

## Partie I: ROULEMENTS

### **Objectifs du module :**

Etre capable d'assurer le calcul des éléments de liaison, de guidage et de transmission de puissance dans les mécanismes industriels en respectant les conditions d'utilisation.

### **Plan**

#### **1. Définition, rôle des roulements et efforts.**

- 1.1. Composantes d'un palier à roulement*
- 1.2. composante du roulement*
- 1.3. Types d'éléments roulants*
- 1.4. Matériaux*

#### **2. Principaux roulements**

- 2.1. Représentations réelles et schématiques*
- 2.2. Désignation d'un roulement*
- 2.3. Exemple*

#### **3. Types de roulements**

- 3.1. Roulements à billes*
- 3.2. Roulements à rouleaux*

#### **4. Facteurs affectant le choix d'un roulement**

- 4.1 - Charge et direction de la charge*
- 4.2 - Vitesse de rotation*
- 4.3. Pertes dans les roulements*
- 4.4. Compensation de défauts d'alignement*
- 4.5. Contraintes d'encombrement*

#### **5. Choix des roulements (résumé)**

#### **6. Vie d'un roulement**

- 6.1. Usure*
- 6.2. Empreintes, indentations*
- 6.3. Grippage*
- 6.4. Déformation de surface*
- 6.5. Corrosion*
- 6.6. Ecaillage*
- 6.7. Fissuration*

#### **7. Résumé sur la faillite d'un roulement**

- 7.1. Cas idéal de service*
- 7.2. La durée de vie nominale*

#### **8. Montage des roulements**

- 8.1. Le laminage*
- 8.2. La dilatation*
- 8.3. Arrêt en translation*

## 1. Définition, rôle des roulements et efforts.

**Rôle:** Permettent d'obtenir une liaison pivot entre un arbre et un moyeu (alésage), avec peu de frottement.

Efforts axial et radial :

suivant l'axe  $\Rightarrow$  axial A

suivant le rayon  $\Rightarrow$  radial R

Tous les roulements ne supportent des efforts axiaux et radiaux.

### Avantages de roulements

- Frottement de roulement est inférieur à celui du glissement  $\Rightarrow$  diminution des pertes
- Production en série  $\Rightarrow$  précision et qualité à un prix raisonnable
- Faible sensibilité aux variations de charges, vitesses et températures  $\Rightarrow$  bonne fiabilité
- Utilisation et choix normalisés  $\Rightarrow$  interchangeabilité

### 1.1. Composantes d'un palier à roulement

Les roulements sont construits pour supporter la charge :

- Radiale
- Axiale
- Combinée

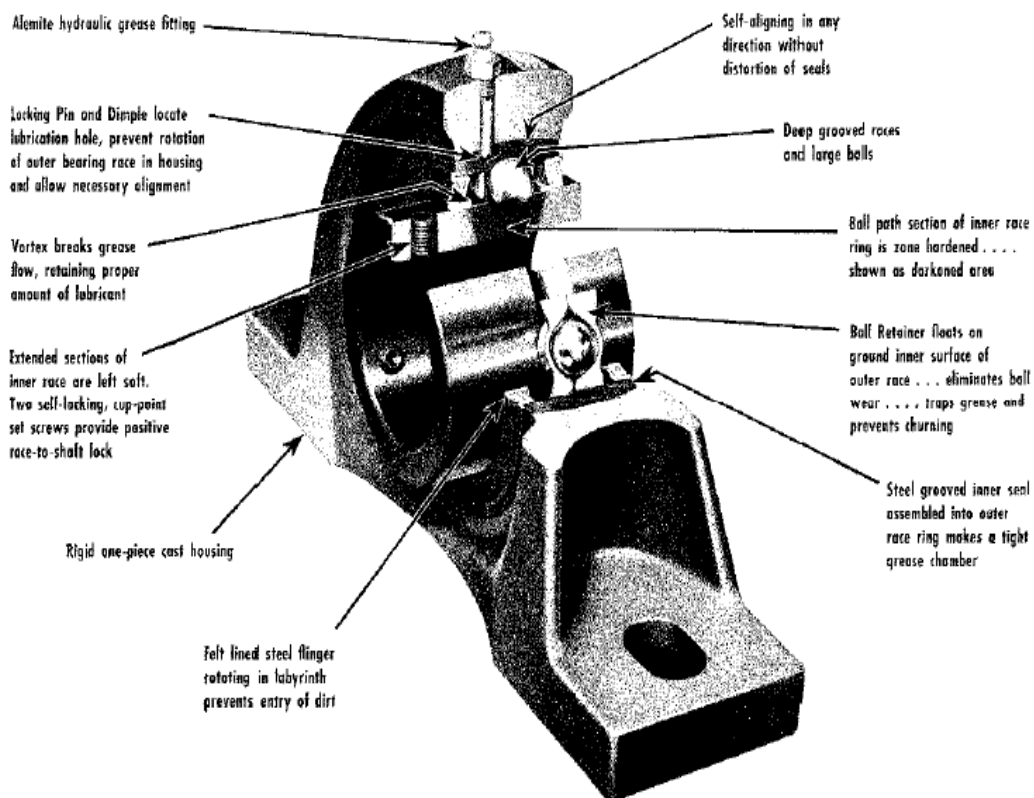


Fig.1 Palier typique des poulies d'un convoyeur

1.2. composante du roulement

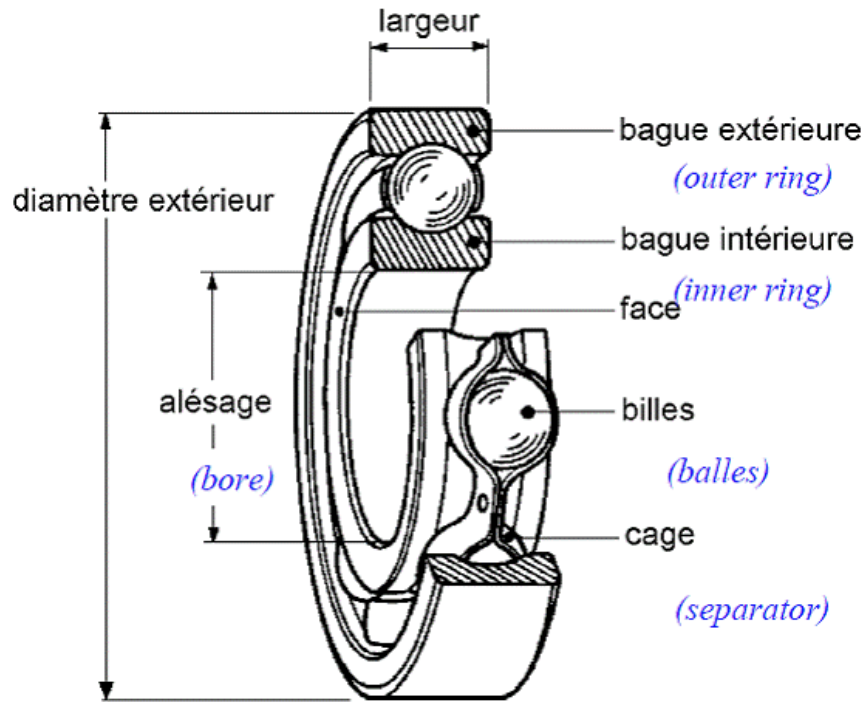


Fig.2. composantes du roulement

1.3. Types d'éléments roulants

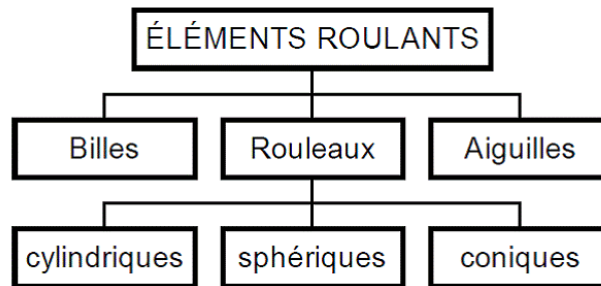


Fig.3. organigramme d'éléments roulants

1.4. Matériaux

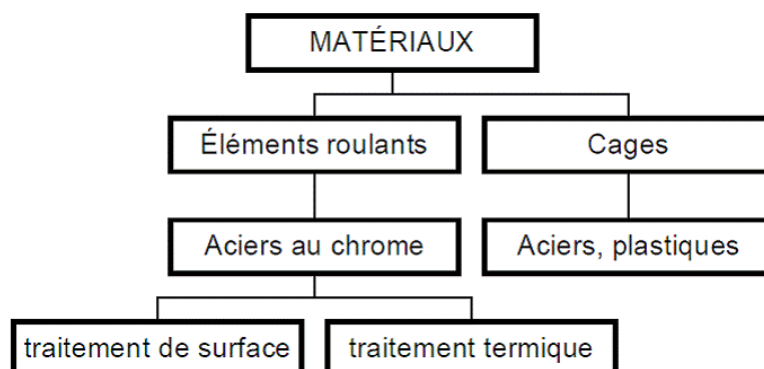
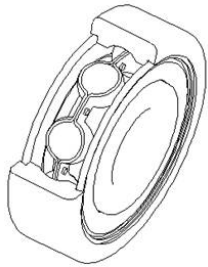


Fig.4. Organigramme des matériaux des éléments roulants

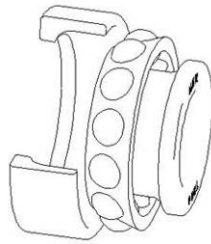
## 2. Principaux roulements

1 rangée de billes contact radial



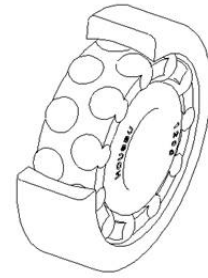
à rouleaux cylindriques

1rangée de bille contact oblique

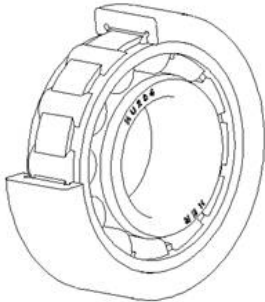


à rouleaux coniques

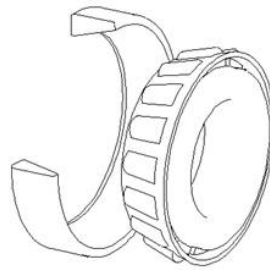
2 rangées de billes à rotule



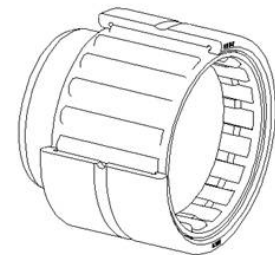
à aiguilles



butée à billes



butée à rouleaux



combiné (aiguilles + billes)

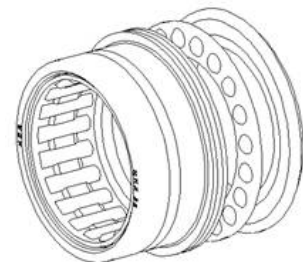
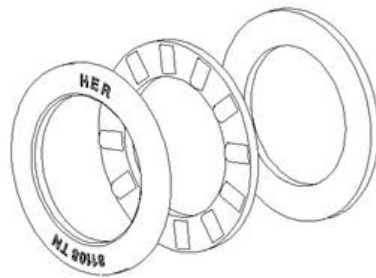


Fig.5. différents types des roulements

### 2.1. Représentations réelles et schématiques

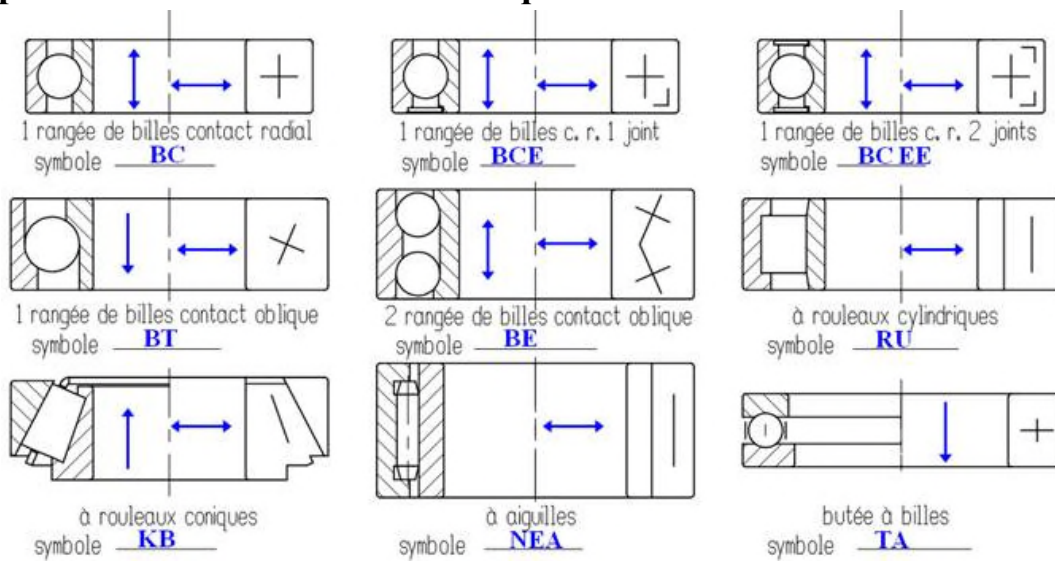


Fig.6. Représentations réelles et schématiques de roulement

## 2.2. Désignation d'un roulement

- 0 Roulements à billes, à contact oblique, à deux rangées
- 1 Roulements à rotule sur billes
- 2 Roulements à rotule sur rouleaux et butées à rotule sur rouleaux
- 3 Roulements à rouleaux coniques
- 4 Roulements rigide à billes, à deux rangées
- 5 Butées à billes
- 6 Roulements rigides à billes, à une rangée
- 7 Roulements à contact oblique, à une rangée
- 8 Butées à rouleaux cylindriques
- N Roulements à rouleaux cylindriques, à une rangée, la lettre peut être suivie d'une ou deux lettres identifiant la configuration d'épaulement, par exemple NJ, NU, NUP, etc.
- NA Roulements à aiguilles selon ma norme ISO 15-1981. les roulements à aiguilles avec d'autre dimension portant la désignation NK
- NN Roulements à rouleaux cylindriques, à deux rangée ou plus, idem N pour les autres caractéristiques
- QJ Roulement à billes à quatre point de contact

La désignation d'un Roulements se présente comme le montre l'exemple suivant:

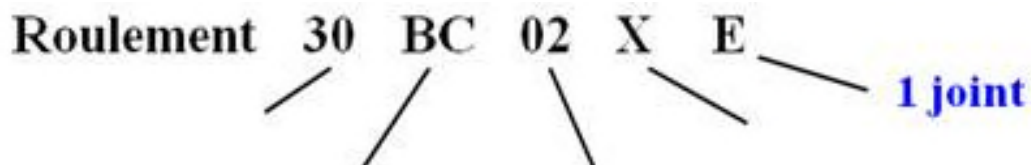
Roulements **223 16**

**2** : type de roulement (dans ce cas c'est un roulement à rotule sur rouleaux)

**2** : Série de largeur

**3** : Série de diamètre extérieur

**16** : Diamètre d'arbre  $d=16 \times 5=80\text{mm}$ ( ceci est valable pour  $d \geq 20\text{mm}$ , pour les petites diamètres d'arbres, il faut voir les catalogue des fabriquant)



## 2.3. Exemple

Complétez la désignation des 6 roulements représentés ci-dessus à gauche.  
La série dimensionnelle est trouvée à l'aide d'une documentation constructeur .

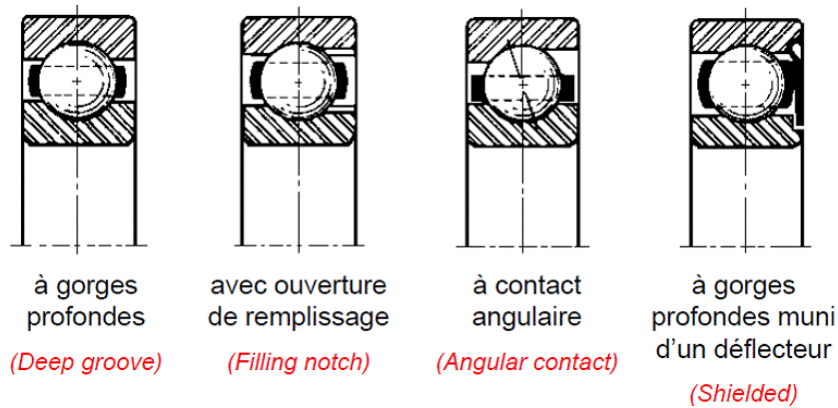
Roulement **25 BC 10 X** .....    Roulement **25 BC 10 X E**

Roulement **25 BT 02 X** .....    Roulement **25 BE 32 X** .....

Roulement **25 KB 02 X** .....    Roulement **30 NEA moyen X** .....

## 3. Types de roulements

### 3.1. Roulements à billes



Désignation ISO : XYZ (série) DD (d/5 mm)

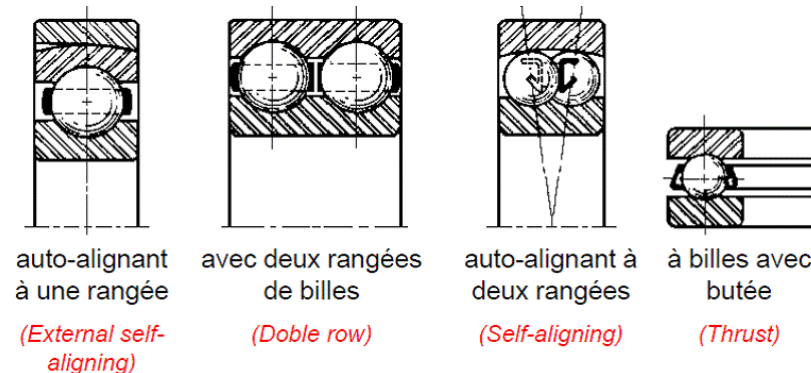


Fig.7. Roulement à billes

### 3.2. Roulements à rouleaux

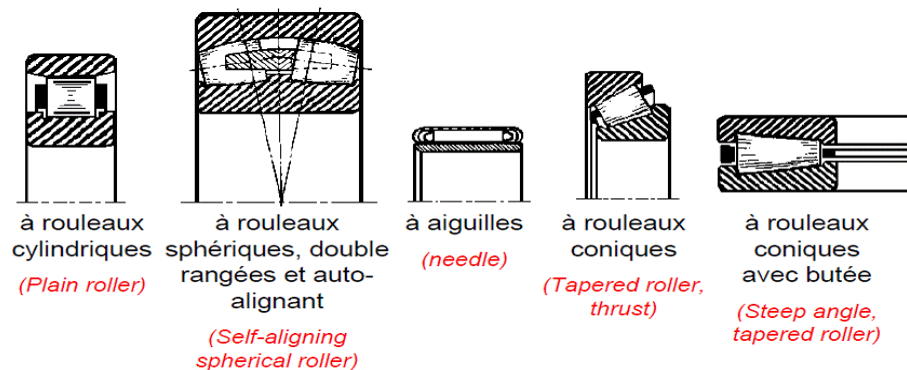


Fig.8. Roulement à rouleaux

## 4. Facteurs affectant le choix d'un roulement

1. Charge et direction de la charge
2. Vitesse de rotation
3. Température de fonctionnement
4. Pertes mécaniques dans les roulements (frottement de roulement, de glissement et cisaillement du lubrifiant)
5. Compensation des défauts d'alignement
6. Contraintes d'encombrement
7. Précision et rigidité des roulements, facilité de montage et démontage, bruit de fonctionnement, etc.

4.1 - Charge et direction de la charge

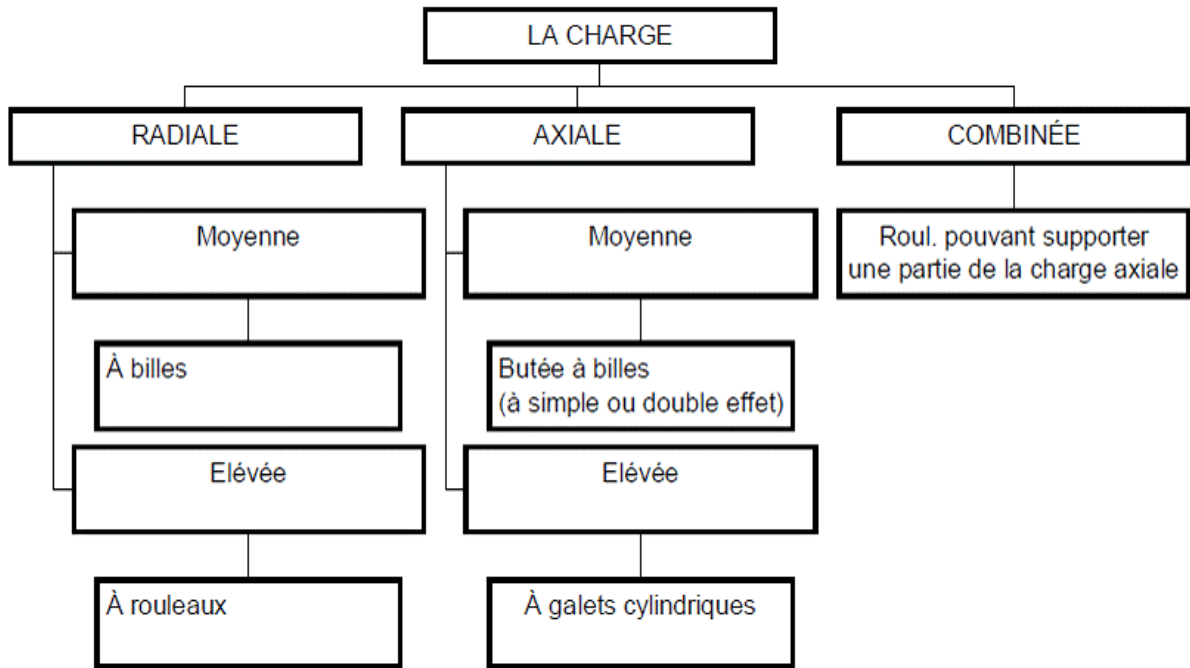


Fig.9. Organigramme de la direction de charge

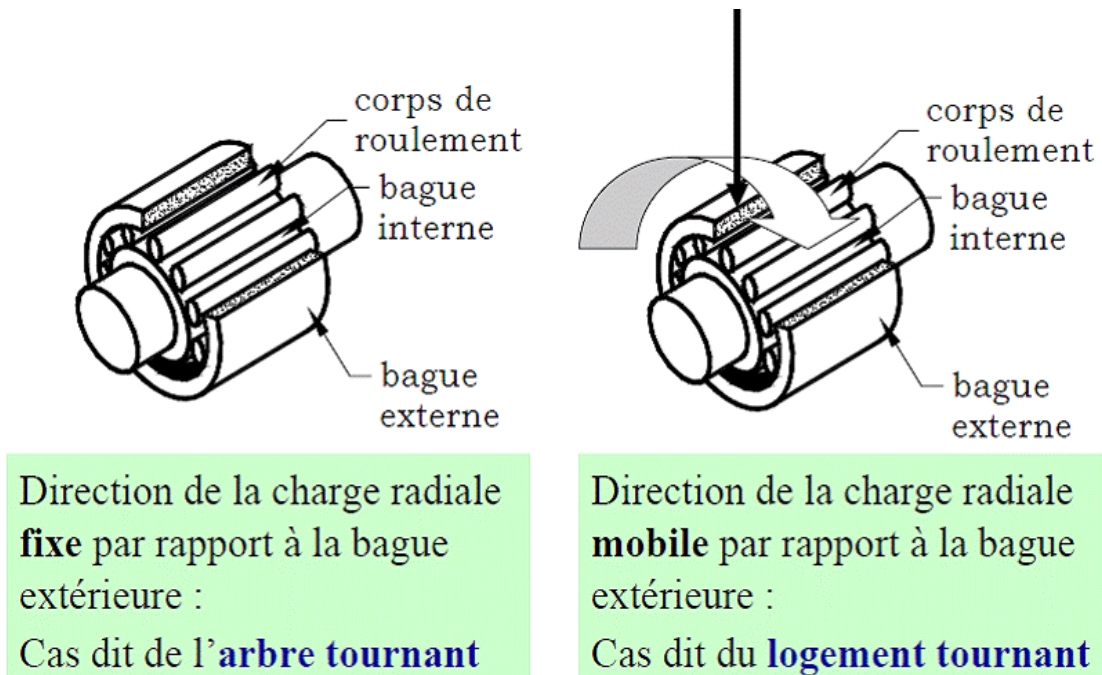


Fig.10. Représentation de la direction de charge



## 4.2 - Vitesse de rotation

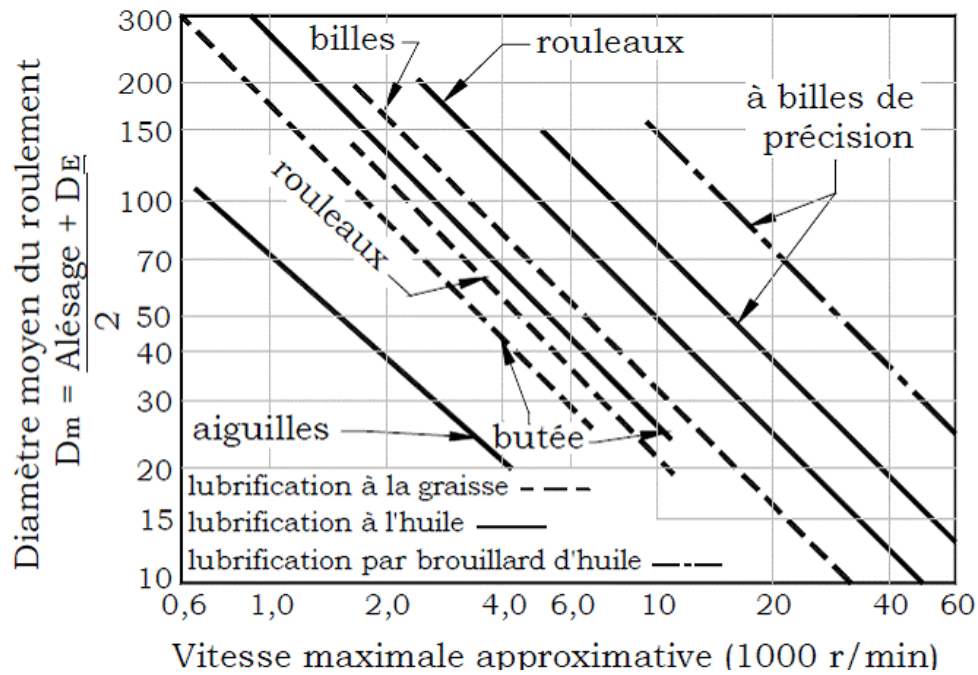


Fig.11. diagramme de vitesse de rotation

$$\frac{d + D}{2} \times N_{\max} \leq 500000, \text{ consulter les catalogues} \quad (1)$$

## 4.3. Pertes dans les roulements

| Types de roulements  | Valeur empirique du coefficient de frottement |
|--|---|
| Roulement à billes à gorges profondes                      | 0.0015  |
| Roulements à rouleaux cylindriques, sphériques ou coniques | 0.002   |
| Roulement à aiguilles                                      | 0.004   |
| Butée à billes   | 0.0015  |
| Butée à rouleaux coniques                                  | 0.002   |
| Butée à rouleaux cylindriques                              | 0.008   |

Tab.1. représentation du coef. de frottement

Les données sont valides pour des roulements bien lubrifiés, dont la bague interne tourne et qui n'ont pas des joints d'étanchéité. La direction de la charge n'est pas prise en compte.

- Frottement de roulement (entre les billes et les bagues)
- Hystérésis de déformation élastique des éléments
- Frottement de glissement (entre les billes et les bagues, les billes et les cages, etc.)
- Cisaillement du film de lubrifiant



#### 4.4. Compensation de défauts d'alignement

Raisons d'apparition

- Alésage séparé
- Déformation des arbres
- Imprécision de montage

#### 4.5. Contraintes d'encombrement

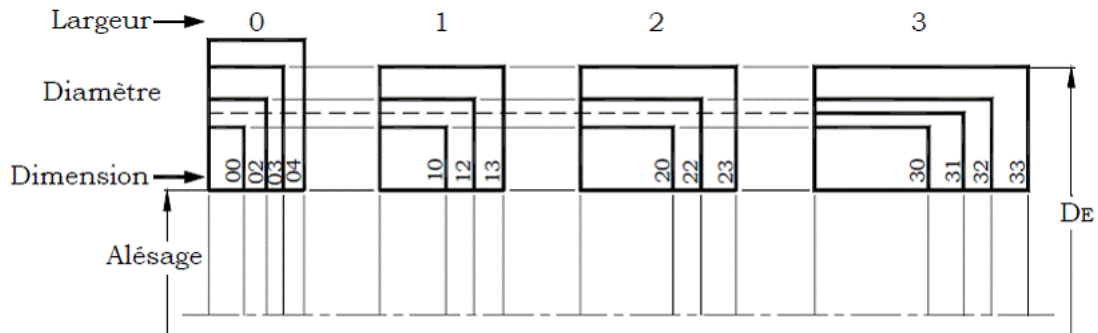


Fig.12. schéma des contraintes d'encombrement

#### 5. Choix des roulements (résumé)

Catalogues: SKF, FAG, NSK, TIMKEN, Thomson, Renault, etc.

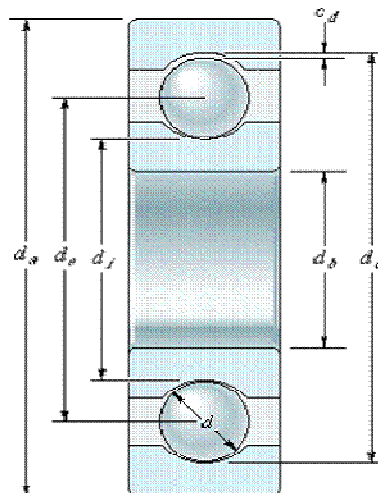


Fig.13. Choix du roulement

- C – charge dynamique de base
- $C_0$  - charge statique de base
- $N_{max}$  - en fonction de lubrification
- Dimensions géométriques, **D**, **d**, **b**, **r**
- Tolérances normalisées

#### 6. Vie d'un roulement

La durée de vie d'un roulement est le nombre de tours que celui-ci peut effectuer avant qu'un début de l'écaillage ne se produise.

##### • Avaries primaires

- Usure
- Empreintes, indentations
- Grippage
- Déformation de surface
- Corrosion

### • *Avaries secondaires*

- Ecaillage
- Fissuration

#### 6.1. *Usure*

- Causée par des particules abrasives (manque de propriété ou étanchéité insuffisante)
- Causée par une lubrification inadéquate (le lubrifiant s'est dégradé)
- Causée par les vibrations à l'arrêt

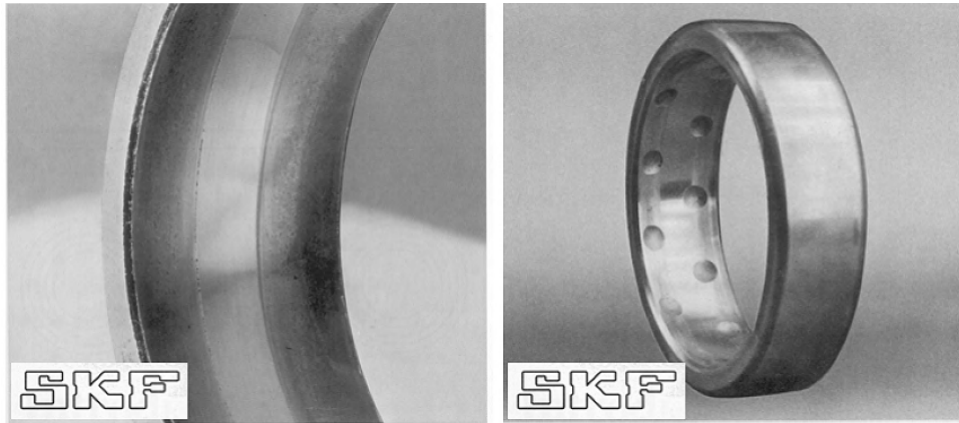


Fig.14. Usure du roulement

#### 6.2. *Empreintes, indentations*

- Causées par les erreurs commises lors du montage (effort de montage sur la mauvaise bague, enfoncement excessif sur portée conique, etc.)
- Causées par une surcharge sur le roulement à l'arrêt
- Causées par des particules étrangères

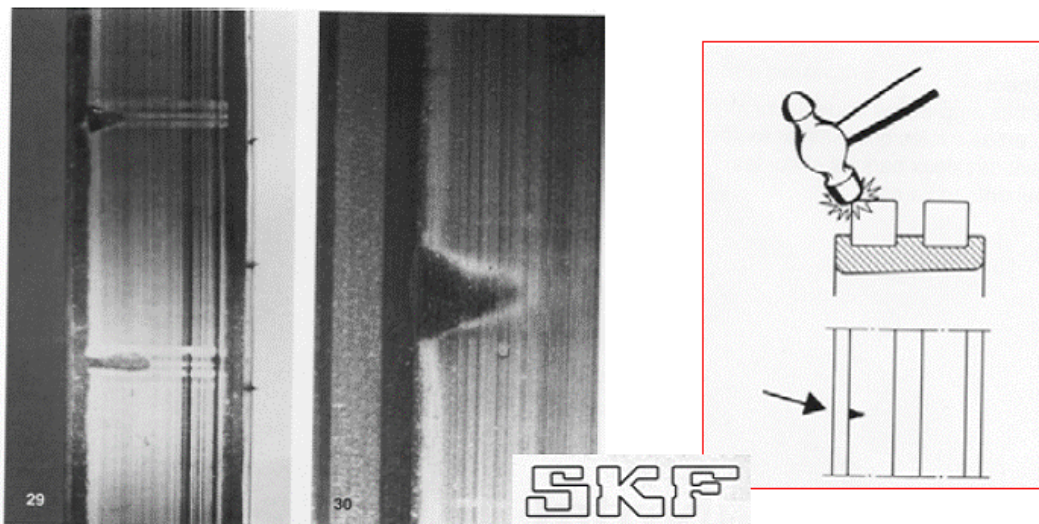


Fig.15. Empreintes, indentations

#### 6.3. *Grippage*

- Grippage des faces des rouleaux et des épaulements de guidage causé par un glissement sous forte charge axiale et une lubrification inadéquate
- Grippage des rouleaux et des chemins dû à l'accélération des rouleaux à l'entrée dans la zone de charge

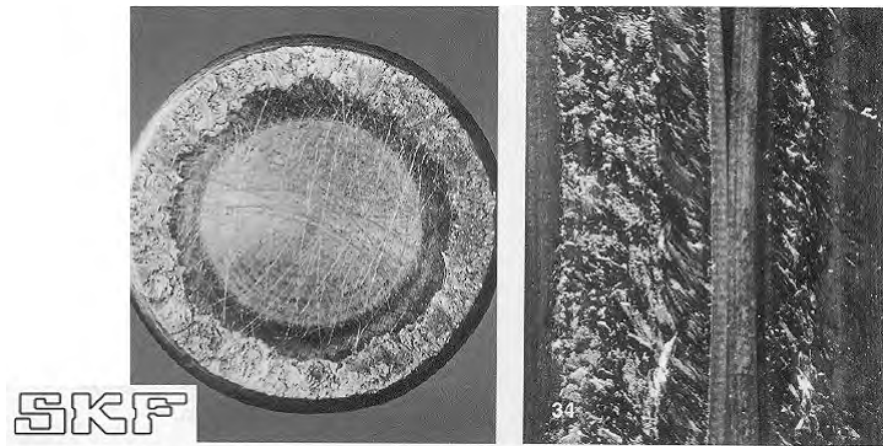


Fig.16. Grippage des faces et des chemins des rouleaux

- Grippage des surfaces extérieures causé par la rotation de la bague par rapport à l'arbre ou au logement
- Grippage dans les butées à billes causé par une charge trop faible par rapport à la vitesse de rotation

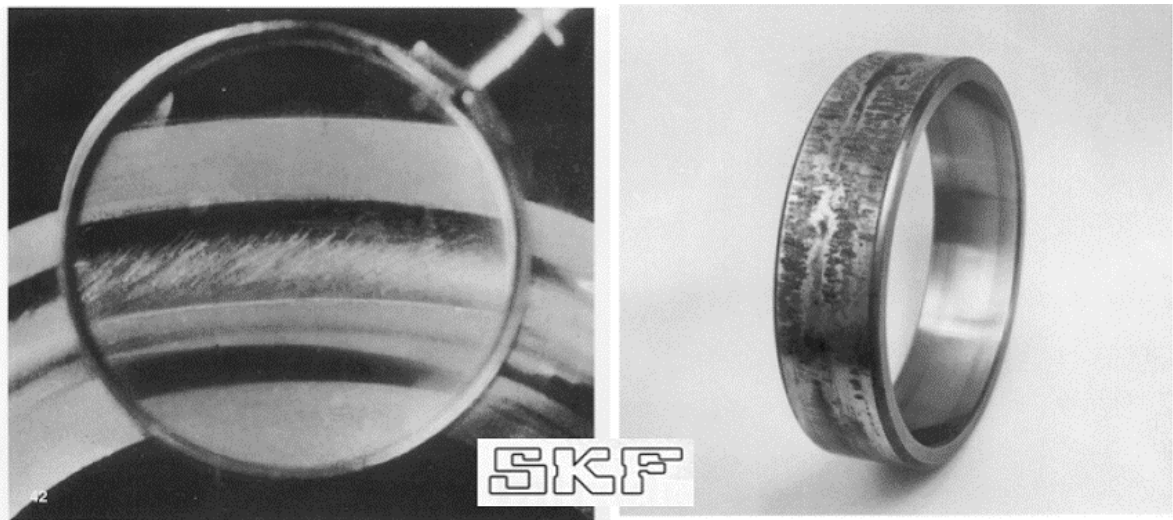


Fig.17. Grippage des surfaces extérieures et dans les butées à billes

#### 6.4. Déformation de surface

Causée par une lubrification inadéquate ou par une charge excessive



Fig.18. Déformation de surface

### 6.5. Corrosion

Causée par la présence d'eau, d'humidité ou de substances corrosives pendant une longue période (manque d'étanchéité, choix du lubrifiant sans bonnes propriétés anti-rouille ou ajustement insuffisamment serré)

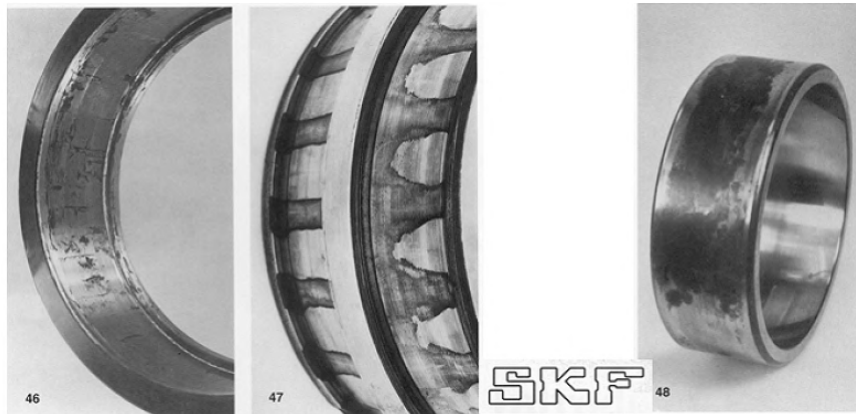


Fig.19. Corrosion

### 6.6. Ecaillage

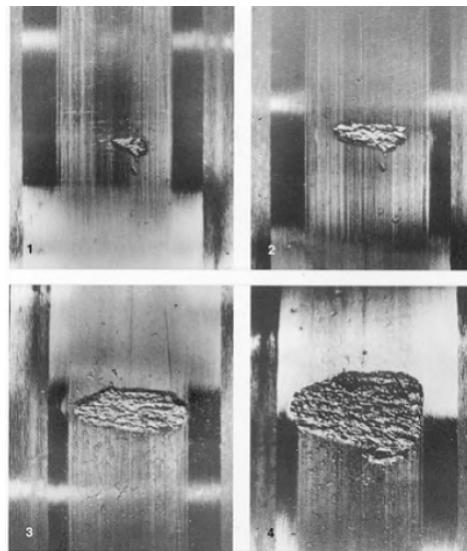


Fig.20. Ecaillage

### 6.7. Fissuration

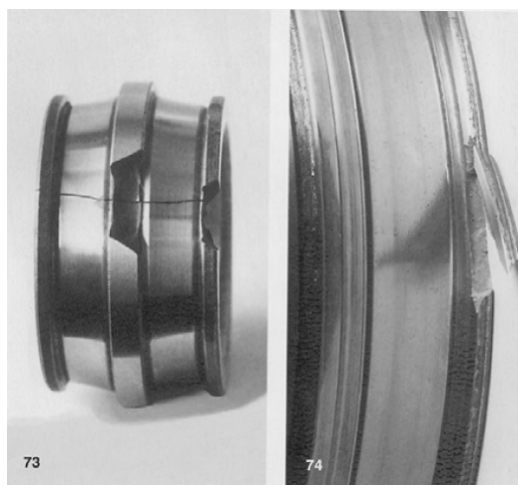


Fig.21. Fissuration

## 7. Résumé sur la faillite d'un roulement

Deux causes ultimes de faillite de roulements :

- Usure
- Fatigue

### 7.1. Cas idéal de service

- Choix du roulement correspond bien à l'application (calculs adéquats)
- Lubrification efficace durant toute la vie du roulement
- Montage soigné
- Protection contre la saleté, les agents abrasifs, l'humidité et l'attaque chimique

## 8. Montage des roulements

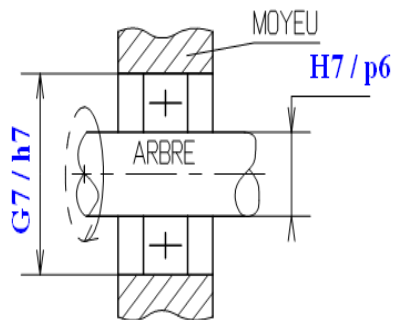
### 8.1. Le laminage

C'est l'usure de l'arbre ou du moyeu par **frottement** de la bague liée à la pièce **mobile**. Deux solutions pour éviter ce problème :

#### a. Ajustement serré de la bague avec la pièce mobile

Comme les tolérances des roulements sont toujours H7 sur la bague **intérieure** et h7 sur la bague **extérieure**, c'est en agissant sur les tolérances du moyeu et de l'arbre que l'on obtient cet ajustement, l'autre ajustement sera glissant pour permettre la dilatation.

#### ARBRE TOURNANT :



#### MOYEU TOURNANT :

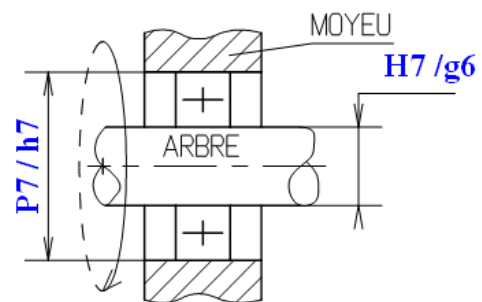


Fig.21. Ajustement serré de la bague avec la pièce mobile

#### b. Solution économique mais délicate à réaliser par collage.

### 8.2. La dilatation

Le frottement même faible à l'intérieur du roulement provoque de **la chaleur**. De ce fait et du fait de la forme de l'arbre celui-ci se dilate beaucoup plus que le moyeu. Si les roulements sont montés serrés sur leurs 2 bagues cette dilatation ne peut se faire et il y a usure très rapide des roulements. Une solution pour éviter ceci; Lier en translation la pièce mobile ( arbre ou alésage ) avec la bague correspondante.



a. D'où les montages des roulements à une rangée de billes :

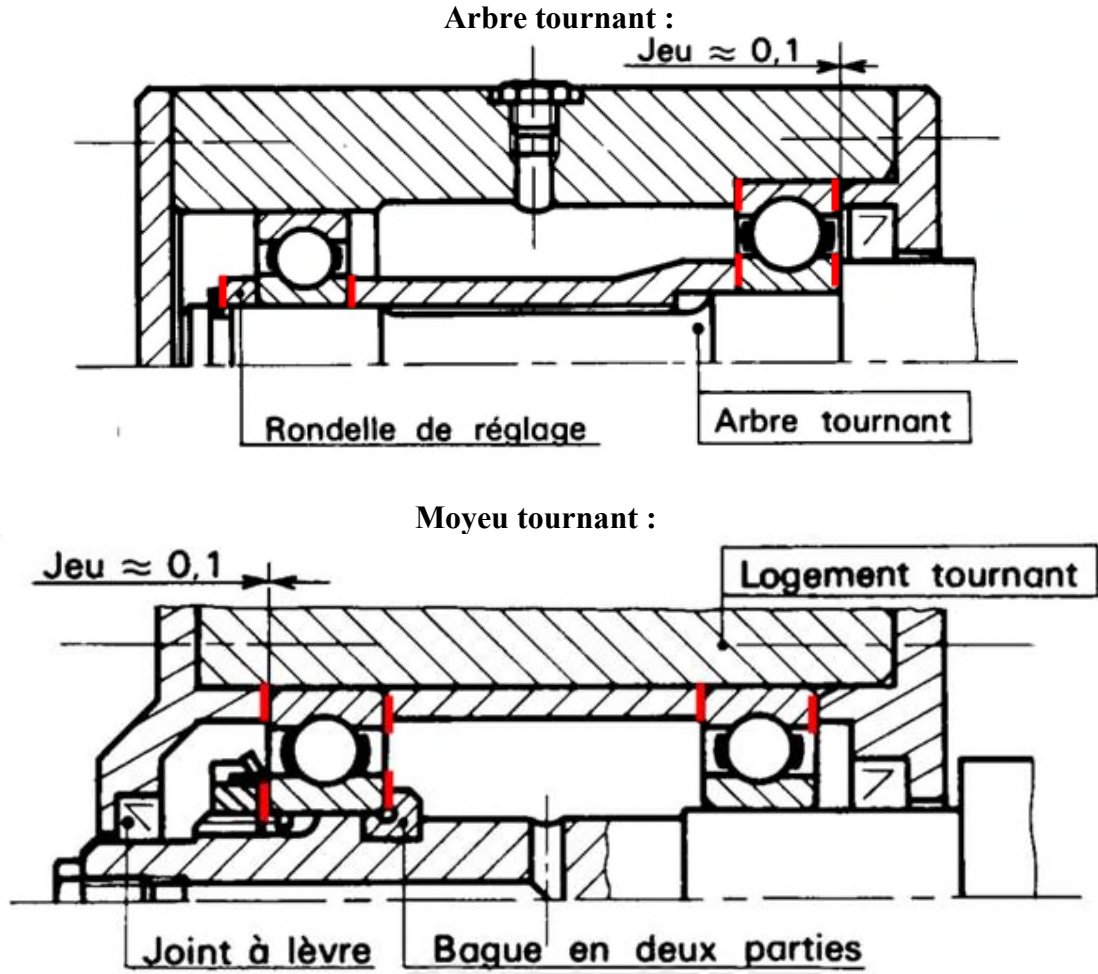


Fig. 22. Montages des roulements à une rangée de billes

b. D'où les montages des roulements à rouleaux coniques :

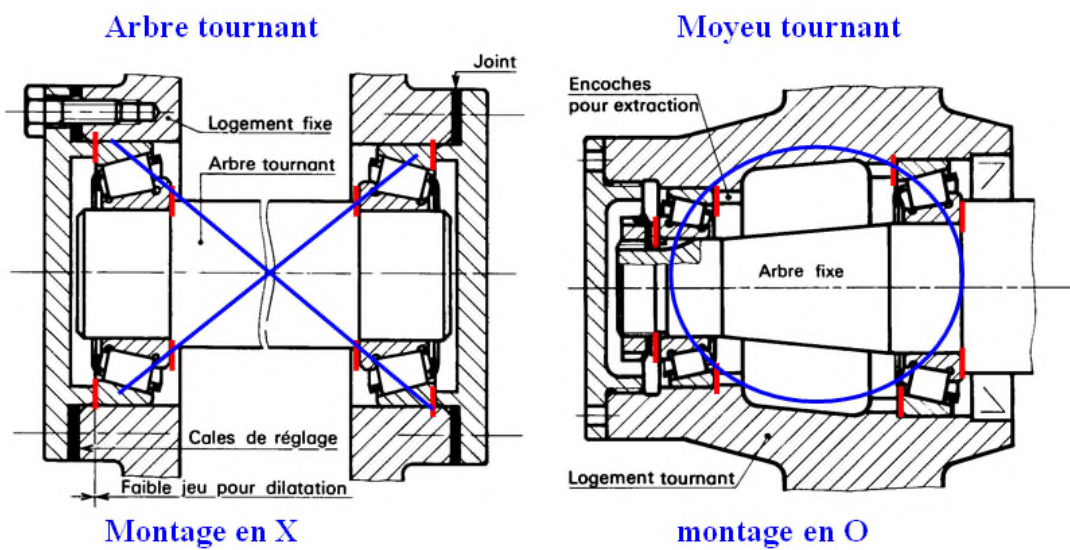


Fig.23. Montages des roulements à rouleaux coniques



c. Schémas des montages :

|                                 | Arbre tournant | Moyeu tournant |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Roulements à 1 rangée de billes |                |                |
| Roulements à rouleaux coniques  |                |                |

### 8.3. Arrêt en translation

L'arrêt en translation de l'arbre par rapport à l'alésage peut se faire :

- par anneau élastique ou écrou à encoches et rondelle-frein sur l'arbre.
- par anneau élastique ou chapeau vissé et clinquant sur le moyeu.
- afin de permettre la dilatation prévoir **un jeu de 0,1mm réglable**.

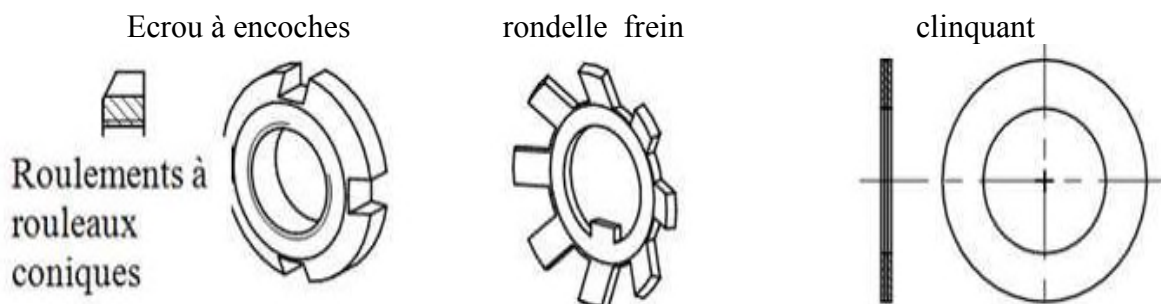


Fig.24. Arrêt en translation

## 9. Dimensionnement :

### 9.1. Notions

**Longévité  $L_h$ :** Nombre d'heures, durant lesquels le roulement fonctionne sans que les premiers signes de fatigue de matériaux n'apparaissent, les valeurs de longévité pour les mêmes types de roulements sous les mêmes conditions sont disparates et c'est, à cet effet, qu'à été introduite la notion de longévité nominale  $L_h$ . cette dernière représente la durée de vie en heures de fonctionnement que 90% d'un très grand nombre de roulements ont atteint ou dépassé.

**Temps d'usure  $L_u$ :** Nombre d'heures de fonctionnement après lequel un roulement usé devient inutilisable, par exemple pour cause d'encrassement ou de corrosion.

**Charge dynamique de base C:** Pure charge radiale ( pour la butées, pure charge axiale) qui ,

pour les roulements tournant, permet d'atteindre une durée de vie nominale égale à 500 heures ou un million d'heures pour une vitesse de rotation égale à 33,33 tr/mn.

**Charge statique de base C<sub>0</sub>:** Charge créant une déformation plastique de 0.01% de l'élément de roulement ( bille ou rouleau) ou du chemin de roulement à l'arrêt ou à de très petites vitesses.

**Charge dynamique équivalente P :** Charge supposés purement radiale (pour les butées purement axiales), qui fait que le roulement atteigne une certaine durée de vie comme s'il était en régime de fonctionnement.

### 9.2. Détermination de la charge dynamique équivalente P:

Lorsqu'un roulement est soumis simultanément à une force radiale et à une force axiale, la charge dynamique équivalente est donnée par :

$$P = x \times F_r + y \times F_a \quad (N) \quad (2)$$

$F_r$ : Force radiale en N

$F_a$ : Force axiale en N

x: Facteur radial ( Tab.2)

y: Facteur axiale ( Tab.2)

Tab.2 : valeurs des facteurs x et y ( extrait du catalogue de la forme FAG[7.16]

| Types de roulement         |                     | $F_a / F_r \leq e$ |      | $F_a / F_r > e$ |      | e    |
|----------------------------|---------------------|--------------------|------|-----------------|------|------|
|                            |                     | x                  | y    | x               | y    |      |
| à une rangée de billes     | $F_a / C_0 = 0,025$ | 1                  | 0    | 0,56            | 2,0  | 0,22 |
|                            | 0,04                | 1                  | 0    | 0,56            | 1,8  | 0,24 |
|                            | 0,07                | 1                  | 0    | 0,56            | 1,6  | 0,27 |
|                            | 0,13                | 1                  | 0    | 0,56            | 1,4  | 0,31 |
|                            | 0,25                | 1                  | 0    | 0,56            | 1,2  | 0,37 |
|                            | 0,5                 | 1                  | 0    | 0,56            | 1,0  | 0,44 |
| à double rangée de billes  |                     | 1                  | 1    | -               | -    | 0,3  |
| à billes à contact oblique | à une rangée        | 1                  | 0    | 0,35            | 0,57 | 1,14 |
|                            | à deux rangées      | 1                  | 0,66 | 0,6             | 1,07 | 0,95 |
| à rouleaux coniques        | Série 302           | 1                  | 0    | 0,4             | 1,5  | 0,4  |
|                            | 303                 | 1                  | 0    | 0,4             | 1,9  | 0,32 |
|                            | 322                 | 1                  | 0    | 0,4             | 1,5  | 0,4  |
|                            | 313                 | 1                  | 0    | 0,4             | 0,7  | 0,83 |
|                            | 323                 | 1                  | 0    | 0,4             | 1,7  | 0,35 |
| à rotule à billes          | de 12 00 à 12 05    | 1                  | 2,1  | 0,65            | 3,4  | 0,28 |
|                            | de 12 06 à 12 09    | 1                  | 2,8  | 0,65            | 4,3  | 0,22 |
|                            | de 12 10 à 12 22    | 1                  | 3,6  | 0,65            | 5,5  | 0,18 |
|                            | de 13 00 à 12 05    | 1                  | 2,0  | 0,65            | 3,0  | 0,31 |
|                            | de 13 06 à 13 20    | 1                  | 2,6  | 0,65            | 4,1  | 0,24 |
|                            | de 22 00 à 22 07    | 1                  | 1,5  | 0,65            | 2,3  | 0,44 |
|                            | de 22 08 à 22 20    | 1                  | 2,3  | 0,65            | 3,6  | 0,27 |
|                            | de 23 02 à 23 04    | 1                  | 1,2  | 0,65            | 1,9  | 0,50 |
| de 23 05 à 23 20           | 1                   | 1,5                | 0,65 | 2,4             | 0,41 |      |
| à rotule à rouleaux        | de 213 04 à 213 09  | 1                  | 2,6  | 0,67            | 3,9  | 0,26 |
|                            | de 213 10 à 213 22  | 1                  | 3,0  | 0,67            | 4,4  | 0,23 |
|                            | Série 230           | 1                  | 2,7  | 0,67            | 4,0  | 0,25 |
|                            | Série 231           | 1                  | 2,2  | 0,67            | 3,2  | 0,32 |
|                            | Série 232           | 1                  | 1,8  | 0,67            | 2,8  | 0,36 |
|                            | de 213 04 à 213 09  | 1                  | 1,9  | 0,67            | 2,9  | 0,36 |
|                            | de 213 04 à 213 09  | 1                  | 2,6  | 0,67            | 3,9  | 0,26 |
|                            | de 213 04 à 213 09  | 1                  | 2,4  | 0,67            | 3,6  | 0,28 |
|                            | Série 223           | 1                  | 1,9  | 0,67            | 2,8  | 0,36 |

Pour les roulements chargés uniquement radialement ( $F_a=0$ ), on prend  $P=F_r$ , et pour ceux chargés uniquement axialement ( $F_r=0$ ), on prend  $P= F_a$ .

la relation 1 est valable pour tous les roulements sauf pour la butée à rouleaux articulés chargée axialement et radialement ou;

$$P = F_a + 1,2 \times F_r \quad (N) \quad (3)$$

Dans les butée à rouleaux articulés, la condition  $F_r \leq 0,55 \times F_a$  doit être remplie pour que la position concentrique des disques ne soit pas changée.

dans les paliers avec deux roulements à rouleaux coniques ( Fig.25)

sont produites, en plus des réactions radiales, des réactions axiales, qui doivent être prises en considération lors de a détermination de la charge dynamique équivalente.

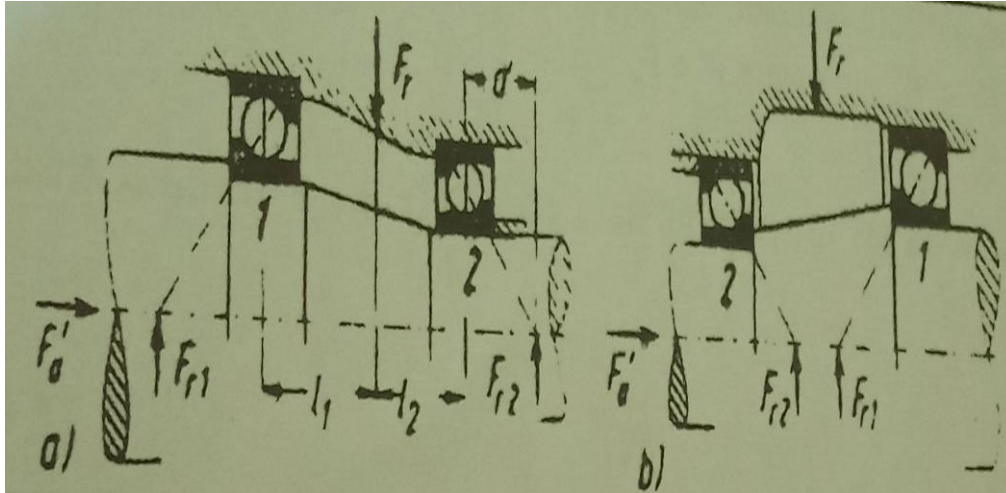


Fig. 25: Réaction des appuis dans les roulements à billes à contact oblique et dans les roulements à rouleaux coniques.

D'après la Fig. 25 les paliers 1 supportent donc, en plus des charges radiales  $F_{r1}$ , les charges axiales  $F_a'$  ; alors que les paliers 2 ne supportent que les charges radiales  $F_{r2}$ , pour la détermination de la charge dynamique équivalent P, d'après la relation 1 , la charge axiale  $F_a$  est déterminée d'après le Tab.3.

Tab. 3: Détermination des charges axiales des roulements à billes à contact oblique et des roulements à rouleaux coniques

| Rapport des forces  | Forces axiales $F_{a1}$ et $F_{a2}$ à introduite dans le calcul |   |
|---|---|---|
|   | Partie 1  | Partie 2                                  |
| 1. $F_{r1}/y_1 \leq F_{r2}/y_2 ; F_a' = 0$  | $F_{a1} = F_a' + 0,5 \times F_{r2}/y_2$                         | -   |
| 2. $F_{r1}/y_1 > F_{r2}/y_2 ; F_a' \geq 0,5 \times [(F_{r1}/y_1) - (F_{r2}/y_2)]$ |   | -   |
| 3. $F_{r1}/y_1 > F_{r2}/y_2 ; F_a' \leq 0,5 \times [(F_{r1}/y_1) - (F_{r2}/y_2)]$ |   | $F_{a2} = 0,5 \times (F_{r1}/y_1) - F_a'$ |

Les efforts radiaux  $F_{r1}$  et  $F_{r2}$  sont déterminés à partir des conditions d'équilibre (par exemple pour la Fig.25 ( $F_r \times l_1 = (l_1 + l_2 + a) \times F_{r2}$ ); a' est mentionné dans les catalogues des fabricants.

Les facteurs  $y_1$  et  $y_2$  ( qui correspondent à y pour chacun des paliers) sont à tirer du Tab.2 ou du catalogue de fabricant.

### 9.3. Détermination de durée de vie :

Des essais ont permis d'écrire l'expression suivante relative à la durée de vie  $L_h$

$$L_c = \frac{K}{P^q} \quad (4)$$

K: Constante

P: Charge dynamique équivalent en N

q: constante (q=3 pour les roulements à billes et q=10/3 pour les roulements à rouleaux ou à aiguilles )

Une autre série d'expériences a donné ce qui suit :

$$L_c = \frac{K}{C^q} = 10^6 \text{ tours} \quad (5)$$

A partir des relation (4) et (5) et sachant que :

$$L_r = L_h \times 60n$$

$L_h$ : durée de vie en heures

n: vitesse en tr/mn

on peut écrire pour la durée de vie en heures d'un roulement ce qui suit :

$$L_h = \left( \frac{C}{P} \right)^q \frac{10^6}{60n} \quad (\text{heures}) \quad (6)$$

Comme on peut le constater, il s'agit pas de déterminer les dimensions d'un roulement mais sa durée de vie. si on remplace  $10^6$  tours que multiplie 33,33 tr/mn pour lesquels la charge dynamique de base C0 a été déterminée, on obtient :

$$\left( \frac{C}{P} \right)^q = \frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{500 \cdot 33,33 \cdot 60} \quad (7)$$

En tenant compte de la température de fonctionnement quand celle-ci dépasse  $150^\circ\text{C}$  ( cas rares ) . on obtient pour un roulement choisi ou donné la durée de vie corrigée en heures

$$L_h = \left( \frac{C'}{P} \right)^q \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad \text{heures} \quad (8)$$

C': charge dynamique de base corrigée (N)

$$C' = C \cdot f_T$$

C: charge dynamique de base en (N)

$f_T$ : facteur de température (Fig.26)

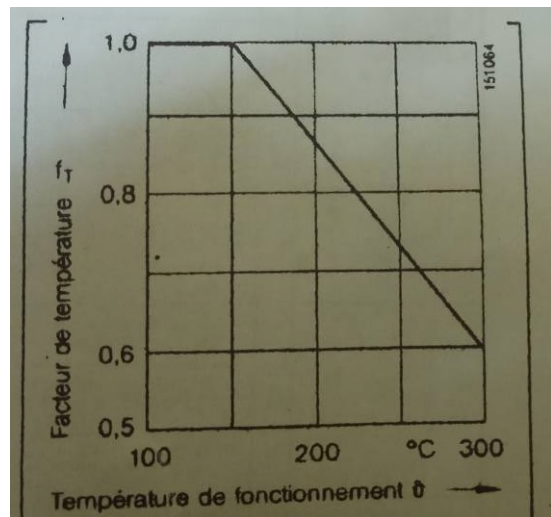


Fig.26. Facteur de température



Tab.4. Dimensions principale en mm et charge dynamique de base C et charge statique de base C<sub>0</sub> en kN

| Référence | Type de roulement: |     | Série: |       | Type de roulement: |     | Série: |       | Type de roulement: |                | Série: |       | Type de roulement: |        | Série:         |        | Type de roulement: |        | Série: |                | Type de roulement: |       | Série: |        |                |        |        |
|-----------|--------------------|-----|--------|-------|--------------------|-----|--------|-------|--------------------|----------------|--------|-------|--------------------|--------|----------------|--------|--------------------|--------|--------|----------------|--------------------|-------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|           | d                  | D   | b      | C     | C <sub>0</sub>     | d   | D      | b     | C                  | C <sub>0</sub> | d      | D     | b                  | C      | C <sub>0</sub> | d      | D                  | b      | C      | C <sub>0</sub> | d                  | D     | b      | C      | C <sub>0</sub> |        |        |
| 25        | 5                  | 16  | 5      | 1,50  | 0,75               | 30  | 9      | 4,65  | 2,70               | 4,30           | 4,30   | 1,37  | 10,40              | 5,40   | 11,75          | 11,00  | 7,20               | 14,60  | 7,80   | 19,00          | 19,00              | 18,25 | 46,50  | 34,50  | 20,80          | 20,80  | 14,60  |
| 26        | 6                  | 19  | 6      | 2,20  | 1,18               | 32  | 10     | 5,40  | 3,15               | 4,40           | 4,40   | 1,50  | 14,60              | 7,80   | 13,25          | 17,30  | 12,00              | 19,00  | 10,40  | 25,50          | 25,50              | 19,75 | 54,00  | 40,50  | 28,00          | 28,00  | 17,00  |
| 07        | 7                  | 19  | 6      | 1,76  | 0,88               | 35  | 11     | 6,10  | 3,60               | 5,85           | 5,85   | 2,04  | 16,60              | 9,50   | 15,25          | 24,50  | 17,60              | 22,00  | 14,60  | 31,50          | 31,50              | 20,75 | 62,00  | 49,00  | 38,00          | 38,00  | 25,50  |
| 08        | 8                  | 22  | 7      | 2,60  | 1,37               | 40  | 12     | 7,50  | 4,55               | 6,20           | 6,20   | 2,45  | 22,00              | 12,90  | 16,25          | 28,00  | 20,80              | 27,50  | 16,60  | 40,50          | 40,50              | 20,75 | 69,50  | 56,00  | 44,00          | 44,00  | 32,00  |
| 09        | 9                  | 24  | 7      | 2,90  | 1,56               | 47  | 14     | 10,00 | 6,30               | 7,80           | 7,80   | 3,25  | 31,50              | 19,00  | 17,25          | 38,00  | 29,00              | 43,00  | 22,00  | 45,00          | 45,00              | 21,75 | 80,00  | 64,00  | 49,00          | 49,00  | 38,00  |
| 00        | 10                 | 26  | 8      | 3,60  | 2,00               | 52  | 15     | 11,20 | 7,20               | 9,50           | 9,50   | 4,15  | 43,00              | 27,50  | 18,25          | 46,50  | 34,50              | 45,00  | 31,50  | 52,00          | 52,00              | 22,75 | 80,00  | 64,00  | 49,00          | 49,00  | 38,00  |
| 01        | 12                 | 28  | 8      | 4,00  | 2,28               | 62  | 16     | 15,30 | 10,20              | 12,20          | 12,20  | 5,85  | 52,00              | 30,00  | 20,75          | 54,00  | 40,50              | 52,00  | 43,00  | 65,50          | 65,50              | 23,75 | 90,00  | 72,00  | 57,00          | 57,00  | 44,00  |
| 02        | 15                 | 32  | 9      | 4,40  | 2,55               | 72  | 17     | 20,00 | 14,00              | 15,00          | 15,00  | 8,65  | 62,00              | 36,00  | 21,75          | 62,00  | 46,50              | 62,00  | 52,00  | 76,50          | 76,50              | 24,75 | 104,00 | 83,00  | 67,00          | 67,00  | 50,00  |
| 03        | 17                 | 35  | 10     | 4,75  | 2,85               | 80  | 18     | 22,80 | 16,00              | 17,00          | 17,00  | 9,80  | 76,50              | 40,50  | 22,75          | 69,50  | 50,00              | 76,50  | 62,00  | 80,00          | 80,00              | 26,25 | 114,00 | 93,00  | 76,50          | 76,50  | 57,00  |
| 04        | 20                 | 42  | 12     | 7,35  | 4,55               | 85  | 19     | 25,50 | 18,30              | 17,00          | 17,00  | 9,80  | 80,00              | 43,00  | 23,75          | 72,00  | 54,00              | 80,00  | 76,50  | 91,50          | 91,50              | 27,25 | 120,00 | 100,00 | 81,50          | 81,50  | 60,00  |
| 05        | 25                 | 47  | 12     | 7,80  | 5,00               | 90  | 20     | 28,50 | 21,20              | 18,00          | 18,00  | 11,00 | 91,50              | 45,00  | 24,75          | 76,50  | 56,00              | 91,50  | 80,00  | 100,00         | 100,00             | 28,25 | 137,00 | 114,00 | 93,00          | 93,00  | 70,00  |
| 06        | 30                 | 55  | 13     | 10,00 | 6,70               | 100 | 21     | 34,00 | 25,50              | 21,20          | 21,20  | 13,70 | 100,00             | 52,00  | 26,25          | 80,00  | 60,00              | 114,00 | 100,00 | 114,00         | 114,00             | 30,5  | 156,00 | 132,00 | 104,00         | 104,00 | 81,50  |
| 07        | 35                 | 62  | 14     | 12,70 | 8,80               | 110 | 22     | 41,50 | 31,50              | 23,60          | 23,60  | 16,00 | 114,00             | 65,50  | 27,25          | 83,00  | 64,00              | 127,00 | 114,00 | 127,00         | 127,00             | 32,5  | 176,00 | 150,00 | 114,00         | 114,00 | 93,00  |
| 08        | 40                 | 68  | 15     | 13,40 | 9,65               | 120 | 23     | 46,50 | 36,00              | 24,50          | 24,50  | 17,60 | 127,00             | 76,50  | 28,25          | 86,00  | 67,00              | 140,00 | 127,00 | 140,00         | 140,00             | 34,5  | 196,00 | 170,00 | 127,00         | 127,00 | 104,00 |
| 09        | 45                 | 75  | 16     | 15,60 | 11,80              | 125 | 24     | 49,00 | 38,00              | 27,00          | 27,00  | 19,00 | 140,00             | 80,00  | 29,00          | 89,00  | 70,00              | 156,00 | 140,00 | 156,00         | 156,00             | 37,5  | 200,00 | 180,00 | 140,00         | 140,00 | 114,00 |
| 10        | 50                 | 80  | 16     | 16,30 | 12,70              | 130 | 25     | 52,00 | 41,50              | 28,50          | 28,50  | 20,80 | 156,00             | 91,50  | 30,50          | 93,00  | 73,00              | 170,00 | 156,00 | 170,00         | 170,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 156,00         | 156,00 | 127,00 |
| 11        | 55                 | 90  | 18     | 22,00 | 17,30              | 140 | 26     | 57,00 | 45,50              | 31,00          | 31,00  | 24,00 | 170,00             | 100,00 | 31,00          | 96,50  | 76,50              | 180,00 | 170,00 | 180,00         | 180,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 170,00         | 170,00 | 140,00 |
| 12        | 60                 | 95  | 18     | 21,60 | 17,60              | 150 | 28     | 65,50 | 54,00              | 39,00          | 39,00  | 29,00 | 180,00             | 114,00 | 32,50          | 102,00 | 81,50              | 196,00 | 180,00 | 196,00         | 196,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 180,00         | 180,00 | 156,00 |
| 13        | 65                 | 100 | 18     | 24,00 | 20,00              | 160 | 30     | 72,00 | 61,00              | 45,00          | 45,00  | 32,50 | 200,00             | 127,00 | 32,50          | 104,00 | 83,00              | 200,00 | 196,00 | 200,00         | 200,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 170,00 |
| 14        | 70                 | 110 | 20     | 30,50 | 25,00              | 170 | 32     | 85,00 | 71,00              | 50,00          | 50,00  | 37,50 | 224,00             | 140,00 | 37,50          | 114,00 | 93,00              | 224,00 | 200,00 | 224,00         | 224,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 180,00 |
| 15        | 75                 | 115 | 20     | 31,50 | 27,00              | 180 | 34     | 96,50 | 80,00              | 54,00          | 54,00  | 41,50 | 250,00             | 156,00 | 41,50          | 127,00 | 104,00             | 250,00 | 224,00 | 250,00         | 250,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 180,00 |
| 16        | 80                 | 125 | 22     | 37,50 | 32,00              | 190 | 34     | 96,50 | 80,00              | 54,00          | 54,00  | 41,50 | 280,00             | 180,00 | 41,50          | 140,00 | 114,00             | 280,00 | 250,00 | 280,00         | 280,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 180,00 |
| 17        | 85                 | 130 | 22     | 39,00 | 34,00              | 200 | 34     | 96,50 | 80,00              | 54,00          | 54,00  | 41,50 | 310,00             | 200,00 | 41,50          | 156,00 | 127,00             | 310,00 | 280,00 | 310,00         | 310,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 180,00 |
| 18        | 90                 | 140 | 24     | 45,50 | 40,00              | 210 | 34     | 96,50 | 80,00              | 54,00          | 54,00  | 41,50 | 340,00             | 224,00 | 41,50          | 170,00 | 140,00             | 340,00 | 310,00 | 340,00         | 340,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 180,00 |
| 19        | 95                 | 145 | 24     | 47,50 | 42,50              | 220 | 34     | 96,50 | 80,00              | 54,00          | 54,00  | 41,50 | 370,00             | 250,00 | 41,50          | 180,00 | 156,00             | 370,00 | 310,00 | 370,00         | 370,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 180,00 |
| 20        | 100                | 150 | 24     | 47,50 | 42,50              | 230 | 34     | 96,50 | 80,00              | 54,00          | 54,00  | 41,50 | 400,00             | 280,00 | 41,50          | 196,00 | 170,00             | 400,00 | 310,00 | 400,00         | 400,00             | 37,5  | 224,00 | 200,00 | 196,00         | 196,00 | 180,00 |

- 1) Roulement avec bague de serrage : pour ces roulements, il faut faire attention que le diamètre d<sub>1</sub> de l'alésage de la bague de serrage est 5 mm (à partir de la référence 14 de 10 mm) plus petit que le diamètre du logement du roulement.
- 2) Cette série n'est valable que pour d = 5... 9 mm.
- 3) La figure présente le type de construction NU.
- 4) La largeur de bague intérieure est b.



Tab.4(Suite).Dimensions principale en mm et charge dynamique de base C et charge statique de base C<sub>0</sub> en kN

| Référence | Type de roulement |     | Série: |                | 63     |                | 64    |                | 13 (K) |                | NU 311 NUP 311 |                | NU 312 NUP 312 |                | 203    |                |
|-----------|-------------------|-----|--------|----------------|--------|----------------|-------|----------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|----------------|
|           | A                 | B   | C      | C <sub>0</sub> | C      | C <sub>0</sub> | C     | C <sub>0</sub> | C      | C <sub>0</sub> | C              | C <sub>0</sub> | C              | C <sub>0</sub> | C      | C <sub>0</sub> |
| 00        | 10                | 35  | 6,40   | 3,80           | 18,30  | 12,70          | 7,35  | 2,40           | 16,60  | 9,30           | 14,25          | 20,00          | 13,20          | 23,60          | 16,00  |                |
| 01        | 12                | 37  | 7,65   | 4,75           | 24,00  | 17,00          | 7,50  | 2,65           | 21,60  | 12,20          | 15,25          | 24,50          | 16,30          | 31,50          | 22,00  |                |
| 02        | 15                | 42  | 8,80   | 5,50           | 28,00  | 20,00          | 9,80  | 3,75           | 27,50  | 16,00          | 18,25          | 30,00          | 20,80          | 41,50          | 29,00  |                |
| 03        | 17                | 47  | 10,60  | 6,70           | 33,50  | 24,00          | 9,80  | 4,05           | 36,50  | 21,60          | 20,75          | 53,00          | 38,00          | 50,00          | 36,50  |                |
| 04        | 20                | 52  | 13,40  | 8,80           | 43,00  | 32,00          | 14,00 | 6,10           | 41,50  | 25,50          | 22,75          | 65,50          | 48,00          | 65,50          | 50,00  |                |
| 05        | 25                | 62  | 17,60  | 11,60          | 50,00  | 37,50          | 23,20 | 12,50          | 53,00  | 33,50          | 25,25          | 81,50          | 63,00          | 75,00          | 57,00  |                |
| 06        | 30                | 72  | 22,80  | 15,60          | 60,00  | 46,50          | 30,00 | 16,30          | 67,00  | 42,50          | 27,25          | 96,50          | 76,50          | 93,00          | 72,00  |                |
| 07        | 35                | 80  | 26,00  | 18,30          | 69,50  | 53,00          | 32,50 | 18,30          | 81,90  | 53,00          | 29,25          | 114,00         | 90,00          | 104,00         | 83,00  |                |
| 08        | 40                | 90  | 33,50  | 24,00          | 78,00  | 64,00          | 40,50 | 22,80          | 102,00 | 67,00          | 31,5           | 134,00         | 108,00         | 127,00         | 104,00 |                |
| 09        | 45                | 100 | 41,50  | 30,50          | 85,00  | 71,00          | 45,00 | 27,00          | 114,00 | 76,50          | 33,5           | 153,00         | 125,00         | 146,00         | 120,00 |                |
| 10        | 50                | 110 | 48,00  | 36,50          | 95,00  | 86,50          | 49,00 | 30,00          | 127,00 | 85,00          | 36             | 176,00         | 143,00         | 160,00         | 132,00 |                |
| 11        | 55                | 120 | 60,00  | 45,50          | 102,00 | 91,50          | 58,50 | 36,00          | 150,00 | 102,00         | 38             | 200,00         | 163,00         | 190,00         | 156,00 |                |
| 12        | 60                | 130 | 64,00  | 49,00          | 110,00 | 102,00         | 62,00 | 39,00          | 180,00 | 125,00         | 40             | 224,00         | 186,00         | 208,00         | 173,00 |                |
| 13        | 65                | 140 | 72,00  | 57,00          | 129,00 | 116,00         | 69,50 | 43,00          | 212,00 | 150,00         | 42,5           | 255,00         | 212,00         | 232,00         | 193,00 |                |
| 14        | 70                | 150 | 81,50  | 64,00          | 137,00 | 127,00         | 76,50 | 49,00          | 224,00 | 160,00         | 44,5           | 275,00         | 232,00         | 255,00         | 216,00 |                |
| 15        | 75                | 160 | 83,00  | 68,00          | 153,00 | 137,00         | 85,00 | 56,00          | 255,00 | 186,00         | 46,5           | 300,00         | 250,00         | 285,00         | 240,00 |                |
| 16        | 80                | 170 | 90,00  | 73,50          | 166,00 | 146,00         | 85,00 | 56,00          | 290,00 | 216,00         | 49,5           | 365,00         | 315,00         | 305,00         | 255,00 |                |
| 17        | 85                | 180 | 98,00  | 85,00          | 190    | 166,00         | 85,00 | 56,00          | 335,00 | 250,00         | 51,5           | 400,00         | 345,00         | 335,00         | 280,00 |                |
| 18        | 90                | 190 | 106,00 | 91,50          | 200    | 166,00         | 85,00 | 56,00          | 380,00 | 290,00         | 53,5           | 400,00         | 345,00         | 335,00         | 280,00 |                |
| 19        | 95                | 200 | 112,00 | 102,00         | 210    | 166,00         | 85,00 | 56,00          | 440,00 | 335,00         | 54,5           | 390,00         | 290,00         | 365,00         | 310,00 |                |
| 20        | 100               | 215 | 129,00 | 122,00         | 225    | 166,00         | 85,00 | 56,00          | 520,00 | 400,00         | 59,5           | 390,00         | 290,00         | 415,00         | 365,00 |                |
| 21        | 105               | 225 | 137,00 | 134,00         | 225    | 166,00         | 85,00 | 56,00          | 570,00 | 450,00         |                |                |                |                |        |                |
| 22        | 110               | 240 | 150,00 | 150,00         | 225    | 166,00         | 85,00 | 56,00          | 630,00 | 490,00         |                |                |                |                |        |                |
| 24        | 120               | 260 | 166,00 | 176,00         | 225    | 166,00         | 85,00 | 56,00          |        |                |                |                |                |                |        |                |
| 26        | 130               | 280 | 180,00 | 196,00         | 225    | 166,00         | 85,00 | 56,00          |        |                |                |                |                |                |        |                |
| 28        | 140               | 300 | 200,00 | 228,00         | 225    | 166,00         | 85,00 | 56,00          |        |                |                |                |                |                |        |                |
| 30        | 150               | 320 | 224,00 | 270,00         | 225    | 166,00         | 85,00 | 56,00          |        |                |                |                |                |                |        |                |

1), 3) et 4) : Voir notes à la page 5) Ces dimensions ne sont valables que pour la série 64.



Tab.4(Suite).Dimensions principale en mm et charge dynamique de base C et charge statique de base C<sub>0</sub> en kN

| Reference | Type de roulement: |     | Série: |                |                              |                |                                     |                |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
|-----------|--------------------|-----|--------|----------------|------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|----------------|--------------------------------|--------|----------------|--------|----------------|--|
|           |                    |     | 32     |                | 22<br>22 ... K <sup>1)</sup> |                | NU 22 <sup>2)</sup> NJ 22<br>NUP 22 |                | 322 <sup>3)</sup> |                | 222<br>222 ... K <sup>1)</sup> |        |                |        |                |  |
|           | d                  | D   | b      | b <sub>1</sub> | C                            | C <sub>0</sub> | C                                   | C <sub>0</sub> | C                 | C <sub>0</sub> | B                              | C      | C <sub>0</sub> | C      | C <sub>0</sub> |  |
| 00        | 10                 | 30  | 14     | 14,0           | 7,35                         | 5,30           | 5,70                                | 1,73           |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
| 01        | 12                 | 32  | 14     | 15,9           | 8,80                         | 6,40           | 5,85                                | 1,96           |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
| 02        | 15                 | 35  | 14     | 15,9           | 10,20                        | 7,80           | 6,00                                | 2,20           |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
| 03        | 17                 | 40  | 16     | 17,5           | 11,80                        | 9,30           | 7,65                                | 2,85           | 14,60             | 8,50           |                                |        |                |        |                |  |
| 04        | 20                 | 47  | 18     | 20,6           | 16,30                        | 13,20          | 9,80                                | 4,00           | 19,30             | 11,40          |                                |        |                |        |                |  |
| 05        | 25                 | 52  | 18     | 20,6           | 18,00                        | 15,60          | 9,80                                | 4,30           | 22,00             | 13,70          |                                |        |                |        |                |  |
| 06        | 30                 | 62  | 20     | 23,8           | 24,50                        | 22,00          | 12,00                               | 5,85           | 30,50             | 19,60          |                                |        |                |        |                |  |
| 07        | 35                 | 72  | 23     | 27             | 34,50                        | 32,50          | 17,00                               | 8,30           | 45,50             | 31,00          | 21,25                          | 46,50  | 37,50          | 40,00  | 28,50          |  |
| 08        | 40                 | 80  | 23     | 30,2           | 38,00                        | 35,50          | 17,60                               | 9,65           | 55,00             | 37,50          | 24,75                          | 61,00  | 50,00          | 51,00  | 37,50          |  |
| 09        | 45                 | 85  | 23     | 30,2           | 43,00                        | 43,00          | 18,30                               | 10,80          | 57,00             | 40,00          | 24,75                          | 69,50  | 56,00          | 58,50  | 45,50          |  |
| 10        | 50                 | 90  | 23     | 30,2           | 45,50                        | 45,50          | 18,30                               | 11,60          | 60,00             | 43,00          | 24,75                          | 72,00  | 58,50          | 60,00  | 44,00          |  |
| 11        | 55                 | 100 | 25     | 33,3           | 50,00                        | 53,00          | 20,80                               | 13,40          | 68,00             | 49,00          | 26,75                          | 76,50  | 64,00          | 68,00  | 53,00          |  |
| 12        | 60                 | 110 | 28     | 36,5           | 64,00                        | 67,00          | 26,50                               | 17,00          | 93,00             | 69,50          | 29,75                          | 96,50  | 81,50          | 85,00  | 68,00          |  |
| 13        | 65                 | 120 | 31     | 38,1           | 68,00                        | 75,00          | 34,00                               | 22,00          | 110,00            | 85,00          | 32,75                          | 116,00 | 100,00         | 98,00  | 80,00          |  |
| 14        | 70                 | 125 | 31     | 39,7           | 76,50                        | 83,00          | 34,50                               | 23,20          | 110,00            | 85,00          | 33,25                          | 137,00 | 118,00         | 120,00 | 96,50          |  |
| 15        | 75                 | 130 | 31     | 41,3           | 80,00                        | 88,00          | 34,50                               | 24,50          | 125,00            | 96,50          | 33,25                          | 143,00 | 125,00         | 134,00 | 112,00         |  |
| 16        | 80                 | 140 | 33     | 44,4           | 88,00                        | 100,00         | 40,00                               | 28,50          | 140,00            | 108,00         | 35,25                          | 150,00 | 134,00         | 140,00 | 116,00         |  |
| 17        | 85                 | 150 | 36     | 49,2           | 104,00                       | 120,00         | 45,50                               | 32,00          | 160,00            | 127,00         | 38,5                           | 173,00 | 156,00         | 166,00 | 140,00         |  |
| 18        | 90                 | 160 | 40     | 52,4           | 116,00                       | 134,00         | 55,00                               | 39,00          | 190,00            | 153,00         | 42,5                           | 200,00 | 180,00         | 190,00 | 163,00         |  |
| 19        | 95                 | 170 | 43     | 55,6           |                              |                |                                     |                |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
| 20        | 100                | 180 | 46     | 60,3           | 150,00                       | 180,00         | 76,50                               | 54,00          | 240,00            | 196,00         | 49                             | 228,00 | 208,00         | 224,00 | 193,00         |  |
|           |                    |     |        |                |                              |                |                                     |                |                   |                |                                | 300,00 | 280,00         | 285,00 | 245,00         |  |

| Reference | Type de roulement: |     | Série: |                |                              |                |                                     |                |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
|-----------|--------------------|-----|--------|----------------|------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|----------------|--------------------------------|--------|----------------|--------|----------------|--|
|           |                    |     | 33     |                | 23<br>23 ... K <sup>1)</sup> |                | NU 23 <sup>3)</sup> NJ 23<br>NUP 23 |                | 323 <sup>4)</sup> |                | 223<br>223 ... K <sup>1)</sup> |        |                |        |                |  |
|           | d                  | D   | b      | b <sub>1</sub> | C                            | C <sub>0</sub> | C                                   | C <sub>0</sub> | C                 | C <sub>0</sub> | B                              | C      | C <sub>0</sub> | C      | C <sub>0</sub> |  |
| 02        | 15                 | 42  | 17     | 19             | 13,20                        | 10,40          | 9,30                                | 3,25           |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
| 03        | 17                 | 47  | 19     | 22,2           | 18,60                        | 15,00          | 11,40                               | 4,05           |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
| 04        | 20                 | 52  | 21     | 22,2           | 19,00                        | 15,60          | 14,30                               | 5,40           | 31,00             | 19,30          | 20,25                          | 31,50  | 22,80          | 40,00  | 30,50          |  |
| 05        | 25                 | 62  | 24     | 25,4           | 26,00                        | 22,40          | 19,00                               | 7,65           | 40,00             | 25,50          | 25,25                          | 55,00  | 41,50          | 71,00  | 56,00          |  |
| 06        | 30                 | 72  | 27     | 30,2           | 33,50                        | 30,50          | 24,50                               | 10,20          | 48,00             | 31,50          | 28,75                          | 71,00  | 56,00          | 88,00  | 71,00          |  |
| 07        | 35                 | 80  | 31     | 34,9           | 44,00                        | 40,00          | 31,00                               | 12,90          | 58,50             | 39,00          | 32,75                          | 88,00  | 71,00          |        |                |  |
| 08        | 40                 | 90  | 33     | 36,5           | 54,00                        | 52,00          | 35,50                               | 16,00          | 75,00             | 52,00          | 35,25                          | 106,00 | 90,00          | 98,00  | 72,00          |  |
| 09        | 45                 | 100 | 36     | 39,7           | 65,50                        | 65,50          | 42,50                               | 19,60          | 98,00             | 68,00          | 38,25                          | 134,00 | 118,00         | 118,00 | 88,00          |  |
| 10        | 50                 | 110 | 40     | 44,4           | 80,00                        | 80,00          | 51,00                               | 24,00          | 120,00            | 88,00          | 42,25                          | 163,00 | 143,00         | 156,00 | 120,00         |  |
| 11        | 55                 | 120 | 43     | 49,2           | 90,00                        | 93,00          | 58,50                               | 28,50          | 137,00            | 98,00          | 45,5                           | 186,00 | 166,00         | 176,00 | 137,00         |  |
| 12        | 60                 | 130 | 46     | 54             | 104,00                       | 110,00         | 68,00                               | 33,50          | 156,00            | 114,00         | 48,5                           | 212,00 | 190,00         | 204,00 | 160,00         |  |
| 13        | 65                 | 140 | 48     | 58,7           | 120,00                       | 127,00         | 75,00                               | 39,00          | 176,00            | 129,00         | 51                             | 240,00 | 216,00         | 228,00 | 180,00         |  |
| 14        | 70                 | 150 | 51     | 63,5           | 132,00                       | 143,00         | 85,00                               | 45,50          | 208,00            | 160,00         | 54                             | 275,00 | 250,00         | 280,00 | 224,00         |  |
| 15        | 75                 | 160 | 55     | 68,3           | 150,00                       | 163,00         | 95,00                               | 51,00          | 255,00            | 200,00         | 58                             | 315,00 | 290,00         | 305,00 | 255,00         |  |
| 16        | 80                 | 170 | 58     | 68,3           | 163,00                       | 180,00         | 106,00                              | 58,50          | 255,00            | 200,00         | 61,5                           | 355,00 | 325,00         | 335,00 | 270,00         |  |
| 17        | 85                 | 180 | 60     | 73             | 183,00                       | 208,00         | 110,00                              | 63,00          | 300,00            | 232,00         | 63,5                           | 380,00 | 355,00         | 380,00 | 315,00         |  |
| 18        | 90                 | 190 | 64     | 73             | 200,00                       | 236,00         | 120,00                              | 69,50          | 305,00            | 236,00         | 67,5                           | 430,00 | 405,00         | 415,00 | 340,00         |  |
| 19        | 95                 | 200 | 67     | 77,8           |                              |                |                                     |                |                   |                | 71,5                           | 440,00 | 415,00         | 455,00 | 390,00         |  |
| 20        | 100                | 215 | 73     | 82,6           | 232,00                       | 290,00         | 150,00                              | 95,00          | 430,00            | 355,00         | 77,5                           |        |                | 540,00 | 455,00         |  |
| 21        | 105                | 225 | 77     | 87,3           |                              |                |                                     |                |                   |                |                                |        |                |        |                |  |
| 22        | 110                | 240 | 80     | 92,1           |                              |                |                                     |                |                   |                |                                |        |                |        |                |  |

1), 3) et 4) Voir notes à la page 342.

