

1) Les rayons des surfaces de contact garnitures-disques sont telles que $R_e = 64$ et $R_i = 30$ donc :

$$R_a = \frac{1}{2}(R_e + R_i) = 47$$

On a 2 surfaces frottantes de disque :

$$C = 2f4FR_a = 8fFR_a \implies F = 1596 \text{ N}$$

où $4F$ est l'effort presseur assuré par les 4 empilages de rondelles "Belleville" donc F est l'effort presseur assuré par 1 empilage de rondelles "Belleville".

Si l'effort presseur F exercé par 1 des 4 jeux de rondelles "Belleville" est égale à 1596 N, le couple transmis sera limité à 180 N.m. S'il s'avère que le couple sur l'arbre (2) est supérieur à cette valeur, il y aura frottement (donc glissement) entre les garnitures et le disque.

La pression sur la surface frottante est :

$$p = \frac{4F}{\pi(R_e^2 - R_i^2)} = 0.636 \text{ MPa} = 6.36 \text{ bar}$$

..... [3]

2) La clavette usuelle est donnée avec les cotes :

$D = 34$ (ou 36)	$A = 10$	$B = 8$	$J = D - 5$	$L = 38 - A = 28$
------------------	----------	---------	-------------	-------------------

La longueur utile est L ;

La hauteur en contact avec le moyeu est $B - (D - J) = 3$;

La surface de contact clavette-moyeu est $S = 28 * 3 = 84 \text{ mm}^2$.

Le couple $C = 180 \text{ N.m}$ engendre une force F :

$$C = F \frac{D}{2} \implies F = 10588 \text{ N} \quad (\text{ou } 10000 \text{ N})$$

Cette force engendre une pression p sur la clavette :

$$F = pS \implies p = 126 \text{ MPa} \quad (\text{ou } 119 \text{ MPa})$$

Ce qui est une pression élevée. [3]

3) La contrainte nominale dans l'arbre de diamètre $D = 34$ (ou 36) :

$$\tau_{nom} = \frac{16C}{\pi D^3} = 23.3 \text{ MPa} \quad (\text{ou } 19.6 \text{ MPa})$$

La contrainte maximum est :

$$\tau = K_T \tau_{nom} = 117 \text{ MPa} \quad (\text{ou } 98 \text{ MPa})$$

qui doit être inférieure à :

$$\frac{R_e}{2s}$$

Donc :

$$\tau < \frac{R_e}{2s} \implies R_e > 466 \text{ MPa} \quad (\text{ou } 393 \text{ MPa})$$

..... [2.5]

4)

L'engrenage fonctionne avec un jeu.

Les points de début B et fin A de contact entre les dents.

Le rapport de conduite :

$$\frac{AB}{T_1 T_2} = \frac{21}{74} \approx 0.28$$

Les vitesses de rotation (ω_1 et ω_2 positifs) des roues :

$$\vec{\Omega}(1/0) = \omega_1 \vec{z} \quad ; \quad \vec{\Omega}(2/0) = -\omega_2 \vec{z} \quad \implies \quad \vec{\Omega}(1/2) = (\omega_1 + \omega_2) \vec{z}$$

Le rapport des vitesses de glissement :

$$\frac{\|\vec{V}(A \in 1/2)\|}{\|\vec{V}(B \in 1/2)\|} = \frac{IA}{IB} = \frac{25}{28} = 0.89 = \frac{1}{1.12}$$

annonce un léger déséquilibre. [3.5]

5)

$$\sigma_{Maxi} = \frac{5.5 F_t}{b m_0} \implies F_t = \frac{\sigma_{Maxi} b m_0}{5.5} = 3000 \text{ N}$$

Les diamètres primitifs :

$$d_1 = m_0 Z_1 = 93 \quad ; \quad d_2 = m_0 Z_2 = 141$$

Les couples sur les arbres :

$$C_1 = F_t \frac{d_1}{2} = 139.5 \text{ N.m} \quad ; \quad C_2 = F_t \frac{d_2}{2} = 211.5 \text{ N.m}$$

..... [1.5]

6)

$$\sigma_{Maxi} = \frac{5.5 F_t}{b m_0} = 189 \text{ MPa}$$
$$s = \frac{220}{189} = \frac{3.5}{3} = 1.167$$

Avec les précédents diamètres primitifs, on a des nombres de dents non entiers :

$$\frac{d_1}{m_0} = 26.57 \quad ; \quad \frac{d_2}{m_0} = 40.28$$

On choisit par exemple $Z_1 = 27$ et $Z_2 = 40$ qui donne :

$$d_1 = m_0 Z_1 = 94.5 \quad ; \quad d_2 = m_0 Z_2 = 140$$

L'entraxe passe alors de 117 à 117.25, ce qui change peu.

Les couples sur les arbres :

$$C_1 = F_t \frac{d_1}{2} = 141.8 \text{ N.m} \quad ; \quad C_2 = F_t \frac{d_2}{2} = 210.0 \text{ N.m}$$

Les vitesses de rotation maxi des 2 arbres :

$$\omega_1 = \frac{\mathcal{P}}{C_1} = 70.5 \text{ rd/s} = 674 \text{ tr/mn} \quad ; \quad \omega_2 = \frac{\mathcal{P}}{C_2} = 47.6 \text{ rd/s} = 455 \text{ tr/mn}$$

On a aussi : $\omega_1 Z_1 = \omega_2 Z_2$.

Choix	Z_1	Z_2	d_1	d_2	entraxe	C_1 (N.m)	C_2 (N.m)
1	27	40	94.5	140	117.25	141.8	210.0
2	26	40	91	140	115.5	136.5	210.0
3	27	41	94.5	143.5	119	141.8	215.3
4	26	41	91	143.5	117.25	136.5	215.3

..... [3]

7) La pression conventionnelle est définie par :

$$p_c = \frac{F_r}{Ld}$$

où l'on mesure $d = 34$ (ou 36) et $L = 17$ (et non 19!) ce qui donne l'effort radial limite :

$$F_r = p_c L d = 289 \text{ N} \quad (\text{ou } 306 \text{ N})$$

La condition de non grippage donnerait une autre valeur d'effort limite [1.5]

8) [2]



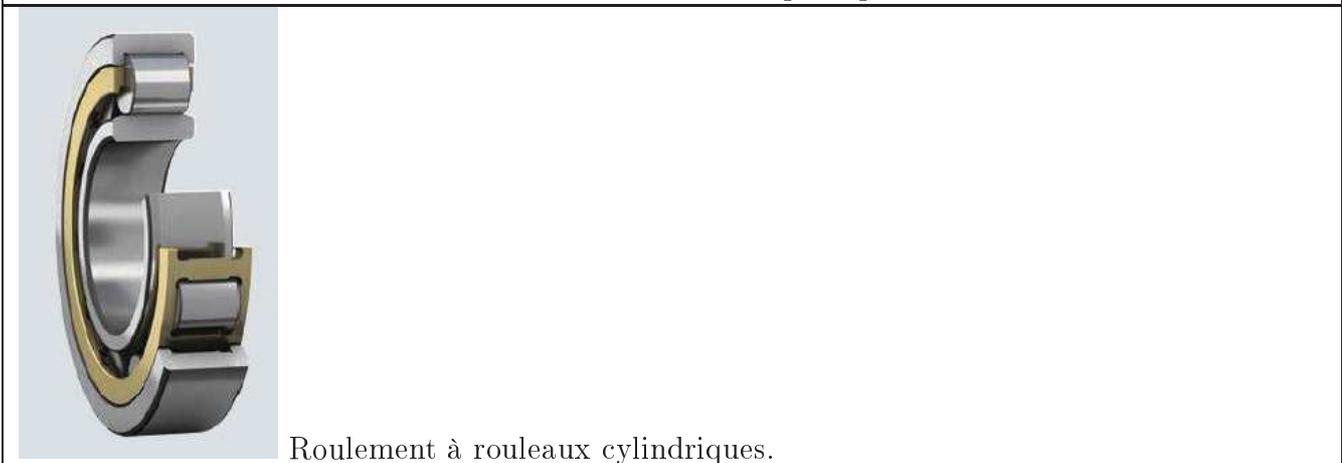
Joint d'étanchéité toriques



Courroie crantée asynchrone



Engrenage conique à denture droite



Roulement à rouleaux cylindriques.

TABLE 1 – Noms des pièces

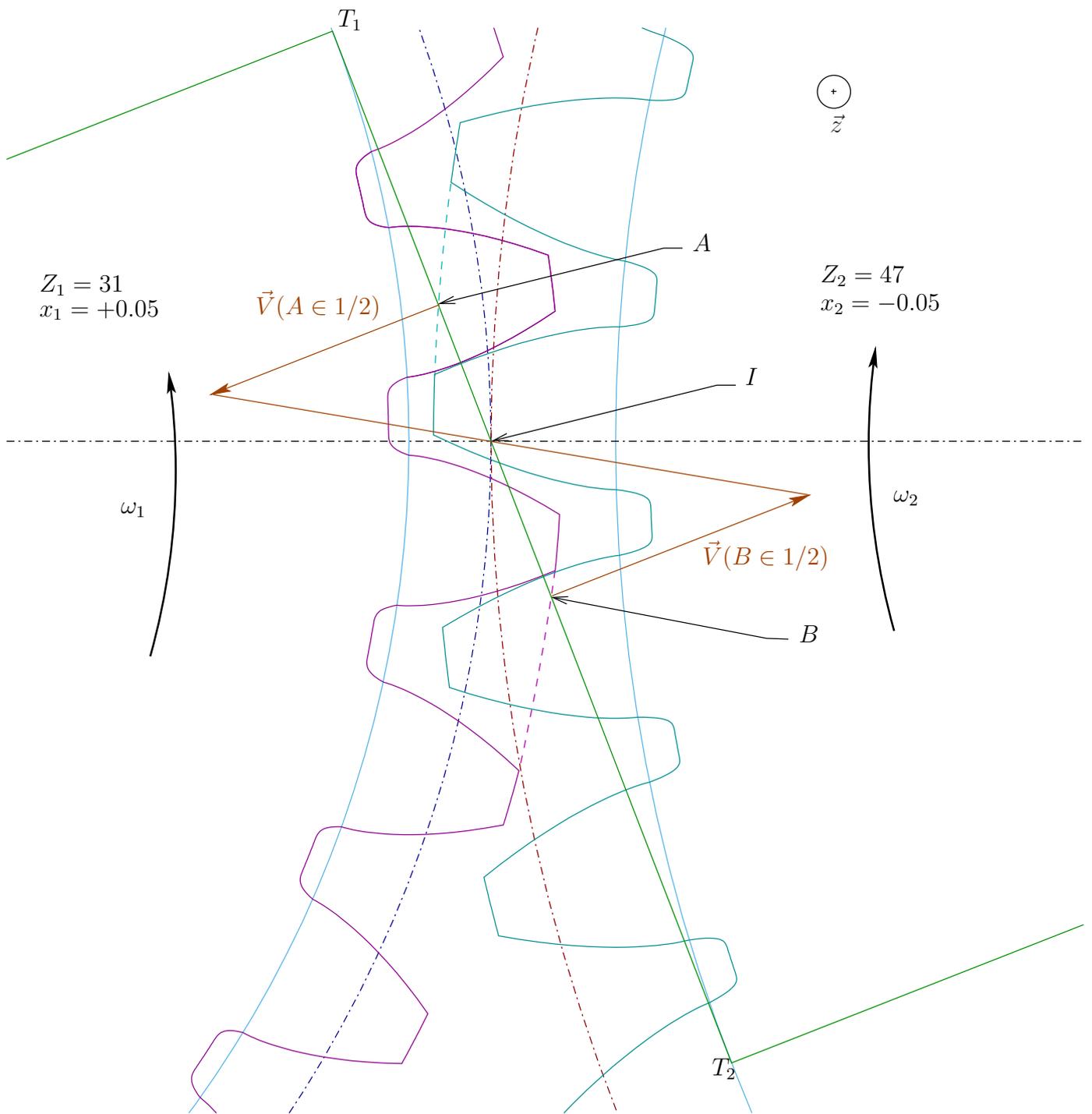


FIGURE 1 – Représentation du contact au niveau d'un engrenage.