

Lubrification

■ Généralités	122
<i>Choix du type de lubrification</i>	122
Lubrification à la graisse	123
■ Caractéristiques des graisses	123
■ Mise en œuvre	124
■ Choix de la graisse	125
■ Quantité	128
Lubrification à l'huile	131
■ Systèmes de lubrification	132
■ Quantité d'huile	134

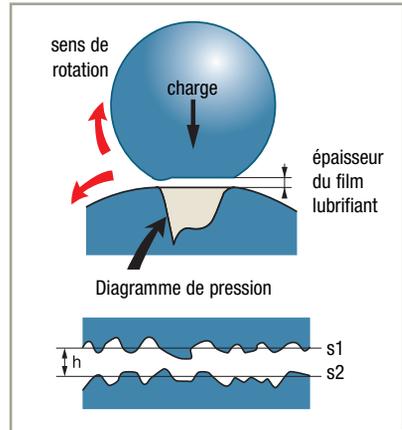
Généralités

La lubrification est un élément essentiel pour le bon fonctionnement du roulement.

70% des avaries des roulements sont dues à des problèmes de lubrification.

La lubrification a pour objectif d'interposer un film de lubrifiant (dit film d'huile) entre les corps roulants et le chemin de roulement, afin d'éviter l'usure et le grippage des éléments en contact.

De plus, le lubrifiant assure une protection contre l'oxydation et la pollution extérieure et, dans le cas de l'huile, un refroidissement.



La durée de vie du roulement est directement liée à l'efficacité du film d'huile qui dépend :

- de la nature du lubrifiant et donc de ses capacités à tenir en température, vitesse...
- de la charge et de la vitesse du roulement

L'influence de la lubrification sur la durée de vie peut être déterminée page 77.

→ Choix du type de lubrification

	Lubrification à l'huile	Lubrification à la graisse
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bonne pénétration dans le roulement ▶ Bonne stabilité physico-chimique ▶ Refroidissement ▶ Contrôle aisé du lubrifiant : état et niveaux 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Propreté du mécanisme ▶ Etanchéité plus facile à réaliser ▶ Barrière de protection ▶ Simplicité des montages ▶ Facilité de manipulation ▶ Réduction ou suppression du graissage d'appoint ▶ Possibilités d'utiliser des roulements pré-graissés
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Etanchéité nécessaire du montage ▶ En cas d'arrêt prolongé, mauvaise protection contre l'oxydation et l'humidité ▶ Retard au démarrage lorsqu'une mise en circulation autonome préalable à la rotation est nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Coefficient de frottement plus élevé que l'huile ▶ Evacuation thermique plus faible ▶ Le remplacement (si nécessaire) requiert le démontage du roulement et son lavage ▶ Pas de possibilité de vérifier un niveau de graisse donc nécessité d'une retenue de graisse fiable ou bien d'un apport périodique pour compenser les fuites, la pollution ou le vieillissement

Lubrification à la graisse

Caractéristiques des graisses

■ Une graisse est un produit de consistance semi-fluide à solide, obtenu par dispersion d'un agent épaississant (savon) dans un liquide lubrifiant (huile minérale ou synthétique).

Pour apporter certaines propriétés particulières, des produits d'addition peuvent être inclus. L'utilisation croissante de roulements lubrifiés à la graisse, associée au développement du concept de graissage à vie, fait de la graisse un composant à part entière du roulement. La durée de vie du roulement, son comportement dans des environnements divers, sont largement conditionnés par les propriétés de la graisse utilisée.

■ Caractéristiques physico-chimiques

Consistance

► Grades NLGI (National Lubrication Grease Institute) correspondant à une valeur de pénétration dans la graisse travaillée (selon spécification d'essai ASTM/D217).

► Pour les roulements, la consistance retenue en général est le grade 2.

Grades NLGI	Pénétration travaillée	Consistance
0 1	385 - 355 340 - 310	Semi-fluide Très molle
2 3	295 - 265 250 - 220	Molle Moyenne
4	205 - 175	Semi-dure

Viscosité de l'huile de base : généralement définie en cSt (mm²/s) à 40°C.

Densité : de l'ordre de 0,9.

Point de goutte : température à laquelle tombe la 1^{ère} goutte d'une graisse liquéfiée par chauffage d'un échantillon.

Ordre de grandeur : 180°C/260°C selon les constituants de la graisse. La température maximale d'utilisation de la graisse est toujours très inférieure au point de goutte.

■ Caractéristiques fonctionnelles

Les conditions de travail imposées au lubrifiant (laminage, malaxage) nécessitent des graisses spéciales pour roulements qui ne peuvent pas être sélectionnées uniquement à partir de leurs caractéristiques physico-chimiques.

Le Centre de Recherche et d'Essais SNR procède en permanence à des essais d'homologation sur roulements qui nous permettent de conseiller la graisse la mieux adaptée à l'application.

Le cahier des charges d'homologation porte sur les critères de base suivants :

- endurance en roulement à billes
- endurance en roulement à rouleaux
- tenue à l'eau
- tenue en haute et basse température
- adhérence (centrifugation)
- résistance aux vibrations (faux effet Brinell)
- tenue en grande vitesse
- etc.



Ces critères sont susceptibles d'être complétés en fonction du résultat recherché par le client. La sélection pour une application est un compromis réalisé à partir du cahier des charges de l'application.

Lubrification à la graisse *(suite)*

Mise en œuvre

Les roulements étanches et protégés sont garnis de graisse par construction. Pour les autres, la mise en place de la graisse doit être faite avec beaucoup de soin pour ne pas pénaliser les performances du roulement.

■ Méthode d'apport de la graisse

La propreté est essentielle

Tout corps étranger se trouvant dans la graisse peut amener une destruction prématurée du roulement.

- Bien nettoyer l'environnement du roulement
- Protéger les récipients de graisse de la pollution
- L'utilisation du tube ou de la cartouche de graisse est une garantie de propreté

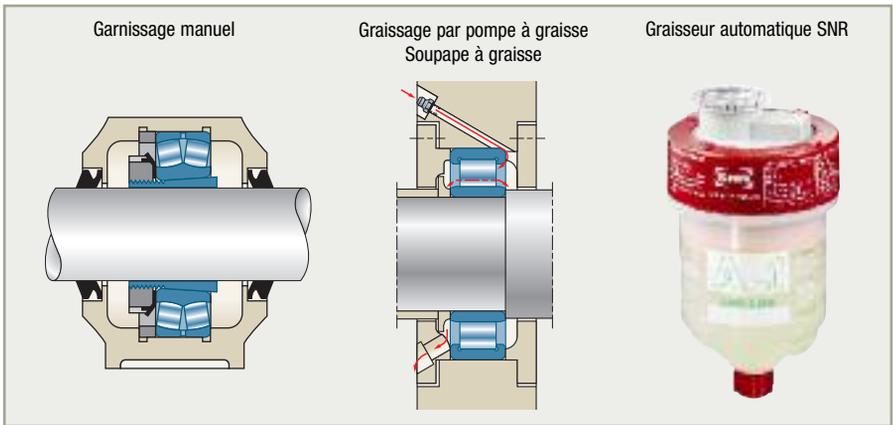
La graisse doit être déposée le plus près possible des parties actives du roulement (pistes et corps roulants)

Faire pénétrer la graisse entre la cage et la piste de la bague intérieure notamment pour les roulements à contact oblique et les roulements à rotule.

Pour chaque palier noter la date des lubrifications faites et à faire, le type et le poids de graisse

- ▶ Paliers et roulements avec dispositif de graissage
 - Nettoyer la tête du graisseur
 - Eliminer toutes les impuretés
 - Vérifier et nettoyer le bec de la pompe à graisse
 - Introduire la graisse
 - Veiller particulièrement à vérifier la quantité introduite
 - Eliminer la graisse usagée tous les 4 ou 5 apports
 - Lorsque les intervalles de relubrification sont courts, prévoir un dispositif pour l'évacuation de la graisse usagée
- ▶ Paliers et roulements sans dispositif de graissage
 - Nettoyer soigneusement le palier avant l'ouverture
 - Enlever la graisse usagée avec une spatule non métallique
 - Introduire la graisse entre les corps roulants, des deux côtés
 - Graisser les chicanes et les joints

■ Dispositifs de graissage



Choix de la graisse

■ Le choix de la graisse repose sur la connaissance des conditions de fonctionnement qui doivent être définies de la manière la plus précise possible: température, vitesse, charge, ambiance, vibrations, contraintes spécifiques à l'application.

Faire le choix de la graisse à utiliser en liaison avec votre interlocuteur SNR.

Le tableau page suivante permet une première orientation.

■ On distingue deux types de fonctionnement

Conditions normales de fonctionnement

SNR conseille deux graisses pour roulements :

- ▶ SNR LUB MS : pour les paliers de machines, machines agricoles, moteurs électriques, matériels de manutention, pompes
- ▶ SNR LUB EP : pour les roulements fortement chargés (sidérurgie, travaux publics)

Conditions particulières de fonctionnement

Le cahier des charges de l'application sera étudié en liaison étroite avec SNR dans les cas de :

- Température en continu supérieure à + 120°C ou inférieure à -30°C
- Vitesse supérieure à la vitesse limite du roulement
- Ambiance humide
- Centrifugation (bague extérieure tournante) ou vibrations
- Faible couple
- Présence d'hydrocarbures
- Radiations nucléaires...

La viscosité de l'huile de base est très importante pour l'efficacité de la lubrification. Le diagramme page 78 permet de vérifier l'efficacité de la lubrification pour votre application.

La plupart des graisses d'usage général sont miscibles entre elles. Cependant, pour obtenir le meilleur résultat, éviter le mélange (interdit pour certaines graisses d'usage particulier).

Pour les roulements étanches et protégés, SNR peut livrer le roulement prélubrifié avec une graisse adaptée à l'application (sous réserve de quantités minimales).

↓
Choix d'une graisse en fonction de l'application

Fonctionnement prédominant	Limites d'utilisation		Préconisation générale	Exemple d'applications	Préconisation SNR LUB
	Temp. °C	Vitesse			
Usage courant	-30 à +120	< vitesse limite du roulement	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Huile minérale ▸ Savon traditionnel (lithium, calcium...) ▸ Consistance : généralement grade 2, grade 3 pour roulements grande dimension ou avec particularité de fonctionnement ▸ Baisse des performances à partir de 80° C en continu ; certaines applications peuvent demander un choix mieux adapté 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Machines agricoles ▸ Mécanique générale ▸ Matériel manutention ▸ Outillage électrique 	LUB MS
Forte charge	-30 à +110	< 2/3 vitesse limite du roulement	▸ Similaire aux graisses d'usage courant avec additif extrême pression	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Automobile ▸ Sidérurgie ▸ Matériel travaux publics 	LUB EP
Haute température	-30 à +130	< 2/3 vitesse limite du roulement	▸ Savon traditionnel avec huile de base minérale de forte viscosité ou synthétique	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Moteurs électriques classe E ▸ Moteurs électriques classe F ▸ Alternateurs 	LUB HT
	-20 à +150				
	-20 à +220	≤ 1/3 vitesse limite du roulement	▸ Graisses entièrement synthétiques ▸ Les graisses avec huile de base silicone ont une tenue réduite sous charge	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Equipements de fours ▸ Moteurs électriques classe H ▸ Coupleurs 	LUB THT
	-20 à +250	< 1/5 vitesse limite du roulement	▸ Produits de synthèse se présentant sous forme solide ou pâteuse ▸ Produits difficilement miscibles	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Equipements de fours ▸ Wagonnets de four 	Consulter SNR
Basse température	jusqu'à -50	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	▸ Huile de base de très faible viscosité Attention à la retenue de graisse si température supérieure à 80° C	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Aviation ▸ Engins spéciaux 	LUB GV*
Grande vitesse	-20 à +120	≤ 4/3 vitesse limite du roulement	▸ Huile de très faible viscosité	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Broches de machines-outils ▸ Machines à bois ▸ Broches textile 	
Humidité	-30 à +120	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	▸ Graisse traditionnelle fortement dopée avec additifs anti-corrosion	▸ Machines à laver	LUB MS LUB EP
Centrifugation Vibrations Bague extérieure tournante	-20 à +130	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	▸ Graisse consistance (grade 2) à forte adhérence	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Alternateurs ▸ Matériel travaux publics ▸ Poulies folles 	LUB VX
Usage alimentaire	-30 à +120	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	▸ Compatible alimentaire	▸ Industrie agro-alimentaire	LUB AL1
Forte charge et faible vitesse	-5 à +140		▸ Adaptée à un fonctionnement à très faible vitesse et très forte charge	▸ Industrie lourde : sidérurgie, papeteries, carrières	LUB FV

NB : Le choix de la graisse doit être fait en liaison avec SNR.



Caractéristiques de la gamme SNR LUB

	MS	EP	HT	GV*	VX	THT	AL1	FV	
Couleur	Ambrée	Ambrée	Brun clair	Blanche	Blonde	Blanche	Jaunâtre transparent		
Composition	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Huile minérale ▶ Savon lithium 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Huile minérale ▶ Extrême pression ▶ Savon lithium 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Huile synthétique ▶ Savon polyurée 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Huile diester ▶ Savon lithium 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Huile minérale paraffinique ▶ Savon lithium 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fluide perfluoré épaississant ▶ Téflon 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Huile minérale paraffinique ▶ Savon complexe aluminium 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Huile minérale ▶ Lithium + calcium 	
Viscosité huile de base	105	105	150	15	310	390	200	950	
Consistance Grade NLGI	2	2	2	2	2	2	2	2	
Température utilisation °C	-30 +120	-30 +110	-30 +150	-50 +120	-20 +130	-20 +220	-20 +250*	-30 +120	-5 +140
Charges moyennes P < C / 5	B	TB	B	B	B	TB	B	B	
Charges élevées P > C / 5	NR	TB	NR	NR	TB	TB NR	B	TB	
Vitesse faible N.Dm < 100000	B	B	NR	NR	TB	TB	B	TB	
Vitesse élevée N.Dm > 100000	B	B	B	TB	NR	B B	B	NR	
Humidité, Présence d'eau	TB	TB	B	TB	B	B	B	B	
Oscillations, faible amplitude	B	B	TB	B	TB	TB	B	B	
Vibrations à l'arrêt	NR	NR	NR	TB	NR	NR	NR	NR	
Adhérence	B	B	TB	B	TB	TB	B	TB	
Faible couple	B	B	B	TB	NR	NR	B	NR	
Silence	B	B	B	TB	NR	NR	NR	NR	
Protection anti-corrosion	TB	TB	B	TB	B	B	B	B	
Résistance aux agents chimiques	NR	NR	NR	NR	NR	TB	NR	NR	
Pompabilité	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	B	
Remarques			<ul style="list-style-type: none"> ▶ La durée de vie de la graisse dépend de la température d'utilisation. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Apporter une attention particulière : - à la quantité - au maintien - au voisinage des parties actives - à la retenue de la graisse 			<ul style="list-style-type: none"> ▶ Conforme aux recommandations US Food and Drug Administration Classe H1 		

N.Dm : Produit du nombre de tours/minute par le diamètre moyen
TB : Très bonne performance – **B** : Bonne performance
NR : Non recommandée

* Sous faible charge, la graisse THT résiste jusqu'à +250°C.
Sous charge plus importante, la résistance est limitée à +220°C.

Lubrification à la graisse (suite)

Quantité

■ Graissage initial

La quantité de graisse nécessaire au bon fonctionnement du roulement doit occuper un volume égal à environ 20 à 30% du volume libre interne de celui-ci.

Ordre de grandeur de la quantité de graisse
à introduire dans le roulement ouvert

$$G = 0,005 D \cdot B$$

- G : Quantité de graisse en gramme ou cm^3
- D : Diamètre extérieur du roulement en mm
- B : Largeur du roulement en mm.

La quantité peut être augmentée de 20% pour les paliers munis d'un orifice d'évacuation de la graisse usée.

Un roulement tournant à très faible vitesse tolère un plein remplissage, ce qui est favorable à sa protection en ambiance très polluée (galets de manutention...)

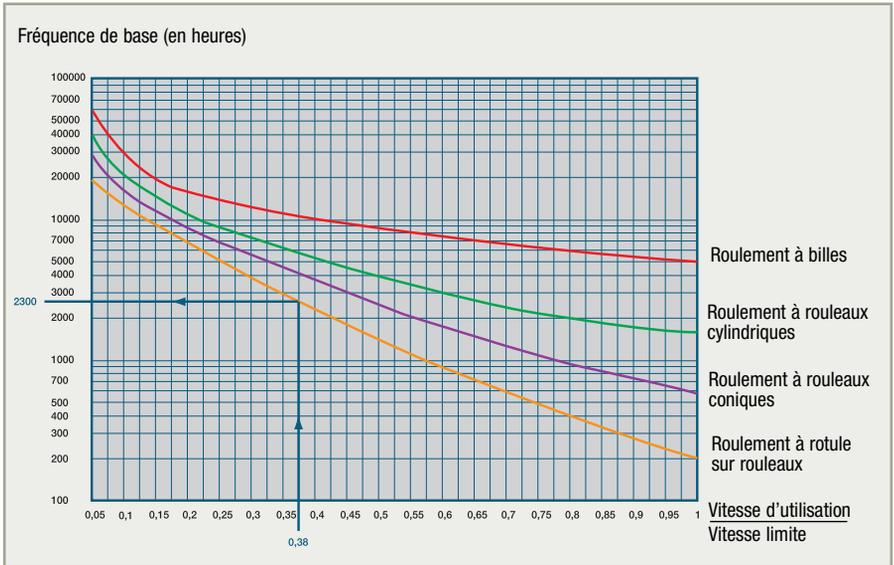
Il est très important que cette quantité soit maintenue dans le roulement ; vérifier que les pièces adjacentes (joints défecteurs) sont capables de limiter le transfert de graisse. S'il existe un volume adjacent libre, le remplir à 50% de graisse.

On vérifie que la quantité de graisse est convenable lorsque la température du roulement se stabilise à un niveau supérieur de 10 à 30°C à celui de la température ambiante, après un régime transitoire inférieur à une heure durant lequel la température passe par une pointe plus élevée.

■ Regraissage

Fréquence de regraissage

Le tableau ci-dessous permet de déterminer la fréquence de base en heures en fonction du type de roulement et de la vitesse de rotation



■ Correction de la fréquence de regraissage

La fréquence de base (F_b) doit être corrigée par les coefficients issus du tableau ci-dessous, en fonction des conditions de fonctionnement particulières du mécanisme, selon la relation :

$$F_c = F_b \cdot T_e \cdot T_a \cdot T_t$$

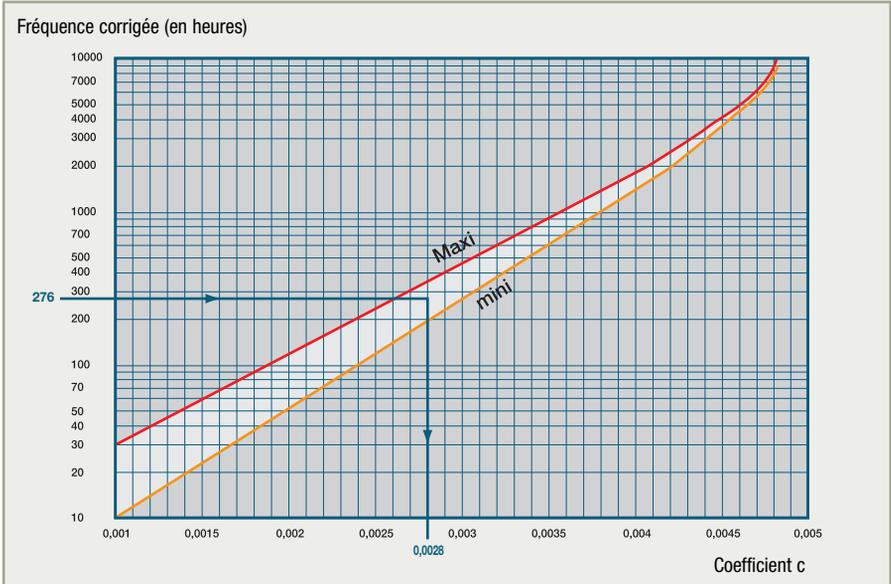
Coefficient	Conditions	Niveau	Valeur du coefficient		
T_e	Environnement - poussière - humidité - condensation	- moyen	0,8		
		- fort	0,5		
		- très fort	0,3		
T_a	Application - avec chocs - avec vibrations - avec arbre vertical	- moyen	0,8		
		- fort	0,5		
		- très fort	0,3		
T_t	Températures	75°C	0,8	avec graisse standard	avec graisse haute température
		75° à 85°C 85° à 120°C 120° à 170°C	0,5 0,3		

Lubrification à la graisse (suite)

■ Poids de graisse

Le tableau, ci-dessous, permet de déterminer le coefficient **c** à appliquer, en fonction de la fréquence corrigée en heures, pour obtenir le poids de graisse à renouveler par la relation

$$P = D \times B \times c$$



Exemple

Un roulement 22212 EA, graissé avec une graisse standard, tournant à 1500 tr/mn en environnement poussiéreux, à 90°C sans autres contraintes d'application :

22212 – Roulement à rotule sur rouleaux

Vitesse utilisation / Vitesse limite = 1500 tr/mn / 3900 tr/mn = 0,38

d'ou fréquence de base : $F_b = 2300$ h (voir graphique page précédente)

Coefficients			$c = 0,028$
T_e	=	→ 0,5	poussières
T_a	=	→ 0,8	normal
T_t	=	→ 0,3	90°C
			Diamètre $D = 110$
			Largeur $B = 28$
			Poids de graisse :
			$P = 110 \cdot 28 \cdot 0,0028 = 9$ grammes



Fréquence corrigée : $F_c = F_b \cdot T_e \cdot T_a \cdot T_t = 2300 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,3 = 276$ Heures

Lubrification à l'huile

La lubrification à l'huile est généralement employée lorsque le roulement est intégré dans un mécanisme déjà lubrifié à l'huile (réducteur, boîte de vitesses) ou bien lorsqu'il peut bénéficier d'un système de graissage centralisé où l'huile est utilisée aussi comme réfrigérant.

■ Type d'huile

Principaux types d'huiles utilisés pour la lubrification des roulements.

		Huiles minérales	Huiles synthétiques	
			ester	perfluoroalkiléther
Commentaires		Utilisation standard	Utilisation spéciale généralement à haute ou basse température	
Densité		0,9	0,9	1,9
Viscosité	Indice	80 - 100	130 - 180	60 - 130
	Variation avec la température	importante	faible	faible
Point de congélation		-40 à -15°C	-70 à -30°C	-70 à -30°C
Point d'inflammation		< 240 °C	200 à 240 °C	non inflammable
Résistance à l'oxydation		moyenne	bonne	excellente
Stabilité thermique		moyenne	bonne	excellente
Compatibilité avec les élastomères		bonne	à vérifier	bonne
Niveau de prix		1	3 - 10	500

■ Viscosité

Le choix de la viscosité de l'huile est très important pour l'efficacité de la lubrification. Il peut être fait à l'aide du diagramme page 78.

On peut noter avec ce diagramme que la durée de vie croît avec la viscosité du lubrifiant. Ce gain est cependant réduit car un lubrifiant plus visqueux élève la température de fonctionnement du roulement.

■ Additifs

Les additifs les plus utilisés sont les Extrêmes Pressions, anti-usure et anti-corrosion. Le choix d'un additif se fait avec beaucoup d'attention. Il est nécessaire de s'assurer auprès du fabricant du lubrifiant de son influence sur le comportement du roulement.

Extrême Pression

- Protège les surfaces métalliques contre le micro soudage
- Nécessaire lorsque le roulement est fortement chargé

P > C / 5

Lubrification à l'huile (suite)

Anti-usure

Réduit l'usure des surfaces métalliques par formation d'une couche de surface protectrice

Anti-corrosion

Protège contre les attaques corrosives sur les surfaces métalliques

■ Pollution

L'huile de lubrification doit être propre.

■ Lubrifiants spéciaux

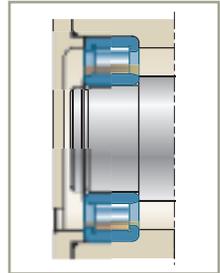
Dans certains montages, le roulement peut être lubrifié par le liquide véhiculé dans le montage (huile hydraulique, gazole). Dans ce cas et pour tous les problèmes de lubrification évoqués ici, consulter SNR.

Systemes de lubrification

■ Bain d'huile

Utilisé dans les mécanismes fermés et étanches. Niveau d'huile au niveau des corps roulants inférieurs des roulements les plus bas.

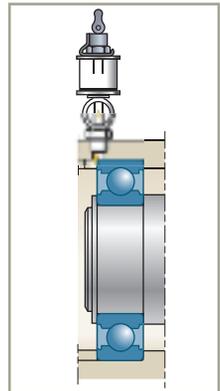
Vitesse modérée, la dissipation de chaleur étant limitée.



■ A huile perdue

Arbre tournant à grande vitesse.

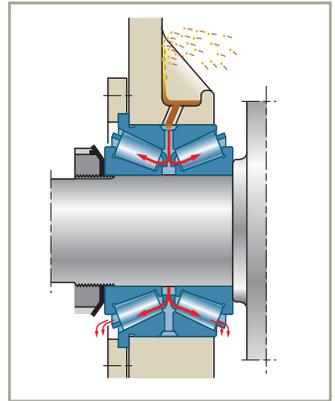
Evacuation nécessaire de l'huile usagée.



■ Ruissellement et projection

Projection faite généralement par les engrenages.

Des gouttières peuvent diriger l'huile vers le roulement.

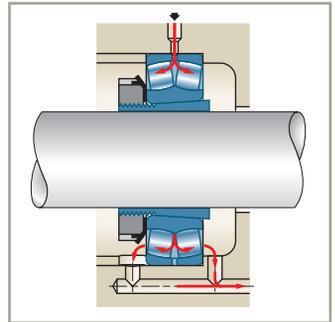


■ Circulation d'huile

Une pompe assure un débit constant, une réserve permet d'attendre l'amorçage au démarrage.

L'huile peut être filtrée et refroidie dans un échangeur pour obtenir de meilleures performances.

La circulation d'huile peut parfois être intermittente.

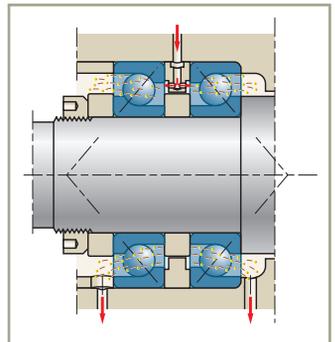


■ Brouillard d'huile

C'est aussi un mode de lubrification à huile perdue à faible consommation. Le brouillard d'huile sous pression atteint toutes les parties du roulement, interdit l'entrée de corps étrangers et assure le refroidissement.

Utilisé pour les roulements de précision tournant à grande vitesse.

Consulter le catalogue « SNR, roulements haute précision pour broche de machine-outil ».



Important : La plupart des dispositifs de lubrification à l'huile ne permettent pas d'obtenir un film suffisant dans les premières rotations du roulement. Il est donc vivement conseillé de huiler les roulements neufs après montage.

Lubrification à l'huile (suite)

Quantité d'huile

Le diagramme ci-dessous donne un ordre de grandeur d'un débit minimal de sécurité dans des conditions normales d'utilisation des roulements.

