

21/06/2018

Nom :**Prénom :****Groupe :**

Pour chaque question, répondez de façon synthétique. Vous pouvez joindre à cette feuille les feuilles avec le détail de vos calculs. Indiquer votre nom dessus. Les figures sont placées en annexes. Le barème est indicatif !

1 Ressorts en Série (5pts)

On considère le montage de ressorts en série représenté Figure 1 pour lequel le déplacement de l'index doit être égal au tiers déplacement y . le ressort n°2 possède les caractéristiques suivantes:

- diamètre du fil $d=5\text{mm}$
- pas $p=10\text{mm}$
- Nombre de spires total $N_{\text{TOT}}=15$
- Diamètre moyen $D=36\text{mm}$
- Extrémités rapprochées et meulées,
- Matériau : fil d'acier à piano $\tau_E=980\text{ MPa}$, $\tau_D=470\text{ MPa}$, $G=80\text{ GPa}$

Seule la contrainte de torsion est considérée

1.1 Déterminer la raideur du ressort n°1, K_1

1.2 La force nécessaire pour l'écrasement à spires jointives du ressort n°2, $F_{B,2}$

1.3 Déterminer le facteur de sécurité du ressort n°2 :

- en statique lorsqu'il subit une force égale à $0.70 * F_{B,2}$,
- en fatigue pour une force de compression variant entre 0 et $0.70 * F_{B,2}$

2 Boulonnage d'un couvercle de réservoir (5pts)

Il s'agit de déterminer la classe de qualité (X.Y) des 24 boulons M8*1,25 ($A_s=36,6 \text{ mm}^2$) utilisés pour serrer le couvercle (C) du réservoir (R) sous pression représenté Figure 2. La pression interne p varie de 0 à 0,7 MPa. On considère une force de pré-serrage tel que $F_0 \leq 0,6 \cdot A_s \cdot \sigma_E$. On souhaite un serrage résiduel entre les pièces tel que $F_{C/R} = 0,2 \cdot F_{P_MAX/C}$. Les boulons et les pièces serrées ont un module d'Young $E=210000 \text{ MPa}$.

2.1 Déterminer la force exercée par le gaz sous pression sur le couvercle $F_{P_MAX/C}$ pour $p_{MAX}=0.7 \text{ MPa}$. En déduire la force exercée par le couvercle sur chaque boulon $F_{C/B}$

2.2 Déterminer le facteur de rigidité d'assemblage $\lambda = (K_B/K_A + K_B)$. Les vis sont filetées sur toute leur longueur. Les surfaces de contact tête_de_vis/couvercle et écrous/couvercle sont de diamètre extérieur 13mm, les trous de passage des vis ont un diamètre égal à 9mm.

2.3 Déterminer le serrage F_0 (en mode optimisé). Déterminer la limite élastique σ_E qu'il faudrait pour les vis.

2.4 On souhaite un facteur de sécurité en fatigue $\geq 1,8$; A partir d'un critère de résistance de Goodmann, déterminer la résistance à la rupture σ_r que doivent avoir les vis pour satisfaire ce critère. En déduire la classe de qualité des boulons à partir des vis du tableau de la Figure 3.

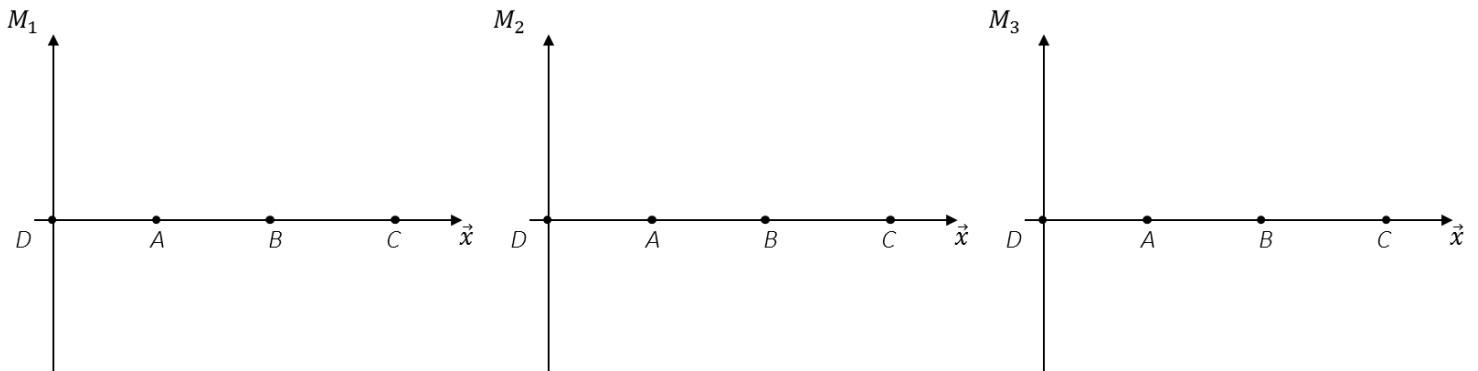
3 Arbre de transmission, dimensionnement en fatigue (XX pts)

On considère l'arbre de réducteur à engrenages représenté Figure 4. L'arbre est plein et de diamètre uniforme d , il est en acier et ses caractéristiques de résistance sont $\sigma_E = 270$ MPa et $\sigma_r = 500$ MPa. L'arbre supporte deux roues dentées de centres A et B dont les efforts à l'engrènement sont représentés sur la Figure 4.

On souhaite calculer le diamètre de l'arbre à partir d'un critère de résistance en fatigue et avec un coefficient de sécurité de 1,6. Le cisaillement due aux efforts tranchants sera négligé.

3.1 Calculer les réactions des paliers sur l'arbre \vec{F}_C et \vec{F}_D , le détail des calculs devra être fourni avec la feuille réponse.

3.2 Déterminer la section critique de l'arbre avec $\vec{F}_C(0, 6602, 9315)$ et $\vec{F}_D(0, 5710, 1961)$, on tracera uniquement les diagrammes des moments du torseur de cohésion entre les points D et C, ci-dessous. Conclure sur la section critique où il faut faire le dimensionnement.



3.3 Quel que soit le résultat trouvé précédemment, on se place dans la section B. Le torseur de cohésion est donné en B- ci-contre. Déterminer le diamètre minimum de l'arbre en utilisant le critère de Goodman avec un coefficient de sécurité de 1,6. On considèrera un moment de flexion résultant à partir de M_2 et M_3

$$\{F_{D/G}\} = \begin{cases} N_1 = 0 & M_1 = -3947 \\ T_2 = -1610 & M_2 = -4192 \\ T_3 = 13240 & M_3 = 2971 \end{cases}_{B-, [\vec{l}_1, \vec{l}_2, \vec{l}_3]}$$

3.4 Déterminer le diamètre minimum de l'arbre à partir d'un critère statique et avec le même coefficient de sécurité.

4 Assemblage fretté – vissé (5 pts)

On considère la liaison complète entre un arbre (1) et un moyeu (2) dont le montage est présenté Figure 5. Cette liaison est réalisée par adhérence entre deux surfaces cylindriques et deux surfaces planes. La liaison doit permettre la transmission d'un couple C .

Données : les pièces sont toutes en acier $E= 210000 \text{ MPa}$, $\nu=0,3$. Le coefficient de frottement entre les pièces 1 et 2 $\mu_{12}=0,14$, entre 3 et 4 $\mu_{34}=0,1$; entre 3 et 2 $\mu_{32}=0,13$, et entre 4 et 1 $\mu_{41}= 0,14$. On considère un facteur pondérateur pour la transmission du couple par frottement $k=1,5$. Un coefficient de sécurité $\alpha=1.25$ est considéré par rapport à la limite élastique. La vis est une M20-50 de pas 2,5; l'ajustement arbre-moyeu est $\emptyset 30H6r6$. La précision du serrage de la vis est de $\pm 8\%$.

4.1 *Etude de la liaison complète par frettage des portées cylindriques. Dans cette partie on suppose que l'effort exercé par la vis ne participe pas à la transmission du couple.*

4.1.1 Déterminer les plus petit et grand couples transmissibles C_{MIN} et C_{MAX} pour toutes les pièces répondant à la cotation définie par l'ajustement $\emptyset 30H6r6$.

4.1.2 Dans le but de choisir des nuances d'acier, déterminer une limite élastique minimale pour l'arbre et le moyeu

4.1.3 On utilise la vis pour emmancher le moyeu (2) sur l'arbre (1). Calculer l'effort axial minimal que doit exercer la vis sur la pièce 2, afin de pouvoir monter toutes les pièces conformes à la cotation.

4.2 *Assemblage vissé. L'effort axial de montage du moyeu (2) sur l'arbre (1) est $F=18600\text{N}$.*

4.2.1 Déterminer le couple nominal de serrage de la vis C_s

4.2.2 Déterminer le couple transmissible par la surface de contact plane entre (1) et (2) soumise à l'effort F . En déduire le couple total transmissible par la liaison.

5 Durée de vie des roulements d'une meuleuse (5 pts)

On considère le montage de roulements à billes à contact oblique supportant la broche d'une rectifieuse, tel que représenté Figure 6. Dans le cas du chargement le plus défavorable, on admet que le torseur au point M des efforts de coupe s'écrit : avec $\{\vec{F} = T\vec{y} + A\vec{z} | \overline{M(M)} = \vec{0}\}$ avec $A = 480 \text{ N}$ et $T = 90 \text{ N}$. L'entraînement de la broche se fait par l'intermédiaire d'un accouplement transmettant un couple pur d'axe (O, \vec{z}) . La broche tourne à 6000 tr/min . Les roulements sont de référence 7205BECPB.

Données de roulements : $Y=0.57$, $X=0.35$, $e=1,14$

5.1 Montrer que les efforts radiaux valent F_{R_A} et F_{R_B} (Justification obligatoire sur feuille jointe).

5.2 Calculer la durée de vie en heure des roulements.

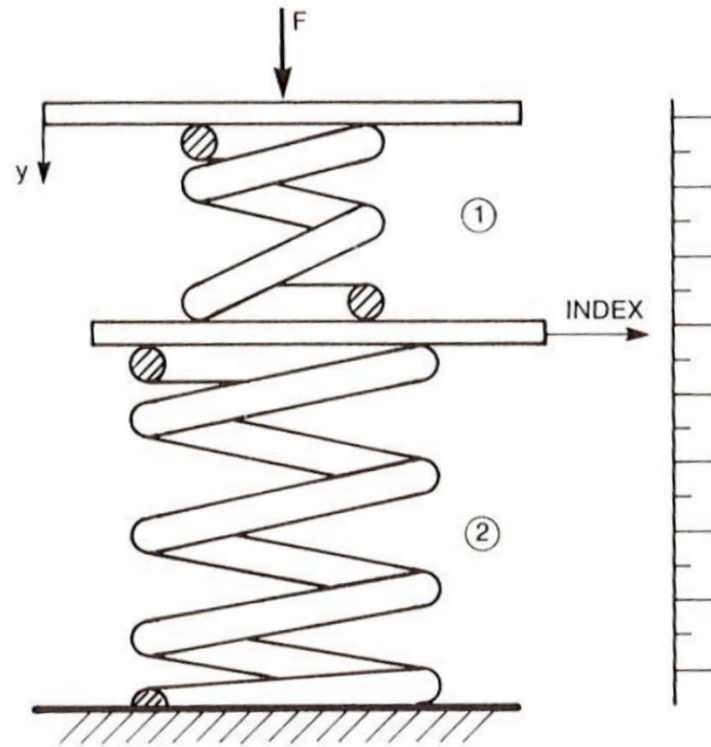


Figure 1 : Ressorts en série.

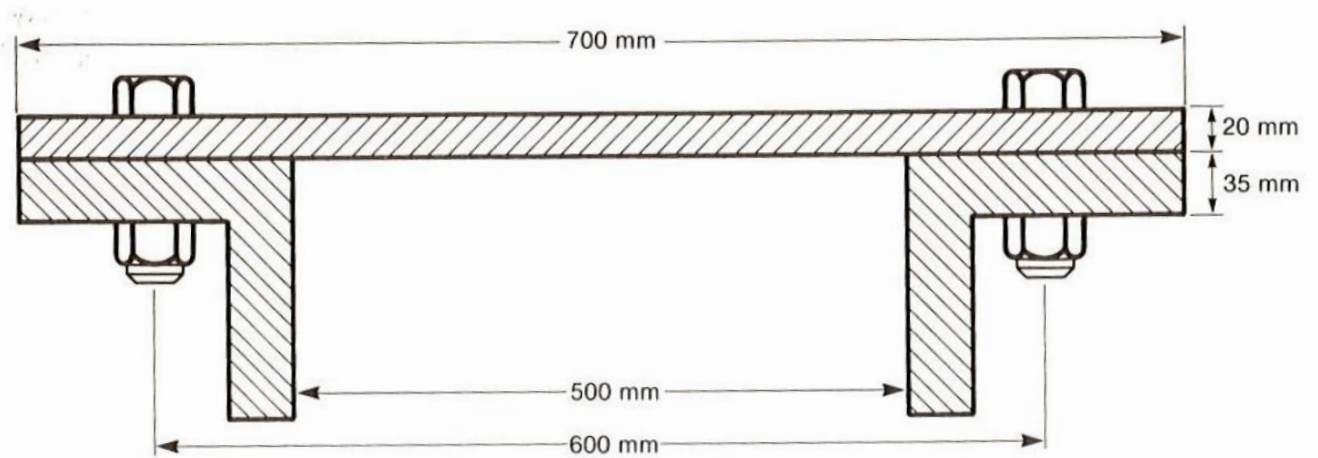


Figure 2 : Boulonnage d'un couvercle de réservoir.

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| marquage des têtes | 3.6 | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 9.8 | 10.9 | 12.9 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|

Figure 3 : Classes de qualité de vis

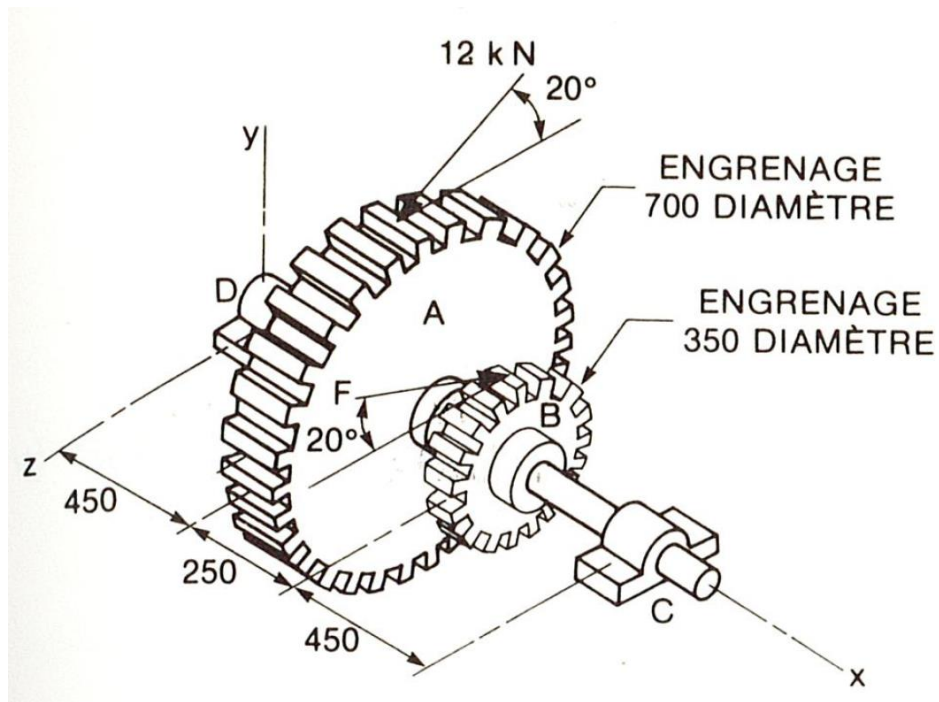


Figure 4 : Arbre de réducteur à engrenages.

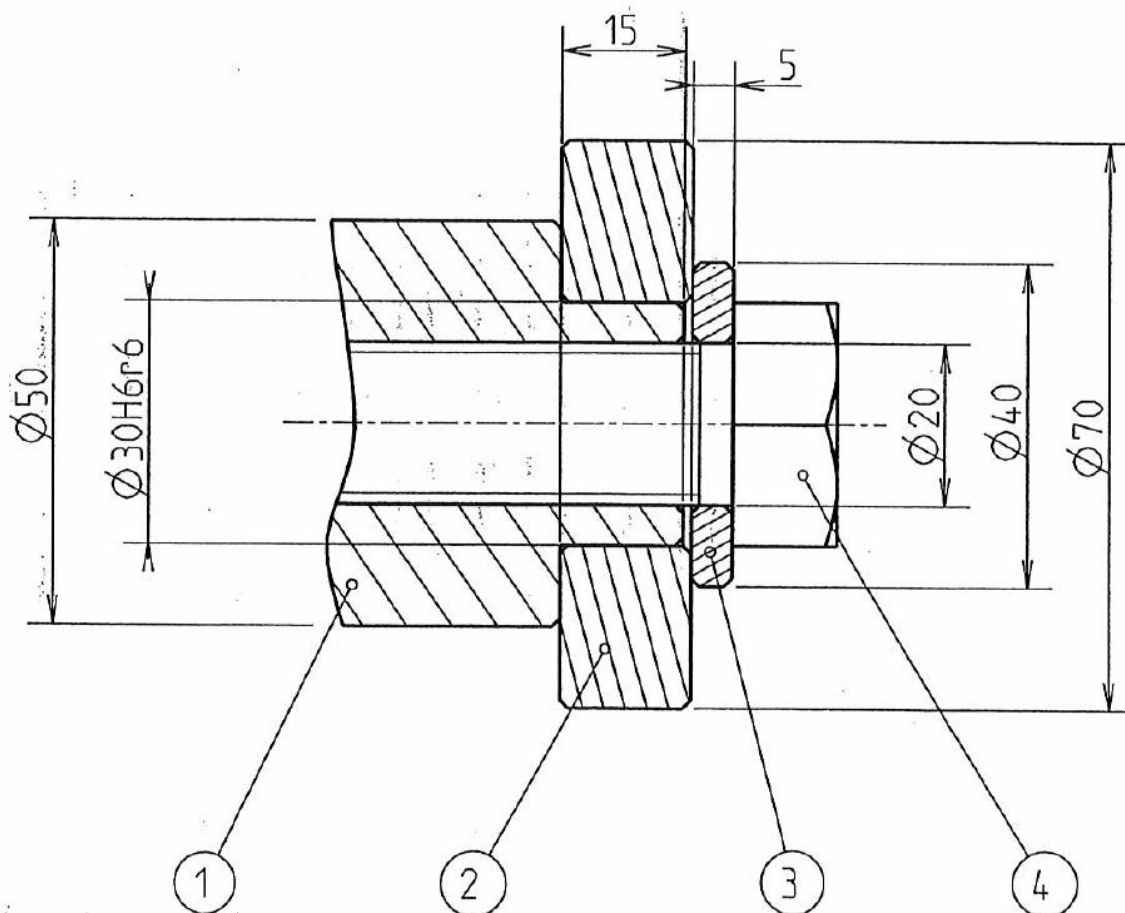


Figure 5 : Assemblage mixte fretté - vissé.

ANNEXE AJUSTEMENTS

Tableau 1 : Ecart fondamentaux en μ (extrait)

| Φ | ARBRES | | | | | | | | | | | ALESAGES | | | | | | | | |
|------------|-----------------|-----|-----|----|-----------------|-----|-----|-----|------|------|-----|----------------|----|----------------|----------------------|----------------|----------|----|----|----|
| | Ecart sup. (Es) | | | | Ecart inf. (Ei) | | | | | | | Ecart inf (Ei) | | | Ecart supérieur (Es) | | | | | |
| | e | f | g | h | K ¹ | m | n | p | r | s | F | G | H | K ¹ | M | P ² | Δ | | | |
| <3 | -14 | -6 | -2 | -0 | +0 | +2 | +4 | +6 | +10 | +14 | +6 | +2 | +0 | 0 | -2 | -2 | -6 | 0 | 0 | 0 |
| >3 | 20 | -10 | -4 | -0 | +0 | +4 | +8 | +12 | +15 | +19 | +10 | +4 | +0 | -1 | -4 | -4 | -12 | 3 | 4 | 6 |
| >6 | -25 | -13 | -5 | -0 | +0 | +6 | +10 | +15 | +19 | +23 | +13 | +5 | +0 | -1 | -6 | -6 | -15 | 3 | 6 | 7 |
| >10 | -32 | -16 | -6 | -0 | +0 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 | +16 | +6 | +0 | -1 | -7 | -7 | -18 | 3 | 7 | 9 |
| >18 | -40 | -20 | -7 | -0 | +0 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | +20 | +7 | +0 | -2 | -8 | -8 | -22 | 4 | 8 | 12 |
| >30 | -50 | -25 | -9 | -0 | +0 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +25 | +9 | +0 | -2 | -9 | -9 | -26 | 5 | 9 | 14 |
| >50 | | | | | | | | | +41 | +53 | | | | | | | | 6 | 11 | 16 |
| >65 | -60 | -30 | -10 | -0 | +0 | +11 | +20 | +32 | +43 | +59 | +30 | +10 | +0 | -2 | -11 | -11 | -32 | | | |
| >80 | | | | | | | | | +51 | +71 | | | | | | | | 7 | 13 | 19 |
| >100 | -72 | -36 | -12 | -0 | +0 | +13 | +23 | +37 | +54 | +79 | +36 | +12 | +0 | -3 | -13 | -13 | -37 | | | |
| >120 | | | | | | | | | +63 | +92 | | | | | | | | 7 | 15 | 23 |
| >140 | -85 | -43 | -14 | -0 | +0 | +15 | +27 | +43 | +65 | +100 | +43 | +14 | +0 | -3 | -15 | -15 | -43 | | | |
| >160 | | | | | | | | | +68 | +108 | | | | | | | | | | |
| >180 | | | | | | | | | +77 | +122 | | | | | | | | 9 | 17 | 26 |
| >200 | -100 | -50 | -15 | -0 | +0 | +17 | +31 | +50 | +80 | +130 | +50 | +15 | +0 | -4 | -17 | -17 | -50 | | | |
| >225 | | | | | | | | | +84 | +140 | | | | | | | | | | |
| >250 | | | | | | | | | +94 | +158 | | | | | | | | 9 | 20 | 29 |
| >280 | -110 | -56 | -17 | -0 | +0 | +20 | +34 | +56 | +98 | +170 | +56 | +17 | +0 | -4 | -20 | -20 | -56 | | | |
| >315 | | | | | | | | | +108 | +190 | | | | | | | | 11 | 21 | 32 |
| >355 à 400 | -125 | -62 | -18 | -0 | +0 | +21 | +37 | +62 | +114 | +208 | +62 | +18 | +0 | -4 | -21 | -21 | -62 | | | |

Nota :

- Pour les cases grisées, l'écart est la somme de la case et du delta.
- La qualité Js (alésage) et js (arbre) répartit l'écart limite à +/- IT/2
- ¹ Les écarts valent 0 pour les qualités > 8
- ² La colonne serait grisée pour les qualités < 8
- ³ Sauf pour qualités 4 à 7

Tableau 2 : Qualités normalisées des ajustements

| Qualité → ↓ Diamètre | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| <3 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 |
| >3 à 6 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 |
| >6 à 10 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 |
| >10 à 18 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 185 | 270 | 430 | 700 | 1100 |
| >18 à 30 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 |
| >30 à 50 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 |
| >50 à 80 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 |
| >80 à 120 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 |
| >120 à 180 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 |
| >180 à 250 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 |
| >250 à 315 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 |
| >315 à 400 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 |

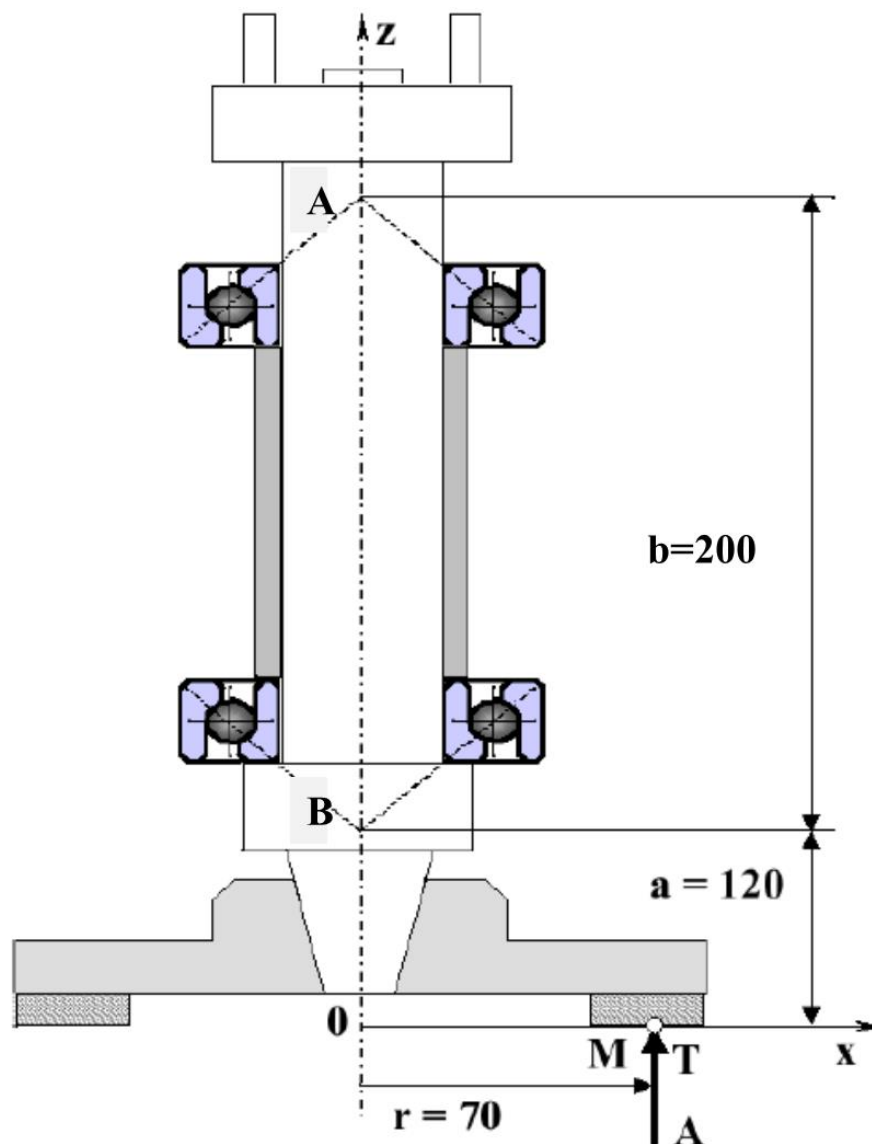


Figure 6 : Montage de roulements à billes à contacts obliques supportant la broche d'une rectifieuse.

| Dimensions d'encombrement | | | Charges de base | | Limite de fatigue | Vitesses | | Masse | Désignations* | |
|---------------------------|----|----|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------|-------|-----------------------------------|-------------------------------|
| d | D | B | C | C ₀ | P _u | Vitesse de référence | Vitesse limite | | Roulement à appariement universel | Roulement d'exécution de base |
| mm | | | kN | | kN | tr/min | | kg | - | - |
| 25 | 52 | 15 | 15,6 | 10 | 0,43 | 17 000 | 17 000 | 0,13 | 7205 BECBP | - |
| | 52 | 15 | 14,8 | 9,3 | 0,4 | 15 000 | 15 000 | 0,13 | - | 7205 BEP |
| | 52 | 15 | 15,6 | 10,2 | 0,43 | 15 000 | 15 000 | 0,13 | 7205 BEC BY | 7205 BEY |
| | 52 | 15 | 15,6 | 10 | 0,43 | 17 000 | 17 000 | 0,14 | 7205 BECBM | - |
| | 62 | 17 | 26,5 | 15,3 | 0,655 | 15 000 | 15 000 | 0,23 | 7305 BECBP | - |
| | 62 | 17 | 24,2 | 14 | 0,6 | 14 000 | 14 000 | 0,23 | - | 7305 BEP |
| | 62 | 17 | 26 | 15,6 | 0,655 | 14 000 | 14 000 | 0,24 | 7305 BEC BY | 7305 BEY |
| | 62 | 17 | 26,5 | 15,3 | 0,655 | 15 000 | 15 000 | 0,24 | 7305 BECBM | - |

Figure 7 : Données roulements (SKF).