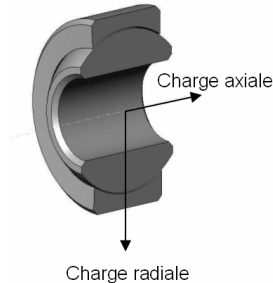


## Charge statique

La **charge statique de base**  $C_0$  figure dans les tableaux dimensionnels. Pour un embout à rotule, elle est limitée par la résistance du support.

Les valeurs indiquées dans les tableaux du programme standard Unibal sont établies à partir de la limite élastique du matériau du support ( $C_{se}$ ) en tenant compte d'un facteur de sécurité :



$$C_0 = \frac{C_{se}}{1.25}$$

Dans le cas d'une rotule, la charge statique de base  $C_0$  est calculée en utilisant la formule suivante :

$$C_0 = d_k \times C \times 0.85 \times X$$

$d_k$  : diamètre de sphère de la bague intérieure (mm)

$C$  : largeur du support (mm)

$X$  : Contrainte admissible par le matériau ( $\text{daN}\cdot\text{mm}^{-2}$ )

**Résistance à la fatigue** : Attention, les valeurs indiquées dans les tableaux dimensionnels correspondent à des charges statiques ponctuelles. Veuillez nous consulter pour des cas de résistance à la fatigue

## Charge statique axiale

Le tableau suivant donne les valeurs de charge statique axiale à ne pas dépasser pour les rotules et les embouts à rotule.

Séries standard, .40, .45, .50, .51 et .52	Charges axiales statiques limites $F_a$ adm.
SME/SFE/SMEM/SSE	8% $C_0$
SM/SF SMG/SFG SS/SSA	20% $C_0$

$C_0$  : Charge statique de base (voir tableaux dimensionnels pages 24 à 47)

Dans le cas des embouts à rotules, il faut également s'assurer de la bonne implantation du filetage afin d'éviter tout risque de flambage ou d'arrachement du pied de l'embout à rotule.

Dans le cas des rotules (SS, SSA, SSE), il faut être attentif au dispositif de maintien axial de la cage (voir chapitre instructions de montage, page 23)

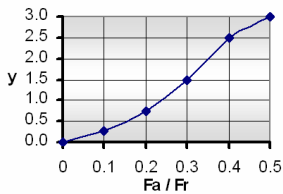
## Vérification de l'application

La démarche à suivre pour vérifier le choix d'une rotule est la suivante :

- Calculer et vérifier si la pression est dans les limites admises
- Calculer et vérifier si la vitesse est dans les limites admises
- Calculer le facteur PV (Pression x Vitesse) et vérifier la limite admise

Série	Contact de glissement		Pression maxi admissible (daN · mm <sup>-2</sup> )	Vitesse maxi admissible (m · min <sup>-1</sup> )	PV maximum Admissible
	Bague int.	Bague ext.			
-	Acier	Bronze	5	5	3.5
		Acier	10	4	3.5
		Uniflon® E	15	4	4.5
.40	Acier	Bronze	5	2.5	3
		Uniflon® E	15	4	4.5
.45	Acier inox	Bronze	5	4.5	3
		Acier inox	10	4.5	3.5
		Uniflon® E	15	4	4
.50	Acier	Acier inox	10	2.5	4.5
		Uniflon® E	15	4	4.5

## Calcul de la pression spécifique



Coefficient de charge axiale **y** et charge dynamique équivalente :

- Nos rotules sont conçues pour supporter des charges radiales (Fr). Mais la combinaison avec une charge axiale (Fa) est parfois inévitable et les rotules peuvent s'en accommoder dans une certaine mesure. Il convient donc de calculer la charge dynamique équivalente F en tenant compte d'un facteur de correction y pour cette charge axiale. Le tableau ci contre donne la valeur de y pour différents ratios Fa / Fr.

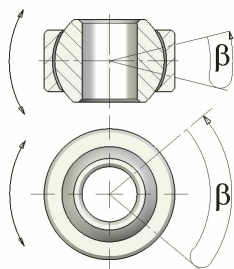
$$F = Fr + (y \times Fa) \quad \text{Cas normal : } F = Fr$$

Vérification de la pression moyenne en fonction de la force exercée sur la surface de frottement.

$$P = \frac{F}{d_K \times C \times 0.85}$$

- P : pression (daN.mm<sup>-2</sup>)
- F : charge dynamique totale (daN)
- Fr : charge dynamique radiale (daN)
- Fa : charge dynamique axiale (daN)
- d<sub>K</sub> : diamètre de sphère de la bague intérieure (mm)
- C : largeur du support ou de la cage (mm)

## Calcul de la vitesse de glissement au contact



Vérification de la vitesse maximale de frottement entre la bague intérieure et la bague extérieure.

$$V = \frac{d_k \times \beta \times f}{114'600}$$

V : vitesse (m.min<sup>-1</sup>)  
 d<sub>k</sub> : diamètre de sphère de la bague intérieure (mm)  
 β : angle d'oscillation complet (degré)  
 f : fréquence d'oscillation (Hz)

## Facteur PV

$$PV = P \times V$$

P : pression (daN.mm<sup>-2</sup>)      V : vitesse (m.min<sup>-1</sup>)

## Calcul de durée de vie

Si votre application exige une maîtrise du jeu ou du couple de la rotule tout au long de sa durée de vie, veuillez nous consulter.

$$D_h = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot C_6 \cdot C_7 \cdot C_8 \cdot X \cdot C \cdot K \cdot 10^7}{F \cdot \beta \cdot f}$$

$$D = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot C_6 \cdot C_7 \cdot C_8 \cdot X \cdot C \cdot K \cdot 10^7}{F \cdot \beta \cdot 0.0167}$$

- D<sub>h</sub> : durée de vie en heures (h)
- D : durée de vie (nombre d'oscillations ou de tours complets)
- C : Largeur de la cage ou de l'embout (P24 à 47)
- K : Constante donnée par le tableau ci-contre
- F : charge dynamique radiale (daN)
- β : distance angulaire parcourue par cycle (degré)
- f : fréquence des oscillations (osc/min)
- c1 : coefficient de pression (p.12)
- c2 : coefficient de vitesse (p.12)
- c3 : coefficient d'angle (p.13)
- c4 : coefficient de sollicitation (p.13)
- c5 : coefficient de charges alternées (p.13)
- c6 : coefficient d'entretien (p.13)
- c7 : coefficient de température (p.13)
- c8 : coefficient de vibration (c8 = 1 ou 0.8)  
 Si nos pièces doivent supporter des vibrations supérieures à 60 vibr./min., prendre un coefficient c8 de 0.8.
- X : Coefficient de sécurité (mini=0.7, maxi=1)  
 Selon votre estimation des influences extérieures, des inconnues et de leur gravité au point de vue fonctionnel (milieu abrasif, corrosion, etc....), prendre un coefficient X de 0.7 à 1.0

Type	Constante K
SMG, SFG	85
SMG..20, SFG..20	85
SMG..40, SFG..40	70
SMG..45, SFG..45	80
SMGM..50 / 51 / 52	105
SME, SFE	105
SME..40, SFE..40	100
SME..45, SFE..45	110
SME..50 / 51 / 52	85
SS	70
SS..45	75
SSA	70
SSA..45	80
SSA..50	105
SSE	100
SSE..45	110
SSE..50	110

## Détermination des coefficients de calcul

La durée de vie d'une rotule ou d'un embout correspond au nombre maximum d'heures de fonctionnement ou d'oscillations avant que n'apparaisse un jeu qui ne permet plus à la rotule de remplir sa fonction.

Cette durée de vie est fonction de la sollicitation dynamique et de divers paramètres de l'application.

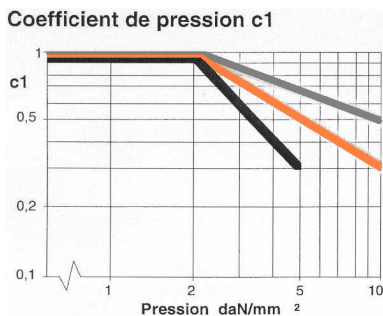
- Pression
- Vitesse (angle et fréquence des oscillations)
- Sollicitation (charges continues, pulsatoires, alternées)
- Température
- Vibrations

Les formules de calcul, élaborées à partir des essais menés sur nos bancs de tests, vous permettent de déterminer la durée de vie en fonction de votre application.

Dans le cas d'une charge pulsatoire ou alternée, la valeur à prendre en compte pour F est la valeur absolue maximum atteinte.

Pour une détermination correcte, toutes les données possibles doivent être prises en considération – il ne doit pas subsister d'inconnues qui pourraient fausser le résultat.

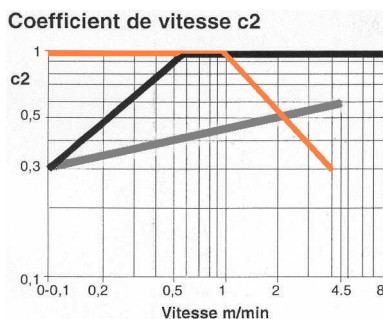
Pour des utilisations spécifiques dans un environnement particulier (corrosion, vibrations, milieu ambiant agressif, poussières abrasives, etc...), veuillez nous consulter.



<p><b>Glissement</b> Acier / bronze</p> <p>SMG, SFG SMG..40, SFG..40 SMG..45, SFG..45</p> <p>SS SS..45</p>
--

<p><b>Glissement</b> Acier / Acier</p> <p>SMGM..50 SMGM..51 SMGM..52</p> <p>SSA SSA..45 SSA..50</p>
---

<p><b>Glissement</b> Acier / Uniflon®</p> <p>SME, SFE SME..40, SFE..40 SME..45, SFE..45 SMEM..50 / 51 / 52</p> <p>SSE SSE..45 SSE..50</p>
---

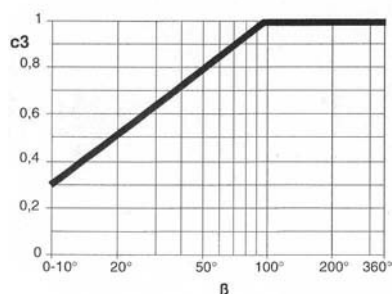


<p><b>Glissement</b> Acier / bronze</p> <p>SMG, SFG SMG..40, SFG..40 SMG..45, SFG..45</p> <p>SS SS..45</p>
--

<p><b>Glissement</b> Acier / Acier</p> <p>SMGM..50 SMGM..51 SMGM..52</p> <p>SSA SSA..45 SSA..50</p>
---

<p><b>Glissement</b> Acier / Uniflon®</p> <p>SME, SFE SME..40, SFE..40 SME..45, SFE..45 SMEM..50 / 51 / 52</p> <p>SSE SSE..45 SSE..50</p>
---

### Coefficient d'angle c3



### Glissement

Acier / bronze

SMG, SFG  
SMG..40, SFG..40  
SMG..45, SFG..45

SS  
SS..45

### Glissement

Acier / Acier

SMGM..50  
SMGM..51  
SMGM..52

SSA  
SSA..45  
SSA..50

### Glissement

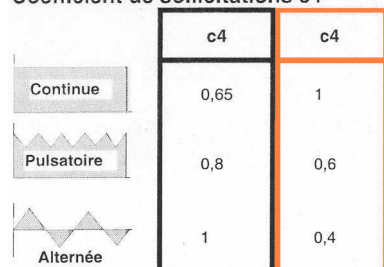
Acier / Uniflon®

**Coef. c3=1**

SME, SFE  
SME..40, SFE..40  
SME..45, SFE..45  
SMEM..50 / 51 / 52

SSE  
SSE..45  
SSE..50

### Coefficient de sollicitations c4



### Glissement

Acier / bronze

SMG, SFG  
SMG..40, SFG..40  
SMG..45, SFG..45

SS  
SS..45

### Glissement

Acier / Acier

SMGM..50  
SMGM..51  
SMGM..52

SSA  
SSA..45  
SSA..50

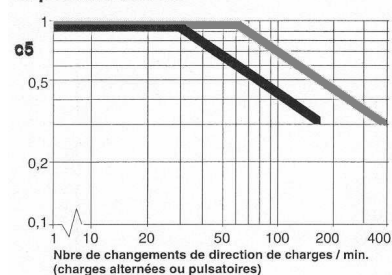
### Glissement

Acier / Uniflon®

SME, SFE  
SME..40, SFE..40  
SME..45, SFE..45  
SMEM..50 / 51 / 52

SSE  
SSE..45  
SSE..50

### Coefficient de charges alternées et pulsatoires c5



### Glissement

Acier / bronze

SMG, SFG  
SMG..40, SFG..40  
SMG..45, SFG..45

SS  
SS..45

### Glissement

Acier / Uniflon®

SME, SFE  
SME..40, SFE..40  
SME..45, SFE..45  
SMEM..50 / 51 / 52

SSE  
SSE..45  
SSE..50

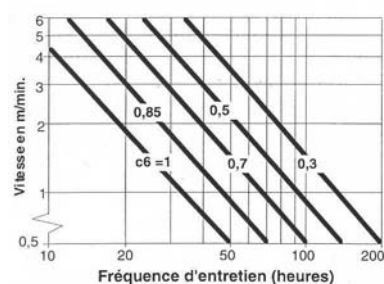
### Glissement

Acier / Acier

SMGM..50  
SMGM..51  
SMGM..52

SSA  
SSA..45  
SSA..50

### Coefficient d'entretien c6



### Glissement

Acier / bronze

SMG, SFG  
SMG..40, SFG..40  
SMG..45, SFG..45

SS  
SS..45

### Glissement

Acier / Acier

SMGM..50  
SMGM..51  
SMGM..52

SSA  
SSA..45  
SSA..50

### Glissement

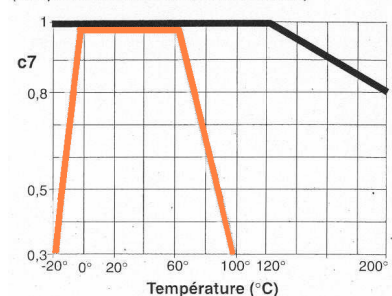
Acier / Uniflon®

**Coef. c6=1**

SME, SFE  
SME..40, SFE..40  
SME..45, SFE..45  
SMEM..50 / 51 / 52

SSE  
SSE..45  
SSE..50

### Coefficient de température c7 (Température ambiante du lieu de travail)



### Glissement

Acier / bronze

SMG, SFG  
SMG..40, SFG..40  
SMG..45, SFG..45

SS  
SS..45

### Glissement

Acier / Acier

SMGM..50  
SMGM..51  
SMGM..52

SSA  
SSA..45  
SSA..50

### Glissement

Acier / Uniflon®

SME, SFE  
SME..40, SFE..40  
SME..45, SFE..45  
SMEM..50 / 51 / 52

SSE  
SSE..45  
SSE..50

## Exemples de calculs dynamiques

### Calcul n°1 : Acier / Bronze

Sur une machine, un système de chargement automatique nécessite des embouts à rotule grandeur 12

#### 1) Données

Type et grandeur souhaité : SMG12  
 Charge radiale dynamique : 180 daN  
 Type de sollicitation : continue  
 Angle d'oscillation :  $\pm 45^\circ$  ( $\beta = 180^\circ$ )  
 Fréquence : 125 osc./min  
 Entretien : 1 graissage / 18h  
 Température ambiante :  $50^\circ\text{C}$   
 Durée de vie désirée : 7'000'000 osc.

#### 2) Vérification de la pression, de la vitesse, et du facteur PV

$$P = \frac{F}{d_K \times C \times 0.85} = \frac{180}{22.23 \times 12 \times 0.85} = 0.79 \text{ daN/mm}^2$$

$$V = \frac{D_K \times \beta \times f}{114'600} = \frac{22.23 \times 180 \times 125}{114'600} = 4.36 \text{ m/min}$$

$$PV = P \times V = 0.79 \times 4.36 = 3.46$$

Après vérification des valeurs obtenues sur le tableau 1, on constate que le facteur PV maximum admissible est de 3.5, la vitesse limite admissible est de 5 m/min, et la pression maximum admissible est de 5 daN/mm<sup>2</sup>. Nous pouvons donc poursuivre le calcul.

#### 3) Calcul de la durée de vie

K : tableau p.11	Constante SMG12	85
c1 : coef. p.12	Pression : 0.79	1
c2 : coef. p.12	Vitesse : 4.36	1
c3 : coef. p.13	Angle $\beta = 180^\circ$	1
c4 : coef. p.13	Charge continue	0.65
c5 : coef. p.13	Sans objet	1
c6 : coef. p.13	1 graissage/ 18h	0.8
c7 : coef. p.13	$50^\circ\text{C}$	1
c8 : coef. p.11	Sans objet	1
X : coef. p.11		1

Durée de vie :

$$D = \frac{c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 \cdot c_6 \cdot c_7 \cdot c_8 \cdot X \cdot C \cdot K \cdot 10^7}{F \cdot \beta \cdot 0.0167}$$

$$D = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.65 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 85 \cdot 10^7}{180 \cdot 180 \cdot 0.0167}$$

**D = 9'800'000 oscillations (> 7'000'000 osc.)**  
**Le type SMG12 convient parfaitement pour cette application.**

### Calcul n°2 : Acier / Acier

On désire équiper le four d'un appareil de levage avec des embouts à rotule gr.16. Quelle sera la durée de vie faces aux contraintes ci-dessous ?

#### 1) Données

Type et grandeur souhaitée : Gr. 16 Type ?  
 Charge radiale dynamique : 2'500 daN avec chocs  
 Type de sollicitation : alternées  
 Angle d'oscillation :  $\pm 30^\circ$  ( $\beta = 120^\circ$ )  
 Fréquence : 0.5 osc./min  
 Entretien : graissage abondant  
 Température ambiante : 120 à  $180^\circ\text{C}$   
 Durée de vie désirée : 10'000h

#### 2) Vérification de la pression, de la vitesse, et du facteur PV

$$P = \frac{F}{d_K \times C \times 0.85} = \frac{2'500}{28.58 \times 15 \times 0.85} = 6.9 \text{ daN/mm}^2$$

$$V = \frac{D_K \times \beta \times f}{114'600} = \frac{28.58 \times 120 \times 0.5}{114'600} = 0.015 \text{ m/min}$$

$$PV = P \times V = 6.9 \times 0.015 = 0.1$$

Nous devons choisir un embout à rotule résistant à 10daN/mm<sup>2</sup>, donc à frottement acier /acier. Le type SMGM 16.50 ne supporte pas de très hautes vitesses, mais dans cette application, la vitesse est très lente. Un SMGM 16.50 convient particulièrement bien pour cette application.

#### 3) Calcul de la durée de vie

K : tableau p.11	Constante SMGM 16.50	80
c1 : coef. p.12	Pression : 6.9	0.6
c2 : coef. p.12	Vitesse : 0.01	0.3
c3 : coef. p.13	Angle $\beta = 120^\circ$	1
c4 : coef. p.13	Charge alternée	1
c5 : coef. p.13	0.5 osc./min	1
c6 : coef. p.13	Graissage abondant	1
c7 : coef. p.13	$180^\circ\text{C}$	0.85
c8 : coef. p.11	Sans objet	1
X : coef. p.11	Chocs	0.9

Durée de vie :

$$D_h = \frac{c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 \cdot c_6 \cdot c_7 \cdot c_8 \cdot X \cdot C \cdot K \cdot 10^7}{F \cdot \beta \cdot f}$$

$$D_h = \frac{0.6 \cdot 0.3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.85 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 15 \cdot 80 \cdot 10^7}{2500 \cdot 120 \cdot 0.5}$$

**D<sub>h</sub> = 11'000 heures (> 10'000 h)**  
**Le choix d'un embout à rotule SMGM16.50 est judicieux pour ce système de levage.**

Attention : utiliser une graisse qui résiste à la température de fonctionnement de  $180^\circ\text{C}$

### Calcul n°3 : Acier / Uniflon® E

Un embout à rotule SF..30 va assurer la transmission sur un manège de forain. Il doit pouvoir fonctionner sans entretien. Quel type utiliser ?

#### 1) Données

Type et grandeur souhaitée : Gr. 30 Type SF..  
 Charge radiale dynamique : 2'500 daN  
 Type de sollicitation : alternées  
 Angle d'oscillation :  $\pm 1.5^\circ$  ( $\beta = 6^\circ$ )  
 Fréquence : 80 osc./min  
 Entretien : autolubrifiant  
 Température ambiante : 0 à 45°C, poussières  
 Durée de vie désirée : 3'000 h

#### 2) Vérification de la pression, de la vitesse, et du facteur PV

$$P = \frac{F}{d_K \times C \times 0.85} = \frac{2'500}{50.8 \times 25 \times 0.85} = 2.32 \text{ daN/mm}^2$$

$$V = \frac{D_K \times \beta \times f}{114'600} = \frac{50.8 \times 6 \times 80}{114'600} = 0.21 \text{ m/min}$$

$$PV = P \times V = 2.32 \times 0.21 = 0.49$$

Après vérification des valeurs obtenues sur le tableau 1, on constate que pression, vitesse et facteur PV sont en dessous des valeurs maximums admissibles. Vérification de la charge statique d'un SFE30 : 5'130 daN, ce qui est donc supérieur à la charge annoncée.

Le SFE30 peut donc convenir pour cette application.

#### 3) Calcul de la durée de vie

K : tableau p.11	Constante SFE30	105
c1 : coef. p.12	Pression : 2.32	1
c2 : coef. p.12	Vitesse : 0.21	1
c3 : coef. p.13	Angle $\beta = 6^\circ$	1
c4 : coef. p.13	Charge alternée	0.4
c5 : coef. p.13	80 osc./min	0.5
c6 : coef. p.13	autolubrifiant	1
c7 : coef. p.13	0 à 45°C	1
c8 : coef. p.11	Sans objet	1
X : coef. p.11	Poussiéreux	0.8

Durée de vie :

$$D_h = \frac{c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 \cdot c_6 \cdot c_7 \cdot c_8 \cdot X \cdot C \cdot K \cdot 10^7}{F \cdot \beta \cdot f}$$

$$D_h = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.4 \cdot 0.5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 25 \cdot 105 \cdot 10^7}{2500 \cdot 6 \cdot 80}$$

**D = 3'500 heures (> 3'000 h.)**

**L'embout à rotule Unibal SFE30 assurera un bon fonctionnement du manège.**

### Calcul n°4 : Acier / Acier

Plusieurs rotules du type SSA 3.45 sont montées sur des modèles réduits (maquettes de bateau). Malgré le milieu corrosif et les contraintes, ces Unibal doivent résister à 300'000 oscillations.

#### 1) Données

Type et grandeur souhaitée : SSA 3.45  
 Charge radiale dynamique : 190 daN  
 Type de sollicitation : continue  
 Angle d'oscillation :  $\beta = 360^\circ$   
 Fréquence : 20 tours /min  
 Entretien : graissage abondant  
 Température ambiante : 5 à 30°C  
 Durée de vie désirée : 300'000 osc.

#### 2) Vérification de la pression, de la vitesse, et du facteur PV

$$P = \frac{F}{d_K \times C \times 0.85} = \frac{190}{7.93 \times 4.5 \times 0.85} = 6.26 \text{ daN/mm}^2$$

$$V = \frac{D_K \times \beta \times f}{114'600} = \frac{7.93 \times 360 \times 20}{114'600} = 0.50 \text{ m/min}$$

$$PV = P \times V = 6.26 \times 0.5 = 3.12$$

Après vérification des valeurs obtenues, nous constatons que la vitesse et le facteur PV sont acceptables. En ce qui concerne la pression, un SSA 3.45 résiste à des pressions de 10 daN/mm<sup>2</sup>. La charge statique admissible est bien supérieure à 190 daN. Il nous reste donc à vérifier le nombre d'oscillations prévu.

#### 3) Calcul de la durée de vie

K : tableau p.11	Constante SSA 3.45	70
c1 : coef. p.12	Pression : 6.26	0.62
c2 : coef. p.12	Vitesse : 0.5	0.35
c3 : coef. p.13	Angle $\beta = 360^\circ$	1
c4 : coef. p.13	Charge continue	0.65
c5 : coef. p.13	Sans objet	1
c6 : coef. p.13	Graissage abondant	1
c7 : coef. p.13	5 à 30°C	1
c8 : coef. p.11	Sans objet	1
X : coef. p.11		1

Durée de vie :

$$D = \frac{c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 \cdot c_6 \cdot c_7 \cdot c_8 \cdot X \cdot C \cdot K \cdot 10^7}{F \cdot \beta \cdot 0.0167}$$

$$D = \frac{0.62 \cdot 0.35 \cdot 1 \cdot 0.65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4.5 \cdot 70 \cdot 10^7}{190 \cdot 360 \cdot 0.0167}$$

**D<sub>h</sub> = 389'000 osc. (> 300'000 osc.)**

**D'après le calcul effectué, les rotules SSA 3.45 conviennent pour cette application.**