+102	+8	+57	+11	+65
400	500	0	-45	+68	+131	+20	+60	+20	+83	0	+27	0	+40
				+68	+176	+20	+105	+20	+128	0	+72	0	+85
				+83	+161	+32	+93	+35	+113	+9	+63	+12	+73
500	630	0	-50	+76	+146	+22	+66	+22	+92	0	+28	0	+44
				+76	+196	+22	+116	+22	+142	0	+78	0	+94
				+92	+180	+35	+103	+38	+126	+10	+68	+13	+81
630	800	0	-75	+80	+160	+24	+74	+24	+104	0	+32	0	+50
				+80	+235	+24	+149	+24	+179	0	+107	0	+125
				+102	+213	+41	+132	+46	+157	+12	+95	+17	+108

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



Palier		Roulement		Écart du diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents									
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur $\Delta_{Dmp}$		Classes de tolérances									
D				F7		G6		G7		H5		H6	
au-dessus de	incl.	sup.	inf.	Écart (diamètre d'alésage du palier)									
				Jeu (+) théorique									
				Jeu (+) probable									
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
800	1000	0	-100	+86	+176	+26	+82	+26	+116	0	+36	0	+56
				+86	+276	+26	+182	+26	+216	0	+136	0	+156
				+113	+249	+46	+162	+53	+189	+14	+122	+20	+136
1000	1250	0	-125	+98	+203	+28	+94	+28	+133	0	+42	0	+66
				+98	+328	+28	+219	+28	+258	0	+167	0	+191
				+131	+295	+52	+195	+61	+225	+17	+150	+24	+167
1250	1600	0	-160	+110	+235	+30	+108	+30	+155	0	+50	0	+78
				+110	+395	+30	+268	+30	+315	0	+210	0	+238
				+150	+355	+60	+238	+70	+275	+21	+189	+30	+208
1600	2000	0	-200	+120	+270	+32	+124	+32	+182	0	+60	0	+92
				+120	+470	+32	+324	+32	+382	0	+260	0	+292
				+170	+420	+67	+289	+82	+332	+25	+235	+35	+257
2000	2500	0	-250	+130	+305	+34	+144	+34	+209	0	+70	0	+110
				+130	+555	+34	+394	+34	+459	0	+320	0	+360
				+189	+496	+77	+351	+93	+400	+30	+290	+43	+317

Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



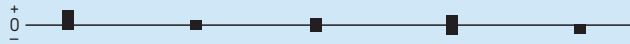
Palier		Roulement		Écart du diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents									
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur $\Delta_{Dmp}$		Classes de tolérances									
D		sup.	inf.	H7		H8		H9		H10		J6	
au-dessus de	incl.			Écart (diamètre d'alésage du palier)									
				Serrage (-)/jeu (+) théoriques					Serrage (-)/jeu (+) probables				
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
6	10	0	-8	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	-4	+5
				0	+23	0	+30	0	+44	0	+66	-4	+13
				+3	+20	+3	+27	+3	+41	+3	+63	-2	+11
10	18	0	-8	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	-5	+6
				0	+26	0	+35	0	+51	0	+78	-5	+14
				+3	+23	+3	+32	+3	+48	+3	+75	-3	+12
18	30	0	-9	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	-5	+8
				0	+30	0	+42	0	+61	0	+93	-5	+17
				+3	+27	+3	+39	+4	+57	+4	+89	-2	+14
30	50	0	-11	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	-6	+10
				0	+36	0	+50	0	+73	0	+111	-6	+21
				+4	+32	+4	+46	+5	+68	+5	+106	-3	+18
50	80	0	-13	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	-6	+13
				0	+43	0	+59	0	+87	0	+133	-6	+26
				+5	+38	+5	+54	+5	+82	+6	+127	-2	+22
80	120	0	-15	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	-6	+16
				0	+50	0	+69	0	+102	0	+155	-6	+31
				+5	+45	+6	+63	+6	+96	+7	+148	-1	+26
120	150	0	-18	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	+58	0	+81	0	+118	0	+178	-7	+36
				+7	+51	+7	+74	+8	+110	+8	+170	-1	+30
150	180	0	-25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	+65	0	+88	0	+125	0	+185	-7	+43
				+8	+57	+10	+78	+10	+115	+11	+174	0	+36
180	250	0	-30	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	-7	+22
				0	+76	0	+102	0	+145	0	+215	-7	+52
				+10	+66	+12	+90	+13	+132	+13	+202	+1	+44
250	315	0	-35	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	-7	+25
				0	+87	0	+116	0	+165	0	+245	-7	+60
				+12	+75	+13	+103	+15	+150	+16	+229	+2	+51
315	400	0	-40	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	-7	+29
				0	+97	0	+129	0	+180	0	+270	-7	+69
				+13	+84	+15	+114	+17	+163	+18	+252	+4	+58
400	500	0	-45	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	-7	+33
				0	+108	0	+142	0	+200	0	+295	-7	+78
				+15	+93	+17	+125	+19	+181	+20	+275	+5	+66
500	630	0	-50	0	+70	0	+110	0	+175	0	+280	-	-
				0	+120	0	+160	0	+225	0	+330	-	-
				+16	+104	+19	+141	+21	+204	+22	+308	-	-
630	800	0	-75	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	-	-
				0	+155	0	+200	0	+275	0	+395	-	-
				+22	+133	+27	+173	+30	+245	+33	+362	-	-

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



Palier		Roulement		Écart du diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents									
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur $\Delta_{Dmp}$		Classes de tolérances									
D		sup.	inf.	H7		H8		H9		H10		J6	
au-dessus de	incl.	mm	$\mu\text{m}$	Écart (diamètre d'alésage du palier)									
				Serrage (-)/jeu (+) théoriques									
				Serrage (-)/jeu (+) probables									
				$\mu\text{m}$									
800	1000	0	-100	0	+90	0	+140	0	+230	0	+360	-	-
				0	+190	0	+240	0	+330	0	+460	-	-
				+27	+163	+33	+207	+39	+291	+43	+417	-	-
1000	1250	0	-125	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420	-	-
				0	+230	0	+290	0	+385	0	+545	-	-
				+33	+197	+41	+249	+48	+337	+53	+492	-	-
1250	1600	0	-160	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500	-	-
				0	+285	0	+355	0	+470	0	+660	-	-
				+40	+245	+51	+304	+60	+410	+67	+593	-	-
1600	2000	0	-200	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600	-	-
				0	+350	0	+430	0	+570	0	+800	-	-
				+50	+300	+62	+368	+74	+496	+83	+717	-	-
2000	2500	0	-250	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	-	-
				0	+425	0	+530	0	+690	0	+950	-	-
				+59	+366	+77	+453	+91	+599	+103	+847	-	-

Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



Palier		Roulement		Écart du diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents									
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur		Classes de tolérances									
D		$\Delta_{Dmp}$		J7		JS5		JS6		JS7		K5	
au-dessus de	incl.	sup.	inf.	Écart (diamètre d'alésage du palier)									
				Serrage (-) / jeu (+) théoriques					Serrage (-) / jeu (+) probables				
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
6	10	0	-8	-7	+8	-3	+3	-4,5	+4,5	-7,5	+7,5	-5	+1
				-7	+16	-3	+11	-4,5	+12,5	-7,5	+15,5	-5	+9
				-4	+13	-1	+9	-3	+11	-5	+13	-3	+7
10	18	0	-8	-8	+10	-4	+4	-5,5	+5,5	-9	+9	-6	+2
				-8	+18	-4	+12	-5,5	+13,5	-9	+17	-6	+10
				-5	+15	-2	+10	-3	+11	-6	+14	-4	+8
18	30	0	-9	-9	+12	-4,5	+4,5	-6,5	+6,5	-10,5	+10,5	-8	+1
				-9	+21	-4,5	+13,5	-6,5	+15,5	-10,5	+19,5	-8	+10
				-6	+18	-2	+11	-4	+13	-7	+16	-6	+8
30	50	0	-11	-11	+14	-5,5	+5,5	-8	+8	-12,5	+12,5	-9	+2
				-11	+25	-5,5	+16,5	-8	+19	-12,5	+23,5	-9	+13
				-7	+21	-3	+14	-5	+16	-9	+20	-6	+10
50	80	0	-13	-12	+18	-6,5	+6,5	-9,5	+9,5	-15	+15	-10	+3
				-12	+31	-6,5	+19,5	-9,5	+22,5	-15	+28	-10	+16
				-7	+26	-3	+16	-6	+19	-10	+23	-7	+13
80	120	0	-15	-13	+22	-7,5	+7,5	-11	+11	-17,5	+17,5	-13	+2
				-13	+37	-7,5	+22,5	-11	+26	-17,5	+32,5	-13	+17
				-8	+32	-4	+19	-6	+21	-12	+27	-9	+13
120	150	0	-18	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+44	-9	+27	-12,5	+30,5	-20	+38	-15	+21
				-7	+37	-4	+22	-7	+25	-13	+31	-10	+16
150	180	0	-25	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+51	-9	+34	-12,5	+37,5	-20	+45	-15	+28
				-6	+43	-3	+28	-6	+31	-12	+37	-9	+22
180	250	0	-30	-16	+30	-10	+10	-14,5	+14,5	-23	+23	-18	+2
				-16	+60	-10	+40	-14,5	+44,5	-23	+53	-18	+32
				-6	+50	-4	+34	-6	+36	-13	+43	-12	+26
250	315	0	-35	-16	+36	-11,5	+11,5	-16	+16	-26	+26	-20	+3
				-16	+71	-11,5	+46,5	-16	+51	-26	+61	-20	+38
				-4	+59	-4	+39	-7	+42	-14	+49	-12	+30
315	400	0	-40	-18	+39	-12,5	+12,5	-18	+18	-28,5	+28,5	-22	+3
				-18	+79	-12,5	+52,5	-18	+58	-28,5	+68,5	-22	+43
				-5	+66	-4	+44	-7	+47	-15	+55	-14	+35
400	500	0	-45	-20	+43	-13,5	+13,5	-20	+20	-31,5	+31,5	-25	+2
				-20	+88	-13,5	+58,5	-20	+65	-31,5	+76,5	-25	+47
				-5	+73	-4	+49	-8	+53	-17	+62	-16	+38
500	630	0	-50	-	-	-14	+14	-22	+22	-35	+35	-	-
				-	-	-14	+64	-22	+72	-35	+85	-	-
				-	-	-4	+54	-9	+59	-19	+69	-	-
630	800	0	-75	-	-	-16	+16	-25	+25	-40	+40	-	-
				-	-	-16	+91	-25	+100	-40	+115	-	-
				-	-	-4	+79	-8	+83	-18	+93	-	-

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



Palier Diamètre nominal de l'alésage	Roulement Tolérance de diamètre extérieur $\Delta_{Dmp}$		Écart du diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents																														
			Classes de tolérances																														
D			J7	JS5		JS6		JS7		K5																							
au- dessus de	incl.	sup.	inf.	Écart (diamètre d'alésage du palier)																													
				Serrage (-)/jeu (+) théoriques					Serrage (-)/jeu (+) probables																								
mm					$\mu\text{m}$																												
800	1000	0	-100	-	-	-18	+18	-28	+28	-45	+45	-	-	-	-	-18	+118	-28	+128	-45	+145	-	-	-	-	-4	+104	-8	+108	-18	+118	-	-
				-	-	-21	+21	-33	+33	-52	+52	-	-	-	-	-21	+146	-33	+158	-52	+177	-	-	-	-	-4	+129	-9	+134	-20	+145	-	-
				-	-	-25	+25	-39	+39	-62	+62	-	-	-	-	-25	+185	-39	+199	-62	+222	-	-	-	-	-4	+164	-9	+169	-22	+182	-	-
1000	1250	0	-125	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-	-	-	-30	+230	-46	+246	-75	+275	-	-	-	-	-5	+205	-11	+211	-25	+225	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-
1250	1600	0	-160	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-	-	-	-30	+230	-46	+246	-75	+275	-	-	-	-	-5	+205	-11	+211	-25	+225	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-
1600	2000	0	-200	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-	-	-	-30	+230	-46	+246	-75	+275	-	-	-	-	-5	+205	-11	+211	-25	+225	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-
2000	2500	0	-250	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-	-	-	-30	+230	-46	+246	-75	+275	-	-	-	-	-5	+205	-11	+211	-25	+225	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-
				-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-	-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-	-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-

Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



Palier		Roulement		Écart de diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents									
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur		Classes de tolérances									
D		$\Delta_{Dmp}$		K6		K7		M5		M6		M7	
au-dessus de	incl.	sup.	inf.	Écart (diamètre d'alésage du palier)									
				Serrage (-)/jeu (+) théoriques									
				Serrage (-)/jeu (+) probables									
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
6	10	0	-8	-7	+2	-10	+5	-10	-4	-12	-3	-15	0
				-7	+10	-10	+13	-10	+4	-12	+5	-15	+8
				-5	+8	-7	+10	-8	+2	-10	+3	-12	+5
10	18	0	-8	-9	+2	-12	+6	-12	-4	-15	-4	-18	0
				-9	+10	-12	+14	-12	+4	-15	+4	-18	+8
				-7	+8	-9	+11	-10	+2	-13	+2	-15	+5
18	30	0	-9	-11	+2	-15	+6	-14	-4	-17	-4	-21	0
				-11	+11	-15	+15	-14	+4	-17	+5	-21	+9
				-8	+8	-12	+12	-12	+2	-14	+2	-18	+6
30	50	0	-11	-13	+3	-18	+7	-16	-5	-20	-4	-25	0
				-13	+14	-18	+18	-16	+6	-20	+7	-25	+11
				-10	+11	-14	+14	-13	+3	-17	+4	-21	+7
50	80	0	-13	-15	+4	-21	+9	-19	-6	-24	-5	-30	0
				-15	+17	-21	+22	-19	+7	-24	+8	-30	+13
				-11	+13	-16	+17	-16	+4	-20	+4	-25	+8
80	120	0	-15	-18	+4	-25	+10	-23	-8	-28	-6	-35	0
				-18	+19	-25	+25	-23	+7	-28	+9	-35	+15
				-13	+14	-20	+20	-19	+3	-23	+4	-30	+10
120	150	0	-18	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0
				-21	+22	-28	+30	-27	+9	-33	+10	-40	+18
				-15	+16	-21	+23	-22	+4	-27	+4	-33	+11
150	180	0	-25	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0
				-21	+29	-28	+37	-27	+16	-33	+17	-40	+25
				-14	+22	-20	+29	-21	+10	-26	+10	-32	+17
180	250	0	-30	-24	+5	-33	+13	-31	-11	-37	-8	-46	0
				-24	+35	-33	+43	-31	+19	-37	+22	-46	+30
				-16	+27	-23	+33	-25	+13	-29	+14	-36	+20
250	315	0	-35	-27	+5	-36	+16	-36	-13	-41	-9	-52	0
				-27	+40	-36	+51	-36	+22	-41	+26	-52	+35
				-18	+31	-24	+39	-28	+14	-32	+17	-40	+23
315	400	0	-40	-29	+7	-40	+17	-39	-14	-46	-10	-57	0
				-29	+47	-40	+57	-39	+26	-46	+30	-57	+40
				-18	+36	-27	+44	-31	+18	-35	+19	-44	+27
400	500	0	-45	-32	+8	-45	+18	-43	-16	-50	-10	-63	0
				-32	+53	-45	+63	-43	+29	-50	+35	-63	+45
				-20	+41	-30	+48	-34	+20	-38	+23	-48	+30
500	630	0	-50	-44	0	-70	0	-	-	-70	-26	-96	-26
				-44	+50	-70	+50	-	-	-70	+24	-96	+24
				-31	+37	-54	+34	-	-	-57	+11	-80	+8
630	800	0	-75	-50	0	-80	0	-	-	-80	-30	-110	-30
				-50	+75	-80	+75	-	-	-80	+45	-110	+45
				-33	+58	-58	+53	-	-	-63	+28	-88	+23



## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)



Palier		Roulement		Écart du diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents									
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur $\Delta_{Dmp}$		Classes de tolérances									
D		sup.	inf.	K6		K7		M5		M6		M7	
au-dessus de	incl.			Écart (diamètre d'alésage du palier)									
				Serrage (-)/jeu (+) théoriques									
				Serrage (-)/jeu (+) probables									
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
800	1000	0	-100	-56	0	-90	0	-	-	-90	-34	-124	-34
				-56	+100	-90	+100	-	-	-90	+66	-124	+66
				-36	+80	-63	+73	-	-	-70	+46	-97	+39
1000	1250	0	-125	-66	0	-105	0	-	-	-106	-40	-145	-40
				-66	+125	-105	+125	-	-	-106	+85	-145	+85
				-42	+101	-72	+92	-	-	-82	+61	-112	+52
1250	1600	0	-160	-78	0	-125	0	-	-	-126	-48	-173	-48
				-78	+160	-125	+160	-	-	-126	+112	-173	+112
				-48	+130	-85	+120	-	-	-96	+82	-133	+72
1600	2000	0	-200	-92	0	-150	0	-	-	-158	-58	-208	-58
				-92	+200	-150	+200	-	-	-150	+142	-208	+142
				-57	+165	-100	+150	-	-	-115	+107	-158	+92
2000	2500	0	-250	-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68
				-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182
				-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123

Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)

Palier		Roulement		Écart de diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents																											
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur		Classes de tolérances																											
D		$\Delta_{Dmp}$		N6		N7		P6		P7																					
au-dessus de	incl.	sup.	inf.	Écart (diamètre d'alésage du palier)																											
				Serrage (-)/jeu (+) théoriques				Serrage (-)/jeu (+) probables																							
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$																											
6	10	0	-8	-16	-7	-19	-4	-21	-12	-24	-9	-16	+1	-19	+4	-21	-4	-24	-1	-14	-1	-16	+1	-19	-6	-21	-4				
				10	18	0	-8	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11	-20	-1	-23	+3	-26	-7	-29	-3	-18	-3	-20	0	-24	-9	-26	-6
								18	30	0	-9	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14	-24	-2	-28	+2	-31	-9	-35	-5	-21	-5	-25	-1
30	50	0	-11	-28	-12	-33	-8					-37	-21	-42	-17	-28	-1	-33	+3	-37	-10	-42	-6	-25	-4	-29	-1	-34	-13	-38	-10
				50	80	0	-13					-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21	-33	-1	-39	+4	-45	-13	-51	-8	-29	-5	-34	-1
80	120	0	-15					-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24	-38	-1	-45	+5	-52	-15	-59	-9	-33	-6	-40	0	-47	-20	-54	-14
								120	150	0	-18	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-45	-2	-52	+6	-61	-18	-68	-10	-39	-8	-45	-1
150	180	0	-25	-45	-20	-52	-12					-61	-36	-68	-28	-45	+5	-52	+13	-61	-11	-68	-3	-38	-2	-44	+5	-54	-18	-60	-11
				180	250	0	-30					-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-51	+8	-60	+16	-70	-11	-79	-3	-43	0	-50	+6
250	315	0	-35					-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36	-57	+10	-66	+21	-79	-12	-88	-1	-48	+1	-54	+9	-70	-21	-76	-13
								315	400	0	-40	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41	-62	+14	-73	+24	-87	-11	-98	-1	-51	+3	-60	+11
400	500	0	-45	-67	-27	-80	-17					-95	-55	-108	-45	-67	+18	-80	+28	-95	-10	-108	0	-55	+6	-65	+13	-83	-22	-93	-15
				500	630	0	-50					-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78	-88	+6	-114	+6	-122	-28	-148	-28	-75	-7	-98	-10
630	800	0	-75					-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88	-100	+25	-130	+25	-138	-13	-168	-13	-83	+8	-108	+3	-121	-30	-146	-35

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes métriques)

Palier		Roulement		Écart de diamètre d'alésage du palier, ajustements conséquents							
Diamètre nominal de l'alésage		Tolérance de diamètre extérieur $\Delta_{Dmp}$		Classes de tolérances							
D				N6		N7		P6		P7	
au-dessus de	incl.	sup.	inf.	Écart (diamètre d'alésage du palier)							
				Serrage (-)/jeu (+) théoriques							
				Serrage (-)/jeu (+) probables							
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$							
800	1 000	0	-100	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100
				-112	+44	-146	+44	-156	0	-190	0
				-92	+24	-119	+17	-136	-20	-163	-27
1 000	1 250	0	-125	-132	-66	-171	-66	-186	-120	-225	-120
				-132	+59	-171	+59	-186	+5	-225	+5
				-108	+35	-138	+26	-162	-19	-192	-28
1 250	1 600	0	-160	-156	-78	-203	-78	-218	-140	-265	-140
				-156	+82	-203	+82	-218	+20	-265	+20
				-126	+52	-163	+42	-188	-10	-225	-20
1 600	2 000	0	-200	-184	-92	-242	-92	-262	-170	-320	-170
				-184	+108	-242	+108	-262	+30	-320	+30
				-149	+73	-192	+58	-227	-5	-270	-20
2 000	2 500	0	-250	-220	-110	-285	-110	-305	-195	-370	-195
				-220	+140	-285	+140	-305	+55	-370	+55
				-177	+97	-226	+81	-262	+12	-311	-4

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents													
	Classes de tolérances		f7		g6		h5		h6		Ajustement <sup>1)</sup>			
	Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>		Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>		Diamètre d'arbre					
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.			
mm	in.	in.		-	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-		
4	0.1575	0.1572	0.1571	0.1566		0.1573	0.1570		0.1575	0.1572	0.1575	0.1572		
5	0.1969	0.1966	0.1965	0.1960	9 L	0.1967	0.1964	5 L	0.1969	0.1967	2 L	0.1969	0.1966	3 L
6	0.2362	0.2359	0.2358	0.2353	1 L	0.2360	0.2357	1 T	0.2362	0.2360	3 T	0.2362	0.2359	3 T
7	0.2756	0.2753	0.2751	0.2745		0.2754	0.2750		0.2756	0.2754		0.2756	0.2752	
8	0.3150	0.3147	0.3145	0.3139	11 L	0.3148	0.3144	6 L	0.3150	0.3148	2 L	0.3150	0.3146	4 L
9	0.3543	0.3540	0.3538	0.3532	2 L	0.3541	0.3537	1 T	0.3543	0.3541	3 T	0.3543	0.3539	3 T
10	0.3937	0.3934	0.3932	0.3926		0.3935	0.3931		0.3937	0.3935		0.3937	0.3933	
12	0.4724	0.4721	0.4718	0.4711		0.4722	0.4717		0.4724	0.4721		0.4724	0.4720	
15	0.5906	0.5903	0.5900	0.5893	13 L	0.5904	0.5899	7 L	0.5906	0.5903	3 L	0.5906	0.5902	4 L
17	0.6693	0.6690	0.6687	0.6680	3 L	0.6691	0.6686	1 T	0.6693	0.6690	3 T	0.6693	0.6689	3 T
20	0.7874	0.7870	0.7866	0.7858		0.7871	0.7866		0.7874	0.7870		0.7874	0.7869	
25	0.9843	0.9839	0.9835	0.9827	16 L	0.9840	0.9835	8 L	0.9843	0.9839	4 L	0.9843	0.9838	5 L
30	1.1811	1.1807	1.1803	1.1795	4 L	1.1808	1.1803	1 T	1.1811	1.1807	4 T	1.1811	1.1806	4 T
35	1.3780	1.3775	1.3770	1.3760		1.3776	1.3770		1.3780	1.3776		1.3780	1.3774	
40	1.5748	1.5743	1.5738	1.5728	20 L	1.5744	1.5738	10 L	1.5748	1.5744	4 L	1.5748	1.5742	6 L
45	1.7717	1.7712	1.7707	1.7697	5 L	1.7713	1.7707	1 T	1.7717	1.7713	5 T	1.7717	1.7711	5 T
50	1.9685	1.9680	1.9675	1.9665		1.9681	1.9675		1.9685	1.9681		1.9685	1.9679	
55	2.1654	2.1648	2.1642	2.1630		2.1650	2.1643		2.1654	2.1649		2.1654	2.1647	
60	2.3622	2.3616	2.3610	2.3598		2.3618	2.3611		2.3622	2.3617		2.3622	2.3615	
65	2.5591	2.5585	2.5579	2.5567	24 L	2.5587	2.5580	11 L	2.5591	2.5586	5 L	2.5591	2.5584	7 L
70	2.7559	2.7553	2.7547	2.7535	6 L	2.7555	2.7548	2 T	2.7559	2.7554	6 T	2.7559	2.7552	6 T
75	2.9528	2.9522	2.9516	2.9504		2.9524	2.9517		2.9528	2.9523		2.9528	2.9521	
80	3.1496	3.1490	3.1484	3.1472		3.1492	3.1485		3.1496	3.1491		3.1496	3.1489	
85	3.3465	3.3457	3.3451	3.3437		3.3460	3.3452		3.3465	3.3459		3.3465	3.3456	
90	3.5433	3.5425	3.5419	3.5405		3.5428	3.5420		3.5433	3.5427		3.5433	3.5424	
95	3.7402	3.7394	3.7388	3.7374		3.7397	3.7389		3.7402	3.7396		3.7402	3.7393	
100	3.9370	3.9362	3.9356	3.9342	28 T	3.9365	3.9357	13 L	3.9370	3.9364	6 L	3.9370	3.9361	9 L
105	4.1339	4.1331	4.1325	4.1311	6 L	4.1334	4.1326	3 T	4.1339	4.1333	8 T	4.1339	4.1330	8 T
110	4.3307	4.3299	4.3293	4.3279		4.3302	4.3294		4.3307	4.3301		4.3307	4.3298	
120	4.7244	4.7236	4.7230	4.7216		4.7239	4.7231		4.7244	4.7238		4.7244	4.7235	
130	5.1181	5.1171	5.1164	5.1148		5.1175	5.1166		5.1181	5.1174		5.1181	5.1171	
140	5.5118	5.5108	5.5101	5.5085		5.5112	5.5103		5.5118	5.5111		5.5118	5.5108	
150	5.9055	5.9045	5.9038	5.9022	33 L	5.9049	5.9040	15 L	5.9055	5.9048	7 L	5.9055	5.9045	10 L
160	6.2992	6.2982	6.2975	6.2959	7 L	6.2986	6.2977	4 T	6.2992	6.2985	10 T	6.2992	6.2982	10 T
170	6.6929	6.6919	6.6912	6.6896		6.6923	6.6914		6.6929	6.6922		6.6929	6.6919	
180	7.0866	7.0856	7.0849	7.0833		7.0860	7.0851		7.0866	7.0859		7.0866	7.0856	
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4765		7.4797	7.4786		7.4803	7.4795		7.4803	7.4792	
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8702	38 L	7.8734	7.8723	17 L	7.8740	7.8732	8 L	7.8740	7.8729	11 L
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6576	8 L	8.6608	8.6597	6 T	8.6614	8.6606	12 T	8.6614	8.6603	12 T
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4450		9.4482	9.4471		9.4488	9.4480		9.4488	9.4477	

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents												
	Classes de tolérances												
	f7		g6		h5		h6		Ajustement <sup>1)</sup>				
max.	min.	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup> max.	Diamètre d'arbre max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup> max.	min.	Diamètre d'arbre max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>		
mm	in.	in.		-	in.		-	in.	-	in.	-		
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2340	10.2319		10.2355	10.2343		10.2362	10.2353		10.2362	10.2349
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0214	11.0193	43 L	11.0229	11.0217	19 L	11.0236	11.0227	9 L	11.0236	11.0223
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8088	11.8067	8 L	11.8103	11.8091	7 T	11.8110	11.8101	14 T	11.8110	11.8097
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.5959	12.5937		12.5977	12.5963		12.5984	12.5974		12.5984	12.5970
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3833	13.3811		13.3851	13.3837		13.3858	13.3848		13.3858	13.3844
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1707	14.1685		14.1725	14.1711		14.1732	14.1722		14.1732	14.1718
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9581	14.9559	9 L	14.9599	14.9585	9 T	14.9606	14.9596	10 L	14.9606	14.9592
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7455	15.7433		15.7473	15.7459		15.7480	15.7470	16 T	15.7480	15.7466
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5327	16.5302		16.5346	16.5330		16.5354	16.5343		16.5354	16.5338
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3201	17.3176		17.3220	17.3204		17.3228	17.3217		17.3228	17.3212
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1075	18.1050		18.1094	18.1078	24 L	18.1102	18.1091	11 L	18.1102	18.1086
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8949	18.8924	52 L	18.8968	18.8952	10 T	18.8976	18.8965	18 T	18.8976	18.8960
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6823	19.6798	9 L	19.6842	19.6826		19.6850	19.6839		19.6850	19.6834
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8631	20.8605		20.8652	20.8635	-	-	-	-	20.8661	20.8644
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0442	22.0416		22.0463	22.0446	26 L	-	-	-	22.0472	22.0455
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6190	23.6164	56 L	23.6211	23.6194	11 T	-	-	-	23.6220	23.6203
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8001	24.7975	10 L	24.8022	24.8005		-	-	-	24.8031	24.8014
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3748	26.3719		26.3771	26.3751	-	-	-	-	26.3780	26.3760
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9496	27.9467		27.9519	27.9499	29 L	-	-	-	27.9528	27.9508
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5244	29.5215		29.5267	29.5247	21 T	-	-	-	29.5276	29.5256
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.4929	31.4900	61 L	31.4952	31.4932		-	-	-	31.4961	31.4941
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4611	33.4577		33.4636	33.4614	-	-	-	-	33.4646	33.4624
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4296	35.4262	69 L	35.4321	35.4299	32 L	-	-	-	35.4331	35.4309
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.3981	37.3947	4 T	37.4006	37.3984	29 T	-	-	-	37.4016	37.3994
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3666	39.3632		39.3691	39.3669		-	-	-	39.3701	39.3679
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7284	41.7247		41.7312	41.7286	-	-	-	-	41.7323	41.7297
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.0906	44.0869		44.0934	44.0908	37 L	-	-	-	44.0945	44.0919
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4528	46.4491	76 L	46.4556	46.4530	38 T	-	-	-	46.4567	46.4541
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2087	49.2050	10 T	49.2115	49.2089		-	-	-	49.2126	49.2100

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents										
	Classes de tolérances h8		j5		j6		js4				
	max.	min.	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>
mm	in.	in.		-	in.	-	in.	-	in.	-	
4	0.1575	0.1572	0.1575	0.1568		0.1576	0.1574		-	-	
5	0.1969	0.1966	0.1969	0.1962	7 L	0.1970	0.1968	1 L	-	-	-
6	0.2362	0.2359	0.2362	0.2355	3 T	0.2363	0.2361	4 T	-	-	-
7	0.2756	0.2753	0.2756	0.2747		0.2758	0.2755		0.2759	0.2755	
8	0.3150	0.3147	0.3150	0.3141	9 L	0.3152	0.3149	1 L	0.3153	0.3149	1 L
9	0.3543	0.3540	0.3543	0.3534	3 T	0.3545	0.3542	5 T	0.3546	0.3542	4 T
10	0.3937	0.3934	0.3937	0.3928		0.3939	0.3936		0.3940	0.3936	
12	0.4724	0.4721	0.4724	0.4713	11 L	0.4726	0.4723	1 L	0.4727	0.4723	1 L
15	0.5906	0.5903	0.5906	0.5895	3 T	0.5908	0.5905	5 T	0.5909	0.5905	4 T
17	0.6693	0.6690	0.6693	0.6682		0.6695	0.6692		0.6696	0.6692	
20	0.7874	0.7870	0.7874	0.7861	13 L	0.7876	0.7872	2 L	0.7878	0.7872	2 L
25	0.9843	0.9839	0.9843	0.9830	4 T	0.9845	0.9841	6 T	0.9847	0.9841	5 T
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1798		1.1813	1.1809		1.1815	1.1809	
35	1.3780	1.3775	1.3780	1.3765		1.3782	1.3778		1.3784	1.3778	
40	1.5748	1.5743	1.5748	1.5733	15 L	1.5750	1.5746	2 L	1.5752	1.5746	2 L
45	1.7717	1.7712	1.7717	1.7702	5 T	1.7719	1.7715	7 T	1.7721	1.7715	6 T
50	1.9685	1.9680	1.9685	1.9670		1.9687	1.9683		1.9689	1.9683	
55	2.1654	2.1648	2.1654	2.1636		2.1656	2.1651		2.1659	2.1651	
60	2.3622	2.3616	2.3622	2.3604		2.3624	2.3619		2.3627	2.3619	
65	2.5591	2.5585	2.5591	2.5573	18 L	2.5593	2.5588	3 L	2.5596	2.5588	3 L
70	2.7559	2.7553	2.7559	2.7541	6 T	2.7561	2.7556	8 T	2.7564	2.7556	11 T
75	2.9528	2.9522	2.9528	2.9510		2.9530	2.9525		2.9533	2.9525	
80	3.1496	3.1490	3.1496	3.1478		3.1498	3.1493		3.1501	3.1493	
85	3.3465	3.3457	3.3465	3.3444		3.3467	3.3461		3.3470	3.3461	
90	3.5433	3.5425	3.5433	3.5412		3.5435	3.5429		3.5438	3.5429	
95	3.7402	3.7394	3.7402	3.7381		3.7404	3.7398		3.7407	3.7398	
100	3.9370	3.9362	3.9370	3.9349	21 L	3.9372	3.9366	4 L	3.9375	3.9366	4 L
105	4.1339	4.1331	4.1339	4.1318	8 T	4.1341	4.1335	10 T	4.1344	4.1335	13 T
110	4.3307	4.3299	4.3307	4.3286		4.3309	4.3303		4.3312	4.3303	
120	4.7244	4.7236	4.7244	4.7223		4.7246	4.7240		4.7249	4.7240	
130	5.1181	5.1171	5.1181	5.1156		5.1184	5.1177		5.1187	5.1177	
140	5.5118	5.5108	5.5118	5.5093		5.5121	5.5114		5.5124	5.5114	
150	5.9055	5.9045	5.9055	5.9030	25 L	5.9058	5.9051	4 L	5.9061	5.9051	4 L
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.2967	10 T	6.2995	6.2988	13 T	6.2998	6.2988	16 T
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6904		6.6932	6.6925		6.6935	6.6925	
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0841		7.0869	7.0862		7.0872	7.0862	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4775		7.4806	7.4798		7.4809	7.4798	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8712	28 L	7.8743	7.8735	5 L	7.8746	7.8735	5 L
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6586	12 T	8.6617	8.6609	15 T	8.6620	8.6609	18 T
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4460		9.4491	9.4483		9.4494	9.4483	

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents												
	Classes de tolérances												
	h8		j5		j6		js4						
max.	min.	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>			
mm	in.	in.		–	in.	–	in.	–	in.		–		
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2362	10.2330		10.2365	10.2356		10.2368	10.2356		10.2365	10.2359
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0236	11.0204	32 L	11.0239	11.0230	6 L	11.0242	11.0230	6 L	11.0239	11.0233
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8110	11.8078	14 T	11.8113	11.8104	17 T	11.8116	11.8104	20 T	11.8113	11.8107
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.5984	12.5949		12.5987	12.5977		12.5991	12.5977	–	–	–
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3858	13.3823		13.3861	13.3851		13.3865	13.3851	–	–	–
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1732	14.1697		14.1735	14.1725		14.1739	14.1725	–	–	–
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9606	14.9571	35 L	14.9609	14.9599	7 L	14.9613	14.9599	7 L	–	–
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7480	15.7445	16 T	15.7483	15.7473	19 T	15.7487	15.7473	23 T	–	–
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5354	16.5316		16.5357	16.5346		16.5362	16.5346	–	–	–
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3228	17.3190		17.3231	17.3220		17.3236	17.3220	–	–	–
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1102	18.1064	38 L	18.1105	18.1094	8 L	18.1110	18.1094	8 L	–	–
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8976	18.8938	18 T	18.8979	18.8968	21 T	18.8984	18.8968	26 T	–	–
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6850	19.6812		19.6853	19.6842		19.6858	19.6842	–	–	–
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8661	20.8618		–	–		20.8670	20.8652	–	–	–
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0472	22.0429	43 L	–	–	–	22.0481	22.0463	9 L	–	–
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6220	23.6177	20 T	–	–	–	23.6229	23.6211	29 T	–	–
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8031	24.7988		–	–	–	24.8040	24.8022	–	–	–
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3780	26.3731		–	–		26.3790	26.3770	–	–	–
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9528	27.9479	49 L	–	–	–	27.9538	27.9518	10 L	–	–
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5276	29.5227	30 T	–	–	–	29.5286	29.5266	40 T	–	–
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.4961	31.4912		–	–	–	31.4971	31.4951	–	–	–
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4646	33.4591		–	–		33.4657	33.4635	–	–	–
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4331	35.4276	55 L	–	–	–	35.4342	35.4320	11 L	–	–
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4016	37.3961	39 T	–	–	–	37.4027	37.4005	50 T	–	–
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3701	39.3646		–	–	–	39.3712	39.3690	–	–	–
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7323	41.7258		–	–	–	41.7336	41.7310	–	–	–
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.0945	44.0880	65 L	–	–	–	44.0958	44.0932	13 L	–	–
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4567	46.4502	49 T	–	–	–	46.4580	46.4554	62 T	–	–
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2126	49.2061		–	–	–	49.2139	49.2113	–	–	–

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents												
	Classes de tolérances												
	js5 Diamètre d'arbre		js6 Diamètre d'arbre		k4 Diamètre d'arbre		k5 Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>		Ajustement <sup>1)</sup>		
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
mm	in.	in.	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	-
4	0.1575	0.1572	0.1576	0.1574		0.1577	0.1573		0.1577	0.1575		0.1577	0.1575
5	0.1969	0.1966	0.1970	0.1968	1 L	0.1971	0.1967	2 L	0.1971	0.1969	0 T	0.1971	0.1969
6	0.2362	0.2359	0.2363	0.2361	4 T	0.2364	0.2360	5 T	0.2364	0.2362	5 T	0.2364	0.2362
7	0.2756	0.2753	0.2757	0.2755		0.2758	0.2754		0.2758	0.2756		0.2759	0.2756
8	0.3150	0.3147	0.3151	0.3149	1 L	0.3152	0.3148	2 L	0.3152	0.3150	0 T	0.3153	0.3150
9	0.3543	0.3540	0.3544	0.3542	4 T	0.3545	0.3541	5 T	0.3545	0.3543	5 T	0.3546	0.3543
10	0.3937	0.3934	0.3938	0.3936		0.3939	0.3935		0.3939	0.3937		0.3940	0.3937
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4722		0.4726	0.4722		0.4727	0.4724		0.4728	0.4724
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5904	2 L	0.5908	0.5904	2 L	0.5909	0.5906	0 T	0.5910	0.5906
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6691	5 T	0.6695	0.6691	5 T	0.6696	0.6693	6 T	0.6697	0.6693
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7872		0.7876	0.7871		0.7877	0.7874		0.7878	0.7875
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9841	2 L	0.9845	0.9840	3 L	0.9846	0.9843	0 T	0.9847	0.9844
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1809	6 T	1.1813	1.1808	6 T	1.1814	1.1811	7 T	1.1815	1.1812
35	1.3780	1.3775	1.3782	1.3778		1.3783	1.3777		1.3783	1.3781		1.3785	1.3781
40	1.5748	1.5743	1.5750	1.5746	2 L	1.5751	1.5745	3 L	1.5751	1.5749	1 T	1.5753	1.5749
45	1.7717	1.7712	1.7719	1.7715	7 T	1.7720	1.7714	8 T	1.7720	1.7718	8 T	1.7722	1.7718
50	1.9685	1.9680	1.9687	1.9683		1.9688	1.9682		1.9688	1.9686		1.9690	1.9686
55	2.1654	2.1648	2.1656	2.1651		2.1658	2.1650		2.1658	2.1655		2.1660	2.1655
60	2.3622	2.3616	2.3624	2.3619		2.3626	2.3618		2.3626	2.3623		2.3628	2.3623
65	2.5591	2.5585	2.5593	2.5588		2.5595	2.5587		2.5595	2.5592		2.5597	2.5592
70	2.7559	2.7553	2.7561	2.7556	3 L	2.7563	2.7555	4 L	2.7563	2.7560	1 T	2.7565	2.7560
75	2.9528	2.9522	2.9530	2.9525	8 T	2.9532	2.9524	10 T	2.9532	2.9529	10 T	2.9534	2.9529
80	3.1496	3.1490	3.1498	3.1493		3.1500	3.1492		3.1500	3.1497		3.1502	3.1497
85	3.3465	3.3457	3.3468	3.3462		3.3469	3.3461		3.3470	3.3466		3.3472	3.3466
90	3.5433	3.5425	3.5436	3.5430		3.5437	3.5429		3.5438	3.5434		3.5440	3.5434
95	3.7402	3.7394	3.7405	3.7399		3.7406	3.7398		3.7407	3.7403		3.7409	3.7403
100	3.9370	3.9362	3.9373	3.9367	3 L	3.9374	3.9366	4 L	3.9375	3.9371	1 T	3.9377	3.9371
105	4.1339	4.1331	4.1342	4.1336	11 T	4.1343	4.1335	12 T	4.1344	4.1340	13 T	4.1346	4.1340
110	4.3307	4.3299	4.3310	4.3304		4.3311	4.3303		4.3312	4.3308		4.3314	4.3308
120	4.7244	4.7236	4.7247	4.7241		4.7248	4.7240		4.7249	4.7245		4.7251	4.7245
130	5.1181	5.1171	5.1184	5.1177		5.1186	5.1176		5.1187	5.1182		5.1189	5.1182
140	5.5118	5.5108	5.5121	5.5114		5.5123	5.5113		5.5124	5.5119		5.5126	5.5119
150	5.9055	5.9045	5.9058	5.9051	4 L	5.9060	5.9050	5 L	5.9061	5.9056	1 T	5.9063	5.9056
160	6.2992	6.2982	6.2995	6.2988	13 T	6.2997	6.2987	15 T	6.2998	6.2993	16 T	6.3000	6.2993
170	6.6929	6.6919	6.6932	6.6925		6.6934	6.6924		6.6935	6.6930		6.6937	6.6930
180	7.0866	7.0856	7.0869	7.0862		7.0871	7.0861		7.0872	7.0867		7.0874	7.0867
190	7.4803	7.4791	7.4807	7.4799		7.4809	7.4797		7.4810	7.4805		7.4812	7.4805
200	7.8740	7.8728	7.8744	7.8736	4 L	7.8746	7.8734	6 L	7.8747	7.8742	2 T	7.8749	7.8742
220	8.6614	8.6602	8.6618	8.6610	16 T	8.6620	8.6608	18 T	8.6621	8.6616	19 T	8.6623	8.6616
240	9.4488	9.4476	9.4492	9.4484		9.4494	9.4482		9.4495	9.4490		9.4497	9.4490

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.



## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents									
	Classes de tolérances									
	js5		js6		k4		k5			
	Diamètre d'arbre		Diamètre d'arbre		Diamètre d'arbre		Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
mm	in.		in.		in.		in.		in.	
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2366	10.2357						
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0240	11.0231	5 L	10.2368	10.2356	6 L	10.2370	10.2364
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8114	11.8105	18 T	11.0242	11.0230	20 T	11.0244	11.0238
						11.8116	11.8104		11.8118	11.8112
									2 T	10.2373
									22 T	10.2364
										25 T
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.5989	12.5979		12.5991	12.5977		12.5992	12.5986
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3863	13.3853	5 L	13.3865	13.3851	7 L	13.3866	13.3860
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1737	14.1727	21 T	14.1739	14.1725	23 T	14.1740	14.1734
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9611	14.9601		14.9613	14.9599		14.9614	14.9608
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7485	15.7475		15.7487	15.7473		15.7488	15.7482
									2 T	12.5995
									24 T	12.5986
										27 T
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5359	16.5349	5 L	16.5362	16.5346	8 L	16.5364	16.5356
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3233	17.3223	23 T	17.3236	17.3220	26 T	17.3238	17.3230
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1107	18.1097		18.1110	18.1094		18.1112	18.1104
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8981	18.8971		18.8984	18.8968		18.8986	18.8978
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6855	19.6845		19.6858	19.6842		19.6860	19.6852
									2 T	16.5367
									28 T	16.5356
										31 T
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8666	20.8655		20.8669	20.8652			20.8673
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0477	22.0466	6 L	22.0480	22.0463	9 L		22.0484
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6225	23.6214	25 T	23.6228	23.6211	28 T		23.6232
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8036	24.8025		24.8039	24.8022			24.8043
										24.8031
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3786	26.3774		26.3789	26.3770			26.3794
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9534	27.9522	6 L	27.9537	27.9518	10 L		27.9542
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5282	29.5270	36 T	29.5285	29.5266	39 T		29.5290
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.4967	31.4955		31.4970	31.4951			31.4975
										31.4961
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4653	33.4639		33.4657	33.4635			33.4662
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4338	35.4324	7 L	35.4342	35.4320	11 L		35.4347
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4023	37.4009	46 T	37.4027	37.4005	50 T		37.4032
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3708	39.3694		39.3712	39.3690			39.3717
										39.3701
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7331	41.7315		41.7336	41.7310			41.7341
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.0953	44.0937	8 L	44.0958	44.0932	13 L		44.0963
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4575	46.4559	57 T	46.4580	46.4554	62 T		46.4585
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2134	49.2118		49.2139	49.2113			46.4585
										46.4567
										67 T
										49.2144
										49.2126

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents													
	Classes de tolérances													
	k6 Diamètre d'arbre		m5 Diamètre d'arbre		m6 Diamètre d'arbre		n5 Diamètre d'arbre		n6 Diamètre d'arbre		n7 Diamètre d'arbre			
max.	min.	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	
mm	in.	in.	in.	-	in.	in.	-	in.	in.	-	in.	in.	-	
4	0.1575	0.1572	0.1579	0.1575		0.1579	0.1577		0.1580	0.1577	0.1580	0.1578		
5	0.1969	0.1966	0.1973	0.1969	0 T	0.1973	0.1971	2 T	0.1974	0.1971	2 T	0.1974	0.1972	3 T
6	0.2362	0.2359	0.2366	0.2362	7 T	0.2366	0.2364	7 T	0.2367	0.2364	8 T	0.2367	0.2365	8 T
7	0.2756	0.2753	0.2760	0.2756		0.2761	0.2758		0.2762	0.2758		0.2762	0.2760	
8	0.3150	0.3147	0.3154	0.3150	0 T	0.3155	0.3152	2 T	0.3156	0.3152	2 T	0.3156	0.3154	4 T
9	0.3543	0.3540	0.3547	0.3543	7 T	0.3548	0.3545	8 T	0.3549	0.3545	9 T	0.3549	0.3547	9 T
10	0.3937	0.3934	0.3941	0.3937		0.3942	0.3939		0.3943	0.3939		0.3943	0.3941	
12	0.4724	0.4721	0.4729	0.4724	0 T	0.4730	0.4727	3 T	0.4731	0.4727	3 T	0.4732	0.4729	5 T
15	0.5906	0.5903	0.5911	0.5906	8 T	0.5912	0.5909	9 T	0.5913	0.5909	10 T	0.5914	0.5911	11 T
17	0.6693	0.6690	0.6698	0.6693		0.6699	0.6696		0.6700	0.6696		0.6701	0.6698	
20	0.7874	0.7870	0.7880	0.7875	1 T	0.7881	0.7877	3 T	0.7882	0.7877	3 T	0.7883	0.7880	6 T
25	0.9843	0.9839	0.9849	0.9844	10 T	0.9850	0.9846	11 T	0.9851	0.9846	12 T	0.9852	0.9849	13 T
30	1.1811	1.1807	1.1817	1.1812		1.1818	1.1814		1.1819	1.1814		1.1820	1.1817	
35	1.3780	1.3775	1.3787	1.3781		1.3788	1.3784		1.3790	1.3784		1.3791	1.3787	
40	1.5748	1.5743	1.5755	1.5749	1 T	1.5756	1.5752	4 T	1.5758	1.5752	4 T	1.5759	1.5755	7 T
45	1.7717	1.7712	1.7724	1.7718	12 T	1.7725	1.7721	13 T	1.7727	1.7721	15 T	1.7728	1.7724	16 T
50	1.9685	1.9680	1.9692	1.9686		1.9693	1.9689		1.9695	1.9689		1.9696	1.9692	
55	2.1654	2.1648	2.1662	2.1655		2.1663	2.1658		2.1666	2.1658		2.1667	2.1662	
60	2.3622	2.3616	2.3630	2.3623		2.3631	2.3626		2.3634	2.3626		2.3635	2.3630	
65	2.5591	2.5585	2.5599	2.5592	1 T	2.5600	2.5595	4 T	2.5603	2.5595	4 T	2.5604	2.5599	8 T
70	2.7559	2.7553	2.7567	2.7560	14 T	2.7568	2.7563	15 T	2.7571	2.7563	18 T	2.7572	2.7567	19 T
75	2.9528	2.9522	2.9536	2.9529		2.9537	2.9532		2.9540	2.9532		2.9541	2.9536	
80	3.1496	3.1490	3.1504	3.1497		3.1505	3.1500		3.1508	3.1500		3.1509	3.1504	
85	3.3465	3.3457	3.3475	3.3466		3.3476	3.3470		3.3479	3.3470		3.3480	3.3474	
90	3.5433	3.5425	3.5443	3.5434		3.5444	3.5438		3.5447	3.5438		3.5448	3.5442	
95	3.7402	3.7394	3.7412	3.7403		3.7413	3.7407		3.7416	3.7407		3.7417	3.7411	
100	3.9370	3.9362	3.9380	3.9371	1 T	3.9381	3.9375	5 T	3.9384	3.9375	5 T	3.9385	3.9379	9 T
105	4.1339	4.1331	4.1349	4.1340	18 T	4.1350	4.1344	19 T	4.1353	4.1344	22 T	4.1354	4.1348	23 T
110	4.3307	4.3299	4.3317	4.3308		4.3318	4.3312		4.3321	4.3312		4.3322	4.3316	
120	4.7244	4.7236	4.7254	4.7245		4.7255	4.7249		4.7258	4.7249		4.7259	4.7253	
130	5.1181	5.1171	5.1192	5.1182		5.1194	5.1187		5.1197	5.1187		5.1199	5.1192	
140	5.5118	5.5108	5.5129	5.5119		5.5131	5.5124		5.5134	5.5124		5.5136	5.5129	
150	5.9055	5.9045	5.9066	5.9056	1 T	5.9068	5.9061	6 T	5.9071	5.9061	6 T	5.9073	5.9066	11 T
160	6.2992	6.2982	6.3003	6.2993	21 T	6.3005	6.2998	23 T	6.3008	6.2998	26 T	6.3010	6.3003	28 T
170	6.6929	6.6919	6.6940	6.6930		6.6942	6.6935		6.6945	6.6935		6.6947	6.6940	
180	7.0866	7.0856	7.0877	7.0867		7.0879	7.0872		7.0882	7.0872		7.0884	7.0877	
190	7.4803	7.4791	7.4815	7.4805		7.4818	7.4810		7.4821	7.4810		7.4823	7.4815	
200	7.8740	7.8728	7.8753	7.8742	2 T	7.8755	7.8747	7 T	7.8758	7.8747	7 T	7.8760	7.8752	12 T
220	8.6614	8.6602	8.6627	8.6616	25 T	8.6629	8.6621	27 T	8.6632	8.6621	30 T	8.6634	8.6626	32 T
240	9.4488	9.4476	9.4501	9.4490		9.4503	9.4495		9.4506	9.4495		9.4508	9.4500	

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents													
	Classes de tolérances													
	k6		m5		m6		n5		Ajustement <sup>1)</sup>					
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	Ajustement <sup>1)</sup>				
mm	in.	in.		in.		in.		in.						
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2376	10.2364		10.2379	10.2370		10.2382	10.2370		10.2384	10.2375	
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0250	11.0238	2 T	11.0253	11.0244	8 T	11.0256	11.0244	8 T	11.0258	11.0249	13 T
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8124	11.8112	28 T	11.8127	11.8118	31 T	11.8130	11.8118	34 T	11.8132	11.8123	36 T
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.6000	12.5986		12.6002	12.5992		12.6006	12.5992		12.6008	12.5999	
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3874	13.3860		13.3876	13.3866		13.3880	13.3866		13.3882	13.3873	
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1748	14.1734	2 T	14.1750	14.1740	8 T	14.1754	14.1740	8 T	14.1756	14.1747	15 T
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9622	14.9608	32 T	14.9624	14.9614	34 T	14.9628	14.9614	38 T	14.9630	14.9621	40 T
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7496	15.7482		15.7498	15.7488		15.7502	15.7488		15.7504	15.7495	
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5372	16.5356		16.5374	16.5363		16.5379	16.5363		16.5380	16.5370	
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3246	17.3230		17.3248	17.3237		17.3253	17.3237		17.3254	17.3244	
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1120	18.1104	2 T	18.1122	18.1111	9 T	18.1127	18.1111	9 T	18.1128	18.1118	16 T
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8994	18.8978	36 T	18.8996	18.8985	38 T	18.9001	18.8985	43 T	18.9002	18.8992	44 T
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6868	19.6852		19.6870	19.6859		19.6875	19.6859		19.6876	19.6866	
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8678	20.8661		20.8683	20.8671	-	-	-	-	20.8689	20.8678	
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0489	22.0472	0 T	22.0494	22.0482	10 T	-	-	-	22.0500	22.0489	17 T
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6237	23.6220	37 T	23.6242	23.6230	42 T	-	-	-	23.6248	23.6237	48 T
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8048	24.8031		24.8053	24.8041		-	-		24.8059	24.8048	
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3799	26.3780		26.3806	26.3792	-	-	-	-	26.3812	26.3800	
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9547	27.9528	0 T	27.9554	27.9540	12 T	-	-	-	27.9560	27.9548	20 T
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5295	29.5276	49 T	29.5302	29.5288	56 T	-	-	-	29.5308	29.5296	62 T
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.4980	31.4961		31.4987	31.4973		-	-		31.4993	31.4981	
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4668	33.4646		33.4675	33.4659	-	-	-	-	33.4683	33.4668	
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4353	35.4331	0 T	35.4360	35.4344	13 T	-	-	-	35.4368	35.4353	22 T
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4038	37.4016	61 T	37.4045	37.4029	68 T	-	-	-	37.4053	37.4038	76 T
<b>1000</b>	39.3701	39.3662	39.3723	39.3701		39.3730	39.3714		-	-		39.3738	39.3723	
<b>1060</b>	41.7323	41.7274	41.7349	41.7323		41.7357	41.7339	-	-	-	-	41.7366	41.7349	
<b>1120</b>	44.0945	44.0896	44.0971	44.0945	0 T	44.0979	44.0961	16 T	-	-	-	44.0988	44.0971	26 T
<b>1180</b>	46.4567	46.4518	46.4593	46.4567	75 T	46.4601	46.4583	83 T	-	-	-	46.4610	46.4593	92 T
<b>1250</b>	49.2126	49.2077	49.2152	49.2126		49.2160	49.2142		-	-		49.2169	49.2152	

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents									
	Classes de tolérances									
	n6		p6		r6		r7			
max.	min.	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre	Ajuste- ment <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>
mm	in.	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	-
4	0.1575	0.1572	0.1581	0.1578						
5	0.1969	0.1966	0.1975	0.1972	3 T	-	-	-	-	-
6	0.2362	0.2359	0.2368	0.2365	9 T	-	-	-	-	-
7	0.2756	0.2753	0.2763	0.2760						
8	0.3150	0.3147	0.3157	0.3154	4 T	-	-	-	-	-
9	0.3543	0.3540	0.3550	0.3547	10 T	-	-	-	-	-
10	0.3937	0.3934	0.3944	0.3941						
12	0.4724	0.4721	0.4733	0.4729						
15	0.5906	0.5903	0.5915	0.5911	5 T	-	-	-	-	-
17	0.6693	0.6690	0.6702	0.6698	12 T	-	-	-	-	-
20	0.7874	0.7870	0.7885	0.7880						
25	0.9843	0.9839	0.9854	0.9849	6 T	-	-	-	-	-
30	1.1811	1.1807	1.1822	1.1817	15 T	-	-	-	-	-
35	1.3780	1.3775	1.3793	1.3787						
40	1.5748	1.5743	1.5761	1.5755	7 T	-	-	-	-	-
45	1.7717	1.7712	1.7730	1.7724	18 T	-	-	-	-	-
50	1.9685	1.9680	1.9698	1.9692						
55	2.1654	2.1648	2.1669	2.1662						
60	2.3622	2.3616	2.3637	2.3630						
65	2.5591	2.5585	2.5606	2.5599						
70	2.7559	2.7553	2.7574	2.7567	8 T	-	-	-	-	-
75	2.9528	2.9522	2.9543	2.9536	21 T	-	-	-	-	-
80	3.1496	3.1490	3.1511	3.1504						
85	3.3465	3.3457	3.3483	3.3474		3.3488	3.3480		-	-
90	3.5433	3.5425	3.5451	3.5442		3.5456	3.5448		-	-
95	3.7402	3.7394	3.7420	3.7411		3.7425	3.7417		-	-
100	3.9370	3.9362	3.9388	3.9379		3.9393	3.9385	15 T	-	-
105	4.1339	4.1331	4.1357	4.1348	9 T	-	-	31 T	-	-
110	4.3307	4.3299	4.3325	4.3316	26 T	-	-		-	-
120	4.7244	4.7236	4.7262	4.7253		4.7267	4.7259		-	-
130	5.1181	5.1171	5.1201	5.1192		5.1208	5.1198		5.1216	5.1207
140	5.5118	5.5108	5.5138	5.5129		5.5145	5.5135		5.5153	5.5144
150	5.9055	5.9045	5.9075	5.9066	11 T	5.9082	5.9072	17 T	5.9090	5.9081
160	6.2992	6.2982	6.3012	6.3003	30 T	6.3019	6.3009	37 T	6.3027	6.3018
170	6.6929	6.6919	6.6949	6.6940		6.6956	6.6946		6.6964	6.6955
180	7.0866	7.0856	7.0886	7.0877		7.0893	7.0883		7.0901	7.0892
190	7.4803	7.4791	7.4827	7.4815		7.4834	7.4823		7.4845	7.4833
200	7.8740	7.8728	7.8764	7.8752	12 T	7.8771	7.8760	20 T	7.8782	7.8770
220	8.6614	8.6602	8.6638	8.6626	36 T	8.6645	8.6634	43 T	8.6657	8.6645
240	9.4488	9.4476	9.4512	9.4500		9.4519	9.4508		9.4532	9.4521
									33 T	9.4539
										9.4521
										33 T

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

	Diamètre d'alésage du roulement		Ajustements conséquents														
			Classes de tolérances n6				p6				r6			r7			
	max.	min.	Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>	Diamètre d'arbre		Ajustement <sup>1)</sup>			
mm	in.	in.	max.	min.	-	in.	max.	min.	-	in.	max.	min.	-	in.	max.	min.	-
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2388	10.2375	13 T	10.2397	10.2384	22 T	10.2412	10.2399	37 T	10.2419	10.2399	37 T			
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0262	11.0249	40 T	11.0271	11.0258	49 T	11.0286	11.0273	64 T	11.0293	11.0273	71 T			
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8136	11.8123		11.8145	11.8132		11.8161	11.8149	39T/65T	11.8169	11.8149	39T/73T			
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.6013	12.5999		12.6023	12.6008		12.6041	12.6027	43 T	12.6049	12.6027	43 T			
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3887	13.3873		13.3897	13.3882		13.3915	13.3901	73 T	13.3923	13.3901	81 T			
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1761	14.1747	15 T	14.1771	14.1756	24 T	14.1791	14.1777		14.1799	14.1777	45 T			
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9635	14.9621	45 T	14.9645	14.9630	55 T	14.9665	14.9651	45 T	14.9673	14.9651	83 T			
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7509	15.7495		15.7519	15.7504		15.7539	15.7525	75 T	15.7547	15.7525				
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5385	16.5370		16.5397	16.5381		16.5419	16.5404	50 T	16.5428	16.5404	50 T			
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3259	17.3244		17.3271	17.3255		17.3293	17.3278	83 T	17.3302	17.3278	92 T			
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1133	18.1118	16 T	18.1145	18.1129	27 T	18.1170	18.1154		18.1179	18.1154				
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.9007	18.8992	49 T	18.9019	18.9003	61 T	18.9044	18.9028	52 T	18.9053	18.9028	52 T			
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6881	19.6866		19.6893	19.6877		19.6918	19.6902	86 T	19.6927	19.6902				
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8696	20.8678		20.8709	20.8692		20.8737	20.8720	59 T	20.8748	20.8720	59 T			
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0507	22.0489	17 T	22.0520	22.0503	31 T	22.0548	22.0531	96 T	22.0559	22.0531	107 T			
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6255	23.6237	55 T	23.6268	23.6251	68 T	23.6298	23.6281	61 T	23.6309	23.6281	61 T			
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8066	24.8048		24.8079	24.8062		24.8109	24.8092	98 T	24.8120	24.8092	109 T			
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3819	26.3800		26.3834	26.3815		26.3869	26.3849	69 T	26.3880	26.3848	68 T			
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9567	27.9548	20 T	27.9582	27.9563	35 T	27.9617	27.9597	119 T	27.9628	27.9596	130 T			
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5315	29.5296	69 T	29.5330	29.5311	84 T	29.5369	29.5349	73 T	29.5380	29.5349	73 T			
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.5000	31.4981		31.5015	31.4996		31.5054	31.5034	123 T	31.5065	31.5034	134 T			
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4690	33.4668		33.4707	33.4685		33.4751	33.4729	83 T	33.4764	33.4729	83 T			
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4375	35.4353	22 T	35.4392	35.4370	39 T	35.4436	35.4414	144 T	35.4449	35.4414	157 T			
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4060	37.4038	83 T	37.4077	37.4055	100 T	37.4125	37.4103	87 T	37.4138	37.4103	87 T			
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3745	39.3723		39.3762	39.3740		39.3810	39.3788	148 T	39.3823	39.3788	161 T			
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7375	41.7349		41.7396	41.7370		41.7447	41.7421	98 T	41.7463	41.7421	98 T			
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.0997	44.0971	26 T	44.1018	44.0992	47 T	44.1069	44.1043	173 T	44.1085	44.1043	189 T			
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4619	46.4593	101 T	46.4640	46.4614	122 T	46.4695	46.4669	102 T	46.4711	46.4669	102 T			
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2178	49.2152		49.2199	49.2173		49.2254	49.2226	177 T	49.2270	49.2228	193 T			

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	Ajustements conséquents		Classes de tolérances		Ajustement <sup>1)</sup>	s <sub>7</sub> min ± IT7/2		Ajustement <sup>1)</sup>
	max.	min.	s <sub>6</sub> min ± IT6/2	Diamètre d'arbre		Diamètre d'arbre	min.	
mm	in.	in.	in.	in.	–	in.	–	
<b>200</b>	7.8740	7.8728	7.8797	7.8785	45 T	7.8800	7.8782	42 T
<b>220</b>	8.6614	8.6602	8.6671	8.6659	69 T	8.6674	8.6656	72 T
<b>240</b>	9.4488	9.4476	9.4549	9.4537	49 T/73 T	9.4552	9.4534	46 T/76 T
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2431	10.2418	56 T	10.2435	10.2414	52 T
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0305	11.0292	83 T	11.0309	11.0288	87 T
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8183	11.8171	61 T/87 T	11.8187	11.8167	57 T/91 T
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.6066	12.6052	68 T	12.6070	12.6048	64 T
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3940	13.3926	98 T	13.3944	13.3922	102 T
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1821	14.1807	75 T	14.1825	14.1803	71 T
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9695	14.9681	105 T	14.9699	14.9677	109 T
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7569	15.7555		15.7573	15.7551	
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5454	16.5438	84 T	16.5458	16.5433	79 T
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3328	17.3312	118 T	17.3332	17.3307	122 T
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1209	18.1194	92 T	18.1214	18.1189	87 T
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.9083	18.9068	125 T	18.9088	18.9063	130 T
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6957	19.6942		19.6962	19.6937	
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8780	20.8763	102 T	20.8785	20.8758	97 T
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0591	22.0574	139 T	22.0596	22.0569	144 T
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6351	23.6334	114 T	23.6356	23.6329	109 T
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8162	24.8145	151 T	24.8167	24.8140	156 T
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3923	26.3904	124 T	26.3929	26.3898	118 T
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9671	27.9652	173 T	27.9677	27.9646	179 T
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5435	29.5415	139 T	29.5441	29.5409	133 T
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.5120	31.5100	189 T	31.5126	31.5094	195 T
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4826	33.4804	158 T	33.4833	33.4797	151 T
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4511	35.4489	219 T	35.4518	35.4482	226 T
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4212	37.4190	174 T	37.4219	37.4183	167 T
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3897	39.3875	235 T	39.3904	39.3868	242 T
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7541	41.7515	192 T	41.7548	41.7507	184 T
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.1163	44.1137	267 T	44.1170	44.1129	274 T
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4808	46.4782	215 T	46.4816	46.4774	207 T
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2367	49.2341	290 T	49.2375	49.2333	298 T

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances d'arbre et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre d'alésage du roulement d	max.		min.		Ajustements conséquents		Classes de tolérances		r7		s <sub>6</sub> min ± IT6/2		Ajustement <sup>(1)</sup>		s <sub>7</sub> min ± IT7/2		Ajustement <sup>(1)</sup>		
	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
200	7.8740	7.8728	-	-	-	-	-	-	7.8797	7.8785	45 T	7.8800	7.8782	42 T					
220	8.6614	8.6602	8.6664	8.6645	31T/62T	8.6671	8.6659	69 T	8.6674	8.6656	72 T								
240	9.4488	9.4476	9.4539	9.4521	33 T	9.4549	9.4537	49 T/73 T	9.4552	9.4534	46 T/76 T								
260	10.2362	10.2348	10.2419	10.2399	37 T	10.2431	10.2418	56 T	10.2435	10.2414	52 T								
280	11.0236	11.0222	11.0293	11.0273	71 T	11.0305	11.0292	83 T	11.0309	11.0288	87 T								
300	11.8110	11.8096	11.8169	11.8149	39 T/73 T	11.8183	11.8171	61 T/87 T	11.8187	11.8167	57 T/91 T								
320	12.5984	12.5968	12.6049	12.6027	43 T	12.6066	12.6052	68 T	12.6070	12.6048	64 T								
340	13.3858	13.3842	13.3923	13.3901	81 T	13.3940	13.3926	98 T	13.3944	13.3922	102 T								
360	14.1732	14.1716	14.1799	14.1777	45 T	14.1821	14.1807	75 T	14.1825	14.1803	71 T								
380	14.9606	14.9590	14.9673	14.9651	83 T	14.9695	14.9681	105 T	14.9699	14.9677	109 T								
400	15.7480	15.7464	15.7547	15.7525	50 T	15.7569	15.7555	84 T	15.7573	15.7551	89 T								
420	16.5354	16.5336	16.5428	16.5404	92 T	16.5454	16.5438	118 T	16.5458	16.5433	122 T								
440	17.3228	17.3210	17.3302	17.3278	52 T	17.3328	17.3312	84 T	17.3332	17.3307	122 T								
460	18.1102	18.1084	18.1179	18.1154	95 T	18.1209	18.1194	125 T	18.1214	18.1189	87 T								
480	18.8976	18.8958	18.9053	18.9028	52 T	18.9083	18.9068	92 T	18.9088	18.9063	130 T								
500	19.6850	19.6832	19.6927	19.6902	95 T	19.6957	19.6942	125 T	19.6962	19.6937	130 T								
530	20.8661	20.8641	20.8748	20.8720	59 T	20.8780	20.8763	102 T	20.8785	20.8758	97 T								
560	22.0472	22.0452	22.0559	22.0531	107 T	22.0591	22.0574	139 T	22.0596	22.0569	144 T								
600	23.6220	23.6200	23.6309	23.6281	61 T	23.6351	23.6334	114 T	23.6356	23.6329	109 T								
630	24.8031	24.8011	24.8120	24.8092	109 T	24.8162	24.8145	151 T	24.8167	24.8140	156 T								
670	26.3780	26.3750	26.3880	26.3848	68 T	26.3923	26.3904	124 T	26.3929	26.3898	118 T								
710	27.9528	27.9498	27.9628	27.9596	130 T	27.9671	27.9652	173 T	27.9677	27.9646	179 T								
750	29.5276	29.5246	29.5380	29.5349	73 T	29.5435	29.5415	139 T	29.5441	29.5409	133 T								
800	31.4961	31.4931	31.5065	31.5034	134 T	31.5120	31.5100	189 T	31.5126	31.5094	195 T								
850	33.4646	33.4607	33.4764	33.4729	83 T	33.4826	33.4804	158 T	33.4833	33.4797	151 T								
900	35.4331	35.4292	35.4449	35.4414	157 T	35.4511	35.4489	219 T	35.4518	35.4482	226 T								
950	37.4016	37.3977	37.4138	37.4103	87 T	37.4212	37.4190	174 T	37.4219	37.4183	167 T								
1000	39.3701	39.3662	39.3823	39.3788	161 T	39.3897	39.3875	235 T	39.3904	39.3868	242 T								
1060	41.7323	41.7274	41.7463	41.7421	98 T	41.7541	41.7515	192 T	41.7548	41.7507	184 T								
1120	44.0945	44.0896	44.1085	44.1043	189 T	44.1163	44.1137	267 T	44.1170	44.1129	274 T								
1180	46.4567	46.4518	46.4711	46.4669	102 T	46.4808	46.4782	215 T	46.4816	46.4774	207 T								
1250	49.2126	49.2077	49.2270	49.2228	193 T	49.2367	49.2341	290 T	49.2375	49.2333	298 T								

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents													
	Classes de tolérances		F7		G7		H6		H7		Ajustement <sup>1)</sup>			
	max.	min.	Alésage du palier		Alésage du palier		Alésage du palier		Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>			
mm	in.	in.	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-		
16	0.6299	0.6296	0.6305	0.6312	16 L 6 L	0.6301	0.6308	12 L 2 L	0.6299	0.6303	7 L 0 L	0.6299	0.6306	10 L 0 L
19	0.7480	0.7476	0.7488	0.7496		0.7483	0.7491		0.7480	0.7485		0.7480	0.7488	
22	0.8661	0.8657	0.8669	0.8677		0.8664	0.8672		0.8661	0.8666		0.8661	0.8669	
24	0.9449	0.9445	0.9457	0.9465	20 L	0.9452	0.9460	15 L	0.9449	0.9454	9 L	0.9449	0.9457	12 L
26	1.0236	1.0232	1.0244	1.0252	8 L	1.0239	1.0247	3 L	1.0236	1.0241	0 L	1.0236	1.0244	0 L
28	1.1024	1.1020	1.1032	1.1040		1.1027	1.1035		1.1024	1.1029		1.1024	1.1032	
30	1.1811	1.1807	1.1819	1.1827		1.1814	1.1822		1.1811	1.1816		1.1811	1.1819	
32	1.2598	1.2594	1.2606	1.2614		1.2602	1.2611		1.2598	1.2604		1.2598	1.2606	
35	1.3780	1.3776	1.3790	1.4000		1.3784	1.3793		1.3780	1.3786		1.3780	1.3790	
37	1.4567	1.4563	1.4577	1.4587	24 L	1.4571	1.4580	17 L	1.4567	1.4573	10 L	1.4567	1.4577	14 L
40	1.5748	1.5744	1.5758	1.5768	10 L	1.5752	1.5761	4 L	1.5748	1.5754	0 L	1.5748	1.5758	0 L
42	1.6535	1.6531	1.6545	1.6555		1.6539	1.6548		1.6535	1.6541		1.6535	1.6545	
47	1.8504	1.8500	1.8514	1.8524		1.8508	1.8517		1.8504	1.8510		1.8504	1.8514	
52	2.0472	2.0467	2.0484	2.0496		2.0476	2.0488		2.0472	2.0479		2.0472	2.0484	
55	2.1654	2.1649	2.1666	2.1678		2.1658	2.1670		2.1654	2.1661		2.1654	2.1666	
62	2.4409	2.4404	2.4421	2.4433		2.4413	2.4425		2.4409	2.4416		2.4409	2.4421	
68	2.6772	2.6767	2.6784	2.6796	29 L	2.6776	2.6788	21 L	2.6772	2.6779	12 L	2.6772	2.6784	17 L
72	2.8346	2.8341	2.8358	2.8370	12 L	2.8350	2.8362	4 L	2.8346	2.8353	0 L	2.8346	2.8358	0 L
75	2.9527	2.9522	2.9539	2.9551		2.9532	2.9543		2.9527	2.9534		2.9527	2.9539	
80	3.1496	3.1491	3.1508	3.1520		3.1500	3.1512		3.1496	3.1503		3.1496	3.1508	
85	3.3465	3.3459	3.3479	3.3493		3.3470	3.3484		3.3465	3.3474		3.3465	3.3479	
90	3.5433	3.5427	3.5447	3.5461		3.5438	3.5452		3.5433	3.5442		3.5433	3.5447	
95	3.7402	3.7396	3.7416	3.7430		3.7407	3.7421		3.7402	3.7411		3.7402	3.7416	
100	3.9370	3.9364	3.9384	3.9398	34 L	3.9375	3.9389	25 L	3.9370	3.9379	15 L	3.9370	3.9384	20 L
110	4.3307	4.3301	4.3321	4.3335	14 L	4.3312	4.3326	5 L	4.3307	4.3316	0 L	4.3307	4.3321	0 L
115	4.5276	4.5270	4.5290	4.5304		4.5281	4.5295		4.5276	4.5285		4.5276	4.5290	
120	4.7244	4.7238	4.7258	4.7272		4.7249	4.7263		4.7244	4.7253		4.7244	4.7258	
125	4.9213	4.9206	4.9230	4.9246		4.9219	4.9234		4.9213	4.9223		4.9213	4.9229	
130	5.1181	5.1174	5.1198	5.1214		5.1187	5.1202		5.1181	5.1191		5.1181	5.1197	
140	5.5118	5.5111	5.5135	5.5151	40 L	5.5124	5.5139	28 L	5.5118	5.5128	17 L	5.5118	5.5134	23 L
145	5.7087	5.7080	5.7104	5.7120	17 L	5.7093	5.7108	6 L	5.7087	5.7097	0 L	5.7087	5.7103	0 L
150	5.9055	5.9048	5.9072	5.9088		5.9061	5.9076		5.9055	5.9065		5.9055	5.9071	
160	6.2992	6.2982	6.3009	6.3025		6.2998	6.3013		6.2992	6.3002		6.2992	6.3008	
165	6.4961	6.4951	6.4978	6.4994	43 L	6.4967	6.4982	31 L	6.4961	6.4971	20 L	6.4961	6.4977	26 L
170	6.6929	6.6919	6.6946	6.6962	17 L	6.6935	6.6950	6 L	6.6929	6.6939	0 L	6.6929	6.6945	0 L
180	7.0866	7.0856	7.0883	7.0899		7.0872	7.0887		7.0866	7.0876		7.0866	7.0882	
190	7.4803	7.4791	7.4823	7.4841		7.4809	7.4827		7.4803	7.4814		7.4803	7.4821	
200	7.8740	7.8728	7.8760	7.8778		7.8746	7.8764		7.8740	7.8751		7.8740	7.8758	
210	8.2677	8.2665	8.2697	8.2715		8.2683	8.2701		8.2677	8.2688		8.2677	8.2695	
215	8.4646	8.4634	8.4666	8.4684		8.4652	8.4670		8.4646	8.4657		8.4646	8.4664	
220	8.6614	8.6602	8.6634	8.6652	50 L	8.6620	8.6638	36 L	8.6614	8.6625	23 L	8.6614	8.6632	30 L
225	8.8583	8.8571	8.8603	8.8621	20 L	8.8589	8.8607	6 L	8.8583	8.8594	0 L	8.8583	8.8601	0 L
230	9.0551	9.0539	9.0571	9.0589		9.0557	9.0575		9.0551	9.0562		9.0551	9.0569	
240	9.4488	9.4476	9.4508	9.4526		9.4494	9.4512		9.4488	9.4499		9.4488	9.4506	
250	9.8425	9.8413	9.8445	9.8463		9.8431	9.8449		9.8425	9.8436		9.8425	9.8443	

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.



## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents													
	Classes de tolérances													
	F7		G7		H6		H7		Ajustement <sup>1)</sup>					
max.	min.	Alésage du palier		Alésage du palier		Alésage du palier		Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>				
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.					
mm	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.					
260	10.2362	10.2348	10.2384	10.2405		10.2369	10.2389		10.2362	10.2375		10.2362	10.2382	
270	10.6299	10.6285	10.6321	10.6342		10.6306	10.6326		10.6299	10.6312		10.6299	10.6319	
280	11.0236	11.0222	11.0258	11.0279	57 L	11.0243	11.0263	41 L	11.0236	11.0249	27 L	11.0236	11.0256	34 L
290	11.4173	11.4159	11.4195	11.4216	22 L	11.4180	11.4200	7 L	11.4173	11.4186	0 L	11.4173	11.4193	0 L
300	11.8110	11.8096	11.8132	11.8153		11.8117	11.8137		11.8110	11.8123		11.8110	11.8130	
310	12.2047	12.2033	12.2069	12.2090		12.2054	12.2074		12.2047	12.2060		12.2047	12.2067	
320	12.5984	12.5968	12.6008	12.6031		12.5991	12.6014		12.5984	12.5998		12.5984	12.6006	
340	13.3858	13.3842	13.3882	13.3905		13.3865	13.3888		13.3858	13.3872		13.3858	13.3880	
360	14.1732	14.1716	14.1756	14.1779	63 L	14.1739	14.1762	46 L	14.1732	14.1746	30 L	14.1732	14.1754	38 L
370	14.5669	14.5654	14.5694	14.5717	24 L	14.5677	14.5700	7 L	14.5669	14.5684	0 L	14.5670	14.5692	0 L
380	14.9606	14.9590	14.9630	14.9653		14.9613	14.9636		14.9606	14.9620		14.9606	14.9628	
400	15.7480	15.7464	15.7504	15.7527		15.7487	15.7510		15.7480	15.7494		15.7480	15.7502	
420	16.5354	16.5336	16.5381	16.5406		16.5362	16.5387		16.5354	16.5370		16.5354	16.5379	
440	17.3228	17.3210	17.3255	17.3280		17.3236	17.3261		17.3228	17.3244		17.3228	17.3253	
460	18.1102	18.1084	18.1129	18.1154	70 L	18.1110	18.1135	51 L	18.1102	18.1118	34 L	18.1102	18.1127	43 L
480	18.8976	18.8958	18.9003	18.9028	27 L	18.8984	18.9009	8 L	18.8976	18.8992	0 L	18.8976	18.9001	0 L
500	19.6850	19.6832	19.6877	19.6902		19.6858	19.6883		19.6850	19.6866		19.6850	19.6875	
520	20.4724	20.4704	20.4754	20.4781		20.4733	20.4760		20.4724	20.4741		20.4724	20.4752	
540	21.2598	21.2578	21.2628	21.2655		21.2607	21.2634		21.2598	21.2615		21.2598	21.2626	
560	22.0472	22.0452	22.0502	22.0529	77 L	22.0481	22.0508	56 L	22.0472	22.0489	37 L	22.0472	22.0500	48 L
580	22.8346	22.8326	22.8376	22.8403	30 L	22.8355	22.8382	9 L	22.8346	22.8362	0 L	22.8346	22.8374	0 L
600	23.6220	23.6200	23.6250	23.6277		23.6229	23.6256		23.6220	23.6237		23.6220	23.6248	
620	24.4094	24.4074	24.4124	24.4151		24.4103	24.4130		24.4094	24.4111		24.4094	24.4122	
650	25.5906	25.5876	25.5937	25.5969		25.5915	25.5947		25.5906	25.5926		25.5906	25.5937	
670	26.3780	26.3750	26.3811	26.3843		26.3789	26.3821		26.3780	26.3800		26.3780	26.3811	
680	26.7717	26.7687	26.7748	26.7780		26.7726	26.7758		26.7717	26.7737		26.7717	26.7748	
700	27.5591	27.5561	27.5622	27.5654		27.5600	27.5632		27.5591	27.5611		27.5591	27.5622	
720	28.3465	28.3435	28.3496	28.3528	93 L	28.3474	28.3506	71 L	28.3465	28.3485	50 L	28.3465	28.3496	61 L
750	29.5276	29.5246	29.5307	29.5339	31 L	29.5285	29.5317	9 L	29.5276	29.5296	0 L	29.5276	29.5307	0 L
760	29.9213	29.9183	29.9244	29.9276		29.9222	29.9254		29.9213	29.9233		29.9213	29.9244	
780	30.7087	30.7057	30.7118	30.7150		30.7096	30.7128		30.7087	30.7107		30.7087	30.7118	
790	31.1024	31.0994	31.1055	31.1087		31.1033	31.1065		31.1024	31.1044		31.1024	31.1055	
800	31.4961	31.4931	31.4992	31.5024		31.4970	31.5002		31.4961	31.4981		31.4961	31.4992	
820	32.2835	32.2796	32.2869	32.2904		32.2845	32.2881		32.2835	32.2857		32.2835	32.2870	
830	32.6772	32.6733	32.6806	32.6841		32.6782	32.6818		32.6772	32.6794		32.6772	32.6807	
850	33.4646	33.4607	33.4680	33.4715		33.4656	33.4692		33.4646	33.4668		33.4646	33.4681	
870	34.2520	34.2481	34.2554	34.2589	108 L	34.2530	34.2566	85 L	34.2520	34.2542	61 L	34.2520	34.2555	74 L
920	36.2205	36.2166	36.2239	36.2274	34 L	36.2215	36.2251	10 L	36.2205	36.2227	0 L	36.2205	36.2240	0 L
950	37.4016	37.3977	37.4050	37.4085		37.4026	37.4062		37.4016	37.4038		37.4016	37.4051	
980	38.5827	38.5788	38.5861	38.5896		38.5837	38.5873		38.5827	38.5849		38.5827	38.5862	
1 000	39.3701	39.3662	39.3735	39.3770		39.3711	39.3747		39.3701	39.3723		39.3701	39.3736	
1 150	45.2756	45.2707	45.2795	45.2836	129 L	45.2767	45.2808	101 L	45.2756	45.2782	75 L	45.2756	45.2797	90 L
1 250	49.2126	49.2077	49.2165	49.2206	39 L	49.2137	49.2178	11 L	49.2126	49.2152	0 L	49.2126	49.2167	0 L
1 400	55.1181	55.1118	55.1224	55.1274	156 L	55.1193	55.1242	124 L	55.1181	55.1212	94 L	55.1181	55.1230	112 L
1 600	62.9921	62.9858	62.9964	63.0014	43 L	62.9933	62.9982	12 L	62.9921	62.9952	0 L	62.9921	62.9970	0 L

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement		Ajustements conséquents												
D	max. min.		Classes de tolérances H8		H9		H10		J6					
			Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>		Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>					
mm	in.	in.	max.	min.	-	in.	-	in.	max.	min.	-			
16	0.6299	0.6296	0.6299	0.6310	14 L OL	0.6299	0.6316	20 L OL	0.6299	0.6327	31 L OL	0.6297	0.6301	5 L 2 T
19	0.7480	0.7476	0.7480	0.7493		0.7480	0.7500		0.7480	0.7513		0.7478	0.7483	
22	0.8661	0.8657	0.8661	0.8674		0.8661	0.8681		0.8661	0.8694		0.8659	0.8664	
24	0.9449	0.9445	0.9449	0.9462	17 L OL	0.9449	0.9469	24 L OL	0.9449	0.9482	37 L OL	0.9447	0.9452	7 L 2 T
26	1.0236	1.0232	1.0236	1.0249		1.0236	1.0256		1.0236	1.0269		1.0234	1.0239	
28	1.1024	1.1020	1.1024	1.1037		1.1024	1.1044		1.1024	1.1057		1.1022	1.1027	
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1824		1.1811	1.1831		1.1811	1.1844		1.1809	1.1814	
32	1.2598	1.2594	1.2598	1.2613		1.2598	1.2622		1.2598	1.2637		1.2596	1.2602	
35	1.3780	1.3776	1.3780	1.3795		1.3780	1.3804		1.3780	1.3819		1.3778	1.3784	
37	1.4567	1.4563	1.4567	1.4582	19 L OL	1.4567	1.4591	28 L OL	1.4567	1.4606	43 L OL	1.4565	1.4571	8 L 2 T
40	1.5748	1.5744	1.5748	1.5763		1.5748	1.5772		1.5748	1.5787		1.5746	1.5752	
42	1.6535	1.6531	1.6535	1.6550		1.6535	1.6559		1.6535	1.6574		1.6533	1.6539	
47	1.8504	1.8500	1.8504	1.8519		1.8504	1.8528		1.8504	1.8543		1.8502	1.8508	
52	2.0472	2.0467	2.0472	2.0490		2.0472	2.0501		2.0472	2.0519		2.0470	2.0477	
55	2.1654	2.1649	2.1654	2.1672		2.1654	2.1683		2.1654	2.1701		2.1652	2.1659	
62	2.4409	2.4404	2.4409	2.4427		2.4409	2.4438		2.4409	2.4456		2.4407	2.4414	
68	2.6772	2.6767	2.6772	2.6790	23 L OL	2.6772	2.6801	34 L OL	2.6772	2.6819	52 L OL	2.6770	2.6777	10 L 2 T
72	2.8346	2.8341	2.8346	2.8364		2.8346	2.8375		2.8346	2.8393		2.8344	2.8351	
75	2.9527	2.9522	2.9527	2.9545		2.9527	2.9556		2.9527	2.9574		2.9525	2.9532	
80	3.1496	3.1491	3.1496	3.1514		3.1496	3.1525		3.1496	3.1543		3.1494	3.1501	
85	3.3465	3.3459	3.3465	3.3486		3.3465	3.3499		3.3465	3.3520		3.3463	3.3471	
90	3.5433	3.5427	3.5433	3.5454		3.5433	3.5467		3.5433	3.5488		3.5431	3.5439	
95	3.7402	3.7396	3.7402	3.7423	27 L OL	3.7402	3.7436	40 L OL	3.7402	3.7457	61 L OL	3.7400	3.7408	12 L 2 T
100	3.9370	3.9364	3.9370	3.9391		3.9370	3.9404		3.9370	3.9425		3.9368	3.9376	
110	4.3307	4.3301	4.3307	4.3328		4.3307	4.3341		4.3307	4.3362		4.3305	4.3313	
115	4.5276	4.5270	4.5276	4.5297		4.5276	4.5310		4.5276	4.5331		4.5274	4.5282	
120	4.7244	4.7238	4.7244	4.7265		4.7244	4.7278		4.7244	4.7299		4.7242	4.7250	
125	4.9213	4.9206	4.9213	4.9238		4.9213	4.9252		4.9213	4.9276		4.9210	4.9220	
130	5.1181	5.1174	5.1181	5.1206		5.1181	5.1220		5.1181	5.1244		5.1178	5.1188	
140	5.5118	5.5111	5.5118	5.5143	32 L OL	5.5118	5.5157	46 L OL	5.5118	5.5181	70 L OL	5.5115	5.5125	14 L 3 T
145	5.7087	5.7080	5.7087	5.7112		5.7087	5.7126		5.7087	5.7150		5.7084	5.7094	
150	5.9055	5.9048	5.9055	5.9080		5.9055	5.9094		5.9055	5.9118		5.9052	5.9062	
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.3017		6.2992	6.3031		6.2992	6.3055		6.2989	6.2999	
165	6.4961	6.4951	6.4961	6.4986	35 L OL	6.4961	6.5000	49 L OL	6.4961	6.5024	73 L OL	6.4958	6.4968	17 L 3 T
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6954		6.6929	6.6968		6.6929	6.6992		6.6926	6.6936	
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0891		7.0866	7.0905		7.0866	7.0929		7.0863	7.0873	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4831		7.4803	7.4848		7.4803	7.4876		7.4800	7.4812	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8768		7.8740	7.8785		7.8740	7.8813		7.8737	7.8749	
210	8.2677	8.2665	8.2677	8.2705		8.2677	8.2722		8.2677	8.2750		8.2674	8.2686	
215	8.4646	8.4634	8.4646	8.4674		8.4646	8.4691		8.4646	8.4719		8.4643	8.4655	
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6642	40 L OL	8.6614	8.6659	57 L OL	8.6614	8.6687	85 L OL	8.6611	8.6623	21 L 3 T
225	8.8583	8.8571	8.8583	8.8611		8.8583	8.8628		8.8583	8.8656		8.8580	8.8592	
230	9.0551	9.0539	9.0551	9.0579		9.0551	9.0596		9.0551	9.0624		9.0548	9.0560	
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4516		9.4488	9.4533		9.4488	9.4561		9.4485	9.4497	
250	9.8425	9.8413	9.8425	9.8453		9.8425	9.8470		9.8425	9.8498		9.8422	9.8434	

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents											
	Classes de tolérances											
	H8		H9		H10		J6		J6		Ajustement <sup>1)</sup>	
max.	min.	Alésage du palier		Ajuste- Alésage du palier		Alésage du palier		Ajuste- Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>		
mm	in.	in.	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	-	
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2394		10.2362	10.2413	10.2362	10.2445	10.2359	10.2372	
270	10.6299	10.6285	10.6299	10.6331		10.6299	10.6350	10.6299	10.6382	10.6296	10.6309	
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0268	46 L	11.0236	11.0287	65 L	11.0236	11.0319	24 L	
290	11.4173	11.4159	11.4173	11.4205	0 L	11.4173	11.4224	0 L	11.4173	11.4256	3 T	
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8142		11.8110	11.8161		11.8110	11.8193		
310	12.2047	12.2033	12.2047	12.2079		12.2047	12.2098		12.2047	12.2130		
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.6019		12.5984	12.6039		12.5984	12.6075		
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3893		13.3858	13.3913		13.3858	13.3949		
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1767	51 L	14.1732	14.1787	71 L	14.1732	14.1823	27 L	
370	14.5669	14.5654	14.5670	14.5705	0 L	14.5669	14.5724	0 L	14.5670	14.5761	3 T	
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9641		14.9606	14.9661		14.9606	14.9697		
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7515		15.7480	15.7535		15.7480	15.7571		
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5392		16.5354	16.5415		16.5354	16.5452		
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3266		17.3228	17.3289		17.3228	17.3326		
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1140	56 L	18.1102	18.1163	79 L	18.1102	18.1200	31 L	
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.9014	0 L	18.8976	18.9037	0 L	18.8976	18.9074	3 T	
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6888		19.6850	19.6911		19.6850	19.6948		
520	20.4724	20.4704	20.4724	20.4767		20.4724	20.4793		20.4724	20.4834		
540	21.2598	21.2578	21.2598	21.2641		21.2598	21.2667		21.2598	21.2708		
560	22.0472	22.0452	22.0472	22.0515	63 L	22.0472	22.0541	89 L	22.0472	22.0582	35 L	
580	22.8346	22.8326	22.8346	22.8389	0 L	22.8346	22.8415	0 L	22.8346	22.8456	3 T	
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6263		23.6220	23.6289		23.6220	23.6330		
620	24.4094	24.4074	24.4094	24.4137		24.4094	24.4163		24.4094	24.4204		
650	25.5906	25.5876	25.5906	25.5955		25.5906	25.5985		25.5906	25.6032		
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3829		26.3780	26.3859		26.3780	26.3906		
680	26.7717	26.7687	26.7717	26.7766		26.7717	26.7796		26.7717	26.7843		
700	27.5591	27.5561	27.5591	27.5640		27.5591	27.5670		27.5591	27.5717		
720	28.3465	28.3435	28.3465	28.3514	79 L	28.3465	28.3544	109 L	28.3465	28.3591	46 L	
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5325	0 L	29.5276	29.5355	0 L	29.5276	29.5402	4 T	
760	29.9213	29.9183	29.9213	29.9262		29.9213	29.9292		29.9213	29.9339		
780	30.7087	30.7057	30.7087	30.7136		30.7087	30.7166		30.7087	30.7213		
790	31.1024	31.0994	31.1024	31.1073		31.1024	31.1103		31.1024	31.1150		
800	31.4961	31.4931	31.4961	31.5010		31.4961	31.5040		31.4961	31.5087		
820	32.2835	32.2796	32.2835	32.2890		32.2835	32.2926		32.2835	32.2977		
830	32.6772	32.6733	32.6772	32.6827		32.6772	32.6863		32.6772	32.6914		
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4701		33.4646	33.4737		33.4646	33.4788		
870	34.2520	34.2481	34.2520	34.2575	94 L	34.2520	34.2611	130 L	34.2520	34.2662	57 L	
920	36.2205	36.2166	36.2205	36.2260	0 L	36.2205	36.2296	0 L	36.2205	36.2347	4 T	
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.4071		37.4016	37.4107		37.4016	37.4158		
980	38.5827	38.5788	38.5827	38.5882		38.5827	38.5918		38.5827	38.5969		
1 000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3756		39.3701	39.3792		39.3701	39.3843		
1 150	45.2756	45.2707	45.2756	45.2821	114 L	45.2756	45.2858	151 L	45.2756	45.2921	214 L	
1 250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2191	0 L	49.2126	49.2228	0 L	49.2126	49.2291	0 L	
1 400	55.1181	55.1118	55.1181	55.1258	140 L	55.1181	55.1303	185 L	55.1181	55.1378	260 L	
1 600	62.9921	62.9858	62.9921	62.9998	0 L	62.9921	63.0043	0 L	62.9921	63.0118	0 L	

1) Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents Classes de tolérances													
	J7		J5		K5		K6		Ajustement <sup>1)</sup>					
	Alésage du palier max.	min.	Ajuste- ment <sup>1)</sup>	Alésage du palier max.	min.	Ajuste- ment <sup>1)</sup>	Alésage du palier max.	min.						
mm	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.					
16	0.6299	0.6296	0.6296	0.6303	7L 3T	0.6297	0.6301	2T 5L	0.6297	0.6300	4L 2T	0.6295	0.6300	4L 4T
19	0.7480	0.7476	0.7476	0.7485	9L 4T	0.7478	0.7481	2T 5L	0.7477	0.7480	4L 3T	0.7476	0.7481	5L 4T
22	0.8661	0.8657	0.8657	0.8666		0.8659	0.8662		0.8658	0.8661		0.8657	0.8662	
24	0.9449	0.9445	0.9445	0.9454		0.9447	0.9450		0.9446	0.9449		0.9445	0.9450	
26	1.0236	1.0232	1.0232	1.0241		1.0234	1.0237		1.0233	1.0236		1.0232	1.0237	
28	1.1024	1.1020	1.1020	1.1029		1.1022	1.1025		1.1021	1.1024		1.1020	1.1025	
30	1.1811	1.1807	1.1807	1.1816	1.1809	1.1812	1.1808	1.1811	1.1807	1.1812				
32	1.2598	1.2594	1.2594	1.2604	10L 4T	1.2596	1.2600	2T 6L	1.2594	1.2599	5L 4T	1.2593	1.2599	5L 5T
35	1.3780	1.3776	1.3776	1.3786		1.3778	1.3782		1.3776	1.3781		1.3775	1.3781	
37	1.4567	1.4563	1.4563	1.4573		1.4565	1.4569		1.4563	1.4568		1.4562	1.4568	
40	1.5748	1.5744	1.5744	1.5754		1.5746	1.5750		1.5744	1.5749		1.5743	1.5749	
42	1.6535	1.6531	1.6531	1.6541		1.6533	1.6537		1.6531	1.6536		1.6530	1.6536	
47	1.8504	1.8500	1.8500	1.8510	1.8502	1.8506	1.8500	1.8505	1.8499	1.8505				
52	2.0472	2.0467	2.0467	2.0479	12L 5T	2.0469	2.0475	3T 8L	2.0468	2.0473	6L 4T	2.0466	2.0474	7L 6T
55	2.1654	2.1649	2.1649	2.1661		2.1651	2.1657		2.1650	2.1655		2.1648	2.1656	
62	2.4409	2.4404	2.4404	2.4416		2.4406	2.4412		2.4405	2.4410		2.4403	2.4411	
68	2.6772	2.6767	2.6767	2.6779		2.6769	2.6775		2.6768	2.6773		2.6766	2.6774	
72	2.8346	2.8341	2.8341	2.8353		2.8343	2.8349		2.8342	2.8347		2.8340	2.8348	
75	2.9527	2.9522	2.9522	2.9534	2.9524	2.9530	2.9523	2.9528	2.9521	2.9529				
80	3.1496	3.1491	3.1491	3.1503	3.1493	3.1499	3.1492	3.1497	3.1490	3.1498				
85	3.3465	3.3459	3.3459	3.3474	15L 5T	3.3462	3.3468	3T 9L	3.3460	3.3466	7L 5T	3.3458	3.3467	8L 7T
90	3.5433	3.5427	3.5428	3.5442		3.5430	3.5436		3.5428	3.5434		3.5426	3.5435	
95	3.7402	3.7396	3.7397	3.7411		3.7399	3.7405		3.7397	3.7403		3.7395	3.7404	
100	3.9370	3.9364	3.9365	3.9379		3.9367	3.9373		3.9365	3.9371		3.9363	3.9372	
110	4.3307	4.3301	4.3302	4.3316		4.3304	4.3310		4.3302	4.3308		4.3300	4.3309	
115	4.5276	4.5270	4.5271	4.5285	4.5273	4.5279	4.5271	4.5277	4.5269	4.5278				
120	4.7244	4.7238	4.7239	4.7253	4.7241	4.7247	4.7239	4.7245	4.7237	4.7246				
125	4.9213	4.9206	4.9207	4.9223	17L 6T	4.9209	4.9217	4T 11L	4.9207	4.9214	8L 6T	4.9205	4.9215	9L 8T
130	5.1181	5.1174	5.1175	5.1191		5.1177	5.1185		5.1175	5.1182		5.1173	5.1183	
140	5.5118	5.5111	5.5112	5.5128		5.5114	5.5122		5.5112	5.5119		5.5110	5.5120	
145	5.7087	5.7080	5.7081	5.7097		5.7083	5.7091		5.7081	5.7088		5.7079	5.7089	
150	5.9055	5.9048	5.9049	5.9065		5.9051	5.9059		5.9049	5.9056		5.9047	5.9057	
160	6.2992	6.2982	6.2986	6.3002	20L 6T	6.2988	6.2995	4T 13L	6.2986	6.2993	11L 6T	6.2984	6.2994	12L 8T
165	6.4961	6.4951	6.4955	6.4971		6.4957	6.4964		6.4955	6.4962		6.4953	6.4963	
170	6.6929	6.6919	6.6923	6.6939		6.6925	6.6932		6.6923	6.6930		6.6921	6.6931	
180	7.0866	7.0856	7.0860	7.0876		7.0862	7.0869		7.0860	7.0867		7.0858	7.0868	
190	7.4803	7.4791	7.4797	7.4815		24L 6T	7.4799		7.4807	4T 16L		7.4796	7.4804	
200	7.8740	7.8728	7.8734	7.8752	7.8736		7.8744	7.8733	7.8741		7.8731	7.8742		
210	8.2677	8.2665	8.2671	8.2689	8.2673		8.2681	8.2670	8.2678		8.2668	8.2679		
215	8.4646	8.4634	8.4640	8.4658	8.4642		8.4650	8.4639	8.4647		8.4637	8.4648		
220	8.6614	8.6602	8.6608	8.6626	8.6610		8.6618	8.6607	8.6615		8.6605	8.6616		
225	8.8583	8.8571	8.8577	8.8595	8.8579	8.8587	8.8576	8.8584	8.8574	8.8585				
230	9.0551	9.0539	9.0545	9.0563	9.0547	9.0555	9.0544	9.0552	9.0542	9.0553				
240	9.4488	9.4476	9.4482	9.4500	9.4484	9.4492	9.4481	9.4489	9.4479	9.4490				
250	9.8425	9.8413	9.8419	9.8437	9.8421	9.8429	9.8418	9.8426	9.8416	9.8427				

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents										
	Classes de tolérances										
	J7 Alésage du palier		J5 Alésage du palier		K5 Alésage du palier		K6 Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>		
max.	min.	max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup> max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup> max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup> max.	min.	Ajus- te- ment <sup>1)</sup>	
mm	in.	in.		in.		in.		in.		-	
260	10.2362	10.2348	10.2356	10.2376		10.2357	10.2366		10.2354	10.2363	
270	10.6299	10.6285	10.6293	10.6313		10.6294	10.6303		10.6291	10.6300	
280	11.0236	11.0222	11.0230	11.0250	28 L	11.0231	11.0240		11.0228	11.0237	
290	11.4173	11.4159	11.4167	11.4187	6 T	11.4168	11.4177	5 T	11.4165	11.4174	15 L
300	11.8110	11.8096	11.8104	11.8124		11.8105	11.8114	18 L	11.8102	11.8111	8 T
310	12.2047	12.2033	12.2041	12.2061		12.2042	12.2051		12.2039	12.2048	
320	12.5984	12.5968	12.5977	12.5999		12.5979	12.5989		12.5975	12.5985	
340	13.3858	13.3842	13.3851	13.3873		13.3853	13.3863		13.3849	13.3859	
360	14.1732	14.1716	14.1725	14.1747	31 L	14.1727	14.1737	5 T	14.1723	14.1733	17 L
370	14.5669	14.5654	14.5662	14.5685	7 T	14.5664	14.5675	21 L	14.5660	14.5670	9 T
380	14.9606	14.9590	14.9599	14.9621		14.9601	14.9611		14.9597	14.9607	
400	15.7480	15.7464	15.7473	15.7495		15.7475	15.7485		15.7471	15.7481	
420	16.5354	16.5336	16.5346	16.5371		16.5349	16.5359		16.5344	16.5355	
440	17.3228	17.3210	17.3220	17.3245	35 L	17.3223	17.3233	5 T	17.3218	17.3229	19 L
460	18.1102	18.1084	18.1094	18.1119	8 T	18.1097	18.1107	23 L	18.1092	18.1103	10 T
480	18.8976	18.8958	18.8968	18.8993		18.8971	18.8981		18.8966	18.8977	
500	19.6850	19.6832	19.6842	19.6867		19.6845	19.6855		19.6840	19.6851	
520	20.4724	20.4704	20.4715	20.4743		-	-		-	-	
540	21.2598	21.2578	21.2589	21.2617		-	-		-	-	
560	22.0472	22.0452	22.0463	22.0491	39 L	-	-		-	-	
580	22.8346	22.8326	22.8337	22.8365	9 T	-	-		-	-	
600	23.6220	23.6200	23.6211	23.6239		-	-		-	-	
620	24.4094	24.4074	24.4085	24.4113		-	-		-	-	
650	25.5906	25.5876	25.5897	25.5928		-	-		-	-	
670	26.3780	26.3750	26.3771	26.3802		-	-		-	-	
680	26.7717	26.7687	26.7708	26.7739		-	-		-	-	
700	27.5591	27.5561	27.5582	27.5613		-	-		-	-	
720	28.3465	28.3435	28.3456	28.3487	52 L	-	-		-	-	
750	29.5276	29.5246	29.5267	29.5298	9 T	-	-		-	-	
760	29.9213	29.9183	29.9204	29.9235		-	-		-	-	
780	30.7087	30.7057	30.7078	30.7109		-	-		-	-	
790	31.1024	31.0994	31.1015	31.1046		-	-		-	-	
800	31.4961	31.4931	31.4952	31.4974		-	-		-	-	
820	32.2835	32.2796	32.2825	32.2860		-	-		-	-	
830	32.6772	32.6733	32.6762	32.6797		-	-		-	-	
850	33.4646	33.4607	33.4636	33.4671		-	-		-	-	
870	34.2520	34.2481	34.2510	34.2545	64 L	-	-		-	-	
920	36.2205	36.2166	36.2195	36.2230	10 T	-	-		-	-	
950	37.4016	37.3977	37.4006	37.4041		-	-		-	-	
980	38.5827	38.5788	38.5817	38.5852		-	-		-	-	
1000	39.3701	39.3662	-	-		-	-		-	-	
1150	45.2756	45.2707	-	-		-	-		-	-	
1250	49.2126	49.2077	-	-		-	-		-	-	
1400	55.1181	55.1118	-	-		-	-		-	-	
1600	62.9921	62.9858	-	-		-	-		-	-	

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement	Ajustements conséquents													
	Classes de tolérances				Ajustement <sup>1)</sup>	M5				Ajustement <sup>1)</sup>	M7			
	K7		Alésage du palier			Alésage du palier		Alésage du palier			Alésage du palier		Alésage du palier	
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	
mm	in.	in.		-	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	in.	
16	0.6299	0.6296	0.6294	0.6301	5L 5T	0.6294	0.6298	2L 5T	0.6293	0.6297	1L 6T	0.6292	0.6299	3L 7T
19	0.7480	0.7476	0.7474	0.7482		0.7474	0.7478		0.7473	0.7478		0.7472	0.7480	
22	0.8661	0.8657	0.8655	0.8663		0.8655	0.8659		0.8654	0.8659		0.8653	0.8661	
24	0.9449	0.9445	0.9443	0.9451	6L 6T	0.9443	0.9447	2L 6T	0.9442	0.9447	2L 7T	0.9441	0.9449	4L 8T
26	1.0236	1.0232	1.0230	1.0238		1.0230	1.0234		1.0229	1.0234		1.0228	1.0236	
28	1.1024	1.1020	1.1018	1.1026		1.1018	1.1022		1.1017	1.1022		1.1016	1.1024	
30	1.1811	1.1807	1.1805	1.1813		1.1805	1.1809		1.1804	1.1809		1.1803	1.1811	
32	1.2598	1.2594	1.2591	1.2601		1.2592	1.2596		1.2590	1.2596		1.2588	1.2598	
35	1.3780	1.3776	1.3773	1.3783		1.3774	1.3778		1.3772	1.3778		1.3770	1.3780	
37	1.4567	1.4563	1.4560	1.4570	7L 7T	1.4561	1.4565	2L 6T	1.4559	1.4565	2L 8T	1.4557	1.4567	4L 10T
40	1.5748	1.5744	1.5741	1.5751		1.5742	1.5746		1.5740	1.5746		1.5738	1.5748	
42	1.6535	1.6531	1.6528	1.6538		1.6529	1.6533		1.6527	1.6533		1.6525	1.6535	
47	1.8504	1.8500	1.8497	1.8507		1.8498	1.8502		1.8496	1.8502		1.8494	1.8504	
52	2.0472	2.0467	2.0464	2.0476		2.0465	2.0470		2.0463	2.0470		2.0460	2.0472	
55	2.1654	2.1649	2.1646	2.1658		2.1647	2.1652		2.1645	2.1652		2.1642	2.1654	
62	2.4409	2.4404	2.4401	2.4413		2.4402	2.4407		2.4400	2.4407		2.4397	2.4409	
68	2.6772	2.6767	2.6764	2.6776	9L 8T	2.6765	2.6770	3L 7T	2.6763	2.6770	3L 3T	2.6760	2.6772	5L 12T
72	2.8346	2.8341	2.8338	2.8350		2.8339	2.8344		2.8337	2.8344		2.8334	2.8346	
75	2.9527	2.9522	2.9519	2.9531		2.9520	2.9525		2.9518	2.9525		2.9516	2.9528	
80	3.1496	3.1491	3.1488	3.1500		3.1489	3.1494		3.1487	3.1494		3.1484	3.1496	
85	3.3465	3.3459	3.3455	3.3469		3.3456	3.3462		3.3454	3.3463		3.3451	3.3465	
90	3.5433	3.5427	3.5423	3.5437		3.5424	3.5430		3.5422	3.5431		3.5419	3.5433	
95	3.7402	3.7396	3.7392	3.7406		3.7393	3.7399		3.7391	3.7400		3.7388	3.7402	
100	3.9370	3.9364	3.9360	3.9374	10L 10T	3.9361	3.9367	3L 9T	3.9359	3.9368	4L 11T	3.9356	3.9370	6L 14T
110	4.3307	4.3301	4.3297	4.3311		4.3298	4.3304		4.3296	4.3305		4.3293	4.3307	
115	4.5276	4.5270	4.5266	4.5280		4.5267	4.5273		4.5265	4.5274		4.5262	4.5276	
120	4.7244	4.7238	4.7234	4.7248		4.7235	4.7241		4.7233	4.7242		4.7230	4.7244	
125	4.9213	4.9206	4.9202	4.9218		4.9202	4.9210		4.9200	4.9210		4.9197	4.9213	
130	5.1181	5.1174	5.1170	5.1186		5.1170	5.1178		5.1168	5.1178		5.1165	5.1181	
140	5.5118	5.5111	5.5107	5.5123	12L 11T	5.5107	5.5115	4L 11T	5.5105	5.5115	4L 13T	5.5102	5.5118	7L 16T
145	5.7087	5.7080	5.7076	5.7092		5.7076	5.7084		5.7074	5.7084		5.7071	5.7087	
150	5.9055	5.9048	5.9044	5.9060		5.9044	5.9052		5.9042	5.9052		5.9039	5.9055	
160	6.2992	6.2982	6.2981	6.2997		6.2981	6.2988		6.2979	6.2989		6.2976	6.2992	
165	6.4961	6.4951	6.4950	6.4966		6.4950	6.4957	6L 11T	6.4948	6.4958	7L 13T	6.4945	6.4961	10L 16T
170	6.6929	6.6919	6.6918	6.6934		6.6918	6.6925		6.6916	6.6926		6.6913	6.6929	
180	7.0866	7.0856	7.0855	7.0871		7.0855	7.0862		7.0853	7.0863		7.0850	7.0866	
190	7.4803	7.4791	7.4790	7.4808		7.4791	7.4798		7.4788	7.4800		7.4785	7.4803	
200	7.8740	7.8728	7.8727	7.8745		7.8728	7.8735		7.8725	7.8737		7.8722	7.8740	
210	8.2677	8.2665	8.2664	8.2682		8.2665	8.2672		8.2662	8.2674		8.2659	8.2677	
215	8.4646	8.4634	8.4633	8.4651		8.4634	8.4641		8.4631	8.4643		8.4628	8.4646	
220	8.6614	8.6602	8.6601	8.6619		8.6602	8.6609	7L 12T	8.6599	8.6611	9L 15T	8.6596	8.6614	12L 18T
225	8.8583	8.8571	8.8570	8.8588		8.8571	8.8578		8.8568	8.8580		8.8565	8.8583	
230	9.0551	9.0539	9.0538	9.0556		9.0539	9.0546		9.0536	9.0548		9.0533	9.0551	
240	9.4488	9.4476	9.4475	9.4493		9.4476	9.4483		9.4473	9.4485		9.4470	9.4488	
250	9.8425	9.8413	9.8412	9.8430		9.8413	9.8420		9.8410	9.8422		9.8407	9.8425	

1) Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents													
	Classes de tolérances													
	K7 Alésage du palier		M5 Alésage du palier		M6 Alésage du palier		M7 Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>					
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	Ajustement <sup>1)</sup>				
mm	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	–				
260	10.2362	10.2348	10.2348	10.2368		10.2348	10.2357		10.2346	10.2364		10.2342	10.2362	
270	10.6299	10.6285	10.6285	10.6305		10.6285	10.6294		10.6283	10.6301		10.6279	10.6299	
280	11.0236	11.0222	11.0222	11.0242	20 L	11.0222	11.0231	9 L	11.0220	11.0238		11.0216	11.0236	14 L
290	11.4173	11.4159	11.4159	11.4179	14 T	11.4159	11.4168	14 T	11.4157	11.4175		11.4153	11.4173	20 T
300	11.8110	11.8096	11.8096	11.8116		11.8096	11.8105		11.8094	11.8112		11.8090	11.8110	
310	12.2047	12.2033	12.2033	12.2053		12.2033	12.2042		12.2031	12.2049		12.2027	12.2047	
320	12.5984	12.5968	12.5968	12.5991		12.5969	12.5978		12.5966	12.5986		12.5962	12.5984	
340	13.3858	13.3842	13.3842	13.3865		13.3843	13.3852		13.3840	13.3860		12.3836	12.3858	
360	14.1732	14.1716	14.1716	14.1739	23 L	14.1717	14.1726	10 L	14.1714	14.1734	12 L	14.1710	14.1732	16 L
370	14.5669	14.5654	14.5653	14.5677	16 T	14.5654	14.5664	15 T	14.5651	14.5672	18 T	14.5647	14.5669	22 T
380	14.9606	14.9590	14.9590	14.9613		14.9591	14.9600		14.9588	14.9608		14.9584	14.9606	
400	15.7480	15.7464	15.7464	15.7487		15.7465	15.7474		15.7462	15.7482		15.7458	15.7480	
420	16.5354	16.5336	16.5336	16.5361		16.5337	16.5347		16.5334	16.5356		16.5329	16.5354	
440	17.3228	17.3210	17.3210	17.3235	25 L	17.3211	17.3221	11 L	17.3208	17.3230	14 L	17.3203	17.3228	18 L
460	18.1102	18.1084	18.1084	18.1109	18 T	18.1085	18.1095	17 T	18.1082	18.1104	20 T	18.1077	18.1102	25 T
480	18.8976	18.8958	18.8958	18.8983		18.8959	18.8969		18.8956	18.8978		18.8951	18.8976	
500	19.6850	19.6832	19.6832	19.6857		19.6833	19.6843		19.6830	19.6852		19.6825	19.6850	
520	20.4724	20.4704	20.4696	20.4724		–	–		20.4696	20.4714		20.4686	20.4714	
540	21.2598	21.2578	21.2570	21.2598		–	–		21.2570	21.2588		21.2560	21.2588	
560	22.0472	22.0452	22.0444	22.0472	20 L	–	–	–	22.0444	22.0462	40 L	22.0435	22.0462	10 L
580	22.8346	22.8326	22.8318	22.8346	28 T	–	–	–	22.8318	22.8336	28 T	22.8308	22.8336	38 T
600	23.6220	23.6200	23.6192	23.6220		–	–		23.6192	23.6210		23.6182	23.6210	
620	24.4094	24.4074	24.4066	24.4094		–	–		24.4066	24.4084		24.4056	24.4084	
650	25.5906	25.5876	25.5875	25.5906		–	–		25.5875	25.5894		25.5863	25.5894	
670	26.3780	26.3750	26.3749	26.3780		–	–		26.3749	26.3768		26.3737	26.3768	
680	26.7717	26.7687	26.7686	26.7717		–	–		26.7686	26.7705		26.7674	26.7705	
700	27.5591	27.5561	27.5560	27.5591		–	–		27.5560	27.5579		27.5548	27.5579	
720	28.3465	28.3435	28.3434	28.3465	30 L	–	–	–	28.3434	28.3453	18 L	28.3422	28.3453	18 L
750	29.5276	29.5246	29.5245	29.5276	31 T	–	–	–	29.5245	29.5264	31 T	29.5233	29.5264	43 T
760	29.9213	29.9183	29.9182	29.9213		–	–		29.9182	29.9201		29.9169	29.9201	
780	30.7087	30.7057	30.7056	30.7087		–	–		30.7056	30.7075		30.7044	30.7075	
790	31.1024	31.0994	31.0993	31.1024		–	–		31.0993	31.1012		31.0981	31.1012	
800	31.4961	31.4931	31.4930	31.4961		–	–		31.4930	31.4949		31.4917	31.4949	
820	32.2835	32.2796	32.2800	32.2835		–	–		32.2800	32.2822		32.2786	32.2822	
830	32.6772	32.6733	32.6737	32.6772		–	–		32.6737	32.6759		32.6723	32.6759	
850	33.4646	33.4607	33.4611	33.4646		–	–		33.4611	33.4633		33.4597	33.4633	
870	34.2520	34.2481	34.2485	34.2520	39 L	–	–	–	34.2485	34.2507	26 L	34.2471	34.2507	26 L
920	36.2205	36.2166	36.2170	36.2205	35 T	–	–	–	36.2170	36.2192	35 T	36.2156	36.2192	49 T
950	37.4016	37.3977	37.3981	37.4016		–	–		37.3981	37.4003		37.3967	37.4003	
980	38.5827	38.5788	38.5792	38.5827		–	–		38.5792	38.5814		38.5778	38.5814	
1000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–		39.3652	39.3688	
1150	45.2756	45.2707	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45.2699	45.2740	33 L
1250	49.2126	49.2077	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49.2069	49.2110	57 T
1400	55.1181	55.1118	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55.1113	55.1162	44 L
1600	62.9921	62.9858	–	–	–	–	–	–	–	–	–	62.9853	62.9902	68 T

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents Classes de tolérances													
	N6 Alésage du palier		N7 Alésage du palier		P6 Alésage du palier		P7 Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>					
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.				
mm	in.		in.		in.		in.		in.					
<b>16</b>	0.6299	0.6296	0.6291	0.6295	1T 8T	0.6290	0.6297	1L 9T	0.6289	0.6293	3T 10T	0.6288	0.6295	1T 11T
<b>19</b>	0.7480	0.7476	0.7471	0.7476		0.7469	0.7477		0.7468	0.7473		0.7466	0.7474	
<b>22</b>	0.8661	0.8657	0.8652	0.8657		0.8650	0.8658		0.8649	0.8654		0.8647	0.8655	
<b>24</b>	0.9449	0.9445	0.9440	0.9445	0T	0.9438	0.9446	1L	0.9437	0.9442	3T	0.9435	0.9443	2T
<b>26</b>	1.0236	1.0232	1.0227	1.0232	9T	1.0225	1.0233	11T	1.0224	1.0229	12T	1.0222	1.0230	14T
<b>28</b>	1.1024	1.1020	1.1015	1.1020		1.1013	1.1021		1.1012	1.1017		1.1010	1.1018	
<b>30</b>	1.1811	1.1807	1.1802	1.1807		1.1800	1.1808		1.1799	1.1804		1.1797	1.1805	
<b>32</b>	1.2598	1.2594	1.2587	1.2593		1.2585	1.2595		1.2583	1.2590		1.2581	1.2591	
<b>35</b>	1.3780	1.3776	1.3769	1.3775		1.3767	1.3777		1.3765	1.3772		1.3763	1.3773	
<b>37</b>	1.4567	1.4563	1.4556	1.4562	1T	1.4554	1.4564	1L	1.4552	1.4559	4T	1.4550	1.4560	3T
<b>40</b>	1.5748	1.5744	1.5737	1.5743	11T	1.5735	1.5745	13T	1.5733	1.5740	15T	1.5731	1.5741	17T
<b>42</b>	1.6535	1.6531	1.6524	1.6530		1.6522	1.6532		1.6520	1.6527		1.6518	1.6528	
<b>47</b>	1.8504	1.8500	1.8493	1.8499		1.8491	1.8501		1.8489	1.8496		1.8487	1.8497	
<b>52</b>	2.0472	2.0467	2.0459	2.0466		2.0457	2.0468		2.0454	2.0462		2.0452	2.0464	
<b>55</b>	2.1654	2.1649	2.1641	2.1648		2.1639	2.1650		2.1636	2.1644		2.1634	2.1646	
<b>62</b>	2.4409	2.4404	2.4396	2.4403		2.4394	2.4405		2.4391	2.4399		2.4389	2.4401	
<b>68</b>	2.6772	2.6767	2.6759	2.6766	1T	2.6760	2.6770	1L	2.6750	2.6760	5T	2.6752	2.6763	3T
<b>72</b>	2.8346	2.8341	2.8333	2.8340	13T	2.8331	2.8342	15T	2.8328	2.8336	18T	2.8326	2.8338	20T
<b>75</b>	2.9527	2.9522	2.9515	2.9522		2.9510	2.9520		2.9510	2.9520		2.9507	2.9519	
<b>80</b>	3.1496	3.1491	3.1483	3.1490		3.1481	3.1492		3.1478	3.1486		3.1476	3.1488	
<b>85</b>	3.3465	3.3459	3.3450	3.3459		3.3447	3.3461		3.3445	3.3453		3.3442	3.3456	
<b>90</b>	3.5433	3.5427	3.5418	3.5427		3.5415	3.5429		3.5413	3.5421		3.5410	3.5424	
<b>95</b>	3.7402	3.7396	3.7387	3.7396		3.7380	3.7400		3.7380	3.7390		3.7378	3.7392	
<b>100</b>	3.9370	3.9364	3.9355	3.9364	0T	3.9352	3.9366	2L	3.9350	3.9358	6T	3.9347	3.9361	3T
<b>110</b>	4.3307	4.3301	4.3292	4.3301	15T	4.3289	4.3303	18T	4.3287	4.3295	20T	4.3284	4.3298	23T
<b>115</b>	4.5276	4.5270	4.5261	4.5270		4.5258	4.5272		4.5256	4.5264		4.5253	4.5267	
<b>120</b>	4.7244	4.7238	4.7229	4.7238		4.7226	4.7240		4.7224	4.7232		4.7221	4.7235	
<b>125</b>	4.9213	4.9206	4.9195	4.9205		4.9193	4.9208		4.9189	4.9199		4.9186	4.9202	
<b>130</b>	5.1181	5.1174	5.1163	5.1173		5.1161	5.1176		5.1157	5.1167		5.1154	5.1170	
<b>140</b>	5.5118	5.5111	5.5100	5.5110	1T	5.5098	5.5113	2L	5.5094	5.5104	7T	5.5091	5.5107	4T
<b>145</b>	5.7087	5.7080	5.7069	5.7079	18T	5.7067	5.7082	20T	5.7063	5.7073	24T	5.7060	5.7076	27T
<b>150</b>	5.9055	5.9048	5.9037	5.9047		5.9035	5.9050		5.9031	5.9041		5.9028	5.9044	
<b>160</b>	6.2992	6.2982	6.2974	6.2984		6.2972	6.2987		6.2968	6.2978		6.2965	6.2981	
<b>165</b>	6.4961	6.4951	6.4943	6.4953		6.4940	6.4960	5L	6.4940	6.4950	4T	6.4934	6.4950	1T
<b>170</b>	6.6929	6.6919	6.6911	6.6921	18T	6.6909	6.6924	20T	6.6905	6.6915	24T	6.6902	6.6918	27T
<b>180</b>	7.0866	7.0856	7.0848	7.0858		7.0846	7.0861		7.0842	7.0852		7.0839	7.0855	
<b>190</b>	7.4803	7.4791	7.4783	7.4794		7.4779	7.4797		7.4775	7.4787		7.4772	7.4790	
<b>200</b>	7.8740	7.8728	7.8720	7.8731		7.8716	7.8734		7.8712	7.8724		7.8709	7.8727	
<b>210</b>	8.2677	8.2665	8.2657	8.2668		8.2653	8.2671		8.2649	8.2661		8.2646	8.2664	
<b>215</b>	8.4646	8.4634	8.4626	8.4637		8.4622	8.4640		8.4618	8.4630		8.4615	8.4633	
<b>220</b>	8.6614	8.6602	8.6594	8.6606		8.6590	8.6610		8.6590	8.6600		8.6583	8.6601	
<b>225</b>	8.8583	8.8571	8.8563	8.8574	3L	8.8559	8.8577	6L	8.8555	8.8567	4T	8.8552	8.8570	1T
<b>230</b>	9.0551	9.0539	9.0531	9.0543	20T	9.0530	9.0550	24T	9.0520	9.0540	28T	9.0520	9.0538	31T
<b>240</b>	9.4488	9.4476	9.4468	9.4479		9.4464	9.4482		9.4460	9.4472		9.4457	9.4475	
<b>250</b>	9.8425	9.8413	9.8405	9.8416		9.8401	9.8419		9.8397	9.8409		9.8394	9.8412	

1) Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.



## Tolérances de palier et ajustements conséquents (cotes en pouces)

Diamètre extérieur du roulement D	Ajustements conséquents Classes de tolérances											
	N6		N7		P6		P7		N6		N7	
	Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>		Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>		Alésage du palier		Ajustement <sup>1)</sup>	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
mm	in.		in.		in.		in.		in.		in.	
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2352			10.2336	10.2356			10.2331	10.2343
270	10.6299	10.6285	10.6277	10.6289			10.6270	10.6290			10.6270	10.6280
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0226	4 L		11.0210	11.0230	8 L		11.0205	11.0217
290	11.4173	11.4159	11.4151	11.4163	22 T		11.4150	11.4170	26 T		11.4140	11.4150
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8100			11.8084	11.8104			11.8079	11.8091
310	12.2047	12.2033	12.2025	12.2037			12.2021	12.2041			12.2016	12.2028
320	12.5984	12.5968	12.5960	12.5974			12.5955	12.5978			12.5950	12.5964
340	13.3858	13.3842	13.3834	13.3848			13.3829	13.3852			13.3824	13.3838
360	14.1732	14.1716	14.1708	14.1722	6 L		14.1703	14.1726	10 L		14.1698	14.1712
370	14.5669	14.5654	14.5645	14.5659	24 T		14.5640	14.5660	29 T		14.5640	14.5650
380	14.9606	14.9590	14.9582	14.9596			14.9577	14.9600			14.9572	14.9586
400	15.7480	15.7464	15.7456	15.7470			15.7451	15.7474			15.7446	15.7460
420	16.5354	16.5336	16.5328	16.5343			16.5323	16.5347			16.5317	16.5332
440	17.3228	17.3210	17.3202	17.3217	7 L		17.3197	17.3221	11 L		17.3191	17.3206
460	18.1102	18.1084	18.1076	18.1091	26 T		18.1071	18.1095	31 T		18.1065	18.1080
480	18.8976	18.8958	18.8950	18.8965			18.8945	18.8969			18.8939	18.8954
500	19.6850	19.6832	19.6824	19.6839			19.6819	19.6843			19.6813	19.6828
520	20.4724	20.4704	20.4689	20.4707			20.4679	20.4707			20.4676	20.4693
540	21.2598	21.2578	21.2563	21.2581			21.2553	21.2581			21.2550	21.2567
560	22.0472	22.0452	22.0438	22.0455	3 L		22.0430	22.0460	3 L		22.0420	22.0440
580	22.8346	22.8326	22.8311	22.8329	35 T		22.8301	22.8329	45 T		22.8298	22.8315
600	23.6220	23.6200	23.6185	23.6203			23.6175	23.6203			23.6172	23.6189
620	24.4094	24.4074	24.4059	24.4077			24.4049	24.4077			24.4042	24.4063
650	25.5906	25.5876	25.5867	25.5886			25.5855	25.5886			25.5852	25.5871
670	26.3780	26.3750	26.3741	26.3760			26.3729	26.3760			26.3726	26.3745
680	26.7717	26.7687	26.7678	26.7697			26.7666	26.7697			26.7663	26.7682
700	27.5591	27.5561	27.5552	27.5571			27.5540	27.5571			27.5537	27.5556
720	28.3465	28.3435	28.3426	28.3445	10 L		28.3414	28.3445	10 L		28.3411	28.3430
750	29.5276	29.5246	29.5237	29.5256	39 T		29.5225	29.5256	51 T		29.5222	29.5241
760	29.9213	29.9183	29.9173	29.9193			29.9160	29.9190			29.9160	29.9178
780	30.7087	30.7057	30.7048	30.7067			30.7036	30.7067			30.7033	30.7052
790	31.1024	31.0994	31.0985	31.1004			31.0973	31.1004			31.0970	31.0989
800	31.4961	31.4931	31.4921	31.4941			31.4910	31.4940			31.4910	31.4930
820	32.2835	32.2796	32.2791	32.2813			32.2778	32.2813			32.2774	32.2796
830	32.6772	32.6733	32.6728	32.6750			32.6710	32.6750			32.6710	32.6730
850	33.4646	33.4607	33.4602	33.4624			33.4589	33.4624			33.4585	33.4607
870	34.2520	34.2481	34.2476	34.2498	17 L		34.2463	34.2498	17 L		34.2459	34.2481
920	36.2205	36.2166	36.2161	36.2183	44 T		36.2148	36.2183	57 T		36.2144	36.2166
950	37.4016	37.3977	37.3972	37.3994			37.3959	37.3994			37.3955	37.3977
980	38.5827	38.5788	38.5783	38.5805			38.5770	38.5805			38.5766	38.5788
1000	39.3701	39.3662	39.3657	39.3679			39.3644	39.3679			39.3640	39.3662
1150	45.2756	45.2707	45.2704	45.2730	23 L		45.2689	45.2730	23 L		45.2683	45.2709
1250	49.2126	49.2077	49.2074	49.2100	52 T		49.2059	49.2100	67 T		49.2053	49.2079
1400	55.1181	55.1118	55.1120	55.1150	32 L		55.1101	55.1150	32 L		55.1095	55.1126
1600	62.9921	62.9858	62.9860	62.9890	61 T		62.9841	62.9890	80 T		62.9835	62.9866

<sup>1)</sup> Ajustement conséquent de 0.0001 in. L indique un ajustement libre, T indique un ajustement serré.

## Écartés modifiés sur diamètre d'arbre pour utilisation avec des roulements à cotes en pouces

## Diamètre nominal Écartés modifiés pour ajustements libres/serrés selon la classe de tolérances :

Portée d'arbre Alésage du roulement au-dess-incl. us de		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
mm		µm		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
<b>10</b>	<b>18</b>	+2	-4	+8	+2	+13	+10	+16	+10	+14	+7	+17	+14
<b>18</b>	<b>30</b>	+3	-7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+17	+6	+21	+15
<b>30</b>	<b>50</b>	+3	-12	+12	-3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
<b>50</b>	<b>76,2</b>	+5	-16	+15	-6	+21	+6	+27	+6	+25	+3	+30	+15
<b>76,2</b>	<b>80</b>	+5	-4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+25	+15	+30	+27
<b>80</b>	<b>120</b>	+8	-9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
<b>120</b>	<b>180</b>	+11	-14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+38	+12	+46	+28
<b>180</b>	<b>250</b>	+15	-19	+30	-4	+37	+12	+46	+12	+45	+10	+54	+29
<b>250</b>	<b>304,8</b>	+18	-24	+35	-7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
<b>304,8</b>	<b>315</b>	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
<b>315</b>	<b>400</b>	+22	-3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
<b>400</b>	<b>500</b>	+25	-9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
<b>500</b>	<b>609,6</b>	+28	-15	+50	+7	-	-	+72	+29	+72	+29	+78	+51
<b>609,6</b>	<b>630</b>	+28	+10	+50	+32	-	-	+72	+54	+72	+54	+78	+76
<b>630</b>	<b>800</b>	+51	+2	+75	+26	-	-	+100	+51	+100	+51	+107	+76
<b>800</b>	<b>914,4</b>	+74	-6	+100	+20	-	-	+128	+48	+128	+48	+136	+76
<b>914,4</b>	<b>1 000</b>	+74	+20	+100	+46	-	-	+128	+74	+128	+74	+136	+102
<b>1 000</b>	<b>1 219,2</b>	+97	+8	+125	+36	-	-	+158	+69	+158	+69	+167	+102

## Diamètre nominal Écartés modifiés pour ajustements libres/serrés selon la classe de tolérances :

Portée d'arbre Alésage du roulement au-dess-incl. us de		k6		m5		m6		n6		p6	
mm		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
<b>10</b>	<b>18</b>	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31
<b>18</b>	<b>30</b>	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35
<b>30</b>	<b>50</b>	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39
<b>50</b>	<b>76,2</b>	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45
<b>76,2</b>	<b>80</b>	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57
<b>80</b>	<b>120</b>	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62
<b>120</b>	<b>180</b>	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68
<b>180</b>	<b>250</b>	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75
<b>250</b>	<b>304,8</b>	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81
<b>304,8</b>	<b>315</b>	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107
<b>315</b>	<b>400</b>	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113
<b>400</b>	<b>500</b>	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119
<b>500</b>	<b>609,6</b>	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129
<b>609,6</b>	<b>630</b>	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154
<b>630</b>	<b>800</b>	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+213	+164
<b>800</b>	<b>914,4</b>	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176
<b>914,4</b>	<b>1 000</b>	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
<b>1 000</b>	<b>1 219,2</b>	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

## Écartés modifiés sur diamètre d'alésage du palier pour utilisation avec des roulements à cotes en pouces

## Diamètre nominal Écartés modifiés pour ajustements libres/serrés selon la classe de tolérances :

Portée d'alésage du palier Diamètre extérieur du roulement au-dess-incl. us de	H7		J7		J6		K6		K7	
	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.

mm	µm										
30	50	+36	+25	+25	+14	+21	+19	+14	+12	+18	+7
50	80	+43	+25	+31	+13	+26	+19	+17	+10	+22	+4
80	120	+50	+25	+37	+12	+31	+19	+19	+7	+25	0
120	150	+58	+25	+44	+11	+36	+18	+22	+4	+30	-3
150	180	+65	+25	+51	+11	+43	+18	+29	+4	+37	-3
180	250	+76	+25	+60	+9	+52	+18	+35	+1	+43	-8
250	304,8	+87	+25	+71	+9	+60	+18	+40	-2	+51	-11
304,8	315	+87	+51	+71	+35	+60	+44	+40	+24	+51	+15
315	400	+97	+51	+79	+33	+69	+44	+47	+22	+57	+11
400	500	+108	+51	+88	+31	+78	+44	+53	+19	+63	+6
500	609,6	+120	+51	-	-	-	-	+50	+7	+50	-19
609,6	630	+120	+76	-	-	-	-	+50	+32	+50	+6
630	800	+155	+76	-	-	-	-	+75	+26	+75	-4
800	914,4	+190	+76	-	-	-	-	+100	+20	+100	-14
914,4	1 000	+190	+102	-	-	-	-	+100	+46	+100	+12
1 000	1 219,2	+230	+102	-	-	-	-	+125	+36	+125	-3
1 219,2	1 250	+230	+127	-	-	-	-	+125	+61	+125	+22
1 250	1 600	+285	+127	-	-	-	-	+160	+49	+160	+2

## Diamètre nominal Écartés modifiés pour ajustements libres/serrés selon la classe de tolérances :

Portée d'alésage du palier Diamètre extérieur du roulement au-dess-incl. us de	M6		M7		N7		P7	
	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.

mm	µm								
30	50	+7	+5	+11	0	+3	-8	-6	-17
50	80	+8	+1	+13	-5	+4	-14	-8	-26
80	120	+9	-3	+15	-10	+5	-20	-9	-34
120	150	+10	-8	+18	-15	+6	-27	-10	-43
150	180	+17	-8	+25	-15	+13	-27	-3	-43
180	250	+22	-12	+30	-21	+16	-35	-3	-54
250	304,8	+26	-16	+35	-27	+21	-41	-1	-63
304,8	315	+26	+10	+35	-1	+21	-15	-1	-37
315	400	+30	+5	+40	-6	+24	-22	-1	-47
400	500	+35	+1	+45	-12	+28	-29	0	-57
500	609,6	+24	-19	+24	-45	+6	-63	-28	-97
609,6	630	+24	+6	+24	-20	+6	-38	-28	-72
630	800	+45	-4	+45	-34	+25	-54	-13	-92
800	914,4	+66	-14	+66	-48	+44	-70	0	-114
914,4	1 000	+66	+12	+66	-22	+44	-44	0	-88
1 000	1 219,2	+85	-4	+85	-43	+59	-69	+5	-123
1 219,2	1 250	+85	+21	+85	-18	+59	-44	+5	-98
1 250	1 600	+112	+1	+112	-46	+82	-76	+20	-138

## Diamètre d'arbre et tolérances de forme pour montage sur manchon

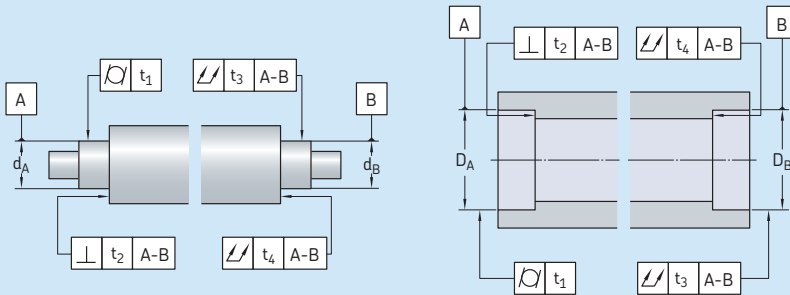
Diamètre d'arbre		Tolérances de diamètre et de forme		
d Nominal au-dessus de	incl.	Classe de tolérances		Classe de tolérances
		h9 Écartes sup. inf.		IT5 <sup>1)</sup> max.
mm		µm		
10	18	0	-43	8
18	30	0	-52	9
30	50	0	-62	11
50	80	0	-74	13
80	120	0	-87	15
120	180	0	-100	18
180	250	0	-115	20
250	315	0	-130	23
315	400	0	-140	25
400	500	0	-155	27
500	630	0	-175	32
630	800	0	-200	36
800	1 000	0	-230	40
1 000	1 250	0	-260	47

<sup>1)</sup> La classe de tolérances recommandée est la IT5/2, car la zone de tolérance t est un rayon. Toutefois, les valeurs contenues dans le tableau ci-dessus font référence à un diamètre d'arbre nominal et ne sont donc pas divisées par deux.

## Classes de tolérances ISO

Dimension nominale		Classes de tolérances											
au-dessus incl. de		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
mm		µm											
<b>1</b>	<b>3</b>	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
<b>3</b>	<b>6</b>	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
<b>6</b>	<b>10</b>	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
<b>10</b>	<b>18</b>	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
<b>18</b>	<b>30</b>	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
<b>30</b>	<b>50</b>	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
<b>50</b>	<b>80</b>	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
<b>80</b>	<b>120</b>	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
<b>120</b>	<b>180</b>	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
<b>180</b>	<b>250</b>	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
<b>250</b>	<b>315</b>	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
<b>315</b>	<b>400</b>	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
<b>400</b>	<b>500</b>	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
<b>500</b>	<b>630</b>	–	–	–	–	32	44	70	110	175	280	440	700
<b>630</b>	<b>800</b>	–	–	–	–	36	50	80	125	200	320	500	800
<b>800</b>	<b>1 000</b>	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
<b>1 000</b>	<b>1 250</b>	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
<b>1 250</b>	<b>1 600</b>	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
<b>1 600</b>	<b>2 000</b>	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1500
<b>2 000</b>	<b>2 500</b>	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1100	1750

Précision de forme et de position des portées de roulements



Surface Caractéristique	Symbole de la caractéristique	la zone de tolérance	Écart admissible		
			Roulements de la classe de tolérances <sup>1)</sup> Normal, CLN	P6	P5

Portée cylindrique

Cylindricité		t <sub>1</sub>	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Faux-rond radial total		t <sub>3</sub>	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
<b>Appui plat</b>						
Perpendicularité		t <sub>2</sub>	IT5	IT4	IT3	IT2
Faux-rond axial total		t <sub>4</sub>	IT5	IT4	IT3	IT2

Explication

Pour exigences normales

Pour exigences spéciales en matière de précision de fonctionnement ou même de soutien

<sup>1)</sup> Pour les roulements de plus haute précision (classe de tolérances P4, etc.), veuillez vous rendre sur le site [skf.com/roulements](http://skf.com/roulements).

## Annexe D-2

## Rugosité de surface des portées de roulements

**Diamètre de portées** Valeur  $R_a$  recommandée pour portées de sol  
Classe de tolérances de diamètre

$d$  (D)<sup>1)</sup> au-dessus de incl. IT7 IT6 IT5

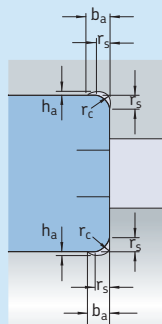
mm		μm		
-	<b>80</b>	1,6	0,8	0,4
<b>80</b>	<b>500</b>	1,6	1,6	0,8
<b>500</b>	<b>1 250</b>	3,2 <sup>2)</sup>	1,6	1,6

<sup>1)</sup> Pour des diamètres > 1 250 mm, veuillez consulter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Lorsque vous utilisez la méthode par pression d'huile pour le montage,  $R_a$  ne doit pas dépasser 1,6 mm.

## Annexe D-3

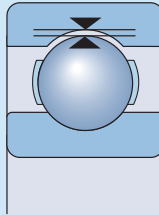
## Dimensions pour congés avec dégagement



**Dimension du chanfrein du roulement** Dimensions du congé

$r_s$	$b_a$	$h_a$	$r_c$
mm	mm		
<b>1</b>	2	0,2	1,3
<b>1,1</b>	2,4	0,3	1,5
<b>1,5</b>	3,2	0,4	2
<b>2</b>	4	0,5	2,5
<b>2,1</b>	4	0,5	2,5
<b>3</b>	4,7	0,5	3
<b>4</b>	5,9	0,5	4
<b>5</b>	7,4	0,6	5
<b>6</b>	8,6	0,6	6
<b>7,5</b>	10	0,6	7
<b>9,5</b>	12	0,6	9

## Jeu radial interne des roulements rigides à billes



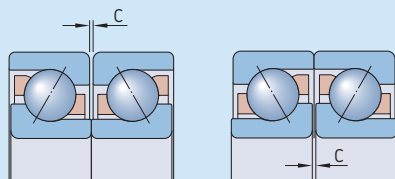
Diamètre d'alésage d au-dessus incl. de		Jeu radial interne C2		Normal		C3		C4		C5	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
2,5	6 <sup>1)</sup>	0	7	2	13	8	23	-	-	-	-
6	10 <sup>1)</sup>	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380	350	520
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520	490	700
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	780
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	860
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700	670	960
900	1000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1040
1000	1120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1150
1120	1250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1260
1250	1400	30	200	190	440	420	700	680	1000	-	-
1400	1600	30	210	210	470	450	750	730	1060	-	-

<sup>1)</sup> Les valeurs de jeu ne sont pas valables pour les roulements rigides à billes en acier inoxydable au diamètre d'alésage d < 10 mm.



## Annexe E-2

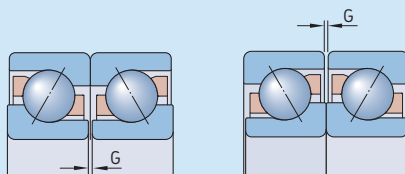
Jeu axial interne des roulements à billes à contact oblique à une seule rangée pour appariement universel montés en O ou en X



Diamètre d'alésage d au-dessus incl. de	Classe	Jeu axial interne		CB		CC	
		CA min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm	µm						
10	18	5	13	15	23	24	32
18	30	7	15	18	26	32	40
30	50	9	17	22	30	40	48
50	80	11	23	26	38	48	60
80	120	14	26	32	44	55	67
120	180	17	29	35	47	62	74
180	250	21	37	45	61	74	90

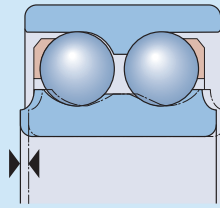
## Annexe E-3

Précharge axiale des roulements à billes à contact oblique à une seule rangée pour appariement universel montés en O ou en X



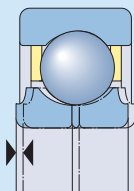
Diamètre d'alésage d au-dessus incl. de	Classe	Précharge		GB				GC				
		GA min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
mm	µm	N		µm	N		µm		N			
10	18	+4	-4	80	-2	-10	30	330	-8	-16	230	660
18	30	+4	-4	120	-2	-10	40	480	-8	-16	340	970
30	50	+4	-4	160	-2	-10	60	630	-8	-16	450	1280
50	80	+6	-6	380	-3	-15	140	1500	-12	-24	1080	3050
80	120	+6	-6	410	-3	-15	150	1600	-12	-24	1150	3250
120	180	+6	-6	540	-3	-15	200	2150	-12	-24	1500	4300
180	250	+8	-8	940	-4	-20	330	3700	-16	-32	2650	7500

## Jeu axial interne des roulements à billes à contact oblique à deux rangées



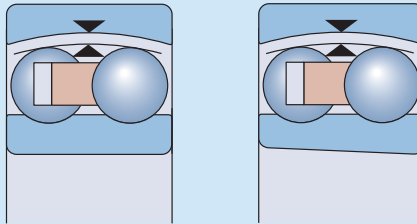
Diamètre d'alésage		Jeu axial interne des roulements des séries 32 A et 33 A						33 D		33 DNRCBM	
d	incl.	C2		Normal		C3		33 D		33 DNRCBM	
au-dessus de		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		μm						μm		μm	
–	<b>10</b>	1	11	5	21	12	28	–	–	–	–
<b>10</b>	<b>18</b>	1	12	6	23	13	31	–	–	–	–
<b>18</b>	<b>24</b>	2	14	7	25	16	34	–	–	–	–
<b>24</b>	<b>30</b>	2	15	8	27	18	37	–	–	–	–
<b>30</b>	<b>40</b>	2	16	9	29	21	40	33	54	10	30
<b>40</b>	<b>50</b>	2	18	11	33	23	44	36	58	10	30
<b>50</b>	<b>65</b>	3	22	13	36	26	48	40	63	18	38
<b>65</b>	<b>80</b>	3	24	15	40	30	54	46	71	18	38
<b>80</b>	<b>100</b>	3	26	18	46	35	63	55	83	–	–
<b>100</b>	<b>110</b>	4	30	22	53	42	73	65	96	–	–

## Jeu axial interne des roulements à quatre points de contact



Diamètre d'alésage d au-dessus incl. de		Jeu axial interne C2		Normal		C3		C4	
				min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		μm							
<b>10</b>	<b>17</b>	15	55	45	85	75	125	115	165
<b>17</b>	<b>40</b>	26	66	56	106	96	146	136	186
<b>40</b>	<b>60</b>	36	86	76	126	116	166	156	206
<b>60</b>	<b>80</b>	46	96	86	136	126	176	166	226
<b>80</b>	<b>100</b>	56	106	96	156	136	196	186	246
<b>100</b>	<b>140</b>	66	126	116	176	156	216	206	266
<b>140</b>	<b>180</b>	76	156	136	196	176	246	226	296
<b>180</b>	<b>220</b>	96	176	156	226	206	276	256	326

Jeu radial interne des roulements à rotule sur billes



Diamètre d'alésage		Jeu radial interne C2		Normal		C3		C4	
d	incl.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
au-dessus de		μm							
mm		μm							

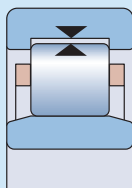
Roulements à alésage cylindrique

2,5	6	1	8	5	15	10	20	15	25
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161
160	180	15	50	40	92	82	138	126	185
180	200	17	57	47	105	93	157	144	212
200	225	18	62	50	115	100	170	155	230
225	250	20	70	57	130	115	195	175	255

Roulements à alésage conique

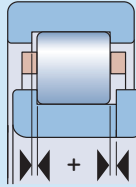
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139

## Jeu radial interne des roulements à rouleaux cylindriques et à aiguilles



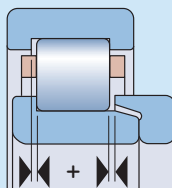
Diamètre d'alésage		Jeu radial interne C2		Normal		C3		C4		C5	
d	incl.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
au-dessus de		μm									
mm		μm									
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600	690	810
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620	780	900
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705	865	1 005
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790	975	1 135
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860	1 095	1 265
900	1 000	200	390	390	580	580	770	770	960	–	–
1 000	1 120	220	430	430	640	640	850	850	1 060	–	–
1 120	1 250	230	470	470	710	710	950	950	1 190	–	–
1 250	1 400	270	530	530	790	790	1 050	1 050	1 310	–	–
1 400	1 600	330	610	610	890	890	1 170	1 170	1 450	–	–
1 600	1 800	380	700	700	1 020	1 020	1 340	1 340	1 660	–	–
1 800	2 000	400	760	760	1 120	1 120	1 480	1 480	1 840	–	–

## Jeu axial interne des roulements à rouleaux cylindriques NUP



Roulement Diamètre d'alésage	Code taille	Jeu axial interne des roulements des séries							
		NUP 2		NUP 3		NUP 22		NUP 23	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm	–	µm							
15	02	–	–	–	–	–	–	–	–
17	03	37	140	37	140	37	140	47	155
20	04	37	140	37	140	47	155	47	155
25	05	37	140	47	155	47	155	47	155
30	06	37	140	47	155	47	155	47	155
35	07	47	155	47	155	47	155	62	180
40	08	47	155	47	155	47	155	62	180
45	09	47	155	47	155	47	155	62	180
50	10	47	155	47	155	47	155	62	180
55	11	47	155	62	180	47	155	62	180
60	12	47	155	62	180	62	180	87	230
65	13	47	155	62	180	62	180	87	230
70	14	47	155	62	180	62	180	87	230
75	15	47	155	62	180	62	180	87	230
80	16	47	155	62	180	62	180	87	230
85	17	62	180	62	180	62	180	87	230
90	18	62	180	62	180	62	180	87	230
95	19	62	180	62	180	62	180	87	230
100	20	62	180	87	230	87	230	120	315
105	21	62	180	–	–	–	–	–	–
110	22	62	180	87	230	87	230	120	315
120	24	62	180	87	230	87	230	120	315
130	26	62	180	87	230	87	230	120	315
140	28	62	180	87	230	87	230	120	315
150	30	62	180	–	–	87	230	120	315
160	32	87	230	–	–	–	–	–	–
170	34	87	230	–	–	–	–	–	–
180	36	87	230	–	–	–	–	–	–
190	38	87	230	–	–	–	–	–	–
200	40	87	230	–	–	–	–	–	–
220	44	95	230	–	–	–	–	–	–
240	48	95	250	–	–	–	–	–	–
260	52	95	250	–	–	–	–	–	–

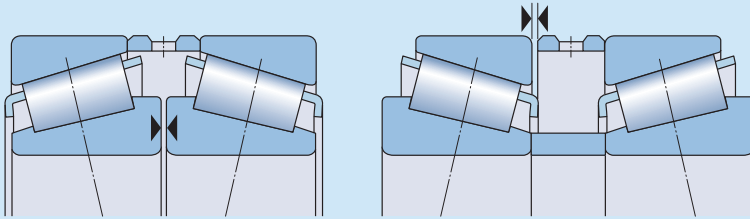
## Jeu axial interne des roulements à rouleaux cylindriques NJ + HJ



Roulement		Jeu axial interne des roulements des séries									
Diamètre d'alésage	Code taille	NJ 2+HJ 2		NJ 3+HJ 3		NJ 4+HJ 4		NJ 22+HJ 22		NJ 23+HJ 23	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm	-	μm									
15	02	42	165	42	165	-	-	-	-	-	-
17	03	42	165	42	165	-	-	42	165	52	183
20	04	42	165	42	165	-	-	52	185	52	183
25	05	42	165	52	185	-	-	52	185	52	183
30	06	42	165	52	185	60	200	52	185	52	183
35	07	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
40	08	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
45	09	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
50	10	52	185	52	185	80	235	52	185	72	215
55	11	52	185	72	215	80	235	52	185	72	215
60	12	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
65	13	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
70	14	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
75	15	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
80	16	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
85	17	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
90	18	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
95	19	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
100	20	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
105	21	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
110	22	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
120	24	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
130	26	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
140	28	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
150	30	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
160	32	102	275	102	275	-	-	140	375	140	375
170	34	102	275	-	-	-	-	140	375	-	-
180	36	102	275	-	-	-	-	140	375	-	-
190	38	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-
200	40	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-
220	44	110	290	-	-	-	-	-	-	-	-
240	48	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-
260	52	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-
280	56	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-

Pour des roulements non mentionnés, veuillez contacter le service Applications Techniques.

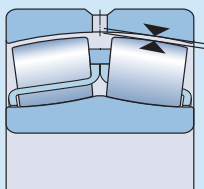
Jeu axial interne des roulements à rouleaux coniques à une rangée à cotes métriques appariés



Diamètre d'alésage		Jeu axial interne des roulements des séries						331, 302, 322, 303, 323				313	
d	incl.	329		320		330		332		332		313	
au-dessus de		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm											
-	30	-	-	80	120	-	-	100	140	130	170	60	100
30	40	-	-	100	140	-	-	120	160	140	180	70	110
40	50	-	-	120	160	180	220	140	180	160	200	80	120
50	65	-	-	140	180	200	240	160	200	180	220	100	140
65	80	-	-	160	200	250	290	180	220	200	260	110	170
80	100	270	310	190	230	350	390	210	270	240	300	110	170
100	120	270	330	220	280	340	400	220	280	280	340	130	190
120	140	310	370	240	300	340	400	240	300	330	390	160	220
140	160	370	430	270	330	340	400	270	330	370	430	180	240
160	180	370	430	310	370	-	-	310	370	390	450	-	-
180	190	370	430	340	400	-	-	340	400	440	500	-	-
190	200	390	450	340	400	-	-	340	400	440	500	-	-
200	225	440	500	390	450	-	-	390	450	490	550	-	-
225	250	440	500	440	500	-	-	440	500	540	600	-	-
250	280	540	600	490	550	-	-	490	550	-	-	-	-
280	300	640	700	540	600	-	-	540	600	-	-	-	-
300	340	640	700	590	650	-	-	590	650	-	-	-	-

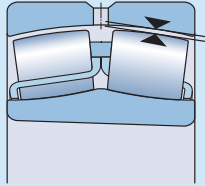


## Jeu radial interne des roulements à rotule sur rouleaux à alésage cylindrique



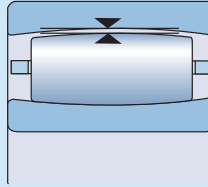
Diamètre d'alésage		Jeu radial interne C2		Normal		C3		C4		C5	
d	incl.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
au-dessus de											
mm		μm									
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	185
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570
1000	1120	290	530	530	780	780	1020	1020	1330	1330	1720
1120	1250	320	580	580	860	860	1120	1120	1460	1460	1870
1250	1400	350	640	640	950	950	1240	1240	1620	1620	2060
1400	1600	400	720	720	1060	1060	1380	1380	1800	1800	2300
1600	1800	450	810	810	1180	1180	1550	1550	2000	2000	2550

## Jeu radial interne des roulements à rotule sur rouleaux à alésage conique



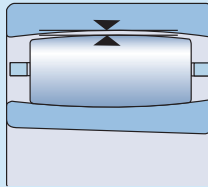
Diamètre d'alésage		Jeu radial interne C2		Normal		C3		C4		C5	
d	incl.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
au-dessus de											
mm		μm									
<b>18</b>	<b>24</b>	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
<b>24</b>	<b>30</b>	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
<b>30</b>	<b>40</b>	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
<b>40</b>	<b>50</b>	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
<b>50</b>	<b>65</b>	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
<b>65</b>	<b>80</b>	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
<b>80</b>	<b>100</b>	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
<b>100</b>	<b>120</b>	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
<b>120</b>	<b>140</b>	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
<b>140</b>	<b>160</b>	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
<b>160</b>	<b>180</b>	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
<b>180</b>	<b>200</b>	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
<b>200</b>	<b>225</b>	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
<b>225</b>	<b>250</b>	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
<b>250</b>	<b>280</b>	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
<b>280</b>	<b>315</b>	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
<b>315</b>	<b>355</b>	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
<b>355</b>	<b>400</b>	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
<b>400</b>	<b>450</b>	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
<b>450</b>	<b>500</b>	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
<b>500</b>	<b>560</b>	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
<b>560</b>	<b>630</b>	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
<b>630</b>	<b>710</b>	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
<b>710</b>	<b>800</b>	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
<b>800</b>	<b>900</b>	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
<b>900</b>	<b>1 000</b>	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860
<b>1 000</b>	<b>1 120</b>	530	770	770	1 030	1 030	1 300	1 300	1 670	1 670	2 050
<b>1 120</b>	<b>1 250</b>	570	830	830	1 120	1 120	1 420	1 420	1 830	1 830	2 250
<b>1 250</b>	<b>1 400</b>	620	910	910	1 230	1 230	1 560	1 560	2 000	2 000	2 450
<b>1 400</b>	<b>1 600</b>	680	1 000	1 000	1 350	1 350	1 720	1 720	2 200	2 200	2 700
<b>1 600</b>	<b>1 800</b>	750	1 110	1 110	1 500	1 500	1 920	1 920	2 400	2 400	2 950

## Jeu radial interne des roulements à rouleaux toroïdaux CARB à alésage cylindrique



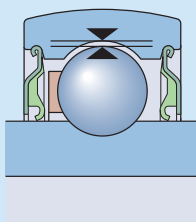
Diamètre d'alésage		Jeu radial interne C2		Normal		C3		C4		C5	
d	incl.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
au-dessus de		mm									
mm		μm									
<b>18</b>	<b>24</b>	15	30	25	40	35	55	50	65	65	85
<b>24</b>	<b>30</b>	15	35	30	50	45	60	60	80	75	95
<b>30</b>	<b>40</b>	20	40	35	55	55	75	70	95	90	120
<b>40</b>	<b>50</b>	25	45	45	65	65	85	85	110	105	140
<b>50</b>	<b>65</b>	30	55	50	80	75	105	100	140	135	175
<b>65</b>	<b>80</b>	40	70	65	100	95	125	120	165	160	210
<b>80</b>	<b>100</b>	50	85	80	120	120	160	155	210	205	260
<b>100</b>	<b>120</b>	60	100	100	145	140	190	185	245	240	310
<b>120</b>	<b>140</b>	75	120	115	170	165	215	215	280	280	350
<b>140</b>	<b>160</b>	85	140	135	195	195	250	250	325	320	400
<b>160</b>	<b>180</b>	95	155	150	220	215	280	280	365	360	450
<b>180</b>	<b>200</b>	105	175	170	240	235	310	305	395	390	495
<b>200</b>	<b>225</b>	115	190	185	265	260	340	335	435	430	545
<b>225</b>	<b>250</b>	125	205	200	285	280	370	365	480	475	605
<b>250</b>	<b>280</b>	135	225	220	310	305	410	405	520	515	655
<b>280</b>	<b>315</b>	150	240	235	330	330	435	430	570	570	715
<b>315</b>	<b>355</b>	160	260	255	360	360	485	480	620	620	790
<b>355</b>	<b>400</b>	175	280	280	395	395	530	525	675	675	850
<b>400</b>	<b>450</b>	190	310	305	435	435	580	575	745	745	930
<b>450</b>	<b>500</b>	205	335	335	475	475	635	630	815	810	1015
<b>500</b>	<b>560</b>	220	360	360	520	510	690	680	890	890	1110
<b>560</b>	<b>630</b>	240	400	390	570	560	760	750	980	970	1220
<b>630</b>	<b>710</b>	260	440	430	620	610	840	830	1080	1070	1340
<b>710</b>	<b>800</b>	300	500	490	680	680	920	920	1200	1200	1480
<b>800</b>	<b>900</b>	320	540	530	760	750	1020	1010	1330	1320	1660
<b>900</b>	<b>1000</b>	370	600	590	830	830	1120	1120	1460	1460	1830
<b>1000</b>	<b>1120</b>	410	660	660	930	930	1260	1260	1640	1640	2040
<b>1120</b>	<b>1250</b>	450	720	720	1020	1020	1380	1380	1800	1800	2240
<b>1250</b>	<b>1400</b>	490	800	800	1130	1130	1510	1510	1970	1970	2460
<b>1400</b>	<b>1600</b>	570	890	890	1250	1250	1680	1680	2200	2200	2740
<b>1600</b>	<b>1800</b>	650	1010	1010	1390	1390	1870	1870	2430	2430	3000

## Jeu radial interne des roulements à rouleaux toroïdaux CARB à alésage conique



Diamètre d'alésage		Jeu radial interne C2		Normal		C3		C4		C5	
d	incl.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
au-dessus de											
mm		μm									
<b>18</b>	<b>24</b>	15	35	30	45	40	55	55	70	65	85
<b>24</b>	<b>30</b>	20	40	35	55	50	65	65	85	80	100
<b>30</b>	<b>40</b>	25	50	45	65	60	80	80	100	100	125
<b>40</b>	<b>50</b>	30	55	50	75	70	95	90	120	115	145
<b>50</b>	<b>65</b>	40	65	60	90	85	115	110	150	145	185
<b>65</b>	<b>80</b>	50	80	75	110	105	140	135	180	175	220
<b>80</b>	<b>100</b>	60	100	95	135	130	175	170	220	215	275
<b>100</b>	<b>120</b>	75	115	115	155	155	205	200	255	255	325
<b>120</b>	<b>140</b>	90	135	135	180	180	235	230	295	290	365
<b>140</b>	<b>160</b>	100	155	155	215	210	270	265	340	335	415
<b>160</b>	<b>180</b>	115	175	170	240	235	305	300	385	380	470
<b>180</b>	<b>200</b>	130	195	190	260	260	330	325	420	415	520
<b>200</b>	<b>225</b>	140	215	210	290	285	365	360	460	460	575
<b>225</b>	<b>250</b>	160	235	235	315	315	405	400	515	510	635
<b>250</b>	<b>280</b>	170	260	255	345	340	445	440	560	555	695
<b>280</b>	<b>315</b>	195	285	280	380	375	485	480	620	615	765
<b>315</b>	<b>355</b>	220	320	315	420	415	545	540	680	675	850
<b>355</b>	<b>400</b>	250	350	350	475	470	600	595	755	755	920
<b>400</b>	<b>450</b>	280	385	380	525	525	655	650	835	835	1005
<b>450</b>	<b>500</b>	305	435	435	575	575	735	730	915	910	1115
<b>500</b>	<b>560</b>	330	480	470	640	630	810	800	1010	1000	1230
<b>560</b>	<b>630</b>	380	530	530	710	700	890	880	1110	1110	1350
<b>630</b>	<b>710</b>	420	590	590	780	770	990	980	1230	1230	1490
<b>710</b>	<b>800</b>	480	680	670	860	860	1100	1100	1380	1380	1660
<b>800</b>	<b>900</b>	520	740	730	960	950	1220	1210	1530	1520	1860
<b>900</b>	<b>1000</b>	580	820	810	1040	1040	1340	1340	1670	1670	2050
<b>1000</b>	<b>1120</b>	640	900	890	1170	1160	1500	1490	1880	1870	2280
<b>1120</b>	<b>1250</b>	700	980	970	1280	1270	1640	1630	2060	2050	2500
<b>1250</b>	<b>1400</b>	770	1080	1080	1410	1410	1790	1780	2250	2250	2740
<b>1400</b>	<b>1600</b>	870	1200	1200	1550	1550	1990	1990	2500	2500	3050
<b>1600</b>	<b>1800</b>	950	1320	1320	1690	1690	2180	2180	2730	2730	3310

## Jeu radial interne des roulements Y

Taille de roulement<sup>1)</sup>

## Jeu radial interne des roulements Y des séries

YAT 2, YAR 2, YET 2,  
YEL 2, YHC 2

YSA 2 K

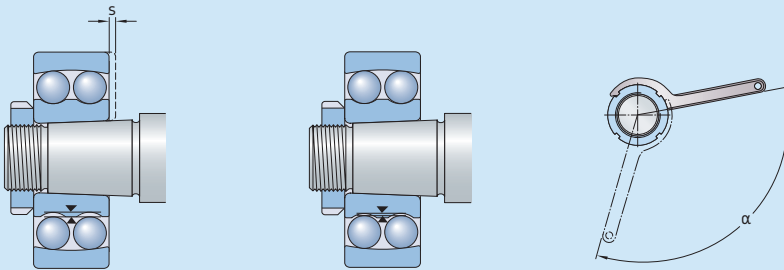
17262(00)

17263(00)

de	à	min.	max.	min.	max.	min.	max.
μm							
03	03	10	25	–	–	3	18
04	04	12	28	–	–	5	20
05	06	12	28	23	41	5	20
07	08	13	33	28	46	6	20
09	10	14	36	30	51	6	23
11	13	18	43	38	61	8	28
14	16	20	51	–	–	–	–
17	20	24	58	–	–	–	–

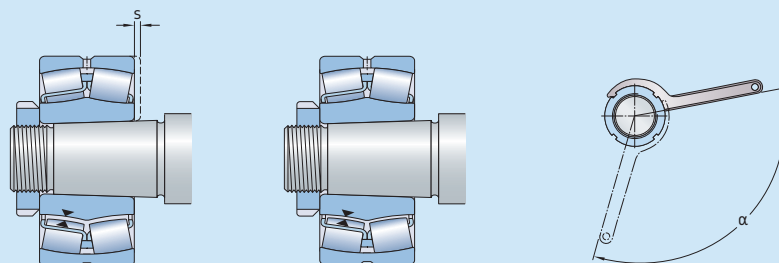
<sup>1)</sup> Par exemple : la taille de roulement 06 comprend tous les roulements basés sur un roulement Y 206 : YAR 206-101-2F, YAR 206-102-2F, YAR 206-2F, YAR 206-103-2F, YAR 206-104-2F.

## Données d'enfoncement pour les roulements à rotule sur billes à alésage conique



Diamètre d'alésage	Enfoncement axial	Angle de serrage de l'écrou de serrage
d	s <sup>1)</sup>	α
mm	mm	degrés
20	0,22	80
25	0,22	55
30	0,22	55
35	0,30	70
40	0,30	70
45	0,35	80
50	0,35	80
55	0,40	75
60	0,40	75
65	0,40	80
70	0,40	80
75	0,45	85
80	0,45	85
85	0,60	110
90	0,60	110
95	0,60	110
100	0,60	110
110	0,70	125
120	0,70	125

## Données d'enfoncement pour les roulements à rotule sur rouleaux à alésage conique



Diamètre d'alésage d		Réduction du jeu radial interne				Enfoncement axial s <sup>(1), 2)</sup>			Angle de serrage de l'écrou de serrage <sup>(1), 2)</sup>		
incl.		min.		max.		Conicité de 1:12		Conicité de 1:30		Conicité de 1:12	
au-dessus de		mm		mm		mm		mm		α	
mm		mm		mm		mm		mm		degrés	
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	–	100		
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	–	115		
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	–	130		
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115			
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130			
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150			
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35				
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80				
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20				
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60				
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00				
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45				
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85				
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40				
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00				
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60				
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60				
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50				
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50				
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30				
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60				
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00				
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50				
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40				
900	1 000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30				
1 000	1 120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50				
1 120	1 250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70				
1 250	1 400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30				
1 400	1 600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70				
1 600	1 800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20				

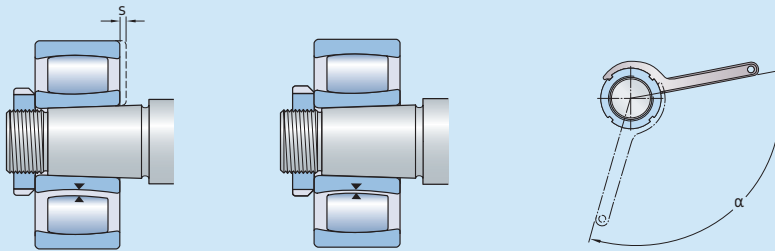
**REMARQUE :** l'application des valeurs recommandées permet de prévenir le roulage de la bague intérieure mais ne garantit pas l'exactitude du jeu radial interne en opération.

Des influences supplémentaires, dues à l'ajustement du corps du palier et aux différences de températures entre les bagues intérieure et extérieure, doivent être prises en considération lors de la sélection de la classe du jeu radial interne du roulement. Pour plus d'informations, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>1)</sup> Valable uniquement pour les arbres pleins en acier et les applications générales. Non valable pour la méthode par enfoncement axial SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées doivent être utilisées uniquement à titre d'orientation, car il est difficile d'établir une position de départ précise et l'enfoncement axial s varie légèrement d'une série de roulements à l'autre.

## Données d'enfoncement pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB à alésage conique



Diamètre d'alésage d		Réduction du jeu radial interne		Enfoncement axial s <sup>1)</sup>				Angle de serrage de l'écrou de serrage
incl.		min.	max.	Conicité de 1:12		Conicité de 1:30		Conicité de 1:12
au-dessus de				min.	max.	min.	max.	α
mm		mm		mm				degrés
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1000	1120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1120	1250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1250	1400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1400	1600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1600	1800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

**REMARQUE :** l'application des valeurs recommandées permet de prévenir le roulage de la bague intérieure mais ne garantit pas l'exactitude du jeu radial interne en opération. Des influences supplémentaires, dues à l'ajustement du corps du palier et aux différences de températures entre les bagues intérieure et extérieure, doivent être prises en considération lors de la sélection de la classe du jeu radial interne du roulement. Pour plus d'informations, veuillez contacter le service Applications SKF.

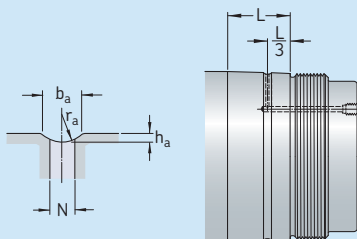
<sup>1)</sup> Valable uniquement pour les arbres pleins en acier et les applications générales. Non valable pour la méthode par enfoncement axial SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées doivent être utilisées uniquement à titre d'orientation, car il est difficile d'établir une position de départ précise et l'enfoncement axial s varie légèrement d'une série de roulements à l'autre.



## Annexe G-1

## Dimensions recommandées pour les conduits d'alimentation et les rainures de distribution d'huile



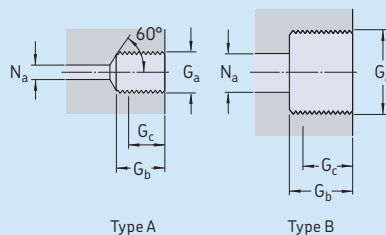
## Diamètre de portée Dimensions

		$b_a$	$h_a$	$r_a$	$N$
au-dess-incl. us de					
mm		mm			
–	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7
800	1 000	12	2,5	8	8

L = largeur de la portée de roulement

## Annexe G-2

## Conception et dimensions recommandées des trous filetés pour le raccordement de l'alimentation en huile



Filetage	Type	Dimensions		
		$G_b$	$G_c^{1)}$	$N_a$ max.
–	–	mm		
M 6	A	10	8	3
G 1/8	A	12	10	3
G 1/4	A	15	12	5
G 3/8	B	15	12	8
G 1/2	B	18	14	8
G 3/4	B	20	16	8

<sup>1)</sup> Longueur effective du filetage

**Méthode par enfonceur axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur billes**

Désignation du roulement	Position de départ		Position finale		Réduction du jeu radial à partir de la position « zéro » $\Delta_r$	Écrou hydraulique	
	Pression d'huile requise pour une surface de glissement	$P_{ref}^{(1)}$ pour deux surfaces de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_s$	à partir de deux surfaces de glissement $\Delta_r$		Désignation	Surface du piston $A_{ref}$
–	MPa		mm		mm	–	mm <sup>2</sup>
<b>Série 12</b>							
1210 EK	0,57	0,97	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
1211 EK	0,76	1,30	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
1212 EK	0,92	1,55	0,29	0,34	0,021	HMV 12E	3 300
1213 EK	0,99	1,70	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
1214 EK	0,83	1,40	0,33	0,38	0,025	HMV 14E	3 800
1215 K	0,88	1,50	0,33	0,38	0,026	HMV 15E	4 000
1216 K	1,10	1,85	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
1217 K	1,10	1,90	0,38	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
1218 K	1,15	1,90	0,40	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
1219 K	1,35	2,30	0,41	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
1220 K	1,45	2,50	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100
1222 K	1,70	2,90	0,49	0,54	0,039	HMV 22E	5 600
1224 K	1,55	2,70	0,50	0,56	0,042	HMV 24E	6 000
1226 K	1,75	3,00	0,55	0,60	0,046	HMV 26E	6 400
<b>Série 13</b>							
1310 EK	1,45	2,50	0,27	0,32	0,018	HMV 10 E	2 900
1311 EK	1,65	2,80	0,28	0,33	0,019	HMV 11 E	3 150
1312 EK	2,45	4,20	0,33	0,38	0,021	HMV 12 E	3 300
1313 EK	2,60	4,40	0,35	0,40	0,023	HMV 13 E	3 600
1314 K	2,00	3,40	0,35	0,41	0,025	HMV 14 E	3 800
1315 K	2,20	3,70	0,36	0,41	0,026	HMV 15 E	4 000
1316 K	2,30	4,00	0,39	0,44	0,028	HMV 16 E	4 200
1317 K	2,50	4,30	0,41	0,46	0,030	HMV 17 E	4 400
1318 K	2,40	4,10	0,43	0,49	0,032	HMV 18 E	4 700
1319 K	2,50	4,20	0,44	0,49	0,033	HMV 19 E	4 900
1320 K	2,80	4,70	0,47	0,52	0,035	HMV 20 E	5 100
1322 K	3,40	5,70	0,53	0,58	0,039	HMV 22 E	5 600
<b>Série 22</b>							
2210 EK	0,61	1,05	0,24	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2211 EK	0,68	1,15	0,25	0,30	0,019	HMV 11E	3 150
2212 EK	0,84	1,45	0,27	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2213 EK	0,91	1,55	0,30	0,35	0,023	HMV 13E	3 600
2214 K	1,05	1,80	0,32	0,38	0,025	HMV 14E	3 800
2215 EK	0,88	1,50	0,32	0,37	0,026	HMV 15E	4 000
2216 EK	1,05	1,80	0,35	0,40	0,028	HMV 16E	4 200
2217 K	1,25	2,10	0,37	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
2218 K	1,40	2,30	0,40	0,45	0,032	HMV 18E	4 700
2219 K	1,50	2,60	0,40	0,46	0,033	HMV 19E	4 900
2220 K	1,60	2,70	0,43	0,48	0,035	HMV 20E	5 100
2222 K	1,85	3,10	0,47	0,52	0,039	HMV 22E	5 600
<b>Série 23</b>							
2310 K	1,30	2,20	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2311 K	1,55	2,60	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
2312 K	1,65	2,80	0,28	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2313 K	2,00	3,40	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
2314 K	2,10	3,60	0,33	0,39	0,025	HMV 14E	3 800
2315 K	2,30	3,90	0,34	0,39	0,026	HMV15 E	4 000
2316 K	2,40	4,10	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
2317 K	2,60	4,50	0,39	0,44	0,030	HMV 17E	4 400
2318 K	2,80	4,70	0,41	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
2319 K	2,90	4,90	0,42	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
2320 K	3,30	5,60	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100

<sup>1)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ *La méthode par enfonceur axial SKF*, page 57).

**Méthode par enfonceur axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur rouleaux**

Désignation du roulement <sup>1)</sup>	Position de départ		Position finale		Réduction du jeu radial à partir de la position de départ « zéro » $\Delta_r$	Écrou hydraulique	Surface du piston
	Pression d'huile requise $P_{ref}^{(2)}$ pour une surface de glissement	Pression d'huile requise $P_{ref}^{(2)}$ pour deux surfaces de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_s$ pour une surface de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_s$ pour deux surfaces de glissement			
–	MPa	MPa	mm	mm	mm	–	mm <sup>2</sup>
<b>Série 213</b>							
21310 EK	1,90	3,20	0,40	0,47	0,023	HMV 10E	2 900
21311 EK	1,40	2,40	0,40	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
21312 EK	2,40	4,10	0,45	0,52	0,027	HMV 12E	3 300
21313 EK	2,50	4,30	0,47	0,55	0,029	HMV 13E	3 600
21314 EK	2,70	4,50	0,52	0,59	0,032	HMV 14E	3 800
21315 EK	2,20	3,70	0,51	0,58	0,034	HMV 15E	4 000
21316 EK	2,20	3,80	0,53	0,60	0,036	HMV 16E	4 200
21317 EK	1,75	3,00	0,53	0,60	0,038	HMV 17E	4 400
21318 EK	1,85	3,20	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
21319 EK	1,90	3,30	0,59	0,66	0,043	HMV 19E	4 900
21320 EK	1,50	2,50	0,58	0,65	0,045	HMV 20E	5 100
<b>Série 222</b>							
22210 EK	0,75	1,25	0,34	0,42	0,023	HMV 10E	2 900
22211 EK	0,70	1,25	0,36	0,43	0,025	HMV 11E	3 150
22212 EK	0,85	1,50	0,40	0,45	0,027	HMV 12E	3 300
22213 EK	0,95	1,65	0,43	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
22214 EK	0,95	1,60	0,44	0,51	0,032	HMV 14E	3 800
22215 EK	0,90	1,50	0,46	0,53	0,034	HMV 15E	4 000
22216 EK	1,00	1,70	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
22217 EK	1,15	2,00	0,50	0,58	0,038	HMV 17E	4 400
22218 EK	1,20	2,10	0,54	0,61	0,041	HMV 18E	4 700
22219 EK	1,35	2,30	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
22220 EK	1,45	2,50	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
22222 EK	1,75	3,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
22224 EK	1,85	3,10	0,68	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
22226 EK	1,95	3,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
22228 CCK/W33	2,30	4,00	0,80	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
22230 CCK/W33	2,50	4,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
22232 CCK/W33	2,60	4,40	0,91	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
22234 CCK/W33	2,80	4,70	0,97	1,02	0,077	HMV 34E	9 400
22236 CCK/W33	2,50	4,30	1,01	1,07	0,081	HMV 36E	10 300
22238 CCK/W33	2,60	4,40	1,06	1,13	0,086	HMV 38E	11 500
22240 CCK/W33	2,70	4,60	1,12	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
22244 CCK/W33	2,90	5,00	1,22	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
22248 CCK/W33	3,30	5,60	1,34	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
22252 CACK/W33	3,20	5,50	1,43	1,49	0,117	HMV 52E	18 800
22256 CACK/W33	3,00	5,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
22260 CACK/W33	2,90	4,90	1,62	1,68	0,135	HMV 60E	23 600
22264 CACK/W33	3,10	5,20	1,73	1,79	0,144	HMV 64E	26 300
22272 CAK/W33	3,60	6,10	1,96	2,02	0,162	HMV 72E	31 300

<sup>1)</sup> Pour les roulements à rotule sur rouleaux de grandes dimensions non répertoriés dans le tableau, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ *La méthode par enfonceur axial SKF*, page 57).

**Méthode par enfonceur axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur rouleaux**

Désignation du roulement <sup>1)</sup>	Position de départ		Position finale			Écrou hydraulique	
	Pression d'huile requise $P_{ref}^{(2)}$ pour une surface de deux surfaces de glissement		Déplacement axial à partir de la position de départ $s_0$ pour une surface de glissement			Désignation	Surface du piston
–	MPa		mm		$\Delta_r$	–	$A_{ref}$ mm <sup>2</sup>
<b>Série 223</b>							
22310 EK	1,60	2,80	0,35	0,43	0,023	HMV 10E	2 900
22311 EK	2,00	3,40	0,38	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
22312 EK	2,40	4,10	0,41	0,48	0,027	HMV 12E	3 300
22313 EK	2,10	3,60	0,42	0,49	0,029	HMV 13E	3 600
22314 EK	2,60	4,40	0,47	0,55	0,032	HMV 14E	3 800
22315 EK	2,30	4,00	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
22316 EK	2,40	4,10	0,50	0,57	0,036	HMV 16E	4 200
22317 EK	3,00	5,00	0,54	0,61	0,038	HMV 17E	4 400
22318 EK	3,00	5,10	0,57	0,65	0,041	HMV 18E	4 700
22319 EK	3,00	5,20	0,59	0,65	0,043	HMV 19E	4 900
22320 EK	4,10	7,00	0,64	0,71	0,045	HMV 20E	5 100
22322 EK	4,50	7,70	0,70	0,78	0,050	HMV 22E	5 600
22324 CCK/W33	4,40	7,50	0,74	0,81	0,054	HMV 24E	6 000
22326 CCK/W33	4,70	8,10	0,80	0,87	0,059	HMV 26E	6 400
22328 CCK/W33	5,00	8,60	0,84	0,91	0,063	HMV 28E	6 800
22330 CCK/W33	5,30	9,00	0,90	0,98	0,068	HMV 30E	7 500
22332 CCK/W33	5,20	8,80	0,95	1,02	0,072	HMV 32E	8 600
22334 CCK/W33	5,20	8,90	0,99	1,06	0,077	HMV 34E	9 400
22336 CCK/W33	5,10	8,80	1,05	1,12	0,081	HMV 36E	10 300
22338 CCK/W33	5,10	8,70	1,11	1,18	0,086	HMV 38E	11 500
22340 CCK/W33	5,10	8,80	1,16	1,23	0,090	HMV 40E	12 500
22344 CCK/W33	5,60	9,50	1,29	1,36	0,099	HMV 44E	14 400
22348 CCK/W33	5,60	9,50	1,39	1,46	0,108	HMV 48E	16 500
22352 CCK/W33	5,60	9,60	1,50	1,57	0,117	HMV 52E	18 800
22356 CCK/W33	5,70	9,70	1,61	1,68	0,126	HMV 56E	21 100
<b>Série 230</b>							
23022 CCK/W33	1,10	1,85	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
23024 CCK/W33	1,05	1,75	0,66	0,73	0,054	HMV 24E	6 000
23026 CCK/W33	1,25	2,20	0,72	0,83	0,059	HMV 26E	6 400
23028 CCK/W33	1,20	2,10	0,76	0,89	0,063	HMV 28E	6 800
23030 CCK/W33	1,25	2,10	0,81	0,88	0,068	HMV 30E	7 500
23032 CCK/W33	1,25	2,10	0,85	0,92	0,072	HMV 32E	8 600
23034 CCK/W33	1,35	2,30	0,89	0,96	0,077	HMV 34E	9 400
23036 CCK/W33	1,50	2,60	0,95	1,03	0,081	HMV 36E	10 300
23038 CCK/W33	1,50	2,50	1,01	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
23040 CCK/W33	1,65	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
23044 CCK/W33	1,65	2,90	1,15	1,23	0,099	HMV 44E	14 400
23048 CCK/W33	1,50	2,50	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
23052 CCK/W33	1,70	2,90	1,35	1,42	0,117	HMV 52E	18 800
23056 CCK/W33	1,55	2,70	1,44	1,51	0,126	HMV 56E	21 100
23060 CCK/W33	1,75	3,00	1,54	1,61	0,135	HMV 60E	23 600
23064 CCK/W33	1,60	2,70	1,63	1,70	0,144	HMV 64E	26 300
23068 CCK/W33	1,85	3,10	1,74	1,81	0,153	HMV 68E	28 400
23072 CCK/W33	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
23076 CCK/W33	1,60	2,70	1,91	1,98	0,171	HMV 76E	33 500
23080 CCK/W33	1,75	3,00	2,02	2,09	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Pour les roulements à rotule sur rouleaux de grandes dimensions non répertoriés dans le tableau, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ *La méthode par enfonceur axial SKF*, page 57).

**Méthode par enfonceur axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur rouleaux**

Désignation du roulement <sup>1)</sup>	Position de départ		Position finale		Réduction du jeu radial à partir de la position de départ « zéro » $\Delta_r$	Écrou hydraulique	
	Pression d'huile requise pour une surface de glissement	Pression d'huile requise $P_{ref}^{(2)}$ pour deux surfaces de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_2$ pour une surface de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_2$ pour deux surfaces de glissement		Désignation	Surface du piston
–	MPa		mm		–	$A_{ref}$ mm <sup>2</sup>	
<b>Série 231</b>							
23120 CCK/W33	1,40	2,40	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
23122 CCK/W33	1,45	2,50	0,63	0,70	0,050	HMV 22E	5 600
23124 CCK/W33	1,75	3,00	0,67	0,75	0,054	HMV 24E	6 000
23126 CCK/W33	1,65	2,80	0,72	0,80	0,059	HMV 26E	6 400
23128 CCK/W33	1,70	2,90	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
23130 CCK/W33	2,20	3,80	0,83	0,90	0,068	HMV 30E	7 500
23132 CCK/W33	2,30	3,90	0,87	0,95	0,072	HMV 32E	8 600
23134 CCK/W33	2,10	3,70	0,91	0,98	0,077	HMV 34E	9 400
23136 CCK/W33	2,30	4,00	0,97	1,04	0,081	HMV 36E	10 300
23138 CCK/W33	2,50	4,30	1,04	1,11	0,086	HMV 38E	11 500
23140 CCK/W33	2,60	4,50	1,08	1,15	0,090	HMV 40E	12 500
23144 CCK/W33	2,70	4,60	1,18	1,25	0,099	HMV 44E	14 400
23148 CCK/W33	2,60	4,50	1,27	1,35	0,108	HMV 48E	16 500
23152 CCK/W33	2,90	4,90	1,38	1,45	0,117	HMV 52E	18 800
23156 CCK/W33	2,60	4,40	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
23160 CCK/W33	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
23164 CCK/W33	3,10	5,30	1,68	1,75	0,144	HMV 64E	26 300
23168 CCK/W33	3,40	5,80	1,79	1,86	0,153	HMV 68E	28 400
23172 CCK/W33	3,30	5,60	1,90	1,96	0,162	HMV 72E	31 300
23176 CAK/W33	2,90	4,90	1,96	2,03	0,171	HMV 76E	33 500
23180 CAK/W33	2,80	4,70	2,05	2,12	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Série 232</b>							
23218 CCK/W33	1,70	2,90	0,54	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
23220 CCK/W33	1,90	3,30	0,58	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
23222 CCK/W33	2,40	4,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
23224 CCK/W33	2,50	4,30	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
23226 CCK/W33	2,60	4,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
23228 CCK/W33	3,00	5,20	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
23230 CCK/W33	3,1	5,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
23232 CCK/W33	3,30	5,60	0,90	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
23234 CCK/W33	3,40	5,90	0,94	1,01	0,077	HMV 34E	9 400
23236 CCK/W33	3,20	5,40	0,99	1,06	0,081	HMV 36E	10 300
23238 CCK/W33	3,30	5,60	1,05	1,12	0,086	HMV 38E	11 500
23240 CCK/W33	3,50	5,90	1,10	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
23244 CCK/W33	3,80	6,50	1,21	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
23248 CCK/W33	4,30	7,40	1,32	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
23252 CACK/W33	4,60	7,80	1,43	1,51	0,117	HMV 52E	18 800
23256 CACK/W33	4,10	7,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
23260 CACK/W33	4,30	7,40	1,63	1,70	0,135	HMV 60E	23 600
23264 CACK/W33	4,70	8,00	1,74	1,81	0,144	HMV 64E	26 300
23268 CAK/W33	5,00	8,50	1,85	1,92	0,153	HMV 68E	28 400
23272 CAK/W33	4,70	8,00	1,93	2,00	0,162	HMV 72E	31 300
23276 CAK/W33	4,70	8,10	2,03	2,11	0,171	HMV 76E	33 500
23280 CAK/W33	5,00	8,50	2,15	2,22	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Pour les roulements à rotule sur rouleaux de grandes dimensions non répertoriés dans le tableau, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ *La méthode par enfonceur axial SKF*, page 57).

**Méthode par enfonceur axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur rouleaux**

Désignation du roulement <sup>1)</sup>	Position de départ		Position finale		Réduction du jeu radial à partir de la position « zéro » $\Delta_r$	Écrou hydraulique	
	Pression d'huile requise $P_{ref}^{(2)}$ pour une surface de glissement	deux surfaces de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_s$ pour une surface de glissement	deux surfaces de glissement		Désignation	Surface du piston $A_{ref}$
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Série 239</b>							
23936 CCK/W33	0,84	1,45	0,93	1,00	0,081	HMV 36E	10 300
23938 CCK/W33	0,72	1,20	0,98	1,05	0,086	HMV 38E	11 500
23940 CCK/W33	0,89	1,55	1,03	1,10	0,090	HMV 40E	12 500
23944 CCK/W33	0,75	1,30	1,11	1,19	0,099	HMV 44E	14 400
23948 CCK/W33	0,64	1,10	1,20	1,27	0,108	HMV 48E	16 500
23952 CCK/W33	0,91	1,55	1,31	1,38	0,117	HMV 52E	18 800
23956 CCK/W33	0,82	1,40	1,41	1,47	0,126	HMV 56E	21 100
23960 CCK/W33	1,05	1,80	1,51	1,58	0,135	HMV 60E	23 600
23964 CACK/W33	0,96	1,65	1,60	1,67	0,144	HMV 64E	26 300
23968 CCK/W33	0,89	1,50	1,68	1,75	0,153	HMV 68E	28 400
23972 CCK/W33	0,81	1,40	1,77	1,84	0,162	HMV 72E	31 300
23976 CCK/W33	1,05	1,80	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
23980 CCK/W33	0,93	1,60	1,96	2,03	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Série 240</b>							
24024 CCK30/W33	1,10	2,00	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
24026 CCK30/W33	1,40	2,60	1,80	1,98	0,059	HMV 26E	6 400
24028 CCK30/W33	1,30	2,40	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
24030 CCK30/W33	1,35	2,50	2,02	2,20	0,068	HMV 30E	7 500
24032 CCK30/W33	1,30	2,50	2,12	2,30	0,072	HMV 32E	8 600
24034 CCK30/W33	1,50	2,80	2,23	2,41	0,077	HMV 34E	9 400
24036 CCK30/W33	1,80	3,30	2,40	2,58	0,081	HMV 36E	10 300
24038 CCK30/W33	1,55	2,90	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
24040 CCK30/W33	1,75	3,20	2,64	2,82	0,090	HMV 40E	12 500
24044 CCK30/W33	1,75	3,20	2,88	3,06	0,099	HMV 44E	14 400
24048 CCK30/W33	1,50	2,80	3,09	3,27	0,108	HMV 48E	16 500
24052 CCK30/W33	1,90	3,50	3,37	3,55	0,117	HMV 52E	18 800
24056 CCK30/W33	1,65	3,10	3,58	3,76	0,126	HMV 56E	21 100
24060 CCK30/W33	1,90	3,50	3,84	4,02	0,135	HMV 60E	23 600
24064 CCK30/W33	1,80	3,30	4,08	4,26	0,144	HMV 64E	26 300
24068 CCK30/W33	2,00	3,80	4,34	4,52	0,153	HMV 68E	28 400
24072 CCK30/W33	1,90	3,40	4,55	4,73	0,162	HMV 72E	31 300
24076 CCK30/W33	1,80	3,30	4,78	4,96	0,171	HMV 76E	33 500
24080 ECK30/W33	1,95	3,70	5,04	5,22	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Pour les roulements à rotule sur rouleaux de grandes dimensions non répertoriés dans le tableau, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ *La méthode par enfonceur axial SKF*, page 57).

**Méthode par enfoncement axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rotule sur rouleaux**

Désignation du roulement <sup>1)</sup>	Position de départ		Position finale		Réduction du jeu radial à partir de la position « zéro »	Écrou hydraulique	
	Pression d'huile requise $P_{ref}^{2)}$ pour une surface de glissement	deux surfaces de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_0$ pour			Désignation	Surface du piston
–	MPa	–	une surface de glissement	deux surfaces de glissement	$\Delta_r$	–	$A_{ref}$
–	MPa	–	mm	mm	–	–	mm <sup>2</sup>
<b>Série 241</b>							
24122 CCK30/W33	1,55	2,90	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
24124 CCK30/W33	1,95	3,60	1,69	1,87	0,054	HMV 24E	6 000
24126 CCK30/W33	1,85	3,50	1,83	2,01	0,059	HMV 26E	6 400
24128 CCK30/W33	1,90	3,50	1,92	2,10	0,063	HMV 28E	6 800
24130 CCK30/W33	2,40	4,40	2,08	2,26	0,068	HMV 30E	7 500
24132 CCK30/W33	2,60	4,70	2,21	2,39	0,072	HMV 32E	8 600
24134 CCK30/W33	2,20	4,00	2,28	2,46	0,077	HMV 34E	9 400
24136 CCK30/W33	2,50	4,60	2,44	2,62	0,081	HMV 36E	10 300
24138 CCK30/W33	2,70	4,90	2,60	2,79	0,086	HMV 38E	11 500
24140 CCK30/W33	2,80	5,20	2,71	2,89	0,090	HMV 40E	12 500
24144 CCK30/W33	2,80	5,20	2,96	3,14	0,099	HMV 44E	14 400
24148 CCK30/W33	2,80	5,30	3,21	3,39	0,108	HMV 48E	16 500
24152 CCK30/W33	3,10	5,70	3,47	3,65	0,117	HMV 52E	18 800
24156 CCK30/W33	2,80	5,10	3,69	3,87	0,126	HMV 56E	21 100
24160 CCK30/W33	3,10	5,70	3,96	4,14	0,135	HMV 60E	23 600
24164 CCK30/W33	3,40	6,30	4,24	4,42	0,144	HMV 64E	26 300
24168 ECACK30/W33	3,60	6,70	4,48	4,66	0,153	HMV 68E	28 400
24172 ECCK30J/W33	3,30	6,10	4,70	4,88	0,162	HMV 72E	31 300
24176 ECAK30/W33	3,00	5,60	4,91	5,09	0,171	HMV 76E	33 500
24180 ECAK30/W33	2,90	5,40	5,14	5,32	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Série BS2-</b>							
BS2-2210-2CSK/VT143	0,83	1,40	0,34	0,41	(0,023)	HMV 10E	2 900
BS2-2211-2CSK/VT143	0,87	1,50	0,36	0,43	(0,025)	HMV 11E	3 150
BS2-2212-2CSK/VT143	1,15	1,95	0,38	0,46	(0,027)	HMV 12E	3 300
BS2-2213-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,41	0,48	(0,029)	HMV 13E	3 600
BS2-2214-2CSK/VT143	1,10	1,90	0,44	0,51	(0,032)	HMV 14E	3 800
BS2-2215-2CSK/VT143	1,05	1,75	0,45	0,53	(0,034)	HMV 15E	4 000
BS2-2216-2CSK/VT143	1,20	2,00	0,48	0,55	(0,036)	HMV 16E	4 200
BS2-2217-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,50	0,57	(0,038)	HMV 17E	4 400
BS2-2218-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,54	0,61	(0,041)	HMV 18E	4 700
BS2-2219-2CS5K/VT143	1,60	2,70	0,56	0,63	(0,043)	HMV 19E	4 900
BS2-2220-2CS5K/VT143	1,70	2,90	0,58	0,65	(0,045)	HMV 20E	5 100
BS2-2222-2CS5K/VT143	2,00	2,60	0,64	0,65	(0,050)	HMV 22E	5 600
BS2-2224-2CS5K/VT143	2,10	3,60	0,68	0,75	(0,054)	HMV 24E	6 000
BS2-2226-2CS5K/VT143	2,20	3,80	0,74	0,81	(0,059)	HMV 26E	6 400

<sup>1)</sup> Pour les roulements à rotule sur rouleaux de grandes dimensions non répertoriés dans le tableau, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ *La méthode par enfoncement axial SKF*, page 57).

**Méthode par enfoncement axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rouleaux toroïdaux CARB**

Désignation du roulement <sup>1)</sup>	Position de départ		Position finale			Écrou hydraulique Désignation	Surface du piston  A <sub>ref</sub>
	Pression d'huile requise P <sub>ref</sub> <sup>2)</sup> pour une surface de glissement	deux surfaces de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ s <sub>0</sub> pour une surface de glissement	deux surfaces de glissement	Réduction du jeu radial à partir de la position « zéro » Δ <sub>r</sub>		
–	MPa		mm			–	mm <sup>2</sup>
<b>Série C 22</b>							
C 2210 KTN9	0,67	1,15	0,34	0,41	0,023	HMV 10E	2 900
C 2211 KTN9	0,57	0,98	0,35	0,42	0,025	HMV 11E	3 150
C 2212 KTN9	1,10	1,85	0,39	0,47	0,027	HMV 12E	3 300
C 2213 KTN9	0,82	1,40	0,40	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
C 2214 KTN9	0,76	1,30	0,43	0,50	0,032	HMV 14E	3 800
C 2215 K	0,70	1,20	0,45	0,52	0,034	HMV 15E	4 000
C 2216 K	1,05	1,75	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
C 2217 K	1,10	1,90	0,50	0,57	0,038	HMV 17E	4 400
C 2218 K	1,35	2,30	0,55	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
C 2219 K	1,00	1,70	0,54	0,62	0,043	HMV 19E	4 900
C 2220 K	1,10	1,90	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
C 2222 K	1,50	2,50	0,63	0,71	0,050	HMV 22E	5 600
C 2224 K	1,60	2,70	0,67	0,74	0,054	HMV 24E	6 000
C 2226 K	1,45	2,50	0,71	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 2228 K	2,40	4,00	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
C 2230 K	1,80	3,10	0,82	0,89	0,068	HMV 30E	7 500
C 2234 K	2,60	4,40	0,94	1,01	0,076	HMV 34E	9 400
C 2238 K	1,80	3,00	1,01	1,08	0,086	HMV 38E	11 500
C 2244 K	1,95	3,30	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
<b>Série C 23</b>							
C 2314 K	2,00	3,40	0,46	0,53	0,032	HMV 14E	3 800
C 2315 K	2,30	3,80	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
C 2316 K	2,10	3,60	0,49	0,56	0,036	HMV 16E	4 200
C 2317 K	2,40	4,10	0,52	0,59	0,038	HMV 17E	4 400
C 2318 K	2,90	4,90	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
C 2319 K	2,20	3,80	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
C 2320 K	2,60	4,40	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
<b>Série C 30</b>							
C 3022 K	0,97	1,65	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 3024 K	0,92	1,60	0,65	0,72	0,054	HMV 24E	6 000
C 3026 K	1,25	2,10	0,72	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 3028 K	1,25	2,10	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
C 3030 K	1,00	1,75	0,80	0,87	0,068	HMV 30E	7 500
C 3032 K	1,35	2,30	0,86	0,93	0,072	HMV 32E	8 600
C 3034 K	1,50	2,60	0,90	0,98	0,076	HMV 34E	9 400
C 3036 K	1,45	2,40	0,95	1,02	0,081	HMV 36E	10 300
C 3038 K	1,60	2,70	1,02	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
C 3040 K	1,60	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
C 3044 K	1,60	2,70	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
C 3048 K	1,35	2,30	1,23	1,30	0,108	HMV 48E	16 500
C 3052 K	1,80	3,00	1,35	1,43	0,117	HMV 52E	18 800
C 3056 K	1,70	2,90	1,45	1,52	0,126	HMV 56E	21 100
C 3060 K	1,85	3,20	1,55	1,62	0,135	HMV 60E	23 600
C 3064 K	1,80	3,10	1,65	1,72	0,144	HMV 64E	26 300
C 3068 K	2,00	3,50	1,76	1,83	0,153	HMV 68E	28 400
C 3072 K	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
C 3076 K	1,35	2,30	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
C 3080 K	1,55	2,60	2,00	2,06	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB non répertoriés dans le tableau, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ La méthode par enfoncement axial SKF, page 57).



**Méthode par enfoncement axial SKF - valeurs indicatives pour la pression d'huile et le déplacement axial requis pour le montage des roulements à rouleaux toroïdaux CARB**

Désignation du roulement <sup>1)</sup>	Position de départ		Position finale		Réduction du jeu radial à partir de la position « zéro » $\Delta_r$	Écrou hydraulique	
	Pression d'huile requise pour une surface de glissement	Pression d'huile requise $P_{ref}^{2)}$ pour deux surfaces de glissement	Déplacement axial à partir de la position de départ $s_d$ pour une surface de glissement	Déplacement axial à partir de deux surfaces de glissement		Désignation	Surface du piston $A_{ref}$
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Série C 31</b>							
C 3130 K	2,40	4,10	0,84	0,91	0,068	HMV 30E	7 500
C 3132 K	2,10	3,50	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3134 K	1,85	3,10	0,90	0,97	0,076	HMV 34E	9 400
C 3136 K	1,70	2,90	0,94	1,01	0,081	HMV 36E	10 300
C 3138 K	2,30	3,90	1,02	1,10	0,086	HMV 38E	11 500
C 3140 K	2,70	4,60	1,08	1,16	0,090	HMV 40E	12 500
C 3144 K	2,80	4,70	1,18	1,26	0,099	HMV 44E	14 400
C 3148 K	2,00	3,40	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
C 3152 K	2,80	4,70	1,37	1,44	0,117	HMV 52E	18 800
C 3156 K	2,60	4,50	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
C 3160 K	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
C 3164 K	2,10	3,60	1,61	1,68	0,144	HMV 64E	26 300
C 3168 K	2,80	4,80	1,75	1,82	0,153	HMV 68E	28 400
C 3172 K	2,50	4,20	1,83	1,90	0,162	HMV 72E	31 300
C 3176 K	2,60	4,40	1,93	2,01	0,171	HMV 76E	33 500
C 3180 K	3,30	5,70	2,10	2,17	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Série C 32</b>							
C 3224 K	2,50	4,20	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
C 3232 K	2,70	4,60	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3236 K	3,70	6,30	1,01	1,09	0,081	HMV 36E	10 300
<b>Série C 40</b>							
C 4010 K30	0,41	0,77	0,80	0,99	0,023	HMV 10E	2 900
C 4013 K30	0,48	0,89	0,95	1,12	0,029	HMV 13E	3 600
C 4015 K30	0,69	1,30	1,10	1,29	0,034	HMV 15E	4 000
C 4020 K30	0,71	1,30	1,37	1,55	0,045	HMV 20E	5 100
C 4022 K30	0,87	1,60	1,51	1,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 4024 K30	1,15	2,20	1,65	1,84	0,054	HMV 24E	6 000
C 4026 K30	1,20	2,20	1,77	1,95	0,059	HMV 26E	6 400
C 4028 K30	1,20	2,30	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
C 4030 K30	1,35	2,50	2,02	2,2	0,068	HMV 30E	7 500
C 4032 K30	1,05	1,95	2,08	2,26	0,072	HMV 32E	8 600
C 4034 K30	1,35	2,50	2,21	2,39	0,076	HMV 34E	9 400
C 4036 K30	1,20	2,20	2,31	2,49	0,081	HMV 36E	10 300
C 4038 K30	1,50	2,80	2,51	2,69	0,086	HMV 38E	11 500
C 4040 K30	1,35	2,50	2,58	2,76	0,090	HMV 40E	12 500
C 4044 K30	1,40	2,60	2,82	3,00	0,099	HMV 44E	14 400
C 4060 K30	1,35	2,50	3,72	3,90	0,135	HMV 60E	23 600
<b>série C 41</b>							
C 4120 K30	1,40	2,60	1,43	1,61	0,045	HMV 20E	5 100
C 4122 K30	1,60	3,00	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
C 4124 K30	1,45	2,70	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
C 4126 K30	1,70	3,10	1,81	1,99	0,059	HMV 26E	6 400
C 4128 K30	2,00	3,70	1,93	2,11	0,063	HMV 28E	6 800
C 4130 K30	2,20	4,00	2,06	2,24	0,068	HMV 30E	7 500
C 4132 K30	2,10	3,90	2,16	2,34	0,072	HMV 32E	8 600
C 4134 K30	1,90	3,50	2,24	2,42	0,076	HMV 34E	9 400
C 4136 K30	1,95	3,60	2,38	2,56	0,081	HMV 36E	10 300
C 4138 K30	2,00	3,70	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
C 4140 K30	2,30	4,30	2,65	2,83	0,090	HMV 40E	12 500

<sup>1)</sup> Pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB non répertoriés dans le tableau, veuillez contacter le service Applications SKF.

<sup>2)</sup> Les valeurs répertoriées sont valables pour l'écrou hydraulique indiqué. Si vous utilisez un autre écrou hydraulique, la pression d'huile doit être ajustée (→ *La méthode par enfoncement axial SKF*, page 57).

**Équivalences de viscosité**

Comparaison entre plusieurs méthodes de classification de la viscosité

**Viscosités cinématiques**

mm<sup>2</sup>/s à 40 °C (105 °F)  
mm<sup>2</sup>/s à 100 °C (210 °F)

ISO VG

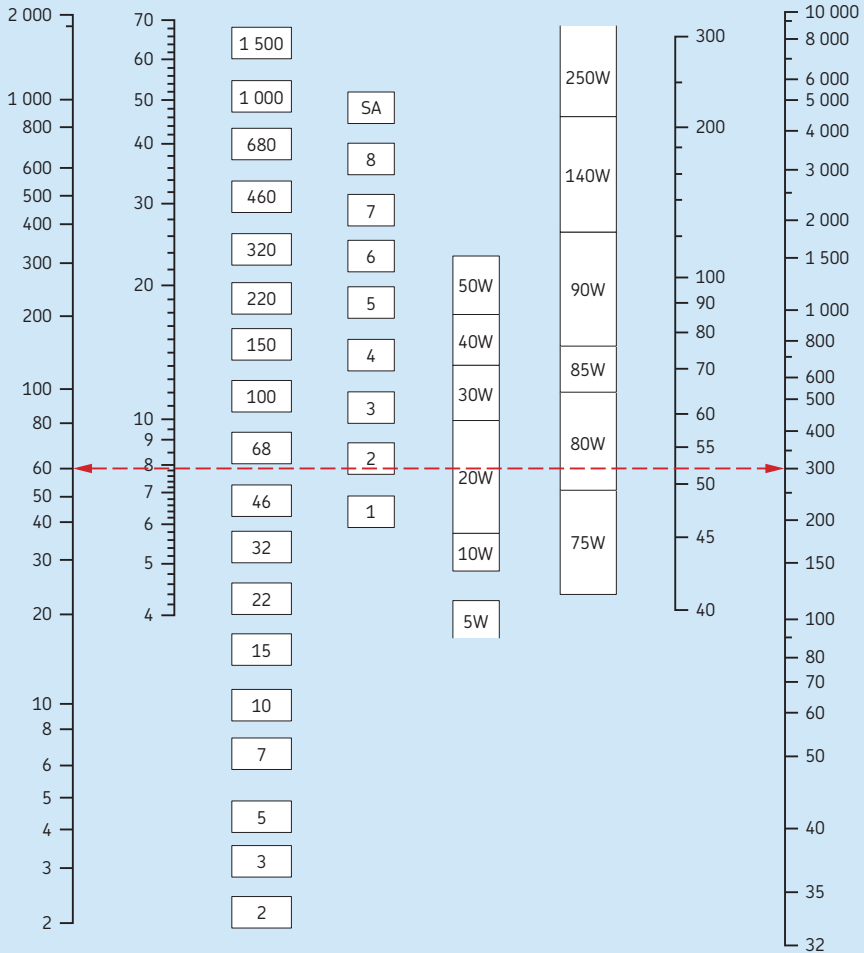
Grades AGMA

Grades SAE pour huiles de carters

Grades SAE pour huiles d'engrenages

**Viscosités saybolt**

SUS/210 °F (100 °C)  
SUS/100 °F (38 °C)



Les viscosités sont basées sur des huiles monogrades 95 VI. Les grades ISO sont donnés pour une température 40 °C (105 °F). Les grades AGMA sont donnés pour une température de 100 °F (38 °C). SAE 75W, 80W, 85W, et 5 et 10W sont données pour des températures basses (inférieures à -17 °F (-25 °C)). Les viscosités équivalentes pour 100 °F (38 °C) et 210 °F (100 °C) sont indiquées. SAE 90 à 250 et 20 à 50 sont données à 210 °F (100 °C).

## Annexe I-2

## Degrés de viscosité ISO

Degré de viscosité ISO	Viscosité cinématique à 40 °C (105 °F)		
		moyenne	min. max.
–	mm <sup>2</sup> /s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

## Présentation des outils et produits de montage SKF

SKF propose une vaste gamme d'outils et de produits de montage. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Kit d'outils de montage de roulements



Clés à ergot



Clés de serrage d'écrous pour roulements



Outils de manipulation de roulements



Gants de travail résistants à la chaleur/à l'huile



Appareils de chauffage par induction



Appareils portables de chauffage par induction



Plaques chauffantes électriques



Fluide de montage



Pompes hydrauliques



Écrous hydrauliques



## Annexes

Injecteurs d'huile



Pompes hydropneumatiques



Calibres à lames



Indicateur SENSORMOUNT



Agent anti-fretting



## Présentation des équipements d'alignement SKF

SKF propose un large choix d'équipements d'alignement. Pour de plus amples informations, veuillez visiter [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) et [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

Appareils d'alignement d'arbres



Imprimantes thermiques



Outils d'alignement de courroies



Cales de machines



Éléments SKF Vibracon SM



## Présentation des outils et produits de lubrification SKF

SKF propose une gamme très variée de produits de lubrification. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF peut également proposer un choix de systèmes de lubrification centralisée. Pour en savoir plus, visitez [www.skf.com/lubrification](http://www.skf.com/lubrification).

Graisses pour roulements et huiles pour chaînes



Pistolets à graisse



Pompes de remplissage de graisse



Couppelles à graisser les roulements



Récipients de manipulation d'huile





Compteurs de graisse



Systèmes de lubrification automatique monopoint



Systèmes de lubrification automatique multipoint



Gants résistants à la graisse



Raccords de graissage



Niveaux d'huile



Planificateur de lubrification SKF, capuchons et étiquettes de raccords de graissage



Kits de test de graisse



Graisseurs compacts



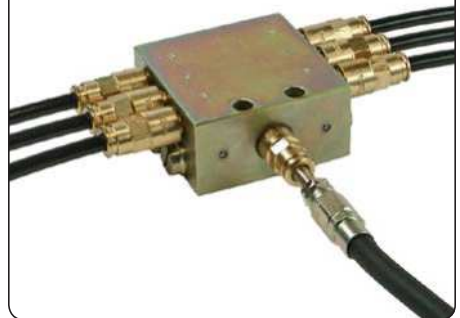
Pompes à piston actionnées par batterie KFAS



Pompe à piston avec distributeur monobloc PF-VPBM



Systèmes d'aide à la lubrification avec distributeur



## LGMT 2

### Graisse automobile et industrielle pour roulements SKF à usage général

La graisse LGMT 2 est une graisse à base d'huile minérale épaissie au savon de lithium avec une excellente stabilité thermique dans sa plage de températures de fonctionnement. Cette graisse de première qualité à usage général convient à un grand nombre d'applications industrielles et automobiles.

#### Caractéristiques

- excellente stabilité à l'oxydation
- bonne stabilité mécanique
- excellente résistance à l'eau et propriétés antirouille

#### Applications recommandées

- équipements agricoles
- roulements de roues pour automobiles
- convoyeurs
- petits moteurs électriques
- ventilateurs industriels

## LGMT 3

### Graisse automobile et industrielle pour roulements SKF à usage général

La graisse LGMT 3 est une graisse à base d'huile minérale épaissie au savon de lithium. Cette graisse de première qualité à usage général convient à un grand nombre d'applications industrielles et automobiles.

#### Caractéristiques

- excellentes propriétés antirouille
- grande stabilité à l'oxydation dans sa plage de températures recommandées

#### Applications recommandées

- roulements au diamètre d'alésage > 100 mm
- rotation de la bague extérieure du roulement
- applications à arbre vertical
- températures ambiantes élevées constantes >35 °C (95 °F)
- arbres de transmission
- équipements agricoles
- roulements de roues pour voitures, camions et remorques
- grands moteurs électriques

## LGEP 2

### Graisse pour roulements SKF pour fortes charges et extrême pression

La graisse LGEP 2 est une graisse à base d'huile minérale épaissie au savon de lithium contenant des additifs pour extrême pression. Cette graisse fournit une bonne lubrification à des températures de fonctionnement s'échelonnant de  $-20$  à  $+110$  °C ( $-5$  à  $+230$  °F)

#### Caractéristiques

- excellente stabilité mécanique
- extrêmement bonnes propriétés anticorrosion
- excellentes performances EP

#### Applications recommandées

- machines à pulpe et à papier
- concasseurs à mâchoires
- vannes de barrage
- roulements pour cylindres de travail dans la sidérurgie
- machines lourdes, tamis vibrants
- roues de grues, poulies

## LGFP 2

### Graisse pour roulements compatible alimentaire SKF

La graisse LGFP 2 est une graisse propre, non toxique à base d'une huile médicale blanche et d'un savon complexe d'aluminium. Cette graisse est formulée uniquement à partir d'ingrédients répertoriés par la FDA<sup>1)</sup> et est autorisée par la NSF<sup>2)</sup> pour un service de catégorie H1<sup>3)</sup>.

#### Caractéristiques

- conforme à toutes les législations en vigueur sur la protection des aliments
- haute résistance aux lavages à l'eau qui la rend appropriée pour des applications soumises à des lavages fréquents
- excellente durée de vie de la graisse
- excellente résistance à la corrosion
- une valeur de pH essentiellement neutre

#### Applications recommandées

- équipements boulangers
- équipements de transformation des aliments
- roulements pour emballage multiple de cassettes
- emballeuses
- roulements pour convoyeurs
- machines d'embouteillage

<sup>1)</sup> Food and Drug Administration (organisme américain de surveillance des aliments et médicaments)

<sup>2)</sup> National Sanitation Foundation (fondation nationale pour la protection sanitaire)

<sup>3)</sup> Contact accidentel avec des produits alimentaires

## LGEM 2

### Graisse pour roulements SKF à viscosité élevée et contenant des lubrifiants solides

La graisse LGEM 2 est une graisse de première qualité et à viscosité élevée à base d'huile minérale utilisant un savon de lithium contenant du bisulfure de molybdène et du graphite.

#### Caractéristiques

- bonne lubrification pour les roulements fonctionnant sous de fortes charges et une rotation lente
- lubrification sûre en raison de l'ajout de bisulfure de molybdène et de graphite

#### Applications recommandées

- roulements d'éléments roulants tournant à basse vitesse et soumis à de très fortes charges
- concasseurs à mâchoires
- machines à chenilles
- roues de chariots élévateurs
- engins de construction tels que les vérins mécaniques et les bras ou crochets de grues

## LGEV 2

### Graisse pour roulements SKF à viscosité extrêmement élevée et contenant des lubrifiants solides

La graisse LGEV 2 est une graisse de première qualité et à viscosité extrêmement élevée à base d'huile minérale utilisant un savon de lithium-calcium contenant du bisulfure de molybdène et du graphite.

#### Caractéristiques

- excellentes propriétés lubrifiantes grâce à l'ajout d'additifs solides tels que le bisulfure de molybdène et le graphite
- convient très bien pour la lubrification des roulements à rotule sur rouleaux de grandes dimensions soumis à de fortes charges et à une rotation lente, situation dans laquelle des micro-glislements sont probables
- stabilité mécanique extrême lui donnant une résistance à l'eau élevée et une bonne protection anticorrosion

#### Applications recommandées

- roulements de tourillons sur tambours rotatifs
- galets-supports et butées sur rouleaux de fours rotatifs et sécheurs
- excavateurs à roues
- roulements d'orientation
- laminoirs à haute pression
- concasseurs

## LGLT 2

### Graisse pour roulements SKF basses températures et vitesses extrêmement élevées

La graisse LGLT 2 est une graisse de première qualité à base d'huile entièrement synthétique et de savon de lithium. Sa technologie d'épaississant unique et son huile à faible viscosité (PAO) permettent d'excellentes performances à basse température ( $-50\text{ °C}$  ( $-60\text{ °F}$ )) et à des vitesses extrêmement élevées, des valeurs  $n d_m$  de  $1,6 \times 10^6$  peuvent être atteintes.

#### Caractéristiques

- faible moment de frottement
- faible perte de puissance
- fonctionnement silencieux
- stabilité extrême à l'oxydation et bonne résistance à l'eau

#### Applications recommandées

- broches de filage de textiles
- broches de machines-outils
- instruments et équipements de commande
- petits moteurs électriques utilisés dans les équipements médicaux et dentaires
- roller-blades
- cylindres d'impression
- robots

## LGGB 2

### Graisse pour roulements SKF écologique et biodégradable

La graisse LGGB 2 est une graisse biodégradable, de faible toxicité, à base d'huile d'ester synthétique associée à un épaississant de calcium-lithium. Elle offre d'excellentes propriétés lubrifiantes pour une large gamme d'applications opérant dans des conditions différentes.

#### Caractéristiques

- conforme aux réglementations en vigueur relatives à la toxicité et à la biodégradabilité
- bonnes performances dans les applications comprenant des rotules lisses acier-acier, des roulements à billes ou à rouleaux
- bonnes performances pour le démarrage à basse température
- bonnes propriétés anticorrosion
- convient aux charges moyennes à fortes

#### Applications recommandées

- matériel agricole et forestier
- engins de construction et de terrassement
- équipements miniers et de transport
- traitement de l'eau et irrigation
- écluses, barrages, ponts
- transmissions, embouts
- autres applications où la contamination de l'environnement est une préoccupation

## LGWM 1

### Graisse pour roulements SKF pour basse température et extrême pression (EP)

La graisse LGWM 1 est une graisse à base d'huile minérale associée à un savon de lithium et contenant des additifs pour extrême pression. Elle convient parfaitement pour la lubrification de roulements soumis à des charges aussi bien radiales qu'axiales, par exemple, les vis transporteuses.

#### Caractéristiques

- bonne formation du film d'huile à des températures basses pouvant atteindre  $-30\text{ °C}$  ( $-20\text{ °F}$ )
- bonne pompabilité à basse température
- bonne protection anticorrosion
- bonne résistance à l'eau

#### Applications recommandées

- éoliennes
- transporteurs à vis
- systèmes de lubrification centralisée
- applications comportant des butées à rotule sur rouleaux

## LGWM 2

### Graisse pour roulements SKF pour fortes charges et à large plage de températures

La graisse LGWM 2 a été conçue pour lubrifier dans une vaste plage de températures, sous de fortes charges et dans des environnements humides. Il s'agit d'une graisse à base d'huile minérale synthétique associée à la toute dernière technologie d'épaississant au sulfonate de calcium complexe et qui convient à des températures de jusqu'à  $-40\text{ °C}$  ( $-40\text{ °F}$ ).

#### Caractéristiques

- excellente protection anticorrosion
- excellente stabilité mécanique
- excellente capacité de lubrification sous fortes charges
- bonne protection contre le faux effet « Brinell »
- bonne pompabilité à basse température

#### Applications recommandées

- éoliennes
- applications robustes tout-terrain
- applications exposées à la neige
- applications maritimes
- applications comportant des butées à rotule sur rouleaux

## LGWA 2

### Graisse pour roulements SKF pour fortes charges, extrême pression (EP) et vaste plage de températures

La graisse LGWA 2 est une graisse de première qualité à base d'huile minérale et de lithium complexe performante sous une extrême pression (EP). Les propriétés de la graisse LGWA 2 lui permettent de convenir très bien à un grand nombre d'applications industrielles et automobiles.

#### Caractéristiques

- excellentes propriétés lubrifiantes à des températures de crête pouvant atteindre 220 °C (430 °F) pendant de courtes périodes
- protection des roulements de roues fonctionnant dans des conditions hostiles
- lubrification efficace dans des conditions humides
- bonne résistance à l'eau et à la corrosion
- excellente lubrification sous de fortes charges et à basse vitesse

#### Applications recommandées

- roulements de roues pour les voitures, remorques et camions
- lave-linge
- moteurs électriques

## LGHB 2

### Graisse pour roulements SKF à viscosité élevée pour fortes charges et hautes températures

La graisse LGHB 2 est une graisse de première qualité à viscosité élevée, à base d'huile minérale associée à la toute dernière technologie de savon de sulfonate de calcium complexe. Cette graisse ne contient pas d'additifs et ses caractéristiques pour extrême pression proviennent de la structure du savon.

#### Caractéristiques

- excellentes propriétés anti-oxydation et anticorrosion
- bonnes performances sous extrême pression dans des applications soumises à de fortes charges

#### Applications recommandées

- rotules lisses acier-acier
- machines à pulpe et à papier
- tamis vibrants pour asphalte
- machines de coulée continue
- roulements à rotule sur rouleaux étanches fonctionnant à un maximum de 150 °C (300 °F)
- résiste à des pics de températures de 200 °C (390 °F)
- roulements pour cylindres de travail dans la sidérurgie
- rouleaux de mâts de chariots élévateurs



## LGHP 2

### Graisse pour roulements SKF haute performance à température élevée

La graisse LGHP 2 est une graisse de première qualité à base d'huile minérale et contenant un agent épaississant moderne à la polyurée (diurée). Elle convient aux roulements à billes (et à rouleaux) devant fonctionner de manière extrêmement silencieuse, dans une plage de températures s'échelonnant de  $-40$  à  $+150$  °C ( $-40$  à  $+300$  °F) et à des vitesses moyennes à élevées.

#### Caractéristiques

- très longue durée à haute température
- large plage de températures de fonctionnement
- excellente protection anticorrosion
- grande stabilité thermique
- bonnes performances pour le démarrage à basse température
- compatible avec la plupart des graisses polyurées
- compatible avec les graisses au savon de lithium complexe
- niveaux sonores réduits
- très bonne stabilité mécanique

#### Applications recommandées

- moteurs électriques : petits, moyens et grands
- ventilateurs industriels, y-compris les ventilateurs à grande vitesse
- pompe à eau
- roulements de machines de transformation du textile et du papier, de sècheurs
- applications comportant des roulements à billes à grande vitesse fonctionnant à des températures moyennes à élevées
- butées d'embrayage
- wagonnets et rouleaux de fours
- applications à arbre vertical

## LGET 2

### Graisse pour roulements SKF pour hautes températures et conditions extrêmes

La graisse LGET 2 est une graisse de première qualité, à base d'huile fluorée de synthèse contenant un épaississant au PTFE. Elle possède d'excellentes propriétés de lubrification à des températures extrêmement élevées dépassant les  $200$  à  $260$  °C ( $300$  à  $500$  °F).

#### Caractéristiques

- longue durée dans des milieux agressifs comme les milieux très réactifs ou les zones à teneur en oxygène ou hexane gazeux de grande pureté par exemple
- excellente résistance à l'oxydation
- bonne résistance à la corrosion
- excellente résistance à l'eau et à la vapeur

#### Applications recommandées

- équipements boulangers (fours)
- roues de wagonnets de fours
- rouleaux de chargement de photocopieuses
- machines à gaufrettes
- sèche-linge
- tendeurs de film étirable
- moteurs électriques fonctionnant à des températures extrêmes
- ventilateurs d'urgence/chauds
- pompes à vide

Tableau de sélection de graisse pour roulements SKF

Désignation	Temp.	Vitesse	Charge	Description	Plage de températures <sup>1)</sup>		Agent épaississant / huile de base	Viscosité de l'huile de base <sup>2)</sup>
					LTL	HTPL		
-	-	-	-	-	°C (°F)		-	mm <sup>2</sup> /s
<b>LGMT 2</b>	M	M	L à M	Usage général industriel et automobile	-30 (-20)	+120 (+250)	Savon de lithium / huile minérale	110
<b>LGMT 3</b>	M	M	L à M	Usage général industriel et automobile	-30 (-20)	+120 (+250)	Savon de lithium / huile minérale	120
<b>LGEP 2</b>	M	L à M	H	Extrême pression	-20 (-5)	+110 (+230)	Savon de lithium / huile minérale	200
<b>LGFP 2</b>	M	M	L à M	Compatibles avec les aliments	-20 (-5)	+110 (+230)	Aluminium complexe / huile blanche médicale	130
<b>LGEM 2</b>	M	VL	H à VH	Forte viscosité avec lubrifiants solides	-20 (-5)	+120 (+250)	Savon de lithium / huile minérale	500
<b>LGEV 2</b>	M	VL	H à VH	Viscosité extrêmement élevée avec lubrifiants solides	-10 (+15)	+120 (+250)	Savon de lithium-calcium / huile minérale	1 020
<b>LGLT 2</b>	L à M	M à EH	L	Basse température et vitesse extrêmement élevée	-50 (-60)	+110 (+230)	Savon de lithium / huile PAO	18
<b>LGGB 2</b>	L à M	L à M	M à H	Écologique et biodégradable, faible toxicité <sup>3)</sup>	-40 (-40)	+90 (+195)	Savon de lithium-calcium / huile d'ester synthétique	110
<b>LGWM 1</b>	L à M	L à M	H	Extrême pression, faible température	-30 (-20)	+110 (+230)	Savon de lithium / huile minérale	200
<b>LGWM 2</b>	L à M	L à M	M à H	Fortes charges, vaste plage de températures	-40 (-40)	+110 (+230)	Sulfonate de calcium complexe / huile synthétique (PAO)/minérale	80
<b>LGWA 2</b>	M à H	L à M	L à H	Vaste plage de températures <sup>4)</sup> , extrême pression	-30 (-20)	+140 (+285)	Savon de lithium complexe / huile minérale	185
<b>LGHB 2</b>	M à H	VL à M	H à VH	EP, forte viscosité, température élevée <sup>5)</sup>	-20 (-5)	+150 (+300)	Sulfonate de calcium complexe / huile minérale	400
<b>LGHP 2</b>	M à H	M à H	L à M	Graisse haute performance polyurée	-40 (-40)	+150 (+300)	Diurée / huile minérale	96
<b>LGET 2</b>	VH	L à M	H à VH	Température extrême	-40 (-40)	+260 (+500)	PTFE/synthétique (polyéther fluoré)	400

VL = très basse, L = basse, M = modérée, H = élevée, VH = très élevée, EH = extrêmement élevée

<sup>1)</sup> LTL = seuil inférieur de température, HTPL = seuil de performance de température supérieur

<sup>2)</sup> mm<sup>2</sup>/s à 40 °C (105 °F) = cSt

<sup>3)</sup> LGGB 2 peut supporter des pics de températures de 120 °C (250 °F)

<sup>4)</sup> LGWA 2 peut supporter des pics de températures de 220 °C (430 °F)

<sup>5)</sup> LGHB 2 peut supporter des pics de températures de 200 °C (400 °F)

Arbre vertical	Rotation rapide de la bague extérieure	Mouvements rotatifs oscillants	Vibrations très fortes	Charges de chocs ou démarrages fréquents	Faible niveau sonore	Faible frottement	Bonnes propriétés anticorrosion
-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	+	-	-	0	+
+	0	-	+	-	-	0	0
0	-	0	+	+	-	-	+
0	-	-	-	-	-	0	+
0	-	+	+	+	-	-	+
0	-	-	-	0	+	+	0
0	-	+	+	+	-	0	0
-	-	+	-	+	-	-	+
0	0	+	+	+	-	-	+
0	0	0	0	+	-	0	+
0	+	+	+	+	-	-	+
+	-	-	0	0	+	0	+
0	+	+	0	0	-	-	0

Symboles : +  
0  
-  
Recommandée  
Convient  
Ne convient pas

## Présentation des instruments de maintenance conditionnelle de base SKF

SKF propose une grande variété d'instruments de base de maintenance conditionnelle. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) ou [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm).

Pour en savoir plus sur les instruments plus poussés de maintenance conditionnelle et les systèmes de surveillance en ligne, visitez [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm).

Thermomètres



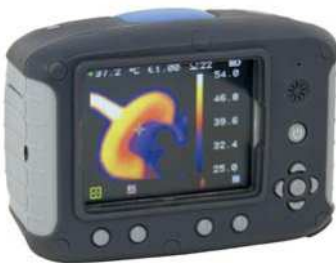
Stéthoscopes électroniques



Endoscopes



Imageurs thermiques



Stroboscopes



Tachymètres



Systèmes de surveillance d'état de l'huile



Viscosimètres



Appareils de mesure de la pression acoustique



Détecteurs de fuites ultrasoniques



Détecteur d'état SKF Machine Condition Advisor



Kits de sondes ultrasoniques



Kits de maintenance conditionnelle (basique)



Kits spéciaux de maintenance conditionnelle



SKF MicroVibe P



Détecteurs de surveillance de l'état mécanique



## Présentation des outils et produits de démontage SKF

SKF propose un large choix d'outils de démontage. Pour en savoir plus, visitez [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Extracteurs mécaniques



Extracteurs hydrauliques



Extracteurs à griffes de grande puissance



Plaques d'extraction



Kits extracteurs à prise intérieure

Kits extracteurs à prise interne



Bagues de chauffage en aluminium



Appareils de chauffage par induction fixes et réglables



Écrous hydrauliques



Fluide de démontage





Tableau de conversion d'unités

Quantité	Unité	Conversion			
<b>Longueur</b>	pouce	1 mm	0,03937 in	1 in	25,40 mm
	pied	1 m	3,281 ft	1 ft	0,3048 m
	yard	1 m	1,094 yd	1 yd	0,9144 m
	mile	1 km	0,6214 mile	1 mile	1,609 km
<b>Surface</b>	pouce carré	1 mm <sup>2</sup>	0,00155 in <sup>2</sup>	1 in <sup>2</sup>	645,16 mm <sup>2</sup>
	pied carré	1 m <sup>2</sup>	10,76 ft <sup>2</sup>	1 ft <sup>2</sup>	0,0929 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	pouce cube	1 cm <sup>3</sup>	0,061 in <sup>3</sup>	1 in <sup>3</sup>	16,387 cm <sup>3</sup>
	pied cube	1 m <sup>3</sup>	35 ft <sup>3</sup>	1 ft <sup>3</sup>	0,02832 m <sup>3</sup>
	gallon impérial	1 l	0,22 gallon	1 gallon	4,5461 l
	gallon américain	1 l	0,2642 gallon américain	1 gallon américain	3,7854 l
<b>Vitesse</b>	pied par seconde	1 m/s	3,28 ft/s	1 ft/s	0,30480 m/s
	mile par heure	1 km/h	0,6214 mile/h	1 mile/h	1,609 km/h
<b>Masse</b>	once	1 g	0,03527 oz	1 oz	28,350 g
	livre	1 kg	2,205 lb	1 lb	0,45359 kg
	tonne courte	1 tonne	1,1023 tonne courte	1 tonne courte	0,90719 tonne
	tonne forte	1 tonne	0,9842 tonne forte	1 tonne forte	1,0161 tonne
<b>Densité</b>	livre par pouce cube	1 g/cm <sup>3</sup>	0,0361 lb/in <sup>3</sup>	1 lb/in <sup>3</sup>	27,680 g/cm <sup>3</sup>
<b>Force</b>	livre-force	1 N	0,225 lbf	1 lbf	4,4482 N
<b>Pression, contrainte</b>	livres par pouce carré	1 MPa	145 psi	1 psi	6,8948 × 10 <sup>3</sup> Pa
<b>Moment</b>	livre-force-pouce	1 Nm	8,85 in.lbf	1 in.lbf	0,113 Nm
<b>Puissance</b>	livre-pied par seconde	1 W	0,7376 ft lbf/s	1 ft lbf/s	1,3558 W
	cheval-vapeur	1 kW	1,36 Ch	1 Ch	0,736 kW
<b>Température</b>	degré	Celsius	t <sub>c</sub> = 0,555 (t <sub>f</sub> - 32)	Fahrenheit	t <sub>f</sub> = 1,8 t <sub>c</sub> + 32

# Index

@  
@ptitude Exchange *Cf.* SKF @ptitude Exchange

## A

- accélération d'enveloppe 224
- acier embouti 100
- acier moulé 126
- additif anti-mousse 203
- additif anti-oxydant
  - dans la graisse 184
  - dans l'huile 203
- additif antirouille
  - dans la graisse 184
  - dans l'huile 203
- additif anti-usure
  - dans la graisse 184
  - dans l'huile 203, 207
- additifs
  - compatibilité avec les matériaux 188–189, 202, 207, 210
  - dans la graisse 184
  - dans les systèmes de lubrification centralisée 212
  - dans l'huile 203
- additifs EP *Cf.* additifs extrême pression
- additifs extrême pression
  - compatibilité avec les matériaux 202, 207
  - dans la graisse 184
  - dans l'huile 203, 207
- additifs solides
  - dans la graisse 184
  - dans les systèmes de lubrification centralisée 213
  - dans l'huile 203
- agent anti-fretting 49
- agents antirouille 188
  - compatibilité avec les graisses 189, 202
  - retrait 202
- agents de préservation
  - compatibilité 189, 202
  - retrait de la surface des roulements 47, 202
- air comprimé 226
- air/huile 207–208
  - SKF Oil+Air 215
- ajustement de roulements
  - résolution de problèmes 245
  - roulements à billes à contact oblique 74–77
  - roulements à rouleaux coniques 84–88
- ajustements
  - ajustements conséquents 338–381
  - choix 32–34
  - endommagement des roulements 300–302
  - pour les arbres 334–336
  - pour les paliers 336–337
  - problèmes 241–242, 246
- ajustements conséquents
  - pour les arbres (cotes en pouces) 360–371
  - pour les arbres (cotes métriques) 338–349
  - pour les paliers (cotes en pouces) 372–381
  - pour les paliers (cotes métriques) 350–359
- ajustements recommandés *Cf.* ajustements
- alignement 158–177
  - d'arbres 167–174
  - de courroies 176–177
  - de machines 161–166
  - de transmissions en décalé 175
  - équipements SKF 419
- alignement d'arbres 167–174
  - conventions de mesure 167–168
  - méthodes 170–173
  - tolérances 169
- alignement d'arbres à cardan *Cf.* alignement de transmissions en décalé
- alignement de courroies 176–177
- alignement de faces 176–177
- alignement de gorges 176–177
- alignement de machines 161–166
- alignement de poulies *Cf.* alignement de courroies
- alignement de transmissions en décalé 175
- analyse des besoins des clients *Cf.* analyse des besoins des clients SKF
- analyse des besoins du client SKF 328
- analyse des défaillances *Cf.* endommagement des roulements
- angle de serrage des écrous de serrage 55
  - valeurs pour les roulements à rotule sur billes 402
  - valeurs pour les roulements à rotule sur rouleaux 403
  - valeurs pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB 404
- appareil de levage 50, 68
- appareils de chauffage par induction
  - pour démonter des roulements 255, 259
  - pour installer des manchons d'usure 152
  - pour monter des roulements 69, 82
  - applications à mouvement d'oscillation 207
- applications à température extrême 182
- appoint 195–196
- appuis
  - dimensions 38
  - exigences de précision 35–36, 386
  - problèmes 237, 251
- arbres creux 34–35
- arbres verticaux
  - à prendre en compte pour le choix du lubrifiant 182
  - réglage des intervalles de relubrification 195
- armoires chauffantes 70
- arrêt
  - dommage dû à la corrosion par humidité 317–318
  - dommage dû aux vibrations 319
  - endommagement par excès de tension 307
- assemblage de paliers à billes 121
- assistance pour la maintenance 324–331
- au savon 183, 185

## B

- bague de remontée *Cf.* bague de remontée d'huile
- bague de remontée d'huile 207–208
  - dans les paliers SONL 137–139
  - intervalle de renouvellement d'huile 209
- bague extérieure tournante
  - application à roue 87–88
  - conditions de charge 32
  - marques de passage 293
  - réglage des intervalles de relubrification 195
- bague intérieure fixe 293

bagues d'arrêt 132  
 bagues de chauffage *Cf.* bagues de chauffage en aluminium  
 bagues de chauffage en aluminium  
   pour démonter les roulements 255, 258–259  
   pour monter les roulements 69, 81  
 bagues de stabilisation *Cf.* bagues d'arrêt  
 bagues FRB *Cf.* bagues d'arrêt  
 bagues/manchons de frappe 146  
 bagues-calibres 47  
 bagues-entretoises 91, 151  
 bain d'huile 208  
   intervalle de renouvellement d'huile 209  
   pour chauffer les roulements 71  
   prélèvement d'échantillons d'huile 210  
   problèmes 236–237  
 balourd *Cf.* déséquilibre  
 barres à sinus 47  
 barrière de mousse 165  
 bâti de base *Cf.* bâti de base de machine  
 bâti de base de machine  
   introduction de résine époxy 165  
   pied bancal 162  
 bisulfure de molybdène  
   dans la graisse 183  
   pour monter des roulements 62  
 blocage par bague cylindrique 94–95  
   montage de paliers complets 119–120  
   valeurs de couples de serrage 102  
 blocage par bague excentrique 94–95  
   démontage de paliers complets 273  
   montage de paliers complets 106–108  
   valeurs de couples de serrage 102  
 blocage par manchon de serrage 94–95  
   démontage de paliers complets 274  
   montage de paliers complets 109–110  
   valeurs de couples de serrage 103  
 blocage par vis de blocage 94–95  
   démontage de paliers complets 272  
   montage de paliers complets 104–106  
   valeurs de couples de serrage 102  
 bouchons *Cf.* disques d'obturation  
 boulons/écrous de fixation  
   compensation du pied bancal 162  
   pour les paliers 131  
   pour les paliers complets 101, 105  
 bruit  
   maintenance conditionnelle 221  
   résolution de problèmes 233  
 butées 18–19

**C**  
 alage *Cf.* calage d'épaisseur  
 calage d'épaisseur 163  
 calendrier de lubrification SKF 180  
 cales 164  
   cales de machines  
   cales de machines 163–164  
   dans la série TMAS 164  
   pour empêcher un précharge axiale 244  
   pour l'ajustement de roulements à billes à contact  
   oblique 74–75  
   pour l'ajustement de roulements à rouleaux coniques 85  
   pour les paliers à semelle 130  
   pour les paliers complets 101  
   problèmes 241  
 calibres à lames  
   pour l'alignement d'arbres 170  
   pour l'alignement de courroies 176  
   pour le contrôle du pied bancal 162  
   pour mesurer la réduction de jeu 55  
   pour mesurer le jeu interne 52  
 calibres de mesure de cônes 47–48  
 cannelures  
   provoquées par du courant électrique 322  
   provoquées par les vibrations 319  
 cannelures 150, 152  
 caoutchouc acrylique 201  
 caoutchouc acrylonitrile-butadiène

  suffixes de désignation des joints 145  
   suffixes de désignation des roulements 24–25  
 cartes de vigilance dans les ateliers 330  
 centre de rotation 167  
 chaleur  
   maintenance conditionnelle 221  
   résolution de problèmes 233  
 charge axiale  
   charges induites 241, 243–244, 301, 320  
   marques de passage 294–295  
 charge de choc  
   endommagement des roulements 248, 308  
   exigences d'additifs 207  
   réglage d'intervalles de relubrification 195  
 charge fixe 32  
 charge tournante 32  
   résolution de problèmes 243  
 charges induites 301, 320  
   résolution de problèmes 241, 243–244  
 chasse-goupilles  
   pour installer des joints 148  
   pour monter des paliers complets 107–108  
 CircOil *Cf.* SKF CircOil  
 circulation d'huile 208  
   dans des systèmes de lubrification centralisée 213–215  
   intervalle de renouvellement d'huile 209  
   montage de paliers SONL 137–139  
   prélèvement d'échantillons d'huile 210  
   classe de consistance *Cf.* grade NLGI  
   classes de tolérances *Cf.* ISO, classes de tolérances  
   clés à ergot 102–103  
   clés Allen *Cf.* clés hexagonales  
   clés dynamométriques *Cf.* clés hexagonales  
   clés hexagonales 102  
   code de dimensions 22  
   coefficient de viscosité 204  
   coefficient de vitesse 187  
   limites pour la lubrification à la graisse 186, 194  
   coefficient EMCOR *Cf.* coefficient SKF EMCOR  
   coefficient SKF EMCOR 188  
   coefficient SKF V2F 188  
   coefficient V2F *Cf.* coefficient SKF V2F  
   coefficients de charge 187  
   coincement *Cf.* faux-rond  
   comparateurs à cadran 56  
 compatibilité  
   entre épaississants 201  
   entre huiles de base 201  
   graisse 200–202  
   huile 210  
   comptage des particules 212  
 ConCentra *Cf.* SKF ConCentra  
 concept des feux tricolores *Cf.* concept des feux tricolores SKF  
 concept des feux tricolores SKF 186–187  
 conditions de rotation 32  
 cônes calibrés  
   pour l'alignement d'arbres 170  
   pour l'alignement de courroies 176  
 congés  
   dimensions 38  
   dimensions (congés avec dégagement) 387  
   problèmes 247  
 congés avec dégagement 38  
   dimensions 387  
 consistance 185  
   test de performance des graisses 188  
 contact métal contre métal  
   prévention 183, 202  
   provoquant une usure d'adhérence 312  
   résolution de problèmes 233–234, 237, 246, 249  
 contaminants liquides 212  
   résolution de problèmes 246, 250  
 contaminants solides 211–212  
   résolution de problèmes 245, 249  
 contamination  
   classification ISO 212  
   contaminants 211–212  
   progression de l'endommagement des roulements 231

## Index

provoquant des indentations 316  
provoquant une usure par abrasion 314–315  
réglage d'intervalles de relubrification 195  
résolution de problèmes 245–246, 249–250

contrats de prestation de services sur place 330

corrosion 298–299  
corrosion par frottement 302–303, 308, 319  
corrosion par humidité 308, 317–318

corrosion par frottement 298–299  
due à de mauvais ajustements 300  
provoquée par des portées défectueuses 302–303  
retrait 226  
test de performance des graisses 188

corrosion par frottement 298–299  
corrosion par frottement 298–299, 302–303  
faux effet « Brinell » 308, 319

corrosion par humidité 298–299  
due à des joints inefficaces 317–318  
provoqué par un mauvais transport ou stockage 308  
résolution de problèmes 250

couple de serrage 166  
valeurs pour les boulons/écrous de fixation 105, 131  
valeurs pour les paliers complets 102–103  
valeurs pour les vis d'assemblage 131

courant électrique  
endommagement par excès de tension 307  
endommagement par fuites de courant 321–322  
problèmes 249–250

coût total de possession 329

cratères 321–322  
cylindricité 36, 386

**D**

défaillance des roulements *Cf.* endommagement des roulements  
défaillance prématurée des roulements *Cf.* endommagement des roulements  
défaillances *Cf.* défaillances de machines  
défaillances de machines 222  
défaut d'alignement  
dans les paliers à billes avec bague de blocage excentrique 106, 108  
dans les paliers à billes avec manchon de serrage 110  
dans les paliers à billes avec vis de blocage 104, 106  
dans les paliers à billes SKF ConCentra 112, 114  
dans les paliers à rouleaux avec bague de blocage cylindrique 119  
dans les paliers à rouleaux SKF ConCentra 116, 118  
d'arbres 167–169  
de courroies 176–177  
de joints externes 238  
de transmissions en décalé 175  
endommagement des roulements 304, 320  
fréquences de vibrations 222–223  
marques de passage 296–297

défaut de perpendicularité  
provoqué par des portées défectueuses 302  
provoqué par un défaut d'alignement statique 304  
résolution de problèmes 251

déformation plastique 298–299  
indentations 305–306, 316  
surcharge 305, 308

degrés de tolérances *Cf.* ISO, degrés de tolérances  
degrés de viscosité *Cf.* ISO, degrés de viscosité

démontage à chaud *Cf.* démontage de roulements, par chauffage

démontage de joints *Cf.* retrait de joints

démontage de paliers 278–283  
paliers à semelle à joint diamétral 280–281  
paliers appliques 282–283  
préparations 278

démontage de paliers complets 270–277  
avec des vis de blocage 272  
avec le système de blocage SKF ConCentra 275–277  
avec un manchon de serrage 274  
avec une bague de blocage excentrique 273  
outils 270  
préparations 271

démontage de roulements 254–269  
avec un manchon de démontage 264–267  
avec un manchon de serrage 260–264  
d'un palier en une pièce 267–269  
d'une portée d'arbre conique 259–260  
d'une portée d'arbre cylindrique 256–259  
lorsqu'un roulement est endommagé 291  
méthodes 255  
outils 255, 435–436  
par chauffage 258–259, 269  
préparations 254

déplacement axial 30–31  
à prendre en compte pour le choix de l'ajustement 34  
dans les paliers à semelle 132  
mesure de l'enfoncement axial 56–57  
pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB 91  
valeurs pour la méthode par enfoncement axial SKF 406–413

déplacement de l'arbre 234

dérapiage *Cf.* grippage

déséquilibre 223  
déséquilibre 243, 246

désignations  
pour les joints 143–145  
pour les paliers 125–129  
pour les paliers complets 96–100  
pour les roulements 22–25

desserrage 163, 220

détecteur d'état MCA *Cf.* SKF Machine Condition Advisor  
détecteur d'état SKF Machine Condition Advisor 223

développement durable 329–330

différence de températures  
à prendre en compte pour l'alignement 161  
à prendre en compte pour le choix de l'ajustement 33  
entre la bague intérieure et la bague extérieure 221  
problèmes 240

dilatation de la bague intérieure 56

dilatation thermique  
à prendre en compte pour l'alignement 161, 169  
à prendre en compte pour le choix de l'ajustement 33–34  
montage des roulements à rouleaux toroïdaux CARB 91

direction de charge indéterminée 32

disques d'obturation 133

distributeurs agréés SKF 331

dommages dus au transport 308

DuoFlex *Cf.* SKF DuoFlex

Duralife *Cf.* SKF Duralife

Duralip *Cf.* SKF Duralip

DURATEMP 145

durée de service 28–29  
facteurs d'influence 230–231

durée de stockage  
des joints en élastomère 42  
des lubrifiants 43  
des roulements 41

durée de vie *Cf.* durée de vie des roulements  
durée de vie d'un roulement  
durée de service 28–29  
durée nominale 27–28

durée nominale 27

durée nominale 27–28

durée SKF 27–28

## E

eau  
contamination 181, 187, 212  
endommagement des roulements 317–318  
résistance de la graisse 183, 185, 188  
teneur dans l'huile 210–211

eau salée 185

écaillage 231  
initiée en sous-couche 303–304, 309  
initiée en surface 301, 304, 310–311  
résolution de problèmes 244, 249–250

écrasement par les éléments roulants 231  
fréquences de défaillance des roulements 224

écrous à créneaux dégagés 88

écrous HMV. *Cf.* écrous hydrauliques

écrous hydrauliques

- pour démonter des roulements 262, 266
- pour la méthode par enfouissement axial SKF 56, 406–413
- séries et modèles 73
- élastomère fluoré
  - à haute température 142
  - suffixes de désignation des joints 145
- éléments à encoches *Cf.* cales
- éléments associés
  - contrôle de la précision 47–49
  - dimensions des conduites, des rainures et des orifices 405
  - graissage lors de l'installation initiale 188
  - préparations 49
- éléments SKF Vibracon SM 162–165
- éléments Vibracon SM *Cf.* éléments SKF Vibracon SM
- endommagement de la surface 233–235
- endommagement des roulements 288–323
  - avant fonctionnement 300–308
  - causes 230–231, 298
  - classification ISO 298
  - pendant le fonctionnement 309–322
  - symptômes 232–235
- endommagement suite à un impact
  - provoqué par de mauvaises pratiques de montage 248, 305
  - provoqué par un mauvais transport ou stockage 308
- endoscopes 225–226
- enduction 202
- enfouissement *Cf.* enfouissement axial
- enfouissement axial
  - mesure de la réduction de jeu 55
  - mesure du déplacement axial 56
  - résolution de problèmes 240
  - valeurs pour les roulements à rotule sur billes 402
  - valeurs pour les roulements à rotule sur rouleaux 403
  - valeurs pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB 404
- ensembles de roulements appariés 76
- entretoises 134
- épaisseurs
  - compatibilité 201
  - types 183
- épaulements de centrage 84–85
- Epocast 36 165
- érosion électrique 298–299
  - fuites de courant 321–322
  - tension excessive 307
- essai de crépitement 211
- extracteurs
  - pour démonter des paliers appliqués 282
  - pour démonter un roulement d'un palier en une pièce 267–269
  - pour démonter un roulement d'une portée d'arbre conique 260
  - pour démonter un roulement d'une portée d'arbre cylindrique 256–257
- extracteurs *Cf.* extracteurs
- extracteurs à assistance hydraulique 257, 260
- extracteurs à prise interne 268
- extracteurs mécaniques 256, 260

**F**

- fatigue 298–299
  - initée en sous-couche 301, 303–304
  - initée en surface 301, 303–304, 310–311
- fatigue de la surface entamée 298–299
  - due à de mauvais ajustements 301
  - due à une lubrification inefficace 310–311
  - provoquée par des portées défectueuses 303
  - provoquée par un défaut d'alignement statique 304
  - résolution de problèmes 249
- fatigue du matériau *Cf.* fatigue initée en sous-couche
- fatigue initée en sous-couche 298–299, 309
  - due à de mauvais ajustements 301
  - provoquée par des portées défectueuses 303
  - provoquée par un défaut d'alignement statique 304
- faux effet « Brinell » 298–299
  - provoqué par les vibrations 319
  - provoqué par un mauvais transport ou stockage 308
- faux-rond 241
  - marques de passage 296–297

- provoqué par des portées défectueuses 302–303
- résolution de problèmes 241
- faux-rond 36
  - tolérances de portées de roulements 386
- fiabilité des équipements 326–329
- fiabilité pilotée par l'opérateur 219, 330
- fiches de données *Cf.* fiches de données de sécurité
- fiches de données de sécurité 180
  - interprétation 184–188
- film de lubrifiant
  - capacité de charge 184, 200
  - formation 204
- fissuration 298–299
- fissuration thermique 298–299
  - due à de mauvais ajustements 301
- fissures
  - dues à de mauvais ajustements 300–301
  - microfissures 309–312
  - provoquées par des portées défectueuses 303
- fixation axiale 37–38
  - dans les paliers à semelle 132
- fixation des roulements 31–38
- fixation par boulons 167, 175
- fixation par la base 167, 175
- fixation radiale 31–36
  - problèmes 241–242, 246
- FKM *Cf.* élastomère fluoré
- flasques 40
- fluide de démontage 254
- fonte
  - corps de paliers complets 100
  - paliers 126
  - fonte à graphite sphéroïdal 126
  - formation 326–327
  - formulaire de mesures 48
  - fours de réchauffage 182
  - fréquences de défaillance 224
  - frottement 233
  - fuites 222
    - résolution de problèmes 236, 238–239, 245
  - fuites de courant 298–299
    - provoquées par le passage de courant électrique 321–322
  - fuites de graisse 182
    - résolution de problèmes 202, 236, 238–239
    - tests de performance des graisses 188
  - fuites d'huile 182
    - résolution de problèmes 236

**G**

- galets 19–20
- gants 73
- gestion des équipements 326–329
- glissement *Cf.* grippage
- grade NLGI 184
  - test de performance des graisses 188
- graisse
  - analyse 222
  - choix 189
  - comparaison avec l'huile 182, 214
  - compatibilité 200–202
  - consistance 185, 188
  - fiches de données 181, 184–188
  - fonction 184
  - graisses SKF 423–431
  - plage de températures de fonctionnement 186–187
  - propriétés 185–188
  - rigidité 184, 187
  - tableau de sélection (graisses SKF) 430–431
  - tests de performance 188
  - vieillesse 187, 192, 195
  - graisse fluoree 189, 200, 202
  - graisses SKF 423–431
    - pour graisseurs SKF SYSTEM 24 199
  - tableau de sélection 430–431
  - graisseurs automatiques *Cf.* SKF SYSTEM 24
  - graphite 182, 184
  - grippage
    - provoquant une usure d'adhérence 301, 312

## Index

- résolution de problèmes 244, 247
- H**
- HNBR Cf. caoutchouc acrylonitrile butadiène**
- huile**
  - analyse 210–212
  - choix 203–207
  - comparaison avec la graisse 182, 214
  - compatibilité 201, 210
  - échantillonnage 210
  - filtrage 211–212
  - viscosité 203–206
- huile concrète 182–183**
- huile de base**
  - compatibilité 200–201
  - dans la graisse 183
  - dans l'huile 203
  - viscosité 185
- huile minérale**
  - dans la graisse 183, 189
  - dans l'huile 203–204
- huile naturelle**
  - dans la graisse 183
  - dans l'huile 203
- huile synthétique**
  - dans la graisse 183
  - dans l'huile 203
- huiles pour chaînes 209**
  - pour graisseurs SKF SYSTEM 24 199
- humidité**
  - lors du stockage de joints en élastomère 42
  - lors du stockage de lubrifiants 43
  - lors du stockage des roulements et des paliers 41
- HYDROCAM 166**
- I**
- incompatibilité Cf. compatibilité**
- indentations 298–299**
  - progression de l'endommagement des roulements 211, 231
  - provoquées par de mauvaises pratiques de montage 305–306
  - provoquées par des joints inefficaces 316
  - résolution de problèmes 245, 248
- indentations Cf. indentations**
- indicateur de couple 112–113**
- indice de filtre 212**
- indice de viscosité 203**
- ingénierie de fiabilité 327**
- injecteurs d'huile 72**
- inspection 216–227**
  - à l'arrêt 224–227
  - en service 220–224
  - lubrifiants 181
- inspection thermique 221**
- installation de joints 140–157**
  - dans les paliers à semelle 133–139
  - graissage lors de l'installation initiale 190
  - problèmes 238–239
- installation de machines 161–166**
- intervalles de relubrification 192–195**
  - résolution de problèmes 236, 245–246
- intervalles de renouvellement d'huile 209**
- ISO**
  - classes de tolérances 35
  - classification de la contamination 212
  - classification des dommages de roulements 298
  - degrés de tolérances 385
  - degrés de viscosité 203, 415
  - séries de dimensions 22–23
- J**
- jauge à huile 137, 139**
- jet d'huile 208**
  - intervalle de renouvellement d'huile 209
- jeu Cf. jeu interne**
- jeu axial interne 29, 51**
  - problèmes 248
  - valeurs pour les roulements à billes à contact oblique 389–391
- jeu de fonctionnement 29**
- jeu initial 29**
- jeu interne**
  - à prendre en compte pour le choix de l'ajustement 33
  - avant et après le montage 29, 51
  - en fonctionnement 29
  - initial 29, 51
  - mesure à l'aide d'un calibre à lame 52
  - résolution de problèmes 233, 234, 239–242
  - valeurs avant le montage 388–401
  - valeurs de réduction lors du montage 403–404
  - valeurs résiduelles après le montage 403–404
- jeu radial interne 29, 51**
  - mesure à l'aide d'un calibre à lame 52
  - valeurs de réduction lors du montage 403–404
  - valeurs pour les roulements à aiguilles 393
  - valeurs pour les roulements à billes à contact oblique 389–390
  - valeurs pour les roulements à billes à quatre points de contact 391
  - valeurs pour les roulements à rotule sur billes 392
  - valeurs pour les roulements à rotule sur rouleaux 397–398
  - valeurs pour les roulements à rouleaux cylindriques 393
  - valeurs pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB 399–400
  - valeurs pour les roulements rigides à billes 388
  - valeurs pour les roulements Y 401
  - valeurs résiduelles après le montage 403–404
- joints**
  - durée de service 28
  - durée de stockage 42
  - installation 140–157
  - joints externes 39
  - joints intégrés 40
  - joints radiaux 143–145
  - pour les paliers 128–129
  - pour les paliers complets 96
  - problèmes 233, 235
  - retrait 284–286
  - terminologie 11
- joints à chicane 39**
  - appoint de graisse 196
  - graissage lors de l'installation initiale 190
  - installation dans les paliers à semelle 136
  - problèmes 238
- joints à deux lèvres**
  - appoint de graisse 196
  - graissage lors de l'installation initiale 149, 190
- joints à frottement**
  - joints externes 39
  - joints intégrés 40
  - problèmes 238
  - retrait 284–286
- joints à quatre lèvres**
  - appoint de graisse 196
  - graissage lors de l'installation initiale 190
- joints coupés 133, 154–155**
- joints en élastomère**
  - installation 140–157
  - stockage 42
- joints en feutre 238**
- joints externes 39**
  - problèmes 238
- joints intégrés**
  - pour les paliers complets 96
  - pour les roulements 40
  - problèmes 237–238, 251
- joints non coupés**
  - installation 133, 149
  - types et modèles 144–145
- joints radiaux**
  - installation dans un palier 146–149
  - installation sur un arbre 150
  - nettoyage 146
  - remplacement 151
  - types et modèles 143–145
- joints sans frottement**
  - joints externes 39

joints intégrés 40  
retrait 284  
joints Taconite 128–129  
joints toriques 39  
Joints V-ring  
installation dans les paliers à semelle 135  
installation sur un arbre 157  
retrait 286

## K

Kit de test de graisse *Cf.* Kit de test de graisse SKF  
kit de tests de graisse SKF 222  
kit d'outils de montage de roulements SKF  
pour installer des joints 146  
pour monter des roulements 72

## L

laiton  
compatibilité avec additifs EP 202  
pour les cales de machines 163  
lavages 29  
lèvre d'étanchéité SKF WAVE 143  
lèvre d'étanchéité WAVE *Cf.* lèvre d'étanchéité SKF WAVE  
lèvres auxiliaires  
graissage lors de l'installation initiale 149, 190  
types et modèles de joints 143–145  
lèvres d'étanchéité  
en PTFE 146  
matériaux 145  
orientation 146, 239  
types et modèles 143–145  
liste de suffixes  
pour les joints 145  
pour les paliers 127–128  
pour les paliers complets 96  
pour les roulements 24–25  
LuBase 189, 207  
LubeSelect 189, 192, 207  
lubrifiant  
choix 182  
durée de service 28  
durée de stockage 43  
inspection 181, 222, 225  
manipulation 181  
mise au rebut 181  
stockage 42  
lubrifiant oxydé 226, 254  
lubrifiant sec 182–183  
lubrifiants compatibles alimentaires 209, 424  
lubrification 178–215  
gestion 180  
Outils et produits SKF 420–422  
problèmes 236–237  
lubrification à la graisse 183–202  
lubrification à l'huile 203–212  
lubrification automatique 197  
LubriLean *Cf.* SKF LubriLean

## M

machine fixe 167–168  
machine mobile 167–169  
machines à vitesse variable 223  
machines-outils  
lubrification 191, 215  
services SKF 331  
maintenance conditionnelle 216–224  
bruit 221  
Instruments SKF 432–434  
lubrification 222  
température 221  
maintenance corrective *Cf.* maintenance réactive  
maintenance prédictive 218–219  
maintenance préventive 218–219  
maintenance proactive 219  
maintenance réactive 218–219  
manchon SKF SPEEDI-SLEEVE 225  
installation 152–153  
manchons de démontage

démontage de roulements 264–267  
montage de roulements (méthode à pression d'huile) 62–66  
montage de roulements (méthode par enfonce-ment axial SKF) 57–61  
manchons de guidage *Cf.* manchons de montage  
manchons de montage  
pour installer des joints 150  
pour monter des roulements à rouleaux cylindriques 81–84  
manchons de serrage  
démontage de paliers appliqués 282  
démontage de roulements 260–264  
montage de roulements (méthode par enfonce-ment axial SKF) 57–61  
montage de roulements (méthode par pression d'huile) 62–66  
manchons d'usure 152–153  
manchons d'usure de grandes dimensions 225  
installation 152–153  
mandrins 146  
manipulation  
endommagement des roulements 305–306, 308  
lubrifiants 181  
roulements 49–50  
manomètres 56  
marques de passage 291–297  
marteaux  
pour installer des joints 146  
pour monter des roulements 49  
matériau composite *Cf.* polyamide  
mélange de graisses *Cf.* graisse, compatibilité  
méthode bord-face 170–171  
méthode de comptage automatique des particules 212  
méthode de la règle de précision  
pour l'alignement d'arbres 170–171  
pour l'alignement de courroies 176–177  
pour l'alignement de transmissions en décalé 175  
méthode par enfonce-ment *Cf.* méthode d'enfoncement SKF  
méthode par enfonce-ment axial SKF 57–61  
écrous hydrauliques 406–413  
outils 56–57  
valeurs de déplacement axial 406–413  
valeurs de pression d'huile 406–413  
méthode des bords opposés 170–171  
méthode du comptage au microscope 212  
méthode par pression d'huile  
dimensions des conduites, des rainures et des orifices 405  
pour démonter un roulement d'un manchon de démontage 266  
pour démonter un roulement d'un manchon de serrage 264  
pour démonter un roulement d'un palier en une pièce 268  
pour démonter un roulement d'une portée d'arbre conique 260  
pour démonter un roulement d'une portée d'arbre cylindrique 258  
pour monter des roulements 62–66  
méthode SENSORMOUNT 67  
méthodes d'alignement laser  
pour l'alignement d'arbres 171–173  
pour l'alignement de courroies 176–177  
pour l'alignement de transmissions en décalé 175  
méthodes de fixation sur l'arbre 94–96  
méthodes du comparateur à cadran  
pour la méthode d'enfoncement axial SKF 58–61  
pour l'ajustement de roulements à billes à contact oblique 74–77  
pour l'ajustement de roulements à rouleaux coniques 86–88  
pour l'alignement d'arbres 170–171  
méthodologies de maintenance 218–219  
microfissures 299  
dues à la fatigue du matériau 309  
dues à une lubrification inefficace 310  
microlubrification 214–215  
micromètres 47–49  
mise en service  
des roulements lubrifiés à la graisse 186–187, 190–191  
des roulements lubrifiés à l'huile 207  
modes de défaillance 298–299  
moment de frottement 235

## Index

MonoFlex *Cf.* SKF MonoFlex  
montage à chaud 68–71  
montage à froid 53–67  
montage croisé *Cf.* montages de roulements ajustés  
montage de paliers 122–139  
à semelles 134–136  
à semelles (SONL) 137–139  
pièces de rechange 124–129  
préparations 130  
montage de paliers complets 92–121  
avec des vis de blocage 104–106  
avec le système de blocage SKF ConCentra 111–118  
avec un manchon de serrage 109–110  
avec une bague de blocage cylindrique 119–120  
avec une bague de blocage excentrique 106–108  
outils 102–103  
pièces de rechange 94–100  
préparations 101  
valeurs de couples de serrage 102–103  
montage de roulements 44–91  
en utilisant la méthode à pression d'huile 62–66  
en utilisant la méthode par enfonceur axial SKF 57–61  
en utilisant la méthode SENSORMOUNT 67  
en utilisant les méthodes mécaniques 53–56  
instructions par type de roulement 74–91  
mauvaises pratiques de montage 248–249, 305–306  
outils 72–73, 416–418  
préparations 46–49  
problèmes 240, 243, 245, 247  
montages de roulements  
dans les paliers à semelle 127, 132  
terminologie 11  
types 30–31  
montages de roulements ajustés 31  
fixation axiale 37–38  
montages de roulements en O  
ajustement de roulements à billes à contact oblique 76–77  
ajustement de roulements à rouleaux coniques 86–88  
montages de roulements en X  
ajustement de roulements à billes à contact oblique 74–75  
ajustement de roulements à rouleaux coniques 84–85  
montages de roulements fixes 30–31  
montages de roulements libres 30–31  
mousse  
causes 211  
prévention 202  
moyeux *Cf.* moyeux de roues  
moyeux de roues 87–88  
MultiFlex *Cf.* SKF MultiFlex

**N**  
nappes chauffantes 269  
NBR *Cf.* caoutchouc acrylonitrile butadiène  
nettoyage  
joints 146  
roulements 226  
niveaux à bulle  
pour l'alignement d'arbres 170  
pour l'alignement de courroies 176  
niveleurs en acier réglables *Cf.* éléments SKF Vibracon SM  
numéros de série  
sur les paliers à semelle 27  
sur les roulements à billes à quatre points de contact 78  
sur les roulements à rouleaux coniques à quatre rangées 89  
sur les roulements à rouleaux cylindriques à quatre rangées 82

**O**  
ondulation 322  
orifices d'évacuation *Cf.* orifices d'évacuation de graisse  
orifices d'évacuation de graisse 196, 199  
outils *Cf.* outils et produits SKF  
outils et produits SKF  
pour la lubrification 420–422  
pour la maintenance conditionnelle 432–434  
pour l'alignement 419  
pour le démontage 435–436  
pour le montage 416–418

oxydation  
de la graisse 187  
prévention 81, 185, 203  
provoquant la corrosion 299

**P**  
paliers  
démontage 278–283  
graissage lors de l'installation initiale 190  
identification 27  
montage 122–139  
terminologie 11  
types et modèles 125–127  
paliers à billes SKF ConCentra  
démontage 275  
montage 111–114  
paliers à semelle  
démontage 280–281  
montage de paliers SNL 134–136  
montage de paliers SONL 137–139  
types et modèles 125–126  
paliers à semelle à joint diamétral *Cf.* paliers à semelle  
paliers à semelle complets  
démontage 270–277  
montage 104–120  
types et modèles 96–100  
paliers à semelle monoblocs 126  
paliers appliqués  
démontage 282–283  
types et modèles 125–126  
paliers appliqués complets 100  
démontage 270–277  
montage 104–120  
types et modèles 96–100  
paliers complets  
démontage 270–277  
designations 96, 100  
identification 27  
méthodes de fixation sur l'arbre 94–96  
montage 92–121  
stockage 41  
types et modèles 96–100  
paliers complets à billes  
assemblage 121  
démontage 272–275  
designations 96, 100  
méthodes de fixation sur l'arbre 94–96  
montage 104–114  
types et modèles 96–100  
paliers complets à rouleaux  
démontage 276–277  
designations 96, 100  
méthodes de fixation sur l'arbre 94–96  
montage 114–120  
types et modèles 96–100  
paliers complets à rouleaux SKF ConCentra  
démontage 276–277  
montage 114–118  
paliers complets coulisseaux-tendeurs  
démontage 270–277  
montage 104–120  
paliers coulisseaux-tendeurs 125–126  
paliers de roulements *Cf.* paliers  
paliers SNL *Cf.* paliers à semelle  
paliers SONL *Cf.* paliers à semelle  
paliers Y complets *Cf.* paliers complets  
panneaux chauffants 71  
papier abrasif 226  
partenaires de maintenance agréés SKF 331  
peinture  
protection des joints 150  
sur les surfaces d'appui 130, 161, 165  
perpendicularité 36, 386  
pétrissage  
provoquant une fuite de lubrifiant 222  
provoqué par les vibrations 194  
provoqué par un excès de graisse 190, 199  
résolution de problèmes 236



pièces de rechange  
pour les joints 142–145  
pour les paliers 124–129  
pour les paliers complets 94–100

ped bancal 162

ped court *Cf.* ped bancal

ped en angle *Cf.* ped bancal

pions-entretroises 144

plaques chauffantes électriques 68

plaques d'extraction 260

point de goutte 185  
test de performance des graisses 188

point d'huile *Cf.* air/huile

polyamide  
compatibilité avec additifs EP 202  
corps de paliers complets 100

polyurée 183

pompes  
guide de sélection 72  
pour la méthode par enfonceur axial SKF 56

pompes hydrauliques  
guide de sélection 72  
pour la méthode par enfonceur axial SKF 56

portées *Cf.* portées de roulements

portées d'arbres coniques  
démontage de roulements 259–264  
formulaire de mesures 48  
montage de roulements 54–56

portées d'arbres cylindriques  
démontage de roulements 256–259  
formulaire de mesures 48  
montage de roulements 53  
précision de forme et de position 386

portées de roulements  
contrôle de la précision 47–49  
dimensions pour les congés avec dégagement 387  
endommagement des roulements 302–303  
exigences de précision 35–36, 386  
rugosité de surface 36, 387

précharge  
en fonctionnement 29, 51  
résolution de problèmes 240–245  
valeurs pour les roulements à billes à contact oblique 389

précision de forme 35–36  
tolérances d'arbres (montage sur manchon) 384  
tolérances de portées de roulements 386

précision de rotation 35–36  
tolérances d'arbres (montage sur manchon) 384  
tolérances de portées de roulements 386

presses  
pour démonter des roulements 258, 267  
pour installer des joints 146  
pour monter des roulements 53

pression d'huile  
calculs pour la méthode par enfonceur axial SKF 58  
valeurs pour la méthode par enfonceur axial SKF 406–413

produits d'étanchéité  
pour installer des joints 148, 152  
pour prévenir les fuites d'huile 137

ProFlex *Cf.* SKF ProFlex

propreté 28–29, 46–47

PTFE  
à haute température 142  
compatibilité 202  
joints radiaux 143, 146, 150  
suffices de désignation pour les joints 145

purge  
pendant la relubrification 196  
pendant l'appoint 199  
problèmes 239

**Q**

qualité des fondations 161

**R**

raccords de graissage  
position sur les paliers à semelle 133, 196  
pour l'appoint de graisse 195

radiateurs *Cf.* radiateurs à infrarouge

radiateurs à infrarouge 70

rainure SKF Springlock 144–145

rainures de clavettes 150, 152

réduction de jeu 54–55  
valeurs pour les roulements à rotule sur rouleaux 403  
valeurs pour les roulements à rouleaux toroïdaux CARB 404

relubrification 192–198  
des roulements étanches 90, 192  
effet sur la température 221

relubrification continue 195, 197

remise à neuf 331

rendement énergétique 329

renouvellement 198–199

rénovation 331

réparateurs de moteurs électriques agréés SKF 331

réparation d'arbres 152–154

répartition des charges  
à prendre en compte pour le choix de l'ajustement 32  
marques de passage 292–297

résine époxy  
pour la réparation d'arbres 152  
pour l'alignement de machines 165

résolution de problèmes 228–251

ressorts de retenue  
problèmes 237  
types et modèles de joints 143–145

ressuage de l'huile 181, 184, 187

réglage des intervalles de relubrification 205  
test de performance des graisses 188

retrait de joints 284–286

révision de stratégie de maintenance 328–330

RMI *Cf.* SKF Reliability Maintenance Institute

rodage 191

rondelles  
pour les paliers 131  
pour les paliers complets 101

rondelles d'étanchéité 156

rondelles-entretroises 156

rotation de la bague extérieure  
application à roue 87–88  
conditions de charge 32  
marques de passage 293  
réglage des intervalles de relubrification 195

rouille  
due à des joints inefficaces 317–318  
provoquée par des portées défectueuses 302

résolution de problèmes 246

roulage 31  
à prendre en compte pour le choix de l'ajustement 33  
dû à de mauvais ajustements 300–301  
résolution de problèmes 243, 246–247

roulage de la bague *Cf.* roulage

roulements  
catégories de tailles 46  
démontage 254–269  
fréquences de défaillance 224  
graissage lors de l'installation initiale 189–191  
identification 26–27  
inspection 225–226  
manipulation 49–50  
montage 44–91  
relubrification 194–198  
stockage 41, 230  
système de désignation 22–25  
terminologie 10  
types et modèles 12–21

roulements à aiguilles  
démontage 255, 258  
montage 80–81  
types et modèles 15–16  
valeurs de jeu radial interne 393

roulements à billes à contact oblique  
ajustement de montages en O 76–77  
ajustement de montages en X 74–75  
avec bague intérieure en deux pièces 78  
graissage lors de l'installation initiale 191  
montage 74–78

## Index

problèmes 243, 245, 247  
roulements autonomes 74  
roulements pour appariement universel 76  
types et modèles 12–13  
valeurs de jeu axial interne 389  
valeurs de précharge axiale 389  
roulements à billes à contact oblique à deux rangées  
modèles 12  
montage 78  
valeurs de jeu axial interne 390  
roulements à billes à quatre points de contact  
modèles 13  
montage 78  
problèmes 244  
valeurs de jeu axial interne 391  
roulements à billes/à rouleaux *Cf.* roulements  
roulements à rotule sur billes  
angles de serrage des écrous de serrage 402  
graissage lors de l'installation initiale 191  
montage 79–80  
montage (méthode par enfouissement axial SKF) 57–61  
montage (méthode par pression d'huile) 62–66  
types et modèles 13  
valeurs de jeu radial interne 392  
valeurs d'enfoncement axial 402  
valeurs pour la méthode par enfouissement axial SKF 392  
roulements à rotule sur rouleaux  
angles de serrage des écrous de serrage 403  
modèles 17  
montage 90  
montage (méthode par enfouissement axial SKF) 57–61  
montage (méthode par pression d'huile) 62–66  
valeurs de jeu radial interne 397–398  
valeurs de réduction de jeu 403  
valeurs par enfouissement axial 403  
valeurs pour la méthode par enfouissement axial SKF 407–411  
roulements à rouleaux coniques  
ajustement de montages en O 86–88  
ajustement de montages en X 84–85  
graissage lors de l'installation initiale 191  
montage 84–89  
problèmes 245  
types et modèles 16–17  
valeurs de jeu axial interne 396  
roulements à rouleaux coniques à deux rangées  
modèles 17  
montage 89  
roulements à rouleaux coniques à plusieurs rangées  
*Cf.* roulements à rouleaux coniques à quatre rangées  
roulements à rouleaux coniques à quatre rangées  
modèles 17  
montage 89  
roulements à rouleaux cylindriques  
démontage 258–259  
fixation axiale 37  
graissage lors de l'installation initiale 191  
montage 80–84  
types et modèles 13–14  
valeurs de jeu axial interne 394–395  
valeurs de jeu radial interne 393  
roulements à rouleaux cylindriques à quatre rangées  
modèles 14  
montage 82–84  
roulements à rouleaux toroïdaux CARB  
angles de serrage des écrous de serrage 404  
dans les paliers à semelle 132  
dimensions de l'épaulement d'appui 38  
fixation axiale 37  
graissage lors de l'installation initiale 191  
montage 90–91  
montage (méthode par enfouissement axial SKF) 57–61  
montage (méthode par pression d'huile) 62–66  
problèmes 240  
types et modèles 17  
valeurs de jeu radial interne 399–400  
valeurs de réduction de jeu 404  
valeurs d'enfoncement axial 404  
valeurs pour la méthode par enfouissement axial SKF 412–413

roulements de fours 182  
roulements de super précision  
graissage lors de l'installation initiale 191  
types et modèles 12, 18  
roulements de tourillons 259  
roulements étanchés 40  
chauffage 68  
durée de stockage 41  
lavage 189  
problèmes 238  
relubrification 192  
roulements à rotule sur billes 79  
roulements à rotule sur rouleaux 90  
roulements rigides à billes 40  
roulements haute précision  
graissage lors de l'installation initiale 191  
types et modèles 12, 18  
roulements insert *Cf.* roulements Y  
roulements non séparables 190  
roulements pour appariement universel  
montage 76  
valeurs de jeu axial interne 389  
valeurs de précharge axiale 389  
roulements radiaux 12–17  
roulements rigides à billes  
graissage lors de l'installation initiale 191  
joints intégrés 40  
types et modèles 12  
valeurs de jeu radial interne 388  
roulements séparables  
graissage lors de l'installation initiale 190  
montage 80  
roulements Y  
assemblage 121  
types et modèles 21  
valeurs de jeu radial interne 401  
rugosité de surface 36  
valeurs moyennes 387  
rupture 298–299  
rupture due à la fatigue 319  
rupture forcée 301, 303  
rupture thermique 301  
rupture forcée 298–299  
due à de mauvais ajustements 301  
provoquée par des portées défectueuses 303  
rupture par fatigue 298–299  
provoquée par un défaut d'alignement pendant le  
fonctionnement 319

## S

sans savon 183  
savon de calcium 185  
savon de lithium 185  
savons complexes 183  
segments d'arrêt 91  
semelle *Cf.* semelle  
séparation d'huile *Cf.* ressuage de l'huile  
séries de diamètres 22–23  
serrage ovale *Cf.* faux-rond  
service de surveillance de l'énergie SKF 329–330  
services de maintenance mécanique 330  
services de remise à neuf de broches 331  
SKF @ptitude Exchange 327  
SKF CircOil 215  
SKF DuoFlex 215  
SKF Duralife 145  
SKF Duralip 145  
SKF LubriLean 215  
SKF MonoFlex 215  
SKF MultiFlex 215  
SKF Oil+Air 215  
SKF ProFlex 215  
SKF Reliability Maintenance Institute 326–327  
SKF Springcover 144–145  
SKF SYSTEM 24 198–199  
solutions de maintenance intégrée 329  
solvants  
manipulation 225

- pour nettoyer les roulements 224
- types 254
- sondes ultrasoniques 221
- soudure 172
- SPEEDI-SLEEVE Cf. manchon SKF SPEEDI-SLEEVE
- Springcover Cf. SKF Springcover
- stabilité au roulement 188
- stabilité mécanique 188
- stéthoscopes électroniques 221
- stockage
  - des joints en élastomère 42
  - des lubrifiants 42–43
  - des roulements 41
- endommagement des roulements 308
- surcharge 298–299
  - provoquée par de mauvaises pratiques de montage 305
  - provoquée par un mauvais transport ou stockage 308
- surchauffe 233
- surface d'appui d'un joint 142
  - exigences 146
  - inspection 226–227
  - réparation 151–154
- surfaces d'appui
  - pour les paliers 130
  - pour les paliers complets 101
- surveillance des vibrations 222–224
  - fréquences de défaillance des roulements 224
  - prise de mesures 223
- SYSTEM 24 Cf. SKF SYSTEM 24
- système d'aide à la décision SKF @ptitude 327
- système de blocage SKF ConCentra 94–95
- systèmes de lubrification
  - à l'huile 207–209
  - centralisée 213–215
- systèmes de lubrification à l'huile 207–209
- systèmes de lubrification à lubrifiant perdu 214
- systèmes de lubrification centralisée 213–215
- systèmes d'étanchéité 39–40
  - problèmes 238

## T

- tableau de conversion d'unités 437
- tableaux de tolérances
  - écarts modifiés pour les roulements à cotes en pouces 382–383
  - pour les arbres (cotes en pouces) 360–371
  - pour les arbres (cotes métriques) 338–349
  - pour les arbres (montage sur manchon) 384
  - pour les paliers (cotes en pouces) 372–381
  - pour les paliers (cotes métriques) 350–359
- température
  - ambiante 161
  - de fonctionnement 186–187
  - maintenance conditionnelle 221
  - problèmes 233
  - référence 203
- température ambiante
  - à prendre en compte pour la relubrification 195–196
  - à prendre en compte pour l'alignement de machines 161
- température de fonctionnement
  - de la graisse 186–187
  - des roulements 187, 204
  - maintenance conditionnelle 221
  - réglage des intervalles de relubrification 195
  - résolution de problèmes 190, 202, 233
- température de référence 203
- tendeurs de boulons 166
- tension 307
- terminologie 10–11
- test de corrosion sur lame de cuivre 188
- test de fonctionnement 174
- test de protection anticorrosion 188
- test VKA 188
- thermomètres 221
- tiges guides 81
- trous percés 150, 152

## U

- unités Cf. paliers complets
- usinage sur place 330
- usure 298–299
  - par abrasion 300–301, 313, 314–315
  - par adhérence 301, 312
- usure d'adhérence 298–299
  - due à de mauvais ajustements 301
  - due à une lubrification inefficace 312
- usure par abrasion 298–299
  - due à de mauvais ajustements 300–301
  - due à des joints inefficaces 314–315
  - due à une lubrification inefficace 313
- usure par polissage
  - due à de mauvais ajustements 300–301
  - provoquée par des joints inefficaces 315

## V

- valeurs pour les roulements à rouleaux cylindriques 394–395
- valeurs pour les roulements à rouleaux coniques 396
- véritable effet « Brinell » 308
- vibrations
  - dommages dus au faux effet « Brinell » 308, 319
  - réglage des intervalles de lubrification 195
  - résolution de problèmes 234
  - test de performance des graisses 188
- vis d'assemblage 131
- vis de pression Cf. vis de blocage
- viscosité
  - calcul 204–206
  - de l'huile 203
  - de l'huile de base dans la graisse 185
  - équivalences 414
  - problèmes 246, 249
- viscosité cinématique Cf. viscosité

## X

- XNBR Cf. caoutchouc acrylonitrile butadiène

## Z

- zones de charge 292–297

