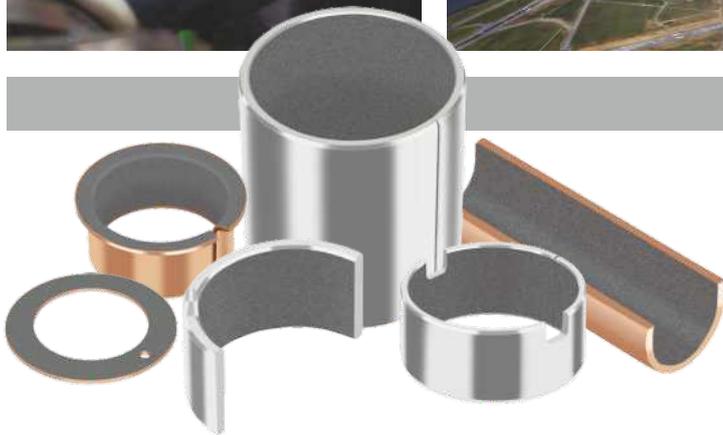




Distributeur de fournitures pour l'industrie aéronautique en Rhône-Alpes
8 rue du Puits Rochefort Z.I. de Montmartre, 42100 Saint-Étienne, FRANCE
+33-(0)4 77 49 36 36

GGB DU[®] et DU-B

Paliers Autolubrifiants en Métal-Polymère



The Global Leader
in High Performance Bearing Solutions



an EnPro Industries company

Qualité

Tous les produits décrits dans ce manuel technique sont des produits fabriqués selon des systèmes de qualité approuvés suivant DIN EN ISO 9001, ISO/TS 16949 et ISO 14001.

Par ailleurs, GGB Amérique du Nord ont été certifiés selon la norme AS9100 version B relative aux systèmes de management de la qualité de l'aérospatial, pour les paliers et rondelles sur dos métal ou obtenus par enroulement filamentaire.

ETATS-UNIS



FRANCE



CHINE



ALLEMAGNE



BRÉSIL



SLOVAQUIE



Homologations techniques:
Par le MPA Stuttgart (pour le DU-B™), institut d'homologation pour la construction de bâtiments et ponts.

Table des matières

1	Introduction	5	4	Questionnaire	22
1.1	Applications	5	4.1	Données pour le calcul des paliers	22
1.2	Caractéristiques et avantages	5	5	Lubrification	23
1.3	Formes disponibles	5	5.1	Lubrifiants	23
1.4	Matériaux	6	5.2	Tribologie	23
2	Matériaux	7		Lubrification hydrodynamique	23
2.1	Structure	7		Lubrification mixte	24
2.2	Mécanismes de l'usure à sec	7		Lubrification limite	24
2.3	Caractéristiques physiques, mécaniques et électriques	9	5.3	Caractéristiques des bagues DU lubrifiées	24
2.4	Caractéristiques chimiques	10	5.4	Guide de conception pour des applications lubrifiées	24
	Corrosion électrochimique	10	5.5	Jeu pour les applications lubrifiées	26
2.5	Caractéristiques de frottement	10	5.6	Rugosité du contre-matériau pour les applications lubrifiées	26
3	Performance	12	5.7	Rainures de lubrification	26
3.1	Conception	12	5.8	Lubrification à la graisse	26
	Calcul	12	6	Montage des bagues	27
3.2	Pression spécifique \bar{p}	12		Jeu diamétral	27
3.3	Pression spécifique limite \bar{p}_{lim}	13	6.1	Dilatation thermique	27
3.4	Vitesse de glissement U	13	6.2	Tolérances pour jeu minimum	27
	Rotation continue	13		Usinage des bagues DU	28
	Mouvement oscillant	13	6.3	Contre-matériaux	28
3.5	Facteur $\bar{p}U$	14	6.4	Installation	29
3.6	Coefficients correcteurs d'application	14		Montage des bagues cylindriques	29
	Température	14		Montage des bagues à collerette	29
	Contre-matériaux	15		Effort d'emmanchement	29
	Dimension des bagues	15		Alignement	30
	Calibrage	16		Étanchéité	30
	Type de charge	16	6.5	Positionnement axial	30
3.7	Calculs des dimensions du palier	17		Montage des rondelles de butée	30
3.8	Calcul de la durée de vie du palier	18		Plaques de glissement	31
	Pression spécifique \bar{p}	18	7	Modification	32
	Coefficient correcteur de pression spécifique a_E	18	7.1	Recoupe et usinage	32
	Facteur $\bar{p}U$ corrigé	18		Perçage d'un trou de graissage	32
	Estimation de la durée de vie de la bague L_H	19		Découpe des plaques de glissement	32
	Calibrage	19	7.2	Revêtements électrolytiques	32
	Plaques de glissement	19		Dos du palier	32
3.9	Exemples	20		Contre-matériaux	32

8 Produits standard	33	8.10 Plaques de glissement DU-B . . .	50
8.1 Bagues cylindriques DU	33	8.11 Plaques de glissement DU -	
8.2 Bagues à collerette DU	38	cotes pouces	50
8.3 Rondelles à collerette DU	40	9 Méthode de contrôle	51
8.4 Rondelles de butée DU	41	9.1 Contrôle de bagues roulées	51
8.5 Bagues cylindriques DU-B	42	Méthode A	51
8.6 Bagues à collerette DU-B	44	Méthode B	
8.7 Bagues cylindriques -		(alternative de méthode A)	51
cotes pouces	46	Méthode C	51
8.8 Rondelles de butée DU -		Mesure de l'épaisseur de paroi,	
cotes pouces	49	suivant ISO 12306	
8.9 Plaques de glissement DU	50	(alternative de méthode C)	51
		Méthode D	51
		Abréviations et unités	52
		Informations générales	55

ADIFOR AERO

1 Introduction

Le but de cette documentation est de fournir aux bureaux d'études les informations techniques les plus larges sur les caractéristiques des pièces pour frottement à sec DU®. Les informations données permettent aux dessinateurs de définir les dimensions correctes d'un palier et d'évaluer sa durée de vie et sa performance.

Les services de Recherche & Développement GGB sont à votre disposition pour étudier des applications particulières.

Les informations complètes sur la gamme de produits standard DU, disponibles sur

stock, sont données en même temps que des détails sur les autres produits DU.

GGB étend continuellement ses connaissances théoriques et techniques. A la lecture de cette brochure, n'hésitez pas à nous contacter pour connaître les tous derniers développements.

Comme il n'est pas possible d'envisager toutes les conditions de fonctionnement que l'on retrouve en pratique, GGB ne peut garantir le succès d'aucune application et recommande aux clients d'entreprendre des essais sur prototypes.

1.1 Applications

Le DU est recommandé pour des mouvements

- rotatifs
- oscillants
- alternatifs
- translation.

Des matériaux dérivés du DU sont également disponibles pour des applications

spécifiques, par exemple quand une résistance chimique plus élevée du matériau est nécessaire à cause:

- des conditions atmosphériques et ambiantes,
- des directives pour l'industrie alimentaire.

1.2 Caractéristiques et avantages

- **Fonctionnement sans apport de lubrifiant**
- **Sans entretien**
- **Facteur $\bar{p}U$ élevé**
- **Usure limitée**
- **Sans grippage**
- **Plage de température entre -200 et +280 °C**
- **Charges dynamiques et statiques élevées**
- **Faible coefficient de frottement**
- **Sans effet "stick-slip" (broutement)**
- **Résistance aux solvants**
- **Bonne stabilité dimensionnelle**
- **Pas de reprise d'humidité**
- **Pas d'accumulation d'électricité statique**
- **Ambiance poussiéreuse tolérée dans certains cas**
- **Compact et léger**
- **Prêt au montage**
- **Sans nécessité de réusinage après montage**

1.3 Formes disponibles

Produits standard disponibles sur stock

Dimensions métriques et pouces

- Bagues cylindriques
- Bagues à collerette*
- Rondelles de butée
- Rondelles à collerette*
- Plaques de glissement

* uniquement dimensions métriques

Produits standard

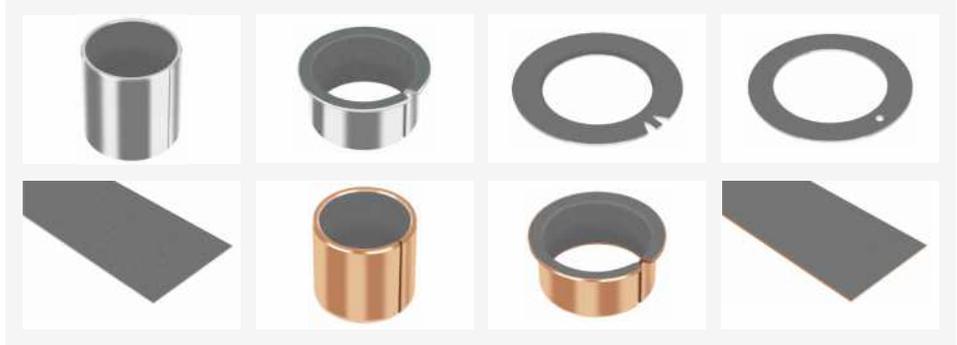


Fig. 1: Produits standard

Pièces non standard, non disponibles sur stock

Ces pièces sont produites à la demande, par exemple:

- Pièces standard modifiées
- Demi-paliers
- Plaques spéciales
- Pièces embouties
- Pièces matricées



Fig. 2: Pièces non standard

1.4 Matériaux

Matériau	Support	Couche de frottement	Température d'utilisation [°C]		Pression spécifique limite \bar{p}_{lim} [N/mm ²]
			Minimum	Maximum	
DU	Acier	PTFE+plomb	-200	+280	250
DU-B	Bronze	PTFE+plomb	-200	+280	140

Tableau 1: Caractéristiques du DU et DU-B

2 Matériaux

2.1 Structure

DU

Les DU et DU-B utilisent les excellentes caractéristiques du matériau de glissement polytétrafluoréthylène (PTFE) tout en apportant robustesse, stabilité, bonne résistance à l'usure, excellente conductibilité et faible dilatation thermique.

Le DU est constitué de trois couches liées: un support acier et une matrice en bronze poreux, imprégnée et revêtue d'un mélange PTFE/plomb de frottement.



Fig. 3: Micrographie du DU

DU-B

Le DU-B est aussi constitué de trois couches liées, mais un support en bronze remplace le support en acier. La structure reste la même que pour le DU.

Le support en bronze augmente la résistance à la corrosion, est amagnétique et a une bonne conductivité thermique.



Fig. 4: Micrographie du DU-B

2.2 Mécanismes de l'usure à sec

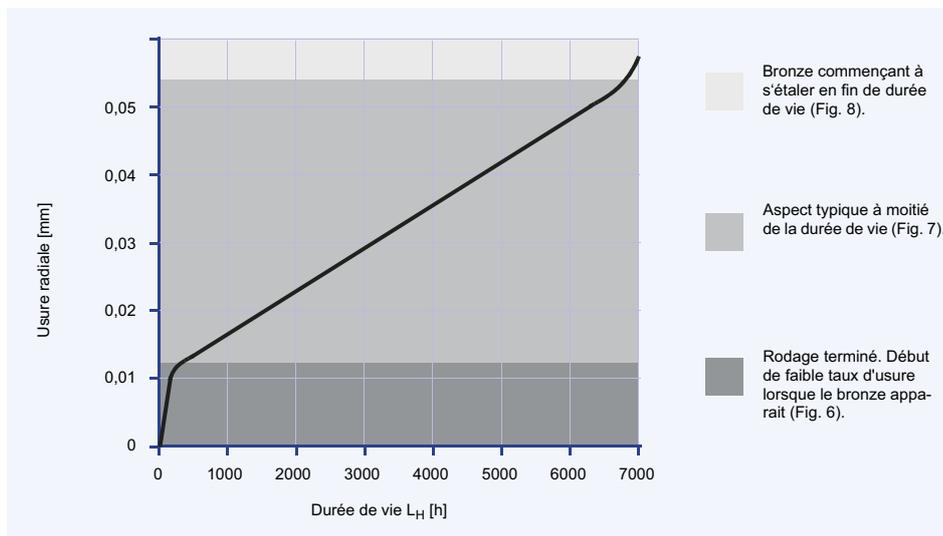


Fig. 5: Effet de l'usure sur la surface de frottement du DU (fonctionnement à sec)

Rodage

Au cours d'un fonctionnement normal, le palier DU se rode rapidement. L'usure initiale est approximativement de 0,015 mm tandis qu'une partie du revêtement PTFE/Plomb est transférée et liée physiquement à la surface antagoniste.

La surface de frottement du palier devient souvent de couleur gris-vert et la matrice de bronze peut être apparente sur 10 % de la surface de frottement. Tout excédent de PTFE/Plomb de la couche de surface est

dispersé sous forme de fines particules pelucheuses.

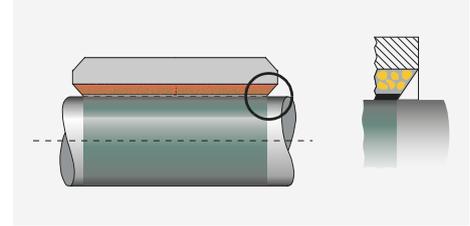


Fig. 6: Rodage

Moitié de la durée de vie

Après la période de rodage, le taux d'usure se réduit au minimum tandis que le pourcentage de bronze apparent augmente progressivement.

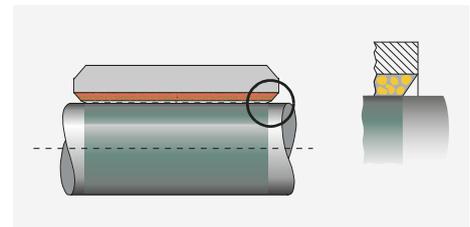


Fig. 7: Moitié de la durée de vie

Fin de durée de vie

Après une longue période de fonctionnement le taux d'usure devient important et le matériau atteint sa limite de durée de vie pour travail à sec. A ce stade, au moins 70 % de la surface de frottement sera du bronze apparent et l'usure radiale sera de approximativement 0,06 mm.

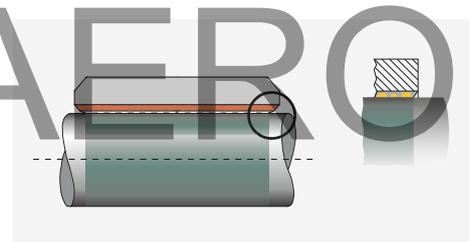


Fig. 8: Fin de durée de vie

Usure des contre-matériaux

L'usure n'est pas mesurable sur les arbres et sur les faces de butée exécutés dans les matériaux recommandés à moins que le palier DU n'ait fonctionné au-delà de sa

durée de vie normale ou qu'il ne se trouve sérieusement endommagé par des poussières abrasives.

2.3 Caractéristiques physiques, mécaniques et électriques

Caractéristiques	Abréviation	Valeur		Unité	Commentaires	
		DU	DU-B			
Caractéristiques physiques	Conductivité thermique	λ	40	60	W/mK	après rodage
	Coefficient de dilatation thermique linéaire					mesurée sur plaques de glissement épaisseur 1,9 mm
	parallèle à la surface	α_1	11	18	1/10 ⁶ K	
	perpendiculaire à la surface	α_2	30	36	1/10 ⁶ K	
	Température maximale	T_{\max}	+280	+280	°C	
Température minimale	T_{\min}	-200	-200	°C		
Caractéristiques mécaniques	Résistance à la compression	σ_c	350	300	N/mm ²	mesurée sur un disque: diamètre 25 mm; 2,44 mm d'épaisseur
	Pression spécifique maximale					
	Statique	$\bar{p}_{\text{sta,max}}$	250	140	N/mm ²	
	Dynamique	$\bar{p}_{\text{dyn,max}}$	140	140	N/mm ²	
Caractéristiques électriques	Résistance à la surface	R_{OB}	1 ... 10	1 ... 12	Ω	dépend de la charge appliquée et la surface de contact
Résistance aux radiations nucléaires	Dose de neutrons thermiques maximale	D_{Nth}	2×10^{15}	2×10^{15}	nvt	nvt = flux neutrons thermiques
	Dose de radiation gamma maximale	D_{γ}	10^8	10^8	Gy = J/kg	1 Gray = 1 J/kg

Tableau 2: Caractéristiques du DU et du DU-B

ADIFOR AERO

2.4 Caractéristiques chimiques

Le tableau suivant donne une indication de la résistance chimique du DU et du DU-B aux produits chimiques. Il est recommandé dans la mesure du possible, de confirmer leur résistance chimique par des essais.

	Produit chimique	%	°C	DU	DU-B
Acides forts	Acide chlorhydrique	5	20	-	-
	Acide nitrique	5	20	-	-
	Acide sulfurique	5	20	-	-
Acides faibles	Acide acétique	5	20	-	o
	Acide formique	5	20	-	o
Bases	Ammoniaque	10	20	o	-
	Hydroxyde de sodium	5	20	o	o
Solvants	Acétone		20	+	+
	Tétrachlorure de carbone		20	+	+
Lubrifiants et carburants	Paraffine		20	+	+
	Essence		20	+	+
	Kérosène		20	+	+
	Gasoil		20	+	+
	Huile minérale		70	o	o
	HFA-ISO46 eau		70	o	o
	HFC-eau-glycol		70	-	-
	HFD-ester-phosphate		70	o	o
	Eau		20	o	+
Eau de mer		20	-	o	

Tableau 3: Résistance chimique du DU et DU-B

+	Satisfaisant: Pas de détérioration par la corrosion
o	Acceptable: De la corrosion peut être observée, mais cela ne détériorera pas la structure ou le fonctionnement du matériau.
-	Insuffisant De la corrosion sera observée et cela détériorera la structure ou le fonctionnement du matériau.

Corrosion électrochimique

Le DU-B ne peut pas être monté dans un alésage en aluminium à cause d'un risque de corrosion électrochimique en présence d'eau ou d'humidité.

2.5 Caractéristiques de frottement

Le DU présente un effet "stick-slip" négligeable et offre un glissement idéal. Le coefficient de frottement du DU dépend de:

- la pression spécifique \bar{p} [N/mm²]
- la vitesse de glissement U [m/s]
- la rugosité du matériau antagoniste R_a [µm]
- la température ambiante T [°C]

Une relation typique est montrée sur la Fig. 9. Cette figure peut être utilisée pour déterminer le coefficient de frottement en fonctionnement à sec sans particule après rodage.

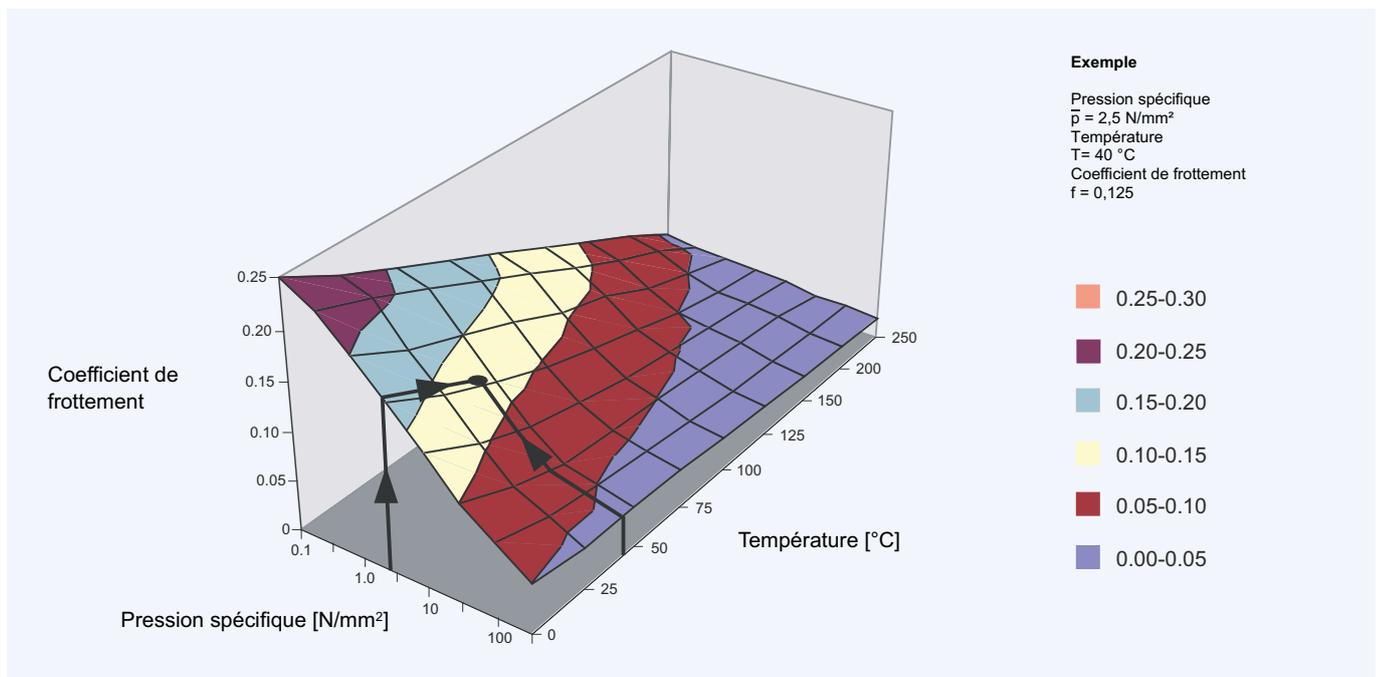
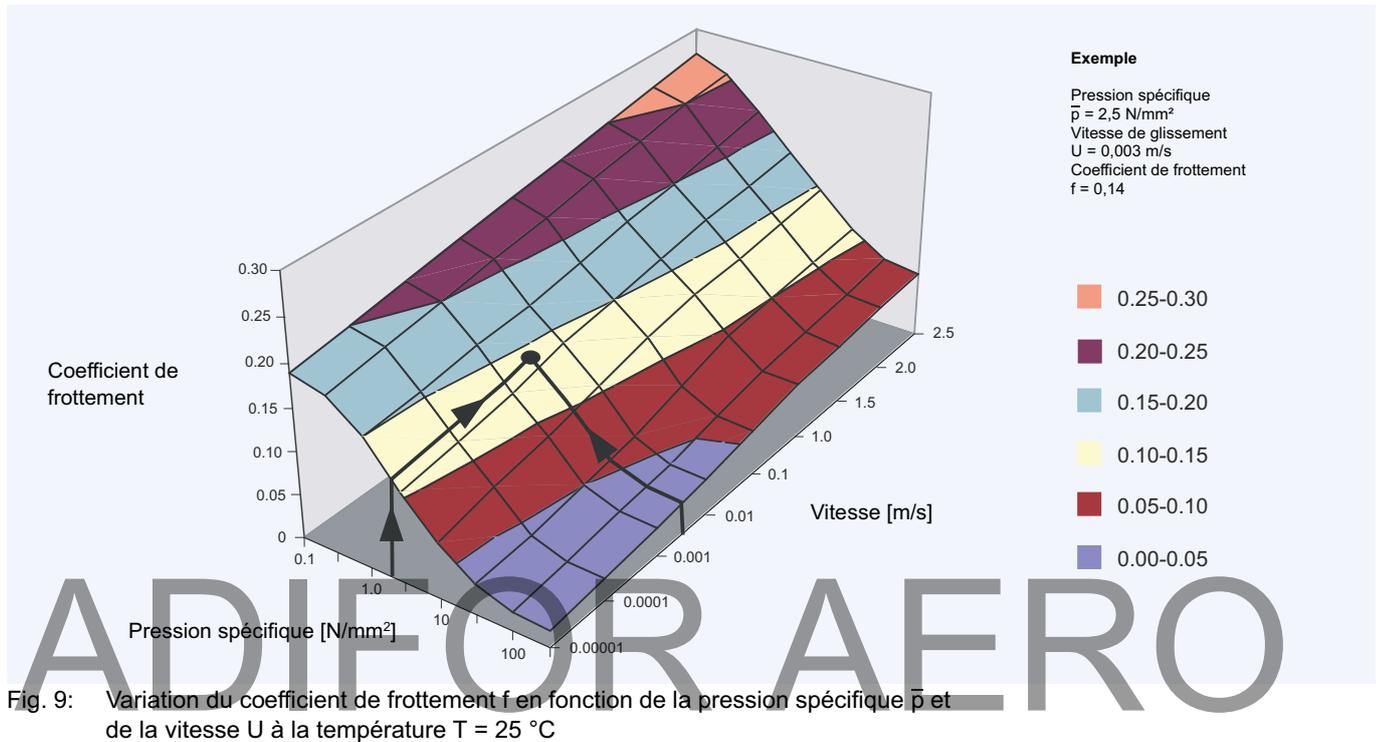
Les valeurs réelles peuvent varier de 20 %, suivant les conditions de fonctionnement. Avant le rodage, le coefficient de frottement peut augmenter de 50 %.

Des démarrages et arrêts fréquents entraînent un coefficient de frottement statique égal ou même moins élevé que le coefficient de frottement dynamique.

Après une longue période d'inactivité sous pression (p. ex. des heures ou des jours) le coefficient de frottement statique au

démarrage peut être entre 1,5 et 3 fois plus élevé, surtout avant le rodage.

Quand les caractéristiques de frottement sont critiques pour un projet, ces caractéristiques doivent être déterminées par des essais.



3 Performance

3.1 Conception

Les principaux paramètres pour déterminer les dimensions ou la durée de vie d'une bague DU sont:

- Pression spécifique limite \bar{p}_{lim}
- Facteur $\bar{p}U$
- Rugosité du contre-matériau R_a [μm]

Calcul

Deux modes de conception peuvent être suivis

- Un calcul de durée de vie basé sur les

- Nature du contre-matériau
- Température T
- Autres influences comme la nature du logement, la pollution, la lubrification, etc.

dimensions acceptables de la bague

- Un calcul des dimensions de la bague sur la base de la durée de vie demandée

3.2 Pression spécifique \bar{p}

Bague cylindrique

(3.2.1) [N/mm²]

$$\bar{p} = \frac{F}{D_i \cdot B}$$

Bague à collerette (charge axiale)

(3.2.3) [N/mm²]

$$\bar{p} = \frac{F}{0,04 \cdot (D_h^2 - D_i^2)}$$

Rondelle de butée

(3.2.2) [N/mm²]

$$\bar{p} = \frac{4F}{\pi \cdot (D_o^2 - D_i^2)}$$

Plaque de glissement

(3.2.4) [N/mm²]

$$\bar{p} = \frac{F}{L \cdot W}$$

L'effort maximal pouvant être supporté par un palier DU peut être exprimé par les termes de pression spécifique limite \bar{p}_{lim} , laquelle dépendra du type de charge. Elle est plus élevée dans le cas de charges statiques que pour des charges dynamiques ou mouvements oscillants, lesquels produisent des contraintes de fatigue dans

le palier entraînant une réduction de la pression spécifique limite autorisée.

La pression spécifique ne doit pas dépasser les limites de pression spécifique données dans le Tab. 4, page 13.

Les valeurs \bar{p}_{lim} spécifiées dans le Tableau 4 supposent un bon alignement entre le palier et sa surface associée (Fig. 29, page 30).

3.3 Pression spécifique limite \bar{p}_{lim}

La pression spécifique \bar{p} est obtenue en divisant la charge totale appliquée par la surface projetée du palier, exprimée en N/mm².

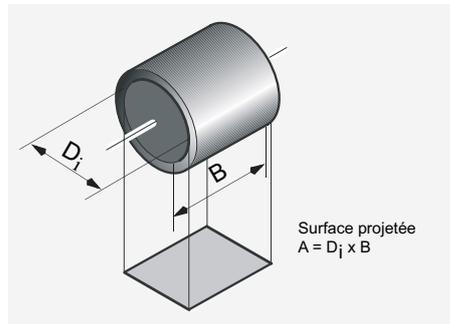


Fig. 11: Surface projetée

Pression spécifique limite \bar{p}_{lim}

Type d'application de charge	\bar{p}_{lim} [N/mm ²]										
Charge statique, mouvement rotatif	140										
Charge statique, mouvement oscillant											
\bar{p}_{lim}	140	140	115	95	85	80	60	44	30	20	
Nombre de mouvements (Q)	1000	2000	4000	6000	8000	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	
Charge dynamique, mouvement rotatif ou oscillant											
\bar{p}_{lim}	60	60	50	46	42	40	30	22	15	10	
Nombre de mouvements (Q)	1000	2000	4000	6000	8000	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	

Tableau 4: Pression spécifique limite \bar{p}_{lim}

Les pressions au-dessus de 140 N/mm² peuvent déformer la couche de frottement du DU. Dans ce cas le DU peut seulement être utilisé sous des conditions de mouvements oscillants lents.

La charge maximale admissible sur une rondelle de butée est plus importante que celle sur la collerette d'une bague à collerette. Sous condition de charge axiale élevée, une rondelle de butée doit être utilisée.

3.4 Vitesse de glissement U

Des vitesses jusqu'à 2,5 m/s conduisent quelquefois à des surchauffes. Une phase de rodage est alors nécessaire. Elle consiste en une série de rotations courtes pro-

gressivement augmentées dans le temps à partir d'une rotation initiale de quelques secondes.

Calcul de la vitesse de glissement U [m/s]

Rotation continue

Bague cylindrique

$$(3.4.1) \quad U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} \quad [\text{m/s}]$$

Rondelle de butée

$$(3.4.2) \quad U = \frac{(D_o + D_i) \cdot \pi \cdot N}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} \quad [\text{m/s}]$$

Mouvement oscillant

Bague cylindrique

$$(3.4.3) \quad U = \frac{D_i \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4\phi \cdot N_{osz}}{360} \quad [\text{m/s}]$$

Rondelle de butée

$$(3.4.4) \quad U = \frac{(D_o + D_i) \cdot \pi}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4\phi \cdot N_{osz}}{360} \quad [\text{m/s}]$$

3.5 Facteur $\bar{p}U$

La durée de vie normale d'un palier est fonction du facteur $\bar{p}U$, produit de la pression spécifique \bar{p} [N/mm²] par la vitesse de glissement U [m/s].

Pour les rondelles de butée et les bagues à collerette, la vitesse de glissement est définie sur le diamètre moyen.

Les facteurs $\bar{p}U$ jusqu'à 3,6 N/mm² x m/s peuvent convenir pour des périodes courtes tandis que pour des fonctionnements

continus des $\bar{p}U$ jusqu'à 1,8 N/mm² x m/s peuvent être acceptés en fonction de la durée de vie demandée.

	DU	Unité
\bar{p}	140	N/mm ²
U	2,5	m/s
$\bar{p}U$ continu	1,8	N/mm ² x m/s
$\bar{p}U$ intermittent	3,6	N/mm ² x m/s

Tableau 5: \bar{p} , U , $\bar{p}U$ courants

Calcul du facteur $\bar{p}U$ [N/mm² x m/s]

(3.5.1) [N/mm² x m/s]

$$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U$$

3.6 Coefficients correcteurs d'application

Les coefficients correcteurs suivants influenceront la performance du palier DU et doivent être considérés en calculant les

dimensions acceptables ou en estimant la durée de vie pour une application spécifique.

Température

La durée de vie d'un palier DU dépend de la température.

En fonctionnement à sec, une chaleur, due au frottement, est générée à la surface de glissement dépendant du facteur $\bar{p}U$. Pour un facteur $\bar{p}U$ spécifique, la température opérationnelle dépendra de la température ambiante et des capacités du logement de

dissiper la chaleur. Un fonctionnement intermittent influencera la dissipation calorifique du logement et la température de la bague.

L'effet de la température sur la durée de vie des paliers DU, est indiqué par le coefficient correcteur a_T et est mentionné dans le Tableau 6.

Conditions de fonctionnement	Nature du logement	Température d'environnement du palier T_{amb} [°C] et coefficient de température d'application a_T					
		25	60	100	150	200	280
Fonctionnement continu à sec	Qualités moyennes de dissipation calorifique	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Fonctionnement continu à sec	Logement embouti, ajouré ou isolé avec faibles qualités de dissipation calorifique	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	-
Fonctionnement continu à sec	Logement non métallique avec mauvaises qualités de dissipation calorifique	0,3	0,3	0,2	0,1	-	-
Fonctionnement intermittent à sec (durée moins de 2 min, suivie par une longue période de repos)	Qualités moyennes de dissipation calorifique	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,2
Continuellement immergé dans l'eau		2,0	1,5	0,6	-	-	-
Alternativement immergé dans l'eau et à sec		0,2	0,1	-	-	-	-
Continuellement immergé dans des liquides non lubrifiants autres que l'eau		1,5	1,2	0,9	0,6	0,3	0,1
Continuellement immergé dans les lubrifiants		3,0	2,5	2,0	1,5	-	-

Tableau 6: Coefficient correcteur de température d'application a_T

Contre-matériaux

Le choix du type de contre-matériau sur la durée de vie des paliers DU a un effet donné par le coefficient correcteur du contre-matériau a_M et le coefficient correcteur de durée de vie a_L (Tableau 7).

Matériau	a_M	a_L
Acier et fonte		
Acier au carbone	1	200
Acier au manganèse	1	200
Acier allié	1	200
Acier cémenté	1	200
Acier nitruré	1	200
Acier carbo-nitruré	1	200
Acier inoxydable (Ni 7-10 % Cr 17-20 %)	2	200
Acier chromé	1	200
Fonte (0,3 $\mu\text{m Ra}$)	1	200
Acier revêtu d'une épaisseur minimale de revêtement de 0,013 mm		
Cadmium	0,2	600

Matériau	a_M	a_L
Chrome dur	2,0	600
Plomb	1,5	600
Nickel	0,2	600
Phosphatation	0,2	300
Etain Nickel	1,2	600
Nitride de titane	1,0	600
Carbure de tungstène	3,0	600
Zinc	0,2	600
Métaux non ferreux		
Alliages aluminium	0,4	200
Bronze et alliage cuivreux	0,1-0,4	200
Aluminium anodisé dur (épaisseur 0,025 mm)	3,0	600

Tableau 7: Coefficient correcteur de contre-matériau a_M et coefficient correcteur de durée de vie a_L

Nota:

Les coefficients correcteurs sont définis pour un état de surface du contre-matériau de $\leq 0,4 \mu\text{m Ra}$.

- Une surface rectifiée est favorable à une surface tournée.
- Les surfaces doivent être nettoyées

après usinage

- Les surfaces en fonte devraient être finies avec un $R_a < 0,3 \mu\text{m}$
- La rectification doit être exécutée dans la même direction que le mouvement relatif.

Dimension des bagues

Suite à un jeu plus important lorsque les dimensions des bagues augmentent, la surface de contact diminue proportionnellement. Cette réduction de surface de con-

tact augmente la pression spécifique et le facteur $\bar{p}U$. Le coefficient de taille de la bague (Fig. 13, page 16) est utilisé pour tenir compte de cet effet.

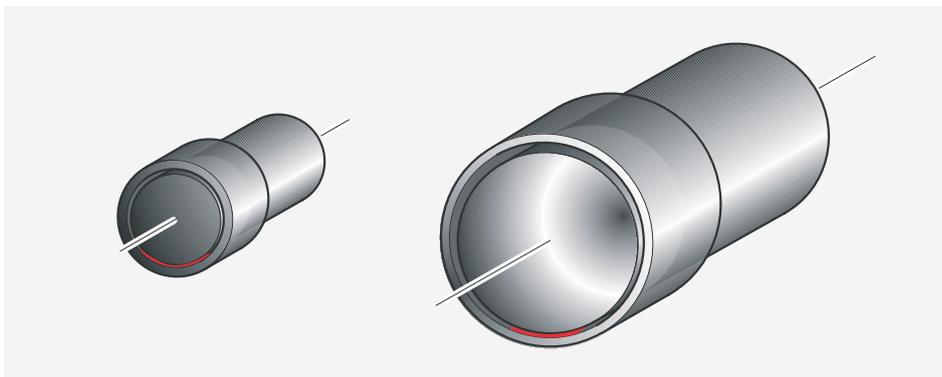


Fig. 12: Surface de contact entre bague et arbre



Fig. 13: Coefficient de taille de palier a_B

Calibrage

Le calibrage ou l'usinage du diamètre intérieur de la bague DU donne lieu à une réduction de performance. Le coefficient

correcteur d'application pour le calibrage a_C donné dans le Tableau 8 est utilisé pour les calculs.

Valeurs de calibrage		Coefficient d'application a_C
Calibrage: écart entre le diamètre d'outil de calibrage et le diamètre moyen de l'alésage	0,025 mm	0,8
	0,038 mm	0,6
	0,050 mm	0,3
Alésage: Profondeur de coupe	0,025 mm	0,6
	0,038 mm	0,3
	0,050 mm	0,1

Tableau 8: Coefficient d'application a_C

Type de charge

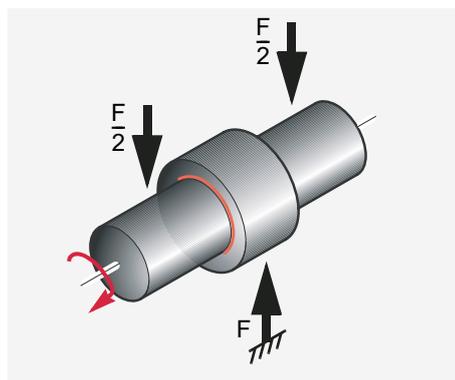


Fig. 14: Charge fixe, bague fixe, arbre rotatif

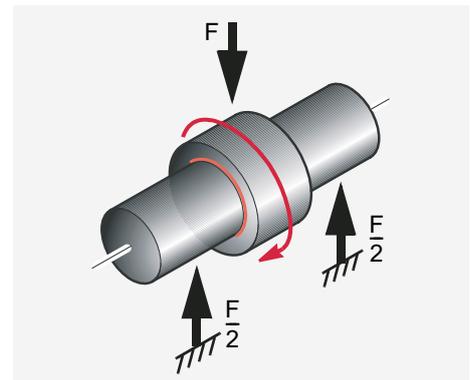


Fig. 15: Charge rotative, arbre fixe, bague rotative

3.7 Calculs des dimensions du palier

Lors de l'étude des paliers, le diamètre d'arbre est habituellement défini par des considérations de stabilité physique ou de rigidité. La principale variable à déterminer est la longueur de la bague ou la largeur de la rondelle de butée.

Les formules données ci-dessous permettent de calculer la longueur ou la largeur nécessaire pour satisfaire à la fois la limite

de pression spécifique et le rapport $\bar{p}U$ /durée de vie.

S'il est établi que la longueur excède deux fois le diamètre de l'arbre, ceci indique que les conditions de fonctionnement envisagées sont trop sévères pour le matériau DU et il faudra alors redimensionner le palier afin de réduire la pression spécifique.

Bague fixe, arbre rotatif

(3.7.1)

[mm]

$$B = \frac{F \cdot N \cdot (L_H + a_L)}{1,25 \cdot 10^7 \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} + \frac{F}{\bar{p}_{lim} \cdot D_i}$$

Bague rotative, arbre fixe

(3.7.2)

[mm]

$$B = \frac{F \cdot N \cdot (L_H + a_L)}{2,5 \cdot 10^7 \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} + \frac{F}{\bar{p}_{lim} \cdot D_i}$$

Rondelles de butée

(3.7.3)

[mm]

$$D_o - D_i = \frac{F \cdot N \cdot (L_H + a_L)}{1,25 \cdot 10^7 \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} + \sqrt{D_i^2 + \frac{1,3 \cdot F}{\bar{p}_{lim}}} - D_i$$

Plaques de glissement

(3.7.4)

[mm²]

$$A = \frac{2,38 \cdot F \cdot U(L_H + a_L)}{10^3 \cdot a_T \cdot a_M} \cdot \frac{(L + L_S)}{L} + \frac{F}{\bar{p}_{lim}}$$

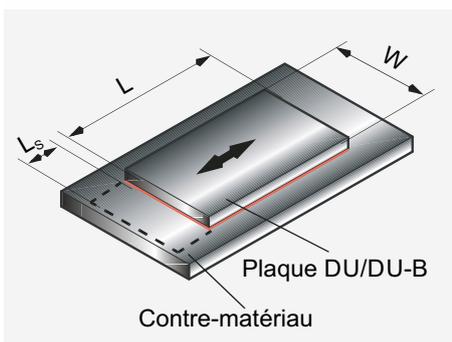


Fig. 16: Plaque de glissement

3.8 Calcul de la durée de vie du palier

Quand les dimensions d'un palier sont déterminées par l'espace disponible, les calculs suivants peuvent être utilisés pour

déterminer si la durée de vie sera satisfaisante. Si la durée de vie n'était pas suffisante, il faudrait redimensionner le palier.

Pression spécifique \bar{p}

Bagues

$$(3.8.1) \quad \bar{p} = \frac{F}{D_i \cdot B} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Rondelles de butée

$$(3.8.3) \quad \bar{p} = \frac{4F}{\bar{p} \cdot (D_o^2 - D_i^2)} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Bagues à collerette

$$(3.8.2) \quad \bar{p} = \frac{F}{0,04 \cdot (D_{fl}^2 - D_i^2)} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Coefficient correcteur de pression spécifique a_E

$$(3.8.4) \quad a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} \quad [-]$$

\bar{p}_{lim} voir Tab. 4, page 13

Si a_E est négatif, la bague sera surchargée. Augmenter le diamètre intérieur et/ou la longueur

Facteur $\bar{p}U$ corrigé

Bagues

$$(3.8.5) \quad \bar{p}U = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} F \cdot N}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad [\text{N/mm}^2 \times \text{m/s}]$$

Rondelles de butée

$$(3.8.7) \quad \bar{p}U = \frac{3,34 \cdot 10^{-5} F \cdot N}{a_E \cdot (D_o - D_i) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad [\text{N/mm}^2 \times \text{m/s}]$$

Bagues à collerette

$$(3.8.6) \quad \bar{p}U = \frac{6,5 \cdot 10^{-4} F \cdot N}{a_E \cdot (D_{fl} - D_i) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad [\text{N/mm}^2 \times \text{m/s}]$$

Pour des mouvements oscillants, calculer la vitesse de rotation équivalente.

$$(3.8.8) \quad N = \frac{4\phi \cdot N_{osz}}{360} \quad [1/\text{min}]$$

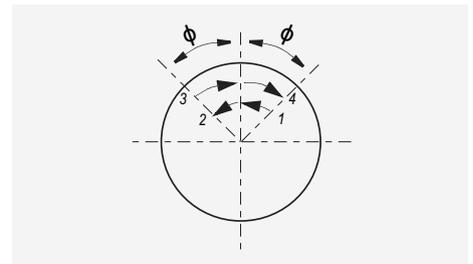


Fig. 17: Angle d'oscillation ϕ

Estimation de la durée de vie de la bague L_H

Bagues (charge fixe)

(3.8.9) [h]

$$L_H = \frac{615}{\bar{p}U} - a_L$$

 a_L voir Tab. 7, page 15

Bagues à collerette (charge axiale)

(3.8.11) [h]

$$L_H = \frac{410}{\bar{p}U} - a_L$$

Bagues (charge rotative)

(3.8.10) [h]

$$L_H = \frac{1230}{\bar{p}U} - a_L$$

 a_L voir Tab. 7, page 15

Rondelles de butée

(3.8.12) [h]

$$L_H = \frac{410}{\bar{p}U} - a_L$$

Calibrage

Si la bague DU est calibrée, cela doit être pris en compte dans les calculs de la

durée de vie par le coefficient correcteur a_C (Tab. 8, page 16).

Durée de vie estimée

(3.8.13) [h]

$$L_H = L_H \cdot a_C$$

 a_C voir Tab. 8, page 16

Plaques de glissement

Coefficient correcteur de charge spécifique

(3.8.14) [-]

$$a_{E1} = A - \frac{F}{\bar{p}_{lim}}$$

Si négatif, la plaque sera surchargée et la surface projetée devra être augmentée.

Coefficients correcteurs de vitesse, de température et de matériau

(3.8.15) [-]

$$a_{E2} = \frac{420 \cdot a_T \cdot a_M}{F \cdot U}$$

 a_T voir Tab. 6, page 14
 a_M voir Tab. 7, page 15

Coefficient correcteur de surface de contact relative

(3.8.16) [-]

$$a_{E3} = \frac{A}{A_M}$$

Durée de vie estimée

(3.8.17) [h]

$$L_H = a_{E1} \cdot a_{E2} \cdot a_{E3} - a_L$$

Des durées de vie de plaques supérieures à 4000 heures peuvent être inexactes à cause d'imprécisions dans les extrapolations des résultats d'essais.

Nota:

$Z_T = L_H \times N_{osz} \times 60$ (pour mouvements oscillants ou alternatifs) (3.8.18).

$Z_T = L_H \times C \times 60$ (pour charge dynamique) (3.8.19).

Contrôler que Z_T est moins élevé que le nombre de cycles total Q pour la charge

Pour mouvements oscillants ou alternatifs ou charge dynamique, calculer le nombre de cycles estimés.

spécifique de fonctionnement \bar{p} (Tab. 4, page 13).

Si $Z_T < Q$, la durée de vie sera limitée par l'usure après un nombre de cycles Z_T .

Si $Z_T > Q$, la durée de vie sera limitée par la fatigue après un nombre de cycles Z_T .

3.9 Exemples

Bague cylindrique

Données			
Charge	Charge fixe	Diamètre intérieur D_i	40 mm
	Rotation continue	Largeur B	30 mm
Arbre	Acier	Charge sur la bague F	5000 N
	Pas lubrifié à 25 °C	Vitesse de rotation N	50 1/min

Calculs des coefficients correcteurs et coefficients d'application		
Charge spécifique limite \bar{p}_{lim}	140 N/mm ²	(Tab. 4, page 13)
Coefficient de température d'application a_T	1.0	(Tab. 6, page 14)
Coefficient de matériau antagoniste a_M	1.0	(Tab. 7, page 15)
Coefficient de dimension du palier a_B	0.85	(Fig. 13, page 16)
Coefficient correcteur de durée de vie a_L	200	(Tab. 7, page 15)

Calcul	Réf.	Valeur
Pression spécifique \bar{p} [N/mm ²]	(3.2.1), page 12	$\bar{p} = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{5000}{40 \cdot 30} = 4,17$
Vitesse de glissement U [m/s]	(3.4.1), page 13	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 50}{60 \cdot 10^3} = 0,105$
Facteur $\bar{p}U$ (calculer à partir de Tab. 5, page 14)	(3.5.1), page 14	$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U = 4,17 \cdot 0,105 = 0,438$
Coefficient correcteur de pression spécifique a_E [-] (devrait être > 0)	(3.8.4), page 18	$a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} = \frac{140 - 4,17}{140} = 0,97$
Facteur $\bar{p}U$ corrigé [N/mm ² x m/s]	(3.8.5), page 18	$\bar{p}U = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot N}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} = 0,53$
Durée de vie L_H [h]	(3.8.9), page 19	$L_H = \frac{615}{\bar{p}U} \cdot a_L = \frac{615}{0,53} \cdot 200 = 960$

Bague cylindrique

Données			
Charge	Charge dynamique	Diamètre intérieur D_i	30 mm
	Rotation continue	Largeur B	30 mm
Arbre	Acier	Charge sur la bague F	25000 N
	Pas lubrifié à 25 °C	Vitesse de rotation N	15 1/min
		Fréquence des charges C	

Calculs des coefficients correcteurs et coefficients d'application		
Charge spécifique limite \bar{p}_{lim}	60 N/mm ²	(Tab. 4, page 13)
Coefficient de température d'application a_T	1.0	(Tab. 6, page 14)
Coefficient de matériau antagoniste a_M	1.0	(Tab. 7, page 15)
Coefficient de dimension du palier a_B	1.0	(Fig. 13, page 16)
Coefficient correcteur de durée de vie a_L	200	(Tab. 7, page 15)

Calcul	Réf.	Valeur
Pression spécifique \bar{p} [N/mm ²]	(3.2.1), page 12	$\bar{p} = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{25000}{30 \cdot 30} = 27,78$
Vitesse de glissement U [m/s]	(3.4.1), page 13	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} = \frac{30 \cdot 3,14 \cdot 15}{60 \cdot 10^3} = 0,024$
Facteur $\bar{p}U$ (calculer à partir de Tab. 5, page 14)	(3.5.1), page 14	$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U = 27,78 \cdot 0,024 = 0,67$
Coefficient correcteur de pression spécifique a_E [-] (devrait être > 0)	(3.8.4), page 18	$a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} = \frac{60 - 27,78}{60} = 0,54$
Facteur $\bar{p}U$ corrigé [N/mm ² x m/s]	(3.8.5), page 18	$\bar{p}U = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot N}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} = \frac{19,93}{16,20} = 1,23$
Durée de vie L_H [h]	(3.8.9), page 19	$L_H = \frac{615}{\bar{p}U} \cdot a_L = \frac{615}{1,23} \cdot 200 = 350$
Calculer le nombre de cycles de charge	(3.8.19), page 19 Tab. 4, page 13	$Z_T = L_H \cdot C \cdot 60 = 350 \cdot 60 \cdot 60 = 350 \cdot 10^6$ Q pour 27,78 N/mm ² = bague souffrira de fatigue après 10^6 cycles (=28 h)

Bague cylindrique

Données:			
Charge	Charge fixe	Diamètre intérieur D_i	50 mm
	Charge rotative		
Arbre	Rotation continue	Largeur B	50 mm
	Acier	Charge sur la bague F	10000 N
	Pas lubrifié à 100 °C	Vitesse de rotation N	50 1/min

Calculs des coefficients correcteurs et coefficients d'application		
Charge spécifique limite \bar{p}_{lim}	60 N/mm ²	(Tab. 4, page 13)
Coefficient de température d'application a_T	0.6	(Tab. 6, page 14)
Coefficient de matériau antagoniste a_M	1.0	(Tab. 7, page 15)
Coefficient de dimension du palier a_B	0.78	(Fig. 13, page 16)
Coefficient correcteur de durée de vie a_L	200	(Tab. 7, page 15)

Calcul	Réf.	Valeur
Pression spécifique \bar{p} [N/mm ²]	(3.2.1), page 12	$\bar{p} = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{10000}{50 \cdot 50} = 4,0$
Vitesse de glissement U [m/s]	(3.4.1), page 13	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} = \frac{50 \cdot 3,14 \cdot 50}{60 \cdot 10^3} = 0,131$
Facteur $\bar{p}U$ (calculer à partir de Tab. 5, page 14)	(3.5.1), page 14	$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U = 4,0 \cdot 0,131 = 0,524$
Coefficient correcteur de pression spécifique a_E [-] (devrait être > 0)	(3.8.4), page 18	$a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} = \frac{60 - 4,0}{60} = 0,93$
Facteur $\bar{p}U$ corrigé [N/mm ² x m/s]	(3.8.5), page 18	$\bar{p}U = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot N}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} = \frac{26,250}{25,038} = 1,20$
Durée de vie L_H [h]	(3.8.9), page 19	$L_H = \frac{1230}{\bar{p}U} \cdot a_L = \frac{1230}{1,20} \cdot 200 = 825$

Bague cylindrique

Données:			
Charge	Charge fixe	Diamètre intérieur D_i	45 mm
	Mouvements oscillants	Largeur B	40 mm
Arbre	Acier inoxydable	Charge sur la bague F	40000 N
	Pas lubrifié à 25 °C	Fréquence C	150
	Fonctionnement continu	Amplitude ϕ	20°

Calculs des coefficients correcteurs et coefficients d'application		
Charge spécifique limite \bar{p}_{lim}	140 N/mm ²	(Tab. 4, page 13)
Coefficient de température d'application a_T	1.0	(Tab. 6, page 14)
Coefficient de matériau antagoniste a_M	2.0	(Tab. 7, page 15)
Coefficient de dimension du palier a_B	0.81	(Fig. 13, page 16)
Coefficient correcteur de durée de vie a_L	200	(Tab. 7, page 15)

Calcul	Réf.	Valeur
Pression spécifique \bar{p} [N/mm ²]	(3.2.1), page 12	$\bar{p} = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{40000}{45 \cdot 40} = 22,22$
Vitesse de glissement U [m/s]	(3.4.1), page 13	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} = \frac{45 \cdot 3,14 \cdot 33,33}{60 \cdot 10^3} = 0,078$
Vitesse N [1/min]	(3.8.8), page 18	$N = \frac{4\phi \cdot N_{osc}}{360} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 150}{360} = 33,33$
Facteur $\bar{p}U$ (calculer à partir de Tab. 5, page 14)	(3.5.1), page 14	$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U = 22,22 \cdot 0,078 = 1,733$
Coefficient correcteur de pression spécifique a_E [-] (devrait être > 0)	(3.8.4), page 18	$a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} = \frac{140 - 22,22}{140} = 0,84$
Facteur $\bar{p}U$ corrigé [N/mm ² x m/s]	(3.8.5), page 18	$\bar{p}U = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot N}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} = \frac{69,993}{77,112} = 1,29$
Durée de vie L_H [h]	(3.8.9), page 19	$L_H = \frac{615}{\bar{p}U} \cdot a_L = \frac{615}{1,29} \cdot 200 = 277$
Calculer le nombre de cycles de charge	(3.8.19), page 19 Tab. 4, page 13	$Z_T = L_H \cdot C \cdot 60 = 277 \cdot 150 \cdot 60 = 2,5 \cdot 10^6$ Q pour 22,22 N/mm ² = 10^8 , bague o.k.!

Rondelle de butée

Données:			
Charge	Charge axiale	Diamètre extérieur D_o	62 mm
	Rotation continue	Diamètre intérieur D_i	38 mm
Arbre	Acier	Charge sur la bague F	6500 N
	Pas lubrifié à 25 °C	Vitesse de rotation N	60 1/min

Calculs des coefficients correcteurs et coefficients d'application

Charge spécifique limite \bar{p}_{lim}	140 N/mm ²	(Tab. 4, page 13)
Coefficient de température d'application a_T	1.0	(Tab. 6, page 14)
Coefficient de matériau antagoniste a_M	1.0	(Tab. 7, page 15)
Coefficient de dimension du palier a_B	0.85	(Fig. 13, page 16)
Coefficient correcteur de durée de vie a_L	200	(Tab. 7, page 15)

Calcul	Réf.	Valeur
Pression spécifique \bar{p} [N/mm ²]	(3.8.3), page 16	$\bar{p} = \frac{4 \cdot F}{\pi (D_o^2 - D_i^2)} = \frac{4 \cdot 6500}{\pi (62^2 - 38^2)} = 3,45$
Vitesse de glissement U [m/s]	(3.4.3), page 11	$U = \frac{D_o + D_i}{2} \cdot \pi \cdot N = \frac{62 + 38}{2} \cdot \frac{3,14 \cdot 60}{60000} = 0,157$
Facteur $\bar{p}U$ (calculer à partir de Tab. 5, page 14)	(3.5.1), page 12	$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U = 3,45 \cdot 0,157 = 0,541$
Coefficient correcteur de pression spécifique a_E [-] (devrait être > 0)	(3.8.4), page 16	$a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} = \frac{140 - 3,45}{140} = 0,98$
Facteur $\bar{p}U$ corrigé [N/mm ² x m/s]	(3.8.7), page 16	$\bar{p}U = \frac{3,34 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot N}{a_E (D_o - D_i) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} = \frac{13,026}{21,012} = 0,65$
Durée de vie L_H [h]	(3.8.12), page 17	$L_H = \frac{410}{\bar{p}U} - a_L = \frac{410}{0,65} - 200 = 431$

Bague à collerette

Données:			
Charge	Charge axiale	Diamètre extérieur de la collerette D_H	23 mm
	Rotation continue	Diamètre intérieur D_i	15 mm
Arbre	Acier	Charge sur la bague F	250 N
	Pas lubrifié à 25 °C	Vitesse de rotation N	25 1/min

Calculs des coefficients correcteurs et coefficients d'application

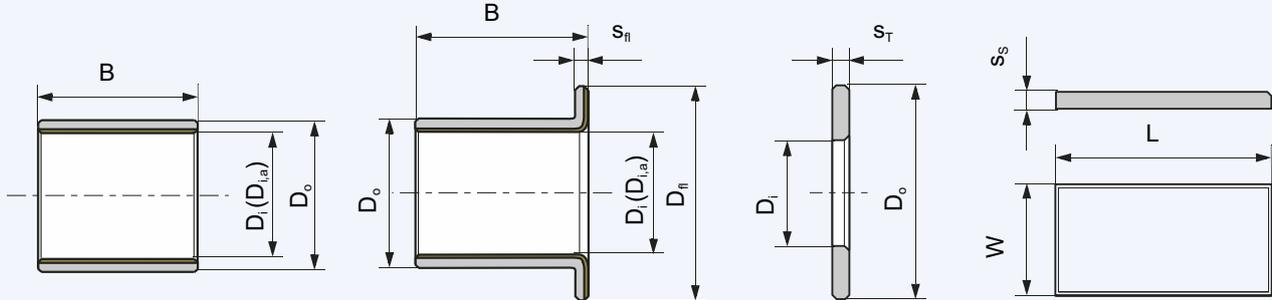
Charge spécifique limite \bar{p}_{lim}	140 N/mm ²	(Tab. 4, page 13)
Coefficient de température d'application a_T	1.0	(Tab. 6, page 14)
Coefficient de matériau antagoniste a_M	1.0	(Tab. 7, page 15)
Coefficient de dimension du palier a_B	1.0	(Fig. 13, page 16)
Coefficient correcteur de durée de vie a_L	200	(Tab. 7, page 15)

Calcul	Réf.	Valeur
Pression spécifique \bar{p} [N/mm ²]	(3.2.3), page 10	$\bar{p} = \frac{F}{0,04 \cdot (D_H^2 - D_i^2)} = \frac{250}{\pi (23^2 - 15^2)} = 20,55$
Vitesse de glissement U [m/s]	(3.4.3), page 11	$U = \frac{D_H + D_i}{2} \cdot \pi \cdot N = \frac{23 + 15}{2} \cdot \frac{3,14 \cdot 25}{60000} = 0,025$
Facteur $\bar{p}U$ (calculer à partir de Tab. 5, page 14)	(3.5.1), page 12	$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U = 20,55 \cdot 0,025 = 0,513$
Coefficient correcteur de pression spécifique a_E [-] (devrait être > 0)	(3.8.4), page 16	$a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} = \frac{140 - 20,55}{140} = 0,85$
Facteur $\bar{p}U$ corrigé [N/mm ² x m/s]	(3.8.6), page 16	$\bar{p}U = \frac{6,5 \cdot 10^{-4} \cdot F \cdot N}{a_E (D_H - D_i) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} = \frac{4,06}{6,80} = 0,59$
Durée de vie L_H [h]	(3.8.11), page 17	$L_H = \frac{410}{\bar{p}U} - a_L = \frac{410}{0,59} - 200 = 495$

ADIFOR AERO

4 Questionnaire Application: _____

4.1 Données pour le calcul des paliers



- Bague cylindrique
 Bague à collerette
 Rondelle de butée
 Plaque de glissement
 Forme spéciale (croquis)
 Mouvement rotatif
 Charge fixe
 Charge rotative
 Mouvement oscillant
 Mouvement linéaire

Projet existant
 Nouveau projet
 Quantité

Dimensions en mm

Diamètre intérieur D_i
 Diamètre extérieur D_o
 Largeur B
 Diamètre de la collerette D_{fi}
 Epaisseur de la collerette S_{fi}
 Longueur de plaque L
 Largeur de plaque W
 Epaisseur de plaque S_s

Charge

Charge radiale ou charge spécifique F [N]
 \bar{p} [N/mm²]
 Charge axiale ou charge spécifique F [N]
 \bar{p} [N/mm²]

Mouvement

Vitesse rotative N [1/min]
 Vitesse U [m/s]
 Longueur d'un déplacement L_s [mm]
 Fréquence du déplacement [1/min]
 Cycle oscillant ϕ [°]
 Fréquence d'oscillation N_{osz} [1/min]

Heures de service par jour

Fonctionnement continu
 Fonctionnement intermittent
 Durée de fonctionnement
 Jours par année

Coordonnées du client
 Société:
 Rue:

Ville:
 Code postal:

Interférence et Tolérances

Arbre D_j
 Logement D_H

Environnement

Température ambiante T_{amb} [°]
 Logement avec de bonnes qualités de dissipation calorifique
 Logement embouti, ajouré ou isolé avec faibles qualités de dissipation calorifique
 Logement non métallique avec mauvaises qualités de dissipation calorifique
 Fonctionnement alternatif dans l'eau et à sec

Surface antagoniste

Matériau
 Dureté HB/HRC
 Rugosité de la surface R_a [µm]

Lubrification

A sec
 Lubrification continue
 Lubrification avec des fluides
 Lubrification initiale
 Conditions hydrodynamiques
 Fluides
 Graisse
 Viscosité dynamique η

Durée de vie

Durée de vie demandée L_H [h]

Projet:
 Nom:
 Tél.:

Date:
 Signature:
 Fax:

5 Lubrification

Le DU est développé en tant que matériau autolubrifiant fonctionnant à sec. Néanmoins le DU fonctionne bien dans des applications lubrifiées.

5.1 Lubrifiants

Le DU peut être utilisé en présence de presque tous les liquides:

- eau
- huiles de graissage
- huiles pour moteurs
- huiles pour turbines
- huiles hydrauliques
- fluides
- liquides de réfrigération

En général, le liquide sera acceptable s'il n'attaque pas chimiquement la couche de frottement PTFE/Plomb ou la couche de bronze fritté. En cas de doutes sur les qualités du liquide, un essai simple peut être effectué. On immerge l'échantillon DU

Les chapitres suivants décrivent les principes de la lubrification et donnent un guide d'utilisation du DU dans ces environnements.

dans le liquide pour deux ou trois semaines à une température de 15 à 20 °C plus haute que la température de fonctionnement.

Les caractéristiques suivantes montreront si le liquide n'est pas acceptable pour un usage avec le DU:

- Un changement significatif du matériau DU
- Un changement visible de la surface de frottement (autre que décoloration ou tâches)
- Un changement visible dans la structure micrographique de la couche de bronze fritté.

5.2 Tribologie

Il existe trois modes d'utilisation de paliers lubrifiés qui sont en relation avec l'épaisseur du film lubrifiant entre le palier et le contre-matériau.

Ces trois modes d'opérations dépendent:

- des dimensions de la bague
- du jeu
- de la charge
- de la vitesse
- de la viscosité du lubrifiant
- du flux de lubrifiant.

Lubrification hydrodynamique

Caractérisée par:

- Séparation complète de la bague et de l'arbre par le film de lubrifiant
- Frottement très faible et pas d'usure de la bague ou de l'arbre parce qu'il n'y a pas de contact
- Coefficient de frottement de 0,001 à 0,01

Des conditions hydrodynamiques sont réalisées quand:

$$(5.2.1) \quad \bar{p} \leq \frac{U \cdot \eta}{7,5} \cdot \frac{B}{D_i} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\bar{p} \leq \frac{U \cdot \eta}{7,5} \cdot \frac{B}{D_i}$$

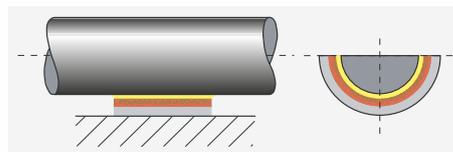


Fig. 18: Lubrification hydrodynamique

Lubrification mixte

Caractérisée par:

- Combinaison de lubrification hydrodynamique et de lubrification limite.
- Une partie de la charge est supportée par les aspérités des matériaux, l'autre partie est supportée par le film de lubrifiant.
- Le frottement et l'usure dépendent du degré de support hydrodynamique réalisé.
- Le DU donne un frottement faible et une

grande résistance à l'usure pour supporter la partie de la charge en lubrification mixte.

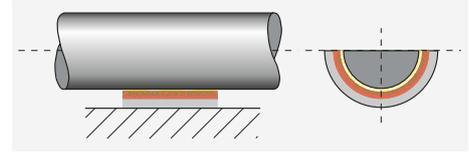


Fig. 19: Lubrification mixte

Lubrification limite

Caractérisée par:

- L'arbre frotte contre le palier avec très peu de lubrifiant entre les deux surfaces.
- La sélection du matériau du palier est critique pour la performance.
- L'usure de l'arbre est souvent créée par le contact entre le palier et l'arbre.
- Les excellentes caractéristiques autolubrifiantes du matériau DU minimalisent l'usure sous ces conditions.

- Le coefficient de frottement du DU sous condition de lubrification à la limite est typiquement entre 0,02 et 0,06.

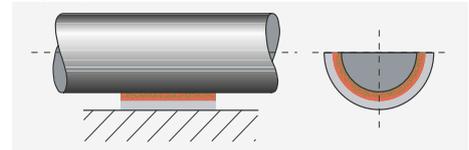


Fig. 20: Lubrification limite

5.3 Caractéristiques des bagues DU lubrifiées

Le DU est particulièrement efficace dans les applications lubrifiées les plus sévères où un fonctionnement hydrodynamique ne peut pas être réalisé, par exemple:

• Conditions de charges élevées

Pour les applications très chargées le DU donne une excellente résistance à l'usure et un frottement peu élevé sous condition de film de lubrification mixte ou limite.

• Mise en marche et arrêt sous charge

Le palier fonctionnera sous conditions de film de lubrification mixte ou limite quand la vitesse n'est pas assez élevée pour générer un film hydrodynamique. Le DU minimise l'usure et nécessite un couple de démarrage moins élevé que les bagues métalliques conventionnelles.

• Lubrification insuffisante

Beaucoup d'applications demandent à la bague d'opérer avec un apport limité de lubrifiant: barbotage, brouillard. Dans ce cas, le DU apporte ses propriétés autolubrifiantes.

• Fonctionnement à sec après avoir fonctionné dans l'eau

Sous conditions non hydrodynamiques, la résistance à l'usure sera réduite substantiellement dû à une usure initiale plus élevée.

5.4 Guide de conception pour des applications lubrifiées

La Fig. 21, page 25 montre les trois régimes de lubrification mentionnés ci-dessus. Ces régimes sont indiqués sur le graphique où la vitesse de glissement est fonction du rapport: charge spécifique / viscosité du lubrifiant.

Utiliser le Tab. 9, page 25, pour déterminer la viscosité du lubrifiant. Si la température de fonctionnement est inconnue, une température prévisionnelle de 25 °C au-dessus de la température ambiante peut être utilisée.

Domaine 1

Le palier fonctionnera avec une lubrification limite et le facteur $\bar{p}U$ déterminera la durée de vie du palier. La performance du palier peut être calculée en utilisant la

méthode donnée en chapitre 3, bien que le résultat sous-estimera probablement la durée de vie.

Domaine 2

Le palier fonctionnera avec une lubrification mixte et le facteur $\bar{p}U$ n'est plus déterminant pour la durée de vie. La

performance du palier DU dépendra de la nature du liquide et des conditions d'utilisation.

Domaine 3

Le palier fonctionnera avec une lubrification hydrodynamique. L'usure du palier sera déterminée uniquement par la pro-

preté du lubrifiant et la fréquence des mises en marche et arrêts.

Domaine 4

Ce sont les conditions de fonctionnement les plus exigeantes. Le palier fonctionnera soit à une vitesse élevée, soit avec une charge élevée vis-à-vis de la viscosité, ou avec une combinaison des deux.

- une augmentation de la température de fonctionnement et/ou
- une usure importante.

La performance du palier peut être améliorée par l'addition d'une ou plusieurs rainures dans le palier et une rugosité de l'arbre de moins de $0,05 \mu\text{m } R_a$.

Ces conditions peuvent entraîner:

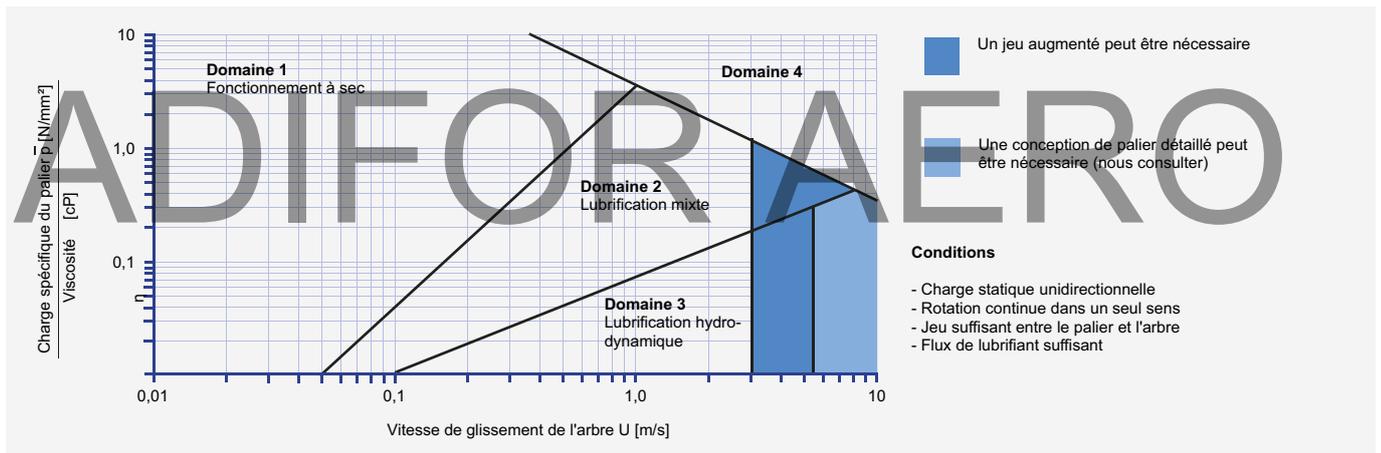


Fig. 21: Guide de conception pour des applications lubrifiées

Température [°C]	Viscosité cP														
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lubrifiant															
ISO VG 32	310	146	77	44	27	18	13	9,3	7,0	5,5	4,4	3,6	3,0	2,5	2,2
ISO VG 46	570	247	121	67	40	25	17	12	9,0	6,9	5,4	4,4	3,6	3,0	2,6
ISO VG 68	940	395	190	102	59	37	24	17	12	9,3	7,2	5,8	4,7	3,9	3,3
ISO VG 100	2110	780	335	164	89	52	33	22	15	11,3	8,6	6,7	5,3	4,3	3,6
ISO VG 150	3600	1290	540	255	134	77	48	31	21	15	11	8,8	7,0	5,6	4,6
Gasoil	4,6	4,0	3,4	3,0	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	0,95				
Essence	0,6	0,56	0,52	0,48	0,44	0,40	0,36	0,33	0,31						
Kérosène	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55				
Eau	1,79	1,30	1,0	0,84	0,69	0,55	0,48	0,41	0,34	0,32	0,28				

Tableau 9: Données de viscosité

5.5 Jeu pour les applications lubrifiées

Les diamètres de l'arbre et du logement recommandés pour des bagues standard DU donneront un jeu suffisant pour des applications dans des conditions de lubrification limite. Il peut être nécessaire pour les bagues fonctionnant avec une lubrifica-

tion mixte ou hydrodynamique d'améliorer le flux de liquide au travers du palier. On réduit le diamètre de l'arbre recommandé d'approximativement 0,1 %, particulièrement quand la vitesse de glissement de l'arbre dépasse 2,5 m/s.

5.6 Rugosité du contre-matériau pour les applications lubrifiées

- $R_a \leq 0,4 \mu\text{m}$ lubrification limite
- $R_a = 0,1-0,2 \mu\text{m}$ lubrification mixte ou hydrodynamique
- $R_a \leq 0,05 \mu\text{m}$ pour les conditions de fonctionnement les plus sévères.

5.7 Rainures de lubrification

Une rainure de lubrification axiale améliorera la performance du DU pour les applications les plus sévères. La Fig. 22 montre la forme et la position recommandée ($\pm 45^\circ$) d'une rainure en fonction de la

charge appliquée et de la position du joint. GGB peut fabriquer des bagues DU spéciales avec des rainures matricées ou usinées sur demande.

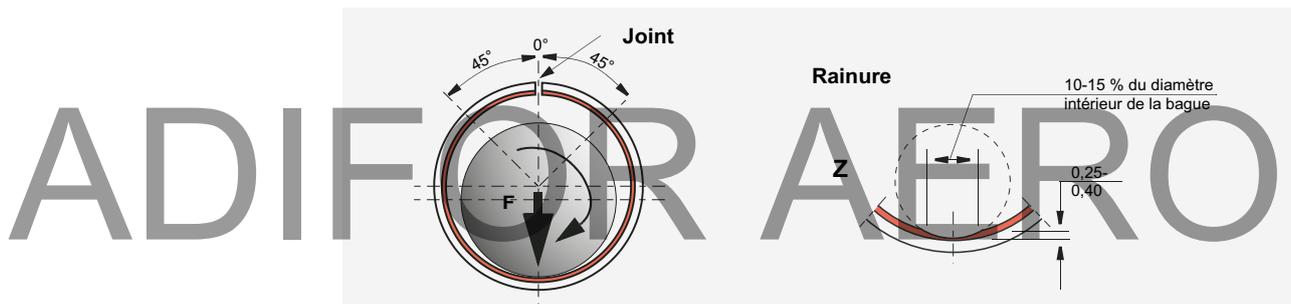


Fig. 22: Position des trous et des rainures de lubrification

5.8 Lubrification à la graisse

En général, le DU n'est pas recommandé pour être lubrifié à la graisse.

Les points suivants doivent être évités:

- Charges dynamiques - qui peuvent provoquer une érosion de la surface
- PTFE/Plomb du palier.
- Graisses avec des additifs EP ou charges comme le graphite ou le MoS_2 qui peuvent causer une usure rapide du DU.

6 Montage des bagues

Jeu diamétral

Il est essentiel que le jeu de fonctionnement correct soit respecté et que les diamètres d'arbre et logement soient réalisés suivant les limites de tolérances données dans les tableaux. Toute augmentation des tolérances donnera des résultats qui réduiront les performances.

Si le logement du palier est anormalement déformable, la bague ne sera pas correctement serrée et le jeu de fonctionnement sera plus important que le maxi préconisé. Dans ces circonstances le logement

devrait être alésé à une cote inférieure et le diamètre de l'arbre augmenté. Les dimensions correctes devraient être déterminées par des essais.

Quand une liberté de fonctionnement est impérative ou quand des charges très faibles prédominent (inférieures à $0,1 \text{ N/mm}^2$) et que le couple disponible est faible, une augmentation du jeu est nécessaire et il est recommandé de réduire la dimension de l'arbre de $0,025 \text{ mm}$, tel que défini dans les tableaux dimensionnels.

6.1 Dilatation thermique

Pour un fonctionnement dans un environnement à haute température le jeu doit être augmenté, comme indiqué dans la

Fig. 23, pour compenser la dilatation thermique interne de la couche de frottement.

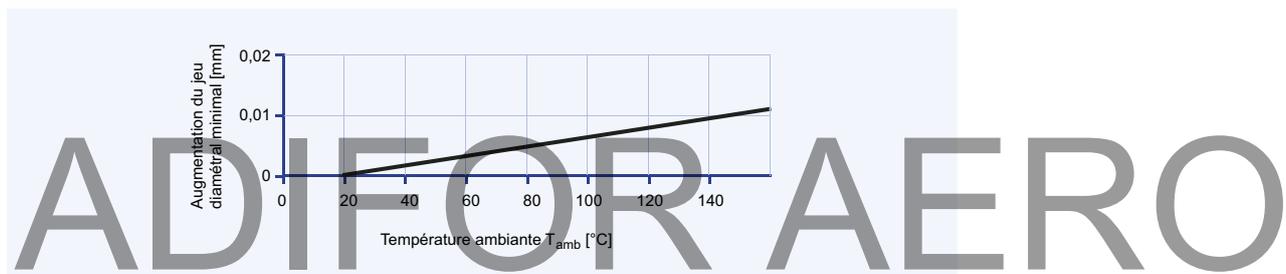


Fig. 23: Augmentation du jeu diamétral

Si le logement est non métallique, son diamètre doit être réduit par les valeurs données dans le Tableau 10, pour augmenter

le serrage de la bague. Le diamètre de l'arbre doit être diminué de la même valeur suivant la Fig. 23.

Matériau du logement	Réduction du dia. de l'arbre par 100 °C d'élévation	Réduction du diamètre de l'arbre par 100 °C d'élévation
Alliages aluminium	0,1 %	0,1 % + valeurs de la Fig. 23
Alliages cuivreux	0,05 %	0,05 % + valeurs de la Fig. 23
Acier et fonte	–	valeurs de la Fig. 23
Alliages base zinc	0,15 %	0,15 % + valeurs de la Fig. 23

Tableau 10: Tolérance pour haute température

6.2 Tolérances pour jeu minimum

Lorsqu'il est nécessaire de maintenir un serrage de la bague à un minimum, des tolérances plus serrées doivent être prévues sur le minimum du logement et sur le

maximum de l'arbre. Si on utilise la tolérance H6 des logements, les arbres doivent être usinés dans les limites ci-après. Jeu diamétral nominal suivant.

D_i	D_j
<25 mm	-0,019 à -0,029
>25 mm < 50 mm	-0,021 à -0,035

Tableau 11: Tolérances des arbres pour des logements H6

D_i	C_D
10 mm	0,005 à 0,078
50 mm	0,005 à 0,130

Tableau 12: Jeu en fonction du diamètre de la bague

Usinage des bagues DU

Le calibrage ou usinage fin de la bague dans le but d'obtenir un très faible jeu avec un minimum de variation est seulement permis si la réduction substantielle des performances est acceptable. La Fig. 24 montre l'outil recommandé pour le calibrage des bagues DU.

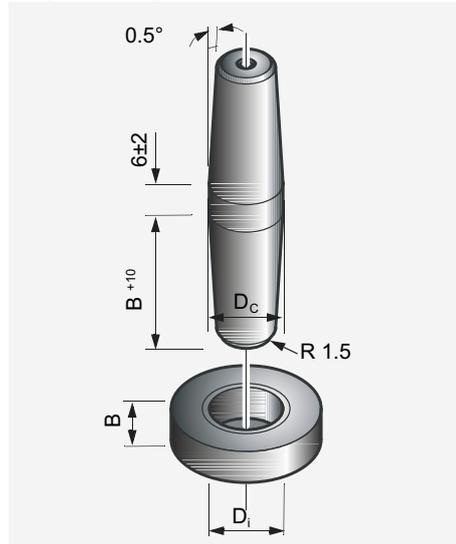


Fig. 24: Outil de calibrage

La partie cylindrique de l'outil de calibrage devrait être traitée (profondeur 0,6-1,2 mm, HRC 60±2) et polie ($R_z = 1 \mu\text{m}$).

Le calibrage avec une bille n'est pas recommandé pour les bagues DU.

\varnothing intérieur de la bague montée	\varnothing intérieur demandé de la bague	\varnothing correspondant de l'outil de calibrage D_c
$D_{i,a}$	$D_{i,a} + 0,025$	$D_{i,a} + 0,06$
$D_{i,a}$	$D_{i,a} + 0,038$	$D_{i,a} + 0,08$
$D_{i,a}$	$D_{i,a} + 0,050$	$D_{i,a} + 0,1$

Tableau 13: Tolérances de l'outil de calibrage

Les valeurs données dans le Tableau 13 indiquent les dimensions de l'outil de calibrage exigées pour obtenir des augmentations spécifiques du diamètre intérieur de la bague après montage.

Des valeurs exactes doivent être déterminées par des essais.

Le coefficient d'application a_c tient compte, dans les calculs de la durée de vie, de la réduction de performance de la bague causée par le calibrage (Tab. 8, page 16).

6.3 Contre-matériaux

L'aptitude des contre-matériaux et les recommandations d'état de surface sont spécifiées en détail à la page 15.

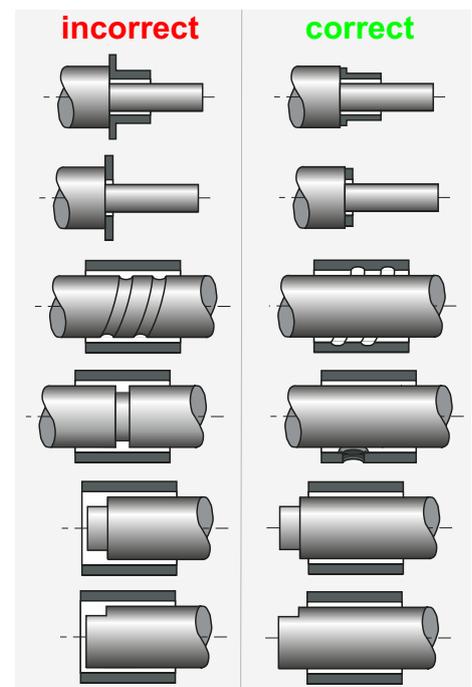


Fig. 25: Contre-matériau

6.4 Installation

Montage des bagues cylindriques

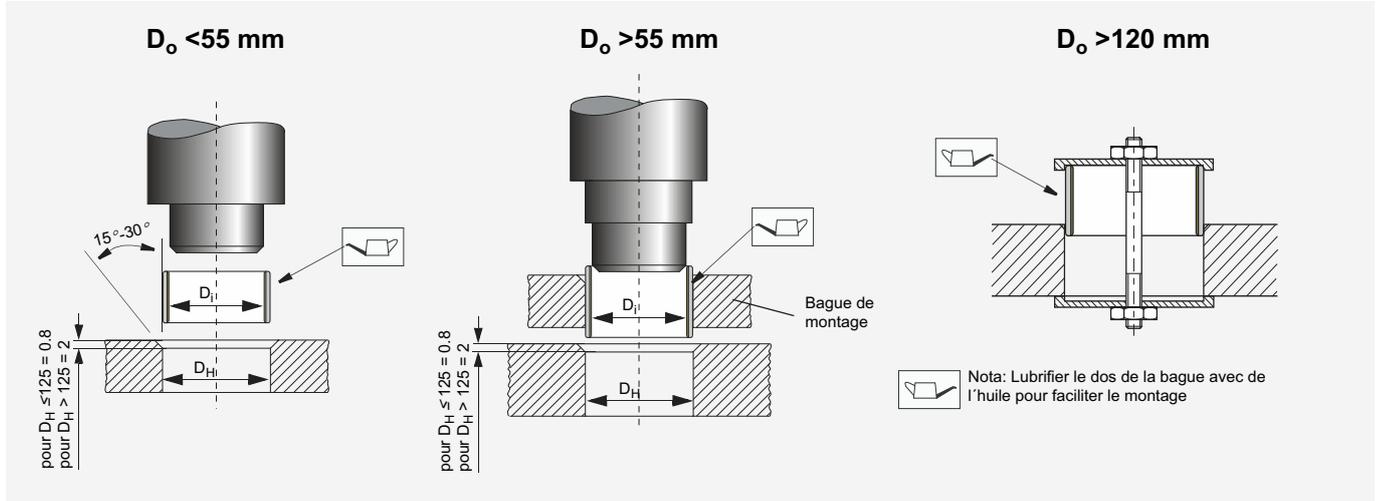


Fig. 26: Montage des bagues cylindriques

Montage des bagues à collerette

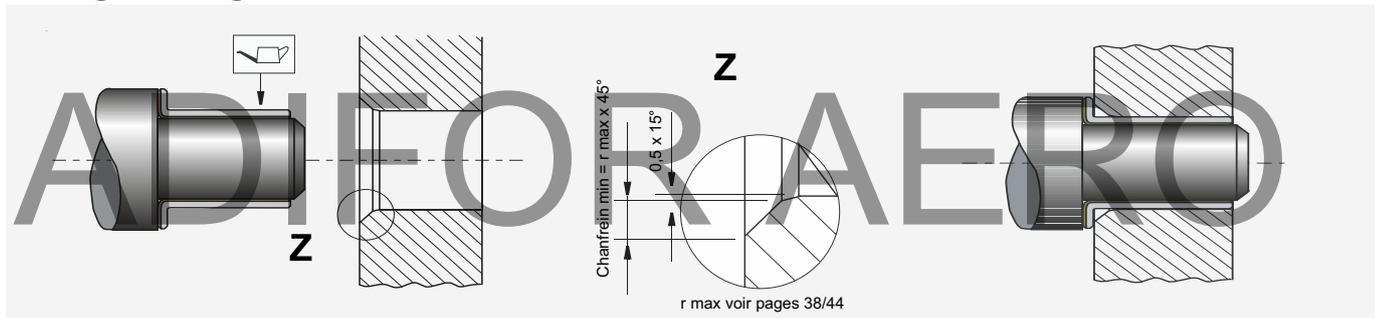


Fig. 27: Montage des bagues à collerette

Effort d'emmanchement

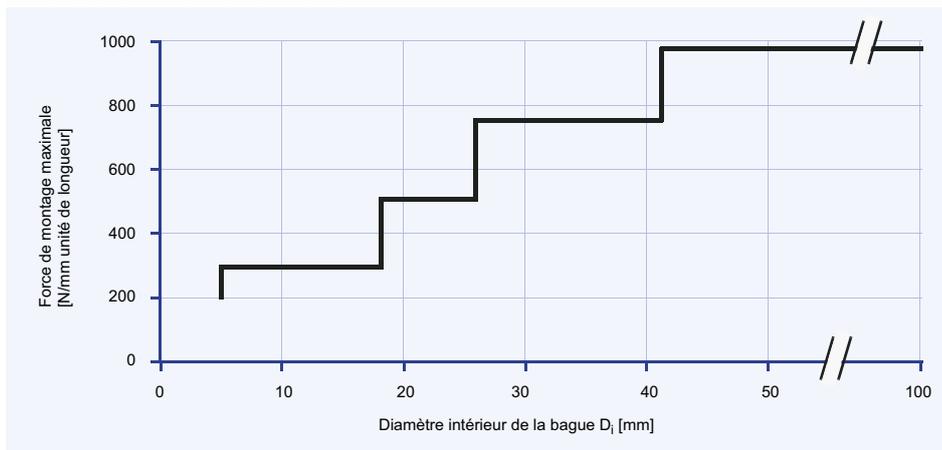


Fig. 28: Effort d'emmanchement maximal

Alignement

Pour tous montages de paliers, un alignement correct doit être la première considération de l'étude, lequel devient particulièrement important pour des paliers fonctionnant à sec car il n'y a pas d'appoint de lubrifiant pour supporter la charge. Le

désalignement sur la longueur de la bague DU (ou sur une paire de bagues en tandem) ou sur le diamètre extérieur d'une rondelle de butée ne doit pas excéder 1/1000 comme indiqué dans la Fig. 29.

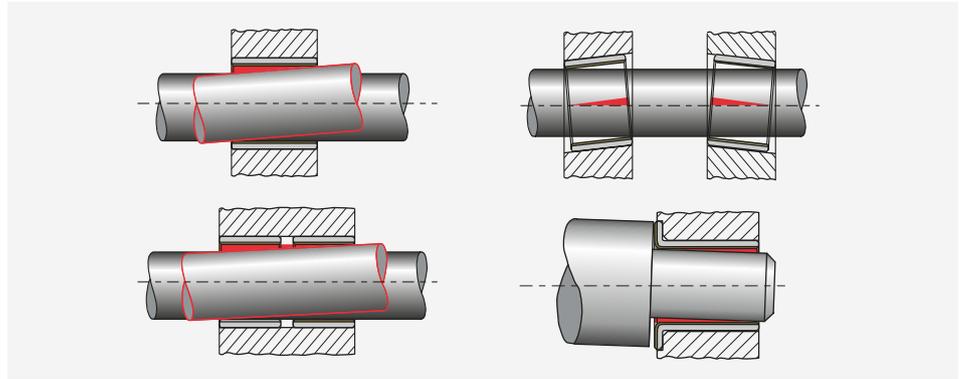


Fig. 29: Alignement

Etanchéité

Les bagues DU tolèrent une certaine contamination sans perte de performance. Quand il existe une possibilité de pénétra-

tion de poussières abrasives, des étanchéités doivent être prévues, comme montré dans la Fig. 30.

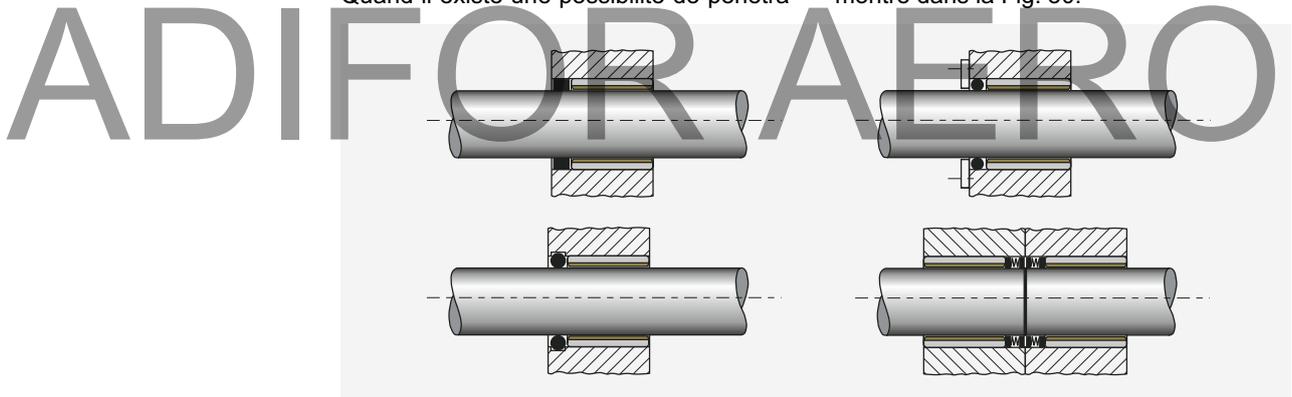


Fig. 30: Etanchéités recommandées

6.5 Positionnement axial

Lorsqu'un positionnement axial est nécessaire, il est généralement recommandé de monter une rondelle de butée DU en asso-

ciation avec des bagues DU même quand les charges axiales sont faibles.

Montage des rondelles de butée

Les rondelles de butée DU doivent être centrées dans un lamage comme montré dans la Fig. 31, page 31. Le diamètre du lamage doit être supérieur de 0,125 mm au diamètre extérieur de la rondelle et la profondeur de lamage H_a est indiquée dans les tableaux dimensionnels.

Lorsqu'un lamage n'est pas faisable, un positionnement peut être réalisé par:

- Deux pions
- Deux vis
- Collage
- Brasure

Recommandation

- S'assurer que le diamètre intérieur de la rondelle de butée ne soit pas en contact avec l'arbre après montage
- S'assurer que la rondelle soit montée avec le dos en acier ou bronze côté support
- La tête du pion devra être en retrait d'au moins 0,25 mm de la surface de glissement
- Les vis devront être en retrait d'au moins 0,25 mm de la surface de glissement
- Le DU ne pourra pas être chauffé au-dessus de 320 °C
- Des conseils peuvent être obtenus auprès des fabricants spécialisés pour l'utilisation d'adhésifs appropriés
- Protéger la surface de la rondelle pour éviter un contact avec la colle.

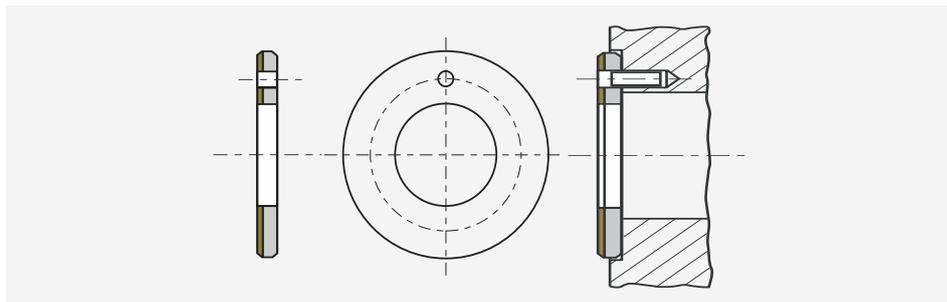


Fig. 31: Montage des rondelles de butée

Gorges pour évacuation des débris d'usure

Des essais avec rondelles de butée ont démontré que pour obtenir des performances à sec optimales, avec charges spécifiques n'excédant pas 35 N/mm², quatre gorges d'évacuation de débris d'usure doivent être usinées dans la sur-

face de frottement comme montré sur la Fig 32.

Par contre des gorges dans les bagues n'ont pas apporté de meilleurs résultats.

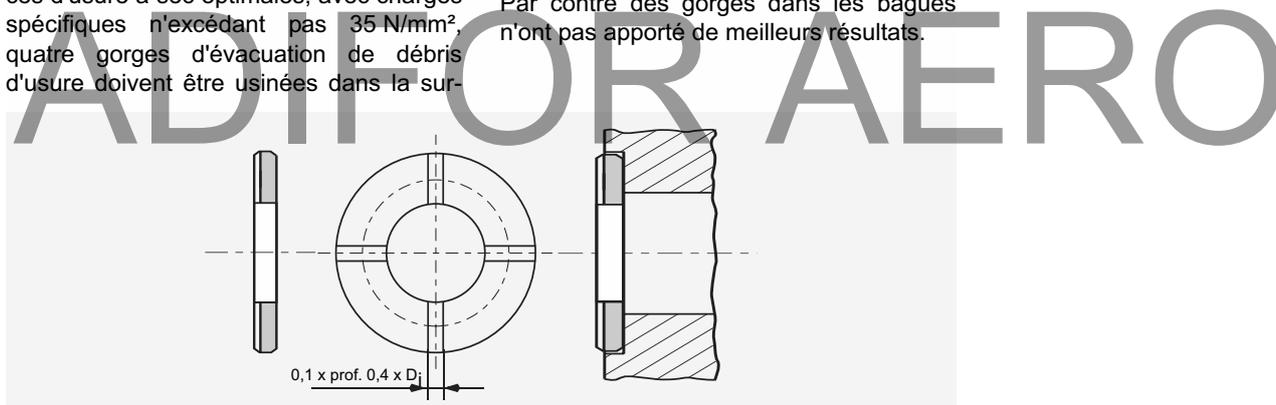


Fig. 32: Gorges pour évacuation des débris

Plaques de glissement

Les plaques DU utilisées comme plaques de glissement doivent être installées en utilisant une des méthodes suivantes:

- Vissage
- Collage
- Positionnement mécanique comme montré dans sur la Fig. 33.

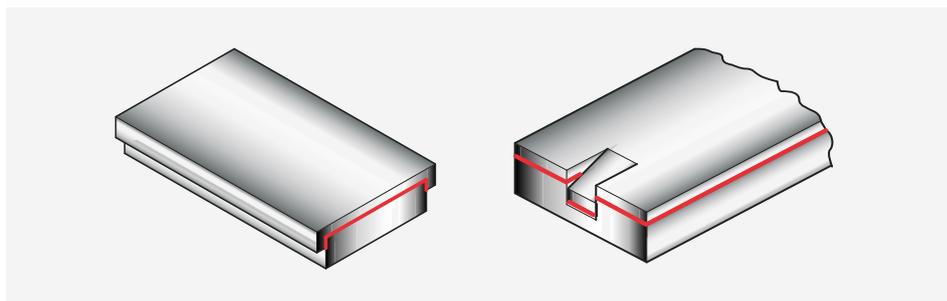


Fig. 33: Positionnement mécanique de plaques de glissement DU

7 Modification

7.1 Recoupe et usinage

La modification des pièces de frottement DU n'exige pas de méthode spéciale. En général il est plus satisfaisant d'effectuer l'usinage ou le perçage à partir de la face PTFE afin d'éviter les bavures. Lorsque la coupe est réalisée à partir du côté acier,

une pression d'usinage minimale doit être prévue en prenant toutes précautions pour s'assurer qu'aucune particule d'acier ou de bronze ne pénètre dans la partie frottante de la surface; toutes les bavures doivent être enlevées.

Perçage d'un trou de graissage

Les bagues doivent être bien en appui pendant le perçage pour s'assurer que les

bagues ne seront pas déformées sous la pression.

Découpe des plaques de glissement

Les plaques de glissement peuvent être découpées en utilisant une des méthodes suivantes (veiller à ce que la surface de la plaque ne soit pas endommagée et déformée):

- Avec bande maintenue à plat et fermement bridée sur une fraiseuse horizontale. Utilisation de fraises 3 tailles ou de

fraises scies.

- Grignotage
- Cisaille de guillotine (seulement pour des longueurs inférieures à 90 mm)
- Découpe au jet d'eau
- Découpe laser

7.2 Revêtements électrolytiques

Dos du palier

Le dos acier ainsi que les faces des pièces de frottement DU sont étamées pour les protéger d'une ambiance corrosive de stockage.

Dans le cas de conditions de corrosion très sévères où le revêtement de surface est inadapté, le DU-B peut être envisagé.

Le DU peut être revêtu par électrolyse avec la plupart des métaux conventionnels suivants:

- zinc ISO 2081-2
- cadmium ISO 2081-2
- nickel ISO 1456-8
- chrome dur ISO 1456-8

Pour des protections plus importantes, si l'épaisseur du revêtement excède approximativement 5 µm, le diamètre de logement

doit être augmenté de deux fois l'épaisseur du revêtement pour garder le diamètre intérieur de la bague correct après montage.

Avec de légers dépôts de métaux tels le cadmium, aucune précaution particulière n'est nécessaire. Avec des métaux plus résistants (comme le nickel) où des dépôts épais peuvent s'écailler et pénétrer dans la couche de surface PTFE/Plomb, il est souhaitable de prévoir une méthode appropriée pour protéger la surface de frottement du palier.

Lorsqu'une corrosion électrolytique est possible, des essais doivent être effectués pour s'assurer que tous les matériaux entourant le palier sont compatibles entre eux.

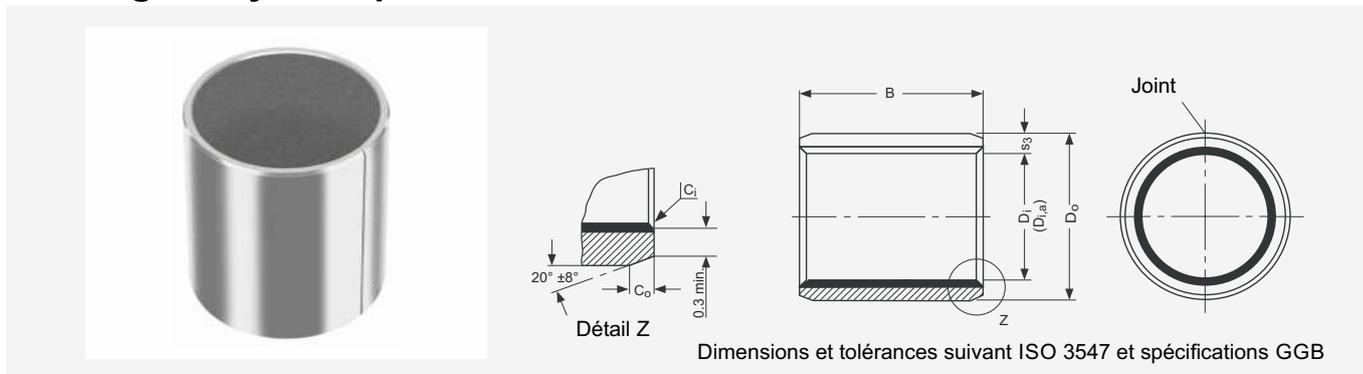
Contre-matériaux

Le DU peut être utilisé contre des matériaux avec un revêtement comme indiqué en page 15.

S'assurer que la dimension et la rugosité de l'arbre recommandées sont atteintes après le revêtement.

8 Produits standard

8.1 Bagues cylindriques DU



Dimensions et tolérances suivant ISO 3547 et spécifications GGB

Toutes dimensions en mm

Chanfreins intérieurs C_i et extérieurs C_o

Épaisseur de paroi s ₃	C _o (a)		C _i (b)
	usiné	roulé	
0.75	0.5 ± 0.3	0.5 ± 0.3	-0.1 à -0.4
1	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.5
1.5	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.7

Épaisseur de paroi s ₃	C _o (a)		C _i (b)
	usiné	roulé	
2	1.2 ± 0.4	1.0 ± 0.4	-0.1 à -0.7
2.5	1.8 ± 0.6	1.2 ± 0.4	-0.2 à -1.0

a = Chanfrein C_o usiné ou roulé

b = C_i peut être usiné ou roulé, en concordance avec ISO 13715

Référence	Diamètre nominal		Épaisseur de paroi s ₃	Largeur B	Ø d'arbre D _J [h6, f7, h8]	Ø du logement D _H [H6, H7]	Ø de la bague D _{i,a} monté dans H6/H7 logement	Jeu C _D
	D _i	D _o						
0203DU	2	3.5	0.750 0.730	3.25	2.000 1.994	3.508 3.500	2.048 2.000	0.054 0.000
0205DU				2.75				
0303DU	3	4.5		4.75				
				3.25				
0305DU	2.75							
0306DU	3	4.5		5.25				
				4.75				
0403DU	4	5.5		6.25				
				5.75				
0404DU	4	5.5		3.25				
				2.75				
0406DU	4	5.5		4.25				
			3.75					
0410DU	4	5.5	6.25					
			5.75					
0505DU	5	7	10.25					
			9.75					
0508DU	5	7	5.25					
			4.75					
0510DU	5	7	8.25					
			7.75					
0604DU	6	8	10.25					
			9.75					
0606DU	6	8	4.25					
			3.75					
0608DU	6	8	6.25					
			5.75					
0610DU	6	8	8.25					
			7.75					
0705DU	7	9	10.25					
			9.75					
0710DU	7	9	5.25					
			4.75					
0710DU	7	9	10.25					
			9.75					

8 Produits standard

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi S ₃ max. min.	Largeur B max. min.	Ø d'arbre D _J [h6, f7, h8]		Ø du logement D _H [H6, H7]		Ø de la bague D _{i,a} monté dans H6/H7 logement max. min.	Jeu C _D max. min.
	D _i	D _O			max. min.	max. min.	max. min.	max. min.		
0806DU	8	10		6.25	7.987	7.972	10.015	10.000	8.055	0.083
0808DU				5.75						
0810DU				8.25						
0812DU				7.75						
1006DU				10.25						
1008DU	9.75	10	12		9.987	9.972	12.018	12.000	10.058	0.086
1010DU	6.25									
1012DU	5.75									
1015DU	8.25									
1020DU	7.75									
1208DU	10.25	12	14		11.984	11.966	14.018	14.000	12.058	0.092
1210DU	9.75									
1212DU	12.25									
1215DU	11.75									
1220DU	15.25									
1225DU	14.75	13	15		12.984	12.966	15.018	15.000	13.058	0.006
1310DU	20.25									
1320DU	19.75									
1405DU	5.25									
1410DU	4.75									
1412DU	10.25	14	16		13.984	13.966	16.018	16.000	14.058	0.092
1415DU	9.75									
1420DU	12.25									
1425DU	11.75									
1510DU	15.25									
1512DU	14.75	15	17		14.984	14.966	17.018	17.000	15.058	0.006
1515DU	20.25									
1520DU	19.75									
1525DU	25.25									
1610DU	24.75									
1612DU	10.25	16	18		15.984	15.966	18.018	18.000	16.058	0.095
1615DU	9.75									
1620DU	12.25									
1625DU	11.75									
1720DU	15.25									
	14.75	17	19		16.984	16.966	19.021	19.000	17.061	0.006
	20.25									
	19.75									

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_j [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D
	D_i	D_o						
1810DU	18	20	1.005 0.980	10.25	17.984 17.966	20.021 20.000	18.061 17.990	0.095 0.006
1815DU				9.75				
1820DU				15.25				
1825DU				14.75				
2010DU				20.25				
2015DU	19.75	19.980 19.959	23.021 23.000	20.071 19.990	0.112 0.010			
2020DU	25.25							
2025DU	24.75							
2030DU	30.25							
2030DU	29.75							
2215DU	22	25	1.505 1.475	15.25	21.980 21.959	25.021 25.000	22.071 21.990	0.112 0.010
2220DU				14.75				
2225DU				20.25				
2230DU				19.75				
2230DU				25.25				
2415DU	24	27	1.505 1.475	14.75	23.980 23.959	27.021 27.000	24.071 23.990	0.112 0.010
2420DU				19.75				
2425DU				20.25				
2430DU				19.75				
2430DU				25.25				
2515DU	25	28	2.005 1.970	14.75	24.980 24.959	28.021 28.000	25.071 24.990	0.126 0.010
2520DU				20.25				
2525DU				19.75				
2530DU				25.25				
2550DU				24.75				
2815DU	28	32	2.005 1.970	15.25	27.980 27.959	32.025 32.000	28.085 27.990	0.126 0.010
2820DU				14.75				
2820DU				20.25				
2825DU				19.75				
2830DU				25.25				
3010DU	30	34	2.005 1.970	24.75	29.980 29.959	34.025 34.000	30.085 29.990	0.126 0.010
3015DU				30.25				
3020DU				29.75				
3025DU				40.25				
3030DU				39.75				
3220DU	32	36	2.005 1.970	20.25	31.975 31.950	36.025 36.000	32.085 31.990	0.135 0.015
3230DU				19.75				
3230DU				30.25				
3240DU				29.75				

8 Produits standard

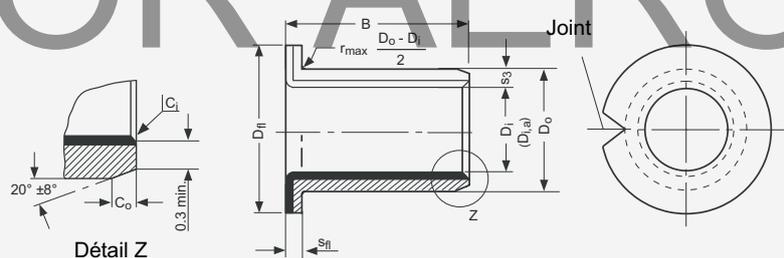
Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi S ₃ max. min.	Largeur B max. min.	Ø d'arbre D _J [h6, f7, h8] max. min.	Ø du logement D _H [H6, H7] max. min.	Ø de la bague D _{i,a} monté dans H6/H7 logement max. min.	Jeu C _D max. min.				
	D _i	D _O										
3520DU	35	39	2.005 1.970	20.25	34.975 34.950	39.025 39.000	35.085 34.990	0.135 0.015				
3530DU				19.75								
3535DU				30.25								
3540DU				29.75								
3550DU				35.25								
3720DU	34.75	37		41					20.25	36.975	41.025	37.085
4020DU	19.75	40		44					20.25	39.975 39.950	44.025 44.000	40.085 39.990
4030DU	19.75											
4040DU	30.25											
4050DU	29.75											
4520DU	40.25		45		50	20.25	44.975 44.950	50.025 50.000	45.105 44.990			
4530DU	19.75											
4540DU	30.25											
4545DU	29.75											
4550DU	40.25	50		55		20.25				49.975 49.950	55.030 55.000	50.110 49.990
5020DU	19.75											
5030DU	30.25											
5040DU	29.75											
5050DU	40.25		55		60	20.25	54.970 54.940	60.030 60.000	55.110 54.990			
5060DU	19.75											
5520DU	25.25											
5525DU	24.75											
5530DU	30.25	60		65		20.25				59.970 59.940	65.030 65.000	60.110 59.990
5540DU	19.75											
5550DU	25.25											
5555DU	24.75											
5560DU	30.25		2.505 2.460		60	20.25	59.970 59.940	65.030 65.000	0.170 0.020			
6020DU	19.75											
6030DU	30.25											
6040DU	29.75											
6050DU	40.25	2.505 2.460		65		20.25				59.970 59.940	65.030 65.000	0.170 0.020
6060DU	19.75											
6070DU	30.25											
	29.75											
	40.25											
	39.75											
	50.25											
	49.75											
	60.25											
	59.75											
	70.25											
	69.75											

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_j [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D	
	D_i	D_o							max. min.
6530DU	65	70	2.505 2.460	30.25	f7	64.970 64.940	70.030 70.000	0.170 0.020	
6550DU				29.75					
6570DU				50.25 49.75					
7040DU	70	75		70.25 69.75		69.970 69.940	75.030 75.000		
7050DU				40.25 39.75					
7070DU				50.25 49.75					
7560DU	75	80		70.25 69.75		74.970 74.940	80.030 80.000		75.110 74.990
7580DU				60.25 59.75					
8040DU				80.25 79.75					
8060DU	80	85		40.50 39.50		80.000 79.946	85.035 85.000		80.155 80.020
8080DU				60.50 59.50					
80100DU				80.50 79.50					
8530DU	85	90	100.50 99.50	85.000 84.946	90.035 90.000	85.155 85.020			
8560DU			30.50 29.50						
85100DU			60.50 59.50						
9060DU	90	95	100.50 99.50	90.000 89.946	95.035 95.000	90.155 90.020			
90100DU			60.50 59.50						
9560DU			100.50 99.50						
95100DU	95	100	2.490 2.440	95.000 94.946	100.035 100.000	95.155 95.020	0.209 0.020		
10050DU			60.50 59.50						
10060DU			100.50 99.50						
100115DU	100	105	50.50 49.50	100.000 99.946	105.035 105.000	100.155 100.020			
10560DU			60.50 59.50						
105115DU			115.50 114.50						
11060DU	105	110	60.50 59.50	105.000 104.946	110.035 110.000	105.155 105.020			
110115DU			115.50 114.50						
11550DU			60.50 59.50						
11570DU	110	115	115.50 114.50	110.000 109.946	115.035 115.000	110.155 110.020			
12050DU			50.50 49.50						
12060DU			60.50 59.50						
120100DU	115	120	2.465 2.415	115.000 114.946	120.035 120.000	115.155 115.020			
125100DU			60.50 59.50						
13060DU			100.50 99.50						
130100DU	120	125	50.50 49.50	120.000 119.946	125.040 125.000	120.210 120.070	0.264 0.070		
125100DU			60.50 59.50						
13060DU			100.50 99.50						
130100DU	125	130	2.465 2.415	125.000 124.937	130.040 130.000	125.210 125.070			
13060DU			60.50 59.50						
130100DU			100.50 99.50						
13060DU	130	135	2.465 2.415	130.000 129.937	135.040 135.000	130.210 130.070	0.273 0.070		
13060DU			60.50 59.50						
130100DU			100.50 99.50						

8 Produits standard

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D				
	D_i	D_o							max. min.	max. min.	max. min.	max. min.
13560DU	135	140	2.465 2.415	60.50	h8	H7	135.210 135.070	0.273 0.070				
13580DU				59.50					135.000	140.040		
14060DU				80.50					134.937	140.000		
140100DU	79.50	140		145					140.000	145.040	140.210	
15060DU	60.50								140.000	145.000	140.070	
15080DU	59.50								150	155	149.937	155.040
150100DU	80.50	150.000		155.000							150.070	
16080DU	79.50	160		165							159.937	165.040
160100DU	100.50								160.000	165.000	160.070	
180100DU	99.50								179.937	185.046	180.216	
200100DU	80.50	180		185					179.937	185.000	180.070	0.279 0.070
210100DU	79.50								180.000	205.046	200.216	
220100DU	100.50								189.928	205.000	200.070	
250100DU	99.50	200		205					200.000	205.046	200.216	0.288 0.070
300100DU	209.928								215.046	210.216		
220100DU	219.928		215.000		210.070							
250100DU	225.046	220.216	220.070	0.294 0.070								
300100DU	225.000	220.070	220.070									
300100DU	250.000	250.222	250.070		0.303 0.070							
300100DU	249.928	250.070	250.070									
300100DU	305.052	300.222	300.070									
300100DU	305.000	300.070	300.070									

8.2 Bagues à collerette DU



Dimensions et tolérances suivant ISO 3547 et spécifications GGB

Toutes dimensions en mm

Chanfreins intérieurs C_i et extérieurs C_o

Epaisseur de paroi s_3	C_o (a)		C_i (b)
	usiné	roulé	
0.75	0.5 ± 0.3	0.5 ± 0.3	-0.1 à -0.4
1	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.5
1.5	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.7

Epaisseur de paroi s_3	C_o (a)		C_i (b)
	usiné	roulé	
2	1.2 ± 0.4	1.0 ± 0.4	-0.1 à -0.7
2.5	1.8 ± 0.6	1.2 ± 0.4	-0.2 à -1.0

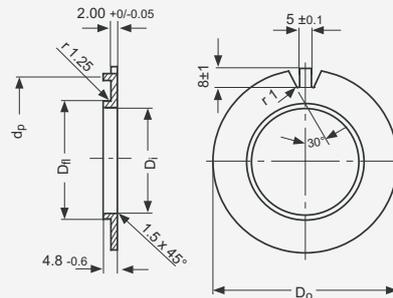
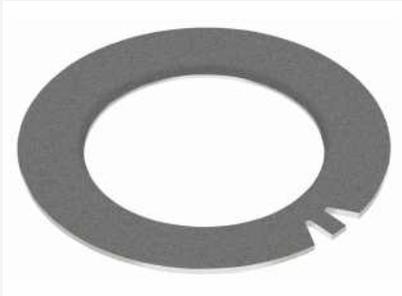
a = Chanfrein C_o usiné ou roulé

b = C_i peut être usiné ou roulé, en concordance avec ISO 13715

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Epaisseur de la collerette s_{fl}	Dia de la collerette D_{fl}	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D	
	D_i	D_o									max. min.
BB0304DU	3	4.5	0.750	0.80	7.50	4.25	h6	H6	3.000	4.508	3.048
BB0404DU			0.730		6.50				2.994	4.500	3.000
BB0505DU	4	5.5	1.005	1.05	9.50	5.25	f7	H7	4.000	5.508	4.048
BB0505DU					0.980				8.50	3.992	4.500
BB0505DU	5	7	0.980	0.80	10.50	4.75	f7	H7	4.990	7.015	5.055
BB0505DU					9.50				4.978	7.000	4.990

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Epaisseur de la collerette s_{fl}	Dia de la collerette D_{fl}	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D			
	D_i	D_o									max min.	max. min.	max. min.
BB0604DU	6	8	1.005 0.980	1.05 0.80	12.50	4.25	5.990	8.015	6.055	0.077			
BB0608DU						3.75					5.978	5.990	
BB0806DU	8	10			15.50	5.75	7.987	7.972	10.015	8.055	0.083		
BB0808DU						5.25						7.75	7.990
BB0810DU						7.25						7.972	10.000
BB1007DU						9.75						7.972	10.000
BB1009DU	10	12			18.50	9.25	9.987	9.972	12.018	10.058	0.086		
BB1012DU						8.75						9.972	12.000
BB1017DU						12.25						9.972	12.000
BB1207DU						11.75						9.972	12.000
BB1209DU	12	14			20.50	7.25	11.984	11.966	14.018	12.058	0.092		
BB1212DU						6.75						11.966	14.000
BB1217DU						9.25						11.966	14.000
BB1412DU						8.75						11.966	14.000
BB1417DU	14	16			22.50	12.25	13.984	13.966	16.018	14.058	0.092		
BB1509DU						11.75						13.966	16.000
BB1512DU						16.75						13.966	16.000
BB1517DU						16.75						13.966	16.000
BB1612DU	16	18			1.505 1.475	1.60 1.30	24.50	12.25	15.984	18.018	16.058	0.095	
BB1617DU								11.75					15.966
BB1812DU	18	20	26.50	12.25			17.984	17.966	20.021	18.061	0.095		
BB1817DU				11.75								17.966	20.000
BB1822DU				17.25								17.966	20.000
BB2012DU				21.75								17.966	20.000
BB2017DU	20	23	30.50	11.75			19.980	19.959	23.021	20.071	0.112		
BB2022DU				11.25								19.959	23.000
BB2512DU				16.75								19.959	23.000
BB2517DU				16.25								19.959	23.000
BB2522DU	25	28	35.50	21.75			24.980	24.959	28.021	25.071	0.126		
BB3016DU				11.25								24.959	28.000
BB3026DU				16.25								24.959	28.000
BB3516DU				16.75								24.959	28.000
BB3526DU	35	39	47.50	21.75			34.975	34.950	39.025	35.085	0.135		
BB4016DU				11.25								34.950	39.000
BB4026DU				15.75								34.950	39.000
BB4516DU				15.75								34.950	39.000
BB4526DU	45	50	58.50	16.25			39.975	39.950	44.025	40.085	0.155		
BB4526DU				15.75								39.950	44.000
BB4526DU				26.25	39.950	44.000							
BB4526DU				25.75	39.950	44.000							

8.3 Rondelles à collerette DU

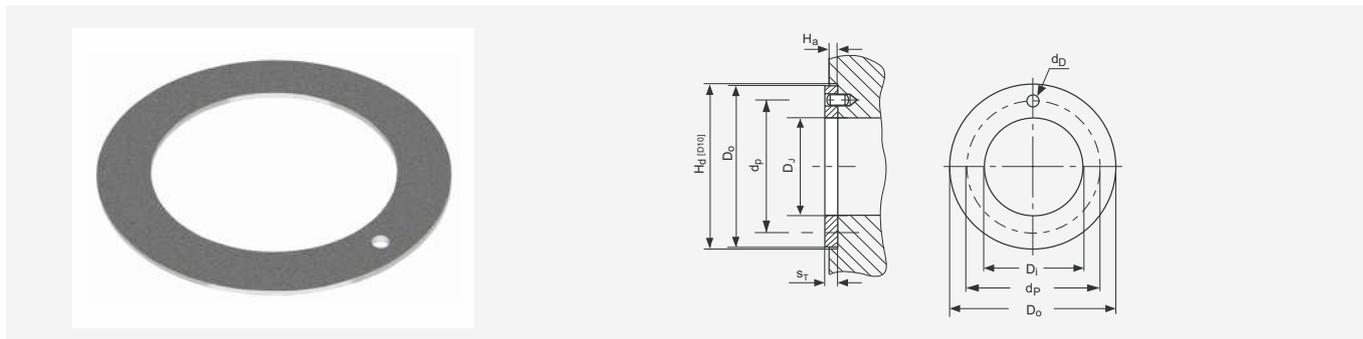


Toutes dimensions en mm

Référence	Ø intérieur D_i	Ø extérieur D_o	Ø cylindrique D_i	Ø primitif ergot d_p
	max. min.	max. min.	max. min.	max. min.
BS40DU	40.7 40.2	75.0 74.5	44.000 43.900	65.0 64.5
BS50DU	51.5 51.0	85.0 84.5	55.000 54.880	75.0 74.5
BS60DU	61.5 61.0	95.0 94.5	65.000 64.880	85.0 84.5
BS70DU	71.5 71.0	110.0 109.5	75.000 74.880	100.0 99.5
BS80DU	81.5 81.0	120.0 119.5	85.000 84.860	110.0 109.5
BS90DU	91.5 91.0	130.0 129.5	95.000 94.860	120.0 119.5
BS100DU	101.5 101.0	140.0 139.5	105.000 104.860	130.0 129.5

ADIFOR AERO

8.4 Rondelles de butée DU

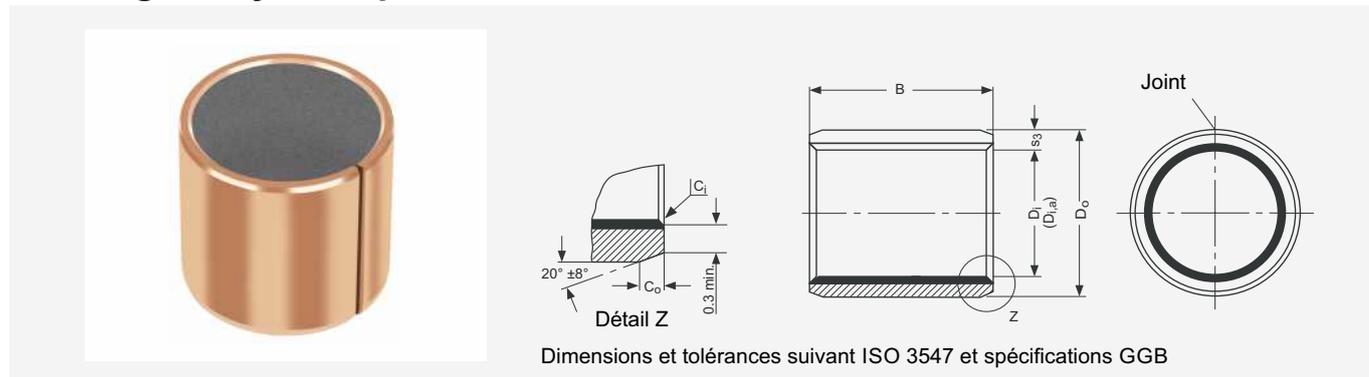


Toutes dimensions en mm

Référence	Ø intérieur D _i		Ø extérieur D _o		Épaisseur s _T	Trou de positionnement		Profondeur lamage H _a		
	min.	max.	max.	min.		Ø d _o	PCD-Ø d _p			
WC08DU	10.00	10.25	20.00	19.75	1.50 1.45	Pas de trou de pion 1.875 1.625	Pas de trou de pion 18.12 17.88	1.20 0.95		
WC10DU	12.00	12.25	24.00	23.75						
WC12DU	14.00	14.25	26.00	25.75		2.375 2.125	20.12 19.88		22.12 21.88	
WC14DU	16.00	16.25	30.00	29.75						
WC16DU	18.00	18.25	32.00	31.75		25.12 24.88	28.12 27.88		30.12 29.88	
WC18DU	20.00	20.25	36.00	35.75						
WC20DU	22.00	22.25	38.00	37.75		3.375 3.125	33.12 32.88		35.12 34.88	
WC22DU	24.00	24.25	42.00	41.75						
WC24DU	26.00	26.25	44.00	43.75		38.12 37.88	43.12 42.88		50.12 49.88	
WC25DU	28.00	28.25	48.00	47.75						
WC30DU	32.00	32.25	54.00	53.75		4.375 4.125	54.12 53.88		61.12 60.88	
WC35DU	38.00	38.25	62.00	61.75						
WC40DU	42.00	42.25	66.00	65.75		2.00 1.95	65.12 64.88		76.12 75.88	
WC45DU	48.00	48.25	74.00	73.75						
WC50DU	52.00	52.25	78.00	77.75						1.70 1.45
WC60DU	62.00	62.25	90.00	89.75						

8 Produits standard

8.5 Bagues cylindriques DU-B



Toutes dimensions en mm

Chanfreins intérieurs C_i et extérieurs C_o

Épaisseur de paroi s_3	C_o (a)		C_i (b)
	usiné	roulé	
0.75	0.5 ± 0.3	0.5 ± 0.3	-0.1 à -0.4
1	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.5
1.5	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.7

Épaisseur de paroi s_3	C_o (a)		C_i (b)
	usiné	roulé	
2	1.2 ± 0.4	1.0 ± 0.4	-0.1 à -0.7
2.5	1.8 ± 0.6	1.2 ± 0.4	-0.2 à -1.0

a = Chanfrein C_o usiné ou roulé

b = C_i peut être usiné ou roulé, en concordance avec ISO 13715

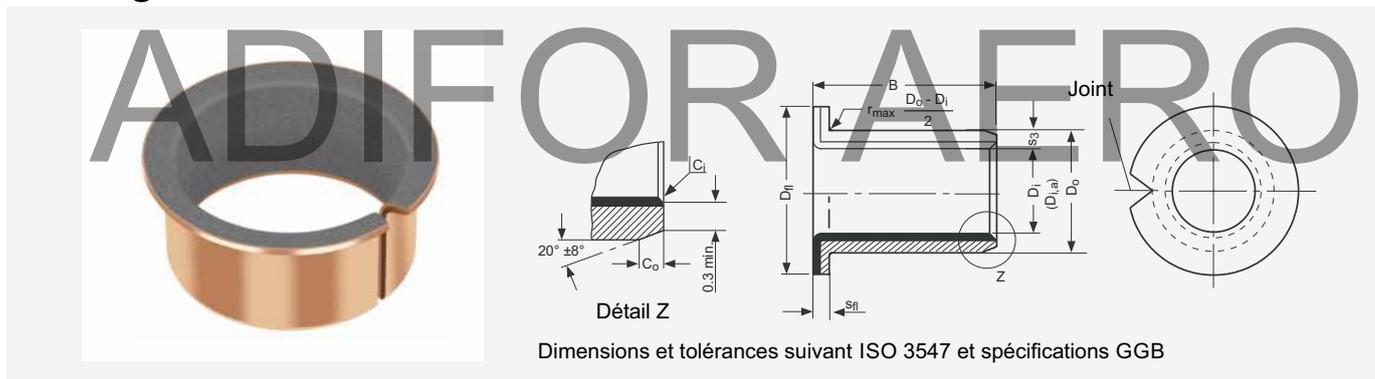
Référence	Diamètre nominal		Épaisseur de paroi s_3 max. min.	Largeur B max. min.	Ø d'arbre D_j [h6, f7, h8] max. min.	Ø du logement D_H [H6, H7] max. min.	Ø de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement max. min.	Jeu C_D max. min.
	D_i	D_o						
0203DUB	2	3.5	0.750 0.730	3.25	2.000	3.508	2.048	0.054 0.000
0205DUB				2.75				
0306DUB	3	4.5	0.750 0.730	5.25	3.000	4.508	3.048	0.056 0.000
0404DUB				4.75				
0406DUB	4	5.5	0.750 0.730	6.25	4.000	5.508	4.048	0.077 0.000
0505DUB				5.75				
0510DUB	5	7	1.005 0.980	6.25	4.990	7.015	5.055	0.083 0.003
0606DUB				5.75				
0608DUB	6	8	1.005 0.980	8.25	5.990	8.015	6.055	0.086 0.003
0610DUB				7.75				
0808DUB	8	10	1.005 0.980	10.25	7.987	10.015	8.055	0.092 0.006
0810DUB				9.75				
0812DUB	8	10	1.005 0.980	12.25	9.987	12.018	10.058	0.092 0.006
1010DUB				11.75				
1015DUB	10	12	1.005 0.980	10.25	9.972	12.000	9.990	0.092 0.006
1208DUB				9.75				
1210DUB	12	14	1.005 0.980	8.25	11.984	14.018	12.058	0.092 0.006
1212DUB				7.75				
1215DUB	12	14	1.005 0.980	10.25	11.966	14.000	11.990	0.092 0.006
				9.75				

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i.a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D
	D_i	D_o						
1410DUB	14	16	1.005 0.980	10.25	13.984 13.966	16.018 16.000	0.092 0.006	
1415DUB				9.75				
1420DUB				15.25				
1515DUB	15	17		14.75	14.984 14.966	17.018 17.000		
1525DUB				20.25				
1615DUB				19.75				
1625DUB	16	18		15.25	15.984 15.966	18.018 18.000		
1820DUB				14.75				
1825DUB				25.25				
2015DUB	20	23		24.75	19.980 19.959	23.021 23.000		0.112 0.010
2020DUB				20.25				
2025DUB				19.75				
2030DUB			25.25					
2215DUB			24.75					
2220DUB	22	25	15.25	21.980 21.959	25.021 25.000	0.126 0.010		
2225DUB			14.75					
2515DUB			20.25					
2525DUB	25	28	19.75	24.980 24.959	28.021 28.000	0.135 0.015		
2830DUB			15.25					
3020DUB			14.75					
3030DUB	30	34	25.25	29.980 29.959	34.025 34.000	0.155 0.015		
3040DUB			24.75					
3520DUB			30.25					
3530DUB	35	39	29.75	34.975 34.950	39.025 39.000	0.160 0.015		
4030DUB			30.25					
4050DUB			29.75					
4530DUB	40	44	50.25	39.975 39.950	44.025 44.000	0.170 0.020		
4550DUB			49.75					
5040DUB			30.25					
5060DUB	50	55	29.75	44.975 44.950	50.025 50.000	0.180 0.020		
5540DUB			39.75					
6040DUB			60.25					
6050DUB	60	65	59.75	59.970 59.940	65.030 65.000	0.190 0.020		
6060DUB			59.75					
6070DUB			70.25					
6570DUB			69.75					
6570DUB	65	70	40.25	64.970 64.940	70.030 70.000	0.200 0.020		
			39.75					

8 Produits standard

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D
	D_i	D_o						
7050DUB	70	75	2.505 2.460	50.25	f7	69.970 69.940	75.030 75.000	0.170 0.020
7070DUB				49.75				
7580DUB	75	80	80.25	79.75	f7	74.970 74.940	80.030 80.000	75.110 74.990
8060DUB	80	85	2.490 2.440	60.50	h8	80.000 79.946	85.035 85.000	0.201 0.020
80100DUB				59.50				
85100DUB	85	90	100.50	99.50	h8	85.000 84.946	90.035 90.000	85.155 85.020
9060DUB	90	95	2.490 2.440	60.50	h8	90.000 89.946	95.035 95.000	0.209 0.020
90100DUB				59.50				
95100DUB	95	100	100.50	99.50	h8	95.000 94.946	100.035 100.000	95.155 95.020
10060DUB	100	105	2.490 2.440	60.50	h8	100.000 99.946	105.035 105.000	0.209 0.020
100115DUB				59.50				
105115DUB	105	110	115.50	114.50	h8	105.000 104.946	110.035 110.000	105.155 105.020
110115DUB	110	115	115.50	114.50	h8	110.000 109.946	115.035 115.000	115.155 115.020

8.6 Bagues à collerette DU-B



Toutes dimensions en mm

Chanfreins intérieurs C_i et extérieurs C_o

Epaisseur de paroi s_3	C_o (a)		C_i (b)	Epaisseur de paroi s_3	C_o (a)		C_i (b)
	usiné	roulé			usiné	roulé	
0.75	0.5 ± 0.3	0.5 ± 0.3	-0.1 à -0.4	2	1.2 ± 0.4	1.0 ± 0.4	-0.1 à -0.7
1	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.5	2.5	1.8 ± 0.6	1.2 ± 0.4	-0.2 à -1.0
1.5	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	-0.1 à -0.7				

a = Chanfrein C_o usiné ou roulé

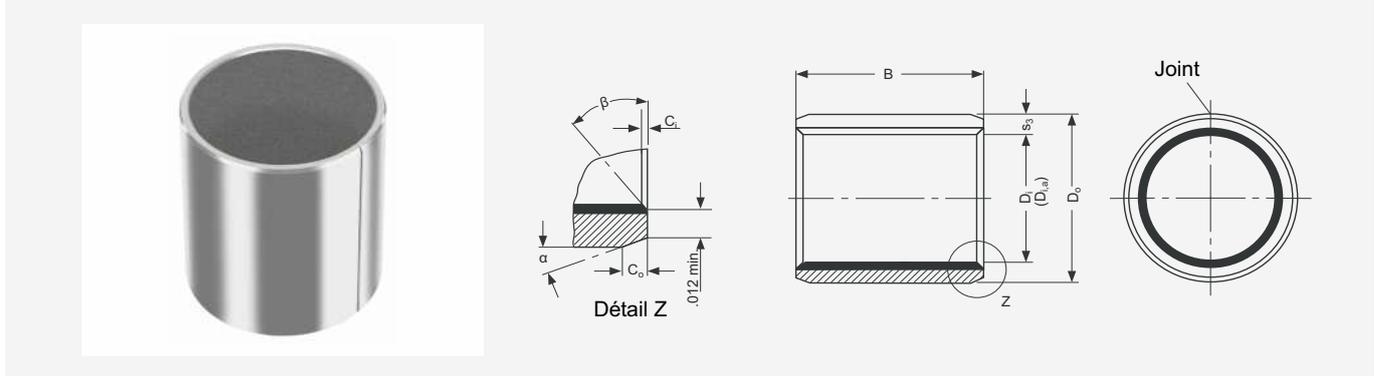
b = C_i peut être usiné ou roulé, en concordance avec ISO 13715

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi s_3	Epaisseur de la collerette s_{fi}	Dia de la collerette D_{fi}	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D
	D_i	D_o								
BB0304DUB	3	4.5	0.750 0.730	0.80 0.70	7.50	4.25	h6	H6	3.000	0.054 0.000
BB0404DUB					6.50				3.000 2.994	
BB0505DUB	5	7	1.005 0.980	1.05 0.80	10.50	5.25	f7	H7	4.990	0.077 0.000
					9.50				4.990 4.978	

Référence	Diamètre nominal		Epaisseur de paroi S_3	Epaisseur de la collerette S_H	Dia de la collerette D_H	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J [h6, f7, h8]	\varnothing du logement D_H [H6, H7]	\varnothing de la bague $D_{i,0}$ monté dans H6/H7 logement	Jeu C_D		
	D_i	D_o									max min.	max. min.
BB0604DUB	6	8	1.005 0.980	1.05 0.80	12.50 11.50	4.25 3.75	f7	H7	5.990 5.978	8.015 8.000	6.055 5.990	0.077 0.000
BB0608DUB												
BB0806DUB	10	12			18.50 17.50	7.25 6.75			9.987 9.972	12.018 12.000	10.058 9.990	0.086 0.003
BB0810DUB												
BB1007DUB	14	16			22.50 21.50	12.25 11.75			13.984 13.966	16.018 16.000	14.058 13.990	0.095 0.006
BB1012DUB												
BB1207DUB	16	18			24.50 23.50	12.25 11.75			15.984 15.966	18.018 18.000	16.058 15.990	0.126 0.010
BB1209DUB												
BB1212DUB	20	23			30.50 29.50	11.75 11.25			19.980 19.959	23.021 23.000	20.071 19.990	0.135 0.015
BB1417DUB												
BB1512DUB	30	34			42.50 41.50	16.25 15.75			29.980 29.959	34.025 34.000	30.085 29.990	0.135 0.015
BB1517DUB												
BB1612DUB	40	44	53.50 52.50	26.25 25.75	39.975 39.950	44.025 44.000	40.085 39.990	0.135 0.015				
BB1617DUB									45	50	58.50 57.50	26.25 25.75
BB1812DUB			1.505 1.475	1.60 1.30								
BB1822DUB			2.005 1.970	2.10 1.80								
BB2012DUB			2.505 2.460	2.60 2.30								
BB2017DUB												
BB2512DUB												
BB2522DUB												
BB3016DUB												
BB3026DUB												
BB3526DUB												
BB4026DUB												
BB4526DUB												

8 Produits standard

8.7 Bagues cylindriques - cotes pouces



Toutes dimensions en cotes pouces

Chanfreins intérieurs et extérieurs

D_i	C_o	α	C_i	β
1/8" - 5/16"	0.008" - 0.024"	30°-45°	0.004" - 0.012"	30°-45°
3/8" - 11/16"	0.020" - 0.040"	20°-30°	0.005" - 0.025"	40°-55°
3/4" - 7"	0.020" - 0.040"	15°-25°	0.005" - 0.025"	40°-50°

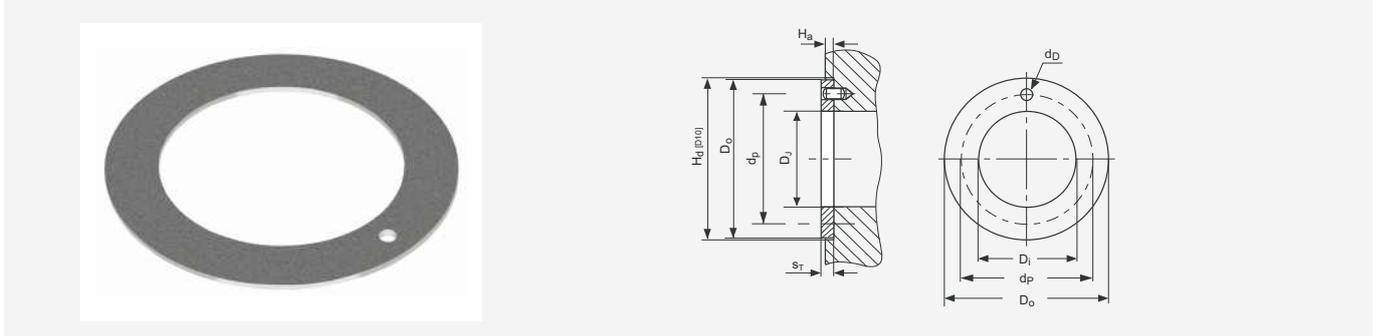
Référence	Diamètre nominal			Epaisseur de paroi s_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J	\varnothing du logement D_H	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans logement D	Jeu C_D
	D_i	D_o	B						
02DU02	1/8	3/16	1/8	0.0315 0.0305	0.1350 0.1150	0.1243 0.1236	0.1878 0.1873	0.1268 0.1243	0.0032 0.0000
02DU03			3/16		0.1975 0.1775				0.0032 0.0000
025DU025	5/32	7/32	5/32	0.0315 0.0305	0.16625 0.14265	0.1554 0.1547	0.2191 0.2186	0.1581 0.1556	0.0034 0.0002
025DU04			1/4		0.2600 0.2400				0.0034 0.0002
03DU03	3/16	1/4	3/16	0.0315 0.0305	0.1975 0.1775	0.1865 0.1858	0.2503 0.2497	0.1893 0.1867	0.0035 0.0002
03DU04			1/4		0.2600 0.2400				
03DU06			3/8		0.3850 0.3650				
04DU04	1/4	5/16	1/4	0.0315 0.0305	0.2600 0.2400	0.2490 0.2481	0.3128 0.3122	0.2518 0.2492	0.0037 0.0002
04DU06			3/8		0.3850 0.3650				
05DU06	5/16	3/8	3/8	0.0315 0.0305	0.3850 0.3650	0.3115 0.3106	0.3753 0.3747	0.3143 0.3117	0.0037 0.0002
05DU08			1/2		0.5100 0.4900				
06DU06	3/8	15/32	3/8	0.0471 0.0461	0.3850 0.3650	0.3740 0.3731	0.4691 0.4684	0.3769 0.3742	0.0038 0.0002
06DU08			1/2		0.5100 0.4900				
06DU12			3/4		0.7600 0.7400				
07DU08	7/16	17/32	1/2	0.0471 0.0461	0.5100 0.4900	0.4365 0.4355	0.5316 0.5309	0.4394 0.4367	0.0039 0.0002
07DU12			3/4		0.7600 0.7400				
08DU06	1/2	19/32	3/8	0.0471 0.0461	0.3850 0.3650	0.4990 0.4980	0.5941 0.5934	0.5019 0.4992	0.0039 0.0002
08DU08			1/2		0.5100 0.4900				
08DU10			5/8		0.6350 0.6150				
08DU14			7/8		0.8850 0.8650				
09DU08	9/16	21/32	1/2	0.0471 0.0461	0.5100 0.4900	0.5615 0.5605	0.6566 0.6559	0.5644 0.5617	0.0039 0.0002
09DU12			3/4		0.7600 0.7400				

Référence	Diamètre nominal			Epaisseur de paroi S_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J	\varnothing du logement D_H	\varnothing de la bague $D_{i,a}$ monté dans logement D	Jeu C_D
	D_i	D_o	B						
10DU08	5/8	23/32	1/2	0.0471 0.0461	0.5100 0.4900	0.6240 0.6230	0.7192 0.7184	0.6270 0.6242	0.0040 0.0002
10DU10			5/8		0.6350 0.6150				
10DU12			3/4		0.7600 0.7400				
10DU14			7/8		0.8850 0.8650				
11DU14	11/16	25/32	7/8		0.8850 0.8650	0.6865 0.6855	0.7817 0.7809	0.6895 0.6867	
12DU08	3/4	7/8	1/2	0.0627 0.0615	0.5100 0.4900	0.7491 0.7479	0.8755 0.8747	0.7525 0.7493	0.0046 0.0002
12DU12			3/4		0.7600 0.7400				
12DU16			1		1.0100 0.9900				
14DU12	7/8	1	3/4		0.7600 0.7400	0.8741 0.8729	1.0005 0.9997	0.8775 0.8743	
14DU14			7/8	0.8850 0.8650					
14DU16			1	1.0100 0.9900					
16DU12	1	1 1/8	3/4		0.7600 0.7400	0.9991 0.9979	1.1256 1.1246	1.0026 0.9992	0.0047 0.0001
16DU16			1	1.0100 0.9900					
16DU24			1 1/2	1.5100 1.4900					
18DU12	1 1/8	1 9/32	3/4		0.7600 0.7400	1.1238 1.1226	1.2818 1.2808	1.1278 1.1240	0.0052 0.0002
18DU16			1	1.0100 0.9900					
20DU12			3/4	0.7600 0.7400					
20DU16	1 1/4	1 13/32	1		1.0100 0.9900	1.2488 1.2472	1.4068 1.4058	1.2528 1.2490	0.0056 0.0002
20DU20			1 1/4	1.2600 1.2400					
20DU28			1 3/4	1.7600 1.7400					
22DU16			1	1.0100 0.9900					
22DU22	1 3/8	1 17/32	1 3/8		1.3850 1.3650	1.3738 1.3722	1.5318 1.5308	1.3778 1.3740	0.0056 0.0002
22DU28			1 3/4	1.7600 1.7400					
24DU16	1 1/2	1 21/32	1		1.0100 0.9900	1.4988 1.4972	1.6568 1.6558	1.5028 1.4990	0.0056 0.0002
24DU20			1 1/4	1.2600 1.2400					
24DU24			1 1/2	1.5100 1.4900					
24DU32			2	2.0100 1.9900					
26DU16	1 5/8	1 25/32	1		1.0100 0.9900	1.6238 1.6222	1.7818 1.7808	1.6278 1.6240	0.0056 0.0002
26DU24			1 1/2	1.5100 1.4900					
28DU16	1 3/4	1 15/16	1	0.0941 0.0923	1.0100 0.9900	1.7487 1.7471	1.9381 1.9371	1.7535 1.7489	0.0064 0.0002
28DU24			1 1/2		1.5100 1.4900				
28DU28			1 3/4		1.7600 1.7400				
28DU32			2		2.0100 1.9900				

8 Produits standard

Référence	Diamètre nominal			Epaisseur de paroi S_3	Largeur B	\varnothing d'arbre D_J	\varnothing du logement D_H	\varnothing de la bague $D_{i.a}$ monté dans logement D	Jeu C_D	
	D_i	D_o	B							max. min.
30DU16	$1\frac{7}{8}$	$2\frac{1}{16}$	1	0.0941 0.0923	1.0100 0.9900	1.8737 1.8721	2.0633 2.0621	1.8787 1.8739	0.0066 0.0002	
30DU30			$1\frac{7}{8}$		1.8850 1.8650					
30DU36			$2\frac{1}{4}$		2.2600 2.2400					
32DU16	2	$2\frac{3}{16}$	1		1.0100 0.9900	1.9987 1.9969	2.1883 2.1871	2.0037 1.9989		0.0068 0.0002
32DU24			$1\frac{1}{2}$		1.5100 1.4900					
32DU32			2		2.0100 1.9900					
32DU40			$2\frac{1}{2}$	2.5100 2.4900						
36DU32	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{7}{16}$	2	2.0100 1.4900	2.2507 2.2489	2.4377 2.4365	2.2573 2.2509	0.0084 0.0002		
36DU36			$2\frac{1}{4}$	2.2600 2.2400						
36DU40			$2\frac{1}{2}$	2.5100 2.4900						
36DU48			3	3.0100 2.9900						
40DU32	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{11}{16}$	2	2.0100 1.9900	2.5011 2.4993	2.6881 2.6869	2.5077 2.5013			
40DU40			$2\frac{1}{2}$	2.5100 2.4900						
40DU48			3	3.0100 2.9900						
40DU56			$3\frac{1}{2}$	3.5100 3.4900						
44DU32			2	2.0100 1.9900						
44DU40	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{15}{16}$	$2\frac{1}{2}$	2.5100 2.4900	2.7500 2.7482	2.9370 2.9358	2.7566 2.7502			
44DU48			3	3.0100 2.9900						
44DU56			$3\frac{1}{2}$	3.5100 3.4900						
48DU32	3	$3\frac{3}{16}$	$2\frac{1}{2}$	2.5100 2.4900	3.0000 2.9982	3.1872 3.1858	3.0068 3.0002	0.0086 0.0002		
48DU48			3	3.0100 2.9900						
48DU60			$3\frac{3}{4}$	3.7600 3.7400						
56DU40	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{11}{16}$	$2\frac{1}{2}$	2.5100 2.4900	3.5000 3.4978	3.6872 3.6858	3.5068 3.5002	0.0090 0.0002		
56DU48			3	3.0100 2.9900						
56DU60			$3\frac{3}{4}$	3.7600 3.7400						
64DU48			3	3.0100 2.9900						
64DU60	4	$4\frac{3}{16}$	$3\frac{3}{4}$	3.7600 3.7400	4.0000 3.9978	4.1872 4.1858	4.0068 4.0002	0.0090 0.0002		
64DU76			$4\frac{3}{4}$	4.7600 4.7400						
80DU48	5	$5\frac{3}{16}$	3	3.0100 2.9900	4.9986 4.9961	5.1860 5.1844	5.0056 4.9988	0.0095 0.0002		
80DU60			$3\frac{3}{4}$	3.7600 3.7400						
96DU48			3	3.0100 2.9900						
96DU60	6	$6\frac{3}{16}$	$3\frac{3}{4}$	3.7600 3.7400	6.0000 5.9975	6.1874 6.1858	6.0070 6.0002			
112DU60			$7\frac{3}{16}$	3.7600 3.7400					6.9954 6.9929	7.1830 7.1812

8.8 Rondelles de butée DU - cotes pouces

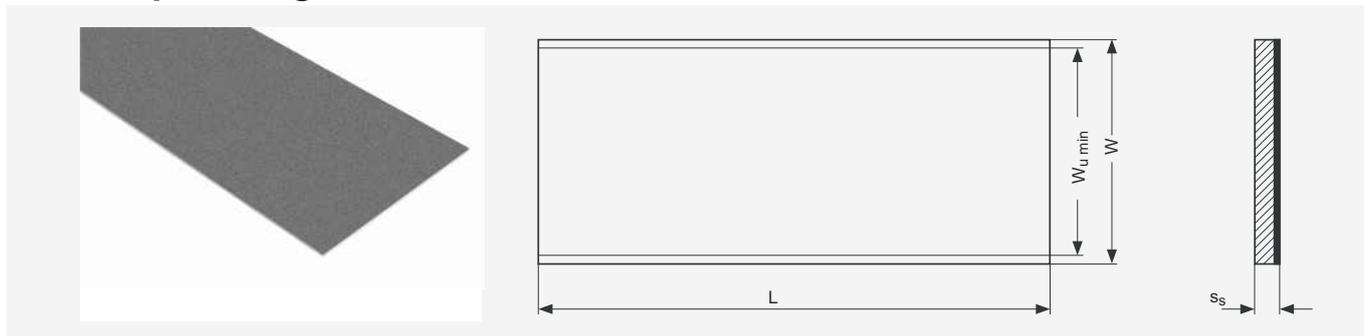


Toutes dimensions en cotes pouces

Référence	Ø intérieur Di		Ø extérieur D0		Epaisseur sT	Trou de positionnement		Profondeur lamage Hb
	min.	max.	max.	min.		Ø dD	PCD-Ø dp	
DU06	0.510	0.500	0.875	0.865	0.063 0.061	0.077 0.067	0.692	0.050 0.040
DU07	0.572	0.562	1.000	0.990			0.786	
DU08	0.635	0.625	1.125	1.115		0.880		
DU09	0.697	0.687	1.187	1.177		0.942		
DU10	0.760	0.750	1.250	1.240		1.005		
DU11	0.822	0.812	1.375	1.365		1.099		
DU12	0.885	0.875	1.500	1.490		1.089		
DU14	1.010	1.000	1.750	1.740		1.192		
DU16	1.135	1.125	2.000	1.990		1.182		
DU18	1.260	1.250	2.125	2.115		1.380		
DU20	1.385	1.375	2.250	2.240		1.370		
DU22	1.510	1.500	2.500	2.490		1.567		
DU24	1.635	1.625	2.625	2.615	1.557			
DU26	1.760	1.750	2.750	2.740	1.692			
DU28	2.010	2.000	3.000	2.990	1.682			
DU30	2.135	2.125	3.125	3.115	1.817			
DU32	2.260	2.250	3.250	3.240	1.807			
					2.005			
					1.995			
					2.130			
					2.120			
					2.255			
					2.245			
					2.505			
					2.495			
				0.093 0.091	2.630			
					2.620			
					2.755			
					2.745			

8 Produits standard

8.9 Plaques de glissement DU



Toutes dimensions en mm

Référence	Longueur L		Largeur totale W	Largeur utile $W_{U \text{ min}}$	Epaisseur s_s	
	max.	min.			max.	min.
S07190DU	503 500		200	190	0.74	0.70
S10190DU					1.01	0.97
S15240DU					1.52	1.48
S20240DU			254	240	2.00	1.96
S25240DU					2.50	2.46
S30240DU					3.06	3.02

8.10 Plaques de glissement DU-B

Toutes dimensions en mm

Référence	Longueur L		Largeur totale W	Largeur utile $W_{U \text{ min}}$	Epaisseur s_s	
	max.	min.			max.	min.
S07085DUB	503 500		95	85	0.74	0.70
S10180DUB					1.01	0.97
S15180DUB			193	180	1.52	1.48
S20180DUB					2.00	1.96
S25180DUB					2.50	2.46

8.11 Plaques de glissement DU - cotes pouces

Plaques de glissement DU en cotes pouces sont produites à la demande

9 Méthode de contrôle

9.1 Contrôle de bagues roulées

Il n'est pas possible de mesurer précisément les diamètres intérieur et extérieur des bagues roulées en condition libre. Etant libre la bague roulée ne sera pas parfaitement cylindrique et le joint peut être ouvert. Pour une bague emmanchée dans son logement, le joint sera parfaitement fermé et la bague sera conformée dans son logement. Pour cette raison, les diamètres intérieur et extérieur d'une bague roulée peuvent

seulement être mesurés avec des calibres spéciaux et des équipements de contrôle.

Les méthodes de mesures standard suivantes, définies par la norme ISO 3547-1-7 est utilisée pour la mesure des bagues DU.

Méthode A

Contrôle du diamètre extérieur.

Essai A suivant ISO 3547-2 pour 2015DU	
Berceau et mandrin de contrôle	Q = 23.062 mm
Force d'essai	$F_{ch} = 4500$ N
Limites de Δz	$\Delta z = 0$ et $-0,065$ mm
Diamètre extérieur de la bague D_2	$D_2 = 23,035$ to $23,075$ mm

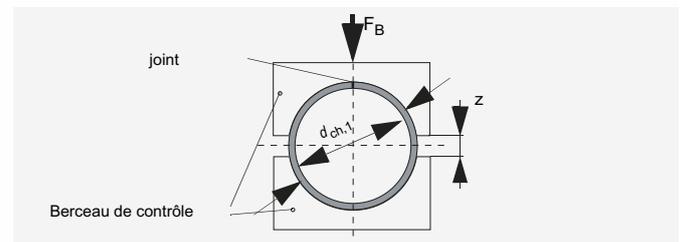


Fig. 34: Méthode A

Méthode B (alternative de méthode A)

Contrôle du diamètre extérieur avec des calibres bagues „ENTRE“ et „N'ENTRE PAS“ (Essai B suivant ISO 3547-2).

Méthode C

Contrôle du diamètre intérieur d'une bague montée dans un calibre-bague (Essai C suivant ISO 3547-2, table 6).

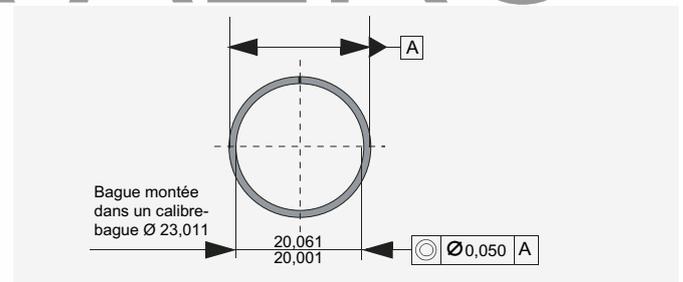


Fig. 35: Méthode C

Mesure de l'épaisseur de paroi, suivant ISO 12306 (alternative de méthode C)

L'épaisseur de la paroi est mesurée sur une, deux ou trois lignes axiales, en fonction des dimensions de la bague.

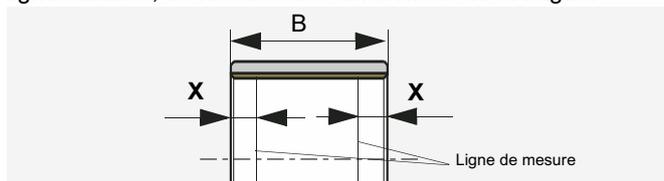


Fig. 36: Ligne de mesure de l'épaisseur de paroi

B [mm]	X [mm]	Position de mesure
≤ 15	B/2	1
$>15 \leq 50$	4	2
$>50 \leq 90$	6 et B/2	3
>90	8 et B/2	3

Méthode D

Mesure de précision de la longueur développée avec un ruban de précision (Essai D suivant ISO 3547-2).

Abréviations et unités

Symboles	Unité	Désignation
A	mm^2	Surface de contact
A_M	mm^2	Surface de contact du matériau antagoniste en contact avec le matériau DU (plaque de glissement)
a_B	-	Coefficient correcteur de taille du palier
a_C	-	Coefficient correcteur d'application de calibrage
a_E	-	Coefficient correcteur de pression spécifique
a_{E1}	-	Coefficient correcteur spécifique (plaque de glissement) de pression
a_{E2}	-	Coefficient correcteur de vitesse et température (plaque de glissement)
a_{E3}	-	Coefficient correcteur de surface de contact relatif (plaque de glissement)
a_L	-	Coefficient correcteur de durée de vie
a_M	-	Coefficient correcteur de contre-matériau
a_T	-	Coefficient correcteur de température d'application
B	mm	Largeur de la bague
C	$1/\text{min}$	Fréquence de la charge dynamique
C_D	mm	Jeu de fonctionnement diamétral
C_i	mm	Longueur du chanfrein (dia. intérieur)
C_o	mm	Longueur du chanfrein (dia. extérieur)
C_T	-	Nombre total des cycles de charges dynamiques
D_C	mm	Diamètre d'outil de calibrage
D_{fl}	mm	Diamètre de la collerette
D_H	mm	Diamètre du logement
D_i	mm	Diamètre intérieur de la bague ou de la rondelle de butée
$D_{i,a}$	mm	Diamètre intérieur de la bague après montage
D_J	mm	Diamètre de l'arbre
D_{Nth}	nvt	Dose de neutrons thermiques maximale
D_o	mm	Diamètre extérieur de la bague ou de la rondelle de butée
d_D	mm	Diamètre du trou de positionnement
d_L	mm	Diamètre du trou de graissage
d_P	mm	Diamètre de perçage du trou de positionnement
D_γ	Gy	Dose de radiation gamma maximale

Symboles	Unité	Désignation
F	N	Charge
F_{ch}	N	Effort de test
F_i	N	Effort d'emmanchement
H_a	mm	Profondeur du lamage pour rondelles de butée
H_d	mm	Diamètre du lamage pour rondelles de butée
f	-	Coefficient de frottement
L	mm	Longueur de la plaque de glissement
L_H	h	Durée de vie du palier
L_S	mm	Course de déplacement (plaque de glissement)
N	$1/\text{min}$	Vitesse de rotation
N_{osz}	$1/\text{min}$	Fréquence du mouvement oscillant
\bar{p}	N/mm^2	Pression spécifique
\bar{p}_{lim}	N/mm^2	Pression spécifique limite
$\bar{p}_{sta,max}$	N/mm^2	Pression spécifique statique maximale
$\bar{p}_{dyn,max}$	N/mm^2	Pression spécifique dynamique maximale
Q	-	Nombre de cycles de charge/mouvement
R_a	μm	Rugosité de la surface (DIN 4768, ISO/DIN 4278/1)
R_{OB}	Ω	Résistance électrique
s_3	mm	Épaisseur de paroi
s_{fl}	mm	Épaisseur de la collerette
s_S	mm	Épaisseur de la plaque de glissement
s_T	mm	Épaisseur de la rondelle de butée
T	$^\circ\text{C}$	Température
T_{amb}	$^\circ\text{C}$	Température ambiante
T_{max}	$^\circ\text{C}$	Température maximale
T_{min}	$^\circ\text{C}$	Température minimale
U	m/s	Vitesse de glissement
W	mm	Largeur de la plaque de glissement
$W_{u min}$	mm	Largeur utile minimale de la plaque de glissement
Z_T	-	Nombre de cycles total
α_1	$1/10^6\text{K}$	Coefficient de dilatation thermique linéaire parallèle à la surface
α_2	$1/10^6\text{K}$	Coefficient de dilatation thermique linéaire perpendiculaire à la surface
σ_c	N/mm^2	Résistance à la compression
λ	W/mK	Conductivité thermique
ϕ	$^\circ$	Angle d'oscillation de chaque côté de la position moyenne
η	Ns/mm^2	Viscosité dynamique

Informations générales

GGB garantit que les produits décrits dans cette brochure ne présentent aucun défaut d'exécution ni de matériau.

Toutefois, à moins d'accord formel donné par écrit, GGB ne donne aucune garantie quant à l'utilisation de ses produits à des fins données ou dans des conditions données, même si le cas d'application en cause semble être couvert par la présente publication.

Par ailleurs, GGB n'accepte aucune responsabilité en ce qui concerne toute perte, tout dommage ou tous frais encourus directement ou indirectement par suite de l'utilisation de ses produits.

Toutes les transactions entreprises par GGB sont soumises aux Conditions Générales de Vente de la Société dont des exemplaires pourront être obtenus sur demande.

Les produits GGB faisant l'objet d'améliorations constantes, la société GGB se réserve le droit d'apporter des modifications aux spécifications et à la conception de ses produits sans aucun préavis.

Edition 2016.

Déclaration sur la teneur en plomb des produits GGB et leur conformité vis-à-vis de la législation européenne

Depuis le 1er juillet 2006, la directive de l'Union Européenne 2002/95/CE ('RoHS Directive' ou 'DEEE') relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques, interdit la commercialisation de produits contenant certaines substances telles que plomb, mercure, cadmium, chrome hexavalent, ou matériaux PBB / PBDE. Cependant, certaines applications listées en annexe de cette directive en sont exclues. La directive tolère une concentration maximale de 0.01% de cadmium en poids dans un matériau homogène et de 0.1% de plomb, mercure, chrome hexavalent, ou matériaux PBB / PBDE.

Depuis le 1er juillet 2003, la directive de l'Union Européenne 2000/53/EC relative aux véhicules hors d'usage, interdit la commercialisation de matériaux ou composants qui contiennent du plomb, mercure, cadmium, ou chrome hexavalent. Cependant, une exemption de l'interdiction a permis la commercialisation de paliers et bagues contenant du plomb jusqu'au 1er juillet 2008, date à laquelle cette exemption a pris fin. Une concentration maximale de 0.1% en poids dans un matériau homogène est maintenant tolérée pour le plomb, le chrome hexavalent et le mercure.

Tous les produits GGB exceptés le DU, DU-B, SY et SP sont conformes aux directives 2002/95/CE (RoHS Directive) et 2000/53/CE (Directive relative aux véhicules hors d'usage).

Concernant la réglementation REACH (Enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques) n° 1 907/2006 du 18 décembre 2006 et en tant que fabricant d'articles, nos produits ne sont pas concernés par le pré-enregistrement et l'enregistrement.

Risques pour la sante - Avertissement

Il y a deux aspects distincts concernant les risques pour la santé qui découlent de certaines utilisations du matériau DU.

Usinage

Pour des températures jusqu'à 250 °C le polytétrafluoréthylène (PTFE) contenu dans la couche de surface est complètement inerte et même dans certaines occasions rares dans lesquelles les bagues DU sont percées ou coupées après montage, il n'y a pas de danger direct en alésant ou en brunissant. Cependant à hautes températures, il peut se produire de faibles quantités de fumées toxiques et la respiration directe peut causer un malaise lequel n'apparaîtra qu'au bout de quelques heures et disparaîtra sans laisser de traces sous 24 à 48 Heures. De telles fumées peuvent provenir de particules de PTFE ramassées par une extrémité de cigarette. C'est pourquoi il est interdit de fumer pendant l'usinage de DU.

DU® et DU-B sont des marques de GGB.

Consulter le site internet:
www.ggbearings.com



Distributeur de fournitures pour l'industrie aéronautique en Rhône-Alpes
8 rue du Puits Rochefort Z.I. de Montmartre, 42100 Saint-Étienne, FRANCE
+33-(0)4 77 49 36 36



an EnPro Industries company

The Global Leader in High Performance Bearing Solutions

GGB France EURL

65, chemin de la Prairie • B.P. 2074

F-74009 Annecy Cedex

Tel: +33 4 50 33 66 88

Fax: +33 4 50 51 76 60

france@ggbearings.com

<https://www.ggbearings.com/fr>



HB103FRZ02-16FR