Licence L2 - Parcours Mécanique
Examen Technologie Mécanique
1$^{\text{ère}}$ session 2020-2021 – Durée : 2h00
Responsable : L. Blanchard
Eléments de correction

---

1)
- (2) : Roulement à 1 rangée de billes à contact radial.
- (3) : Ecrou à encoches.
- (6) : Anneau élastique (circlips).
- (10) : Joint d'étanchéité à lèvre.

.... **[2=4*0.5]**

2) cf FIG. 1 .... **[1.75+2.25]**

3) On a $d = 32$, $D = 42$, $\frac{d}{D} = 0.76$ et $\frac{r}{t} = \frac{1}{5} = 0.20$. .... **[0.25]**
Les graphes donnent : $K_{t0} = 1.80$, $K_{tf} = 2.2$ .... **[1]**
Les contraintes nominales :

$$\tau = \frac{16 M_t}{\pi d^3} = 31 \text{ MPa} \qquad ; \qquad \sigma_f = \frac{32 M_f}{\pi d^3} = 93 \text{ MPa}$$

.... **[1]**
Les contraintes maxis :

$$\tau_M = K_{t0}\tau = 56 \text{ MPa} \qquad ; \qquad \sigma_{fM} = K_{tf}\sigma_f = 205 \text{ MPa}$$

.... **[1]**
La contrainte de Von-Mises :

$$\sigma_{eq.V.M.} = \sqrt{{\sigma_M}^2 + 3{\tau_M}^2} = 226.7 \text{ MPa}$$

.... **[0.5]**
Avec le coefficient de sécurité $s = 2.5$, la limite élastique du matériau de l'arbre devra être supérieure à 567 MPa. .... **[0.25]**

On pouvait lire $d = 33$, $D = 43$, $\frac{d}{D} = 0.77$ et $\frac{r}{t} = \frac{1}{5} = 0.20$.
Les graphes donnent : $K_{t0} = 1.80$, $K_{tf} = 2.25$
Les contraintes nominales :

$$\tau = 28.3 \ MPa \qquad ; \qquad \sigma_f = 85.0 \ MPa$$

Les contraintes maxis :

$$\tau_M = 51.0 \ MPa \qquad ; \qquad \sigma_{fM} = 191.3 \ MPa$$

La contrainte de Von-Mises :

$$\sigma_{eq.V.M.} = 210.7 \ MPa$$

La limite élastique du matériau de l'arbre devra être supérieure à 527 MPa.

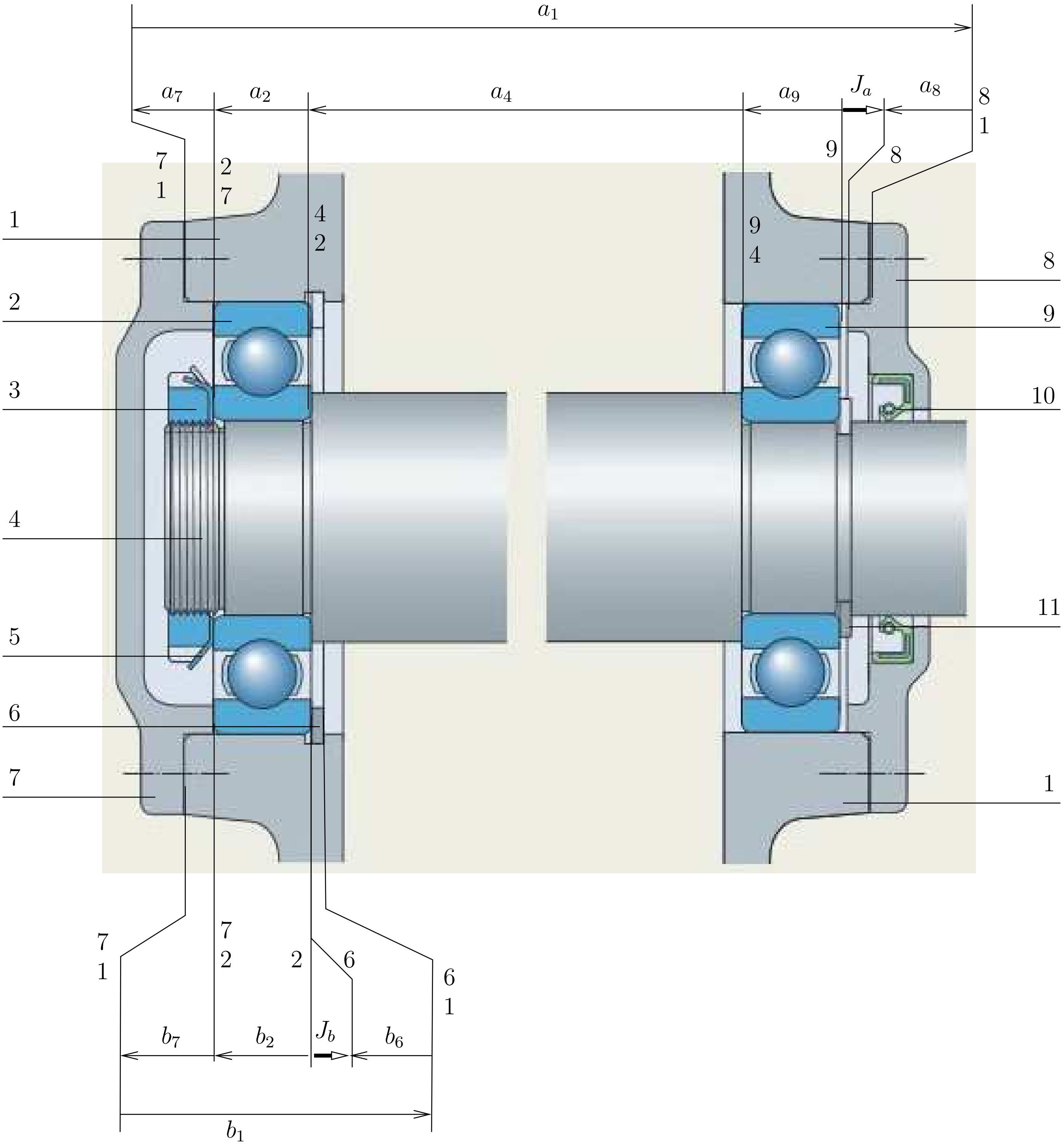
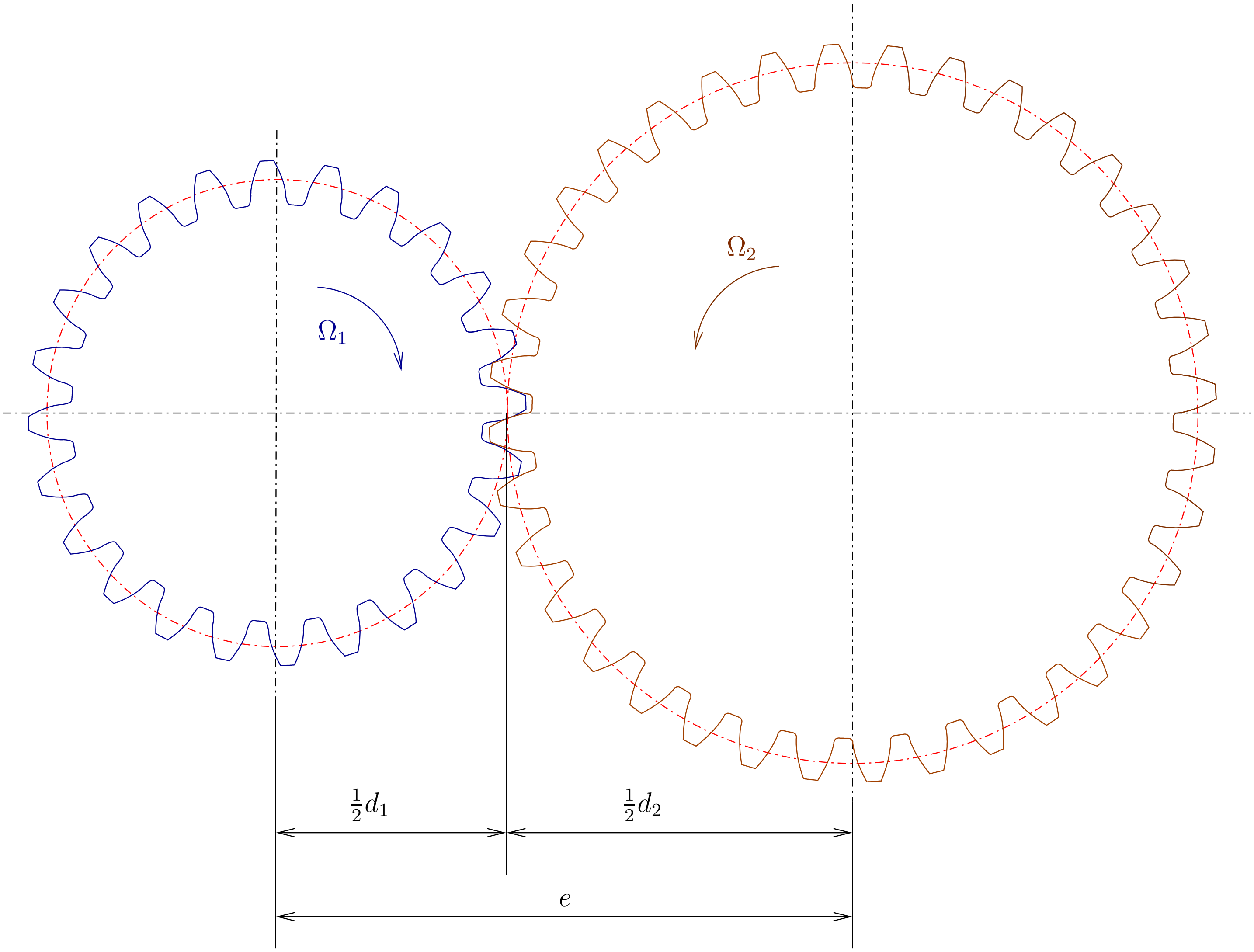


FIG. 1 – Chaines de cotes.

4)



Relations

Données

$$\begin{aligned} \frac{d_2}{d_1} &= R = 4.5 \\ e &= \frac{d_1+d_2}{2} = 450 \\ \mathcal{P} &= 32\ kW \\ \Omega_1 &= 750\ tr/mn \\ b &< 60 \\ \sigma &< 180\ MPa \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_i &= m_0 Z_i \\ \mathcal{P} &= C_i \Omega_i \\ \frac{d_2}{d_1} &= \frac{\Omega_1}{\Omega_2} = \frac{C_2}{C_1} \\ C_i &= F_t \frac{d_i}{2} \\ F_r &= F_t \tan(20^\circ) \\ \sigma &= \frac{5.5 F_t}{b m_0} \\ b &= k m_0 \quad avec\ k \in [5;16] \\ F &= \sqrt{F_r^2 + F_t^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{d_1+d_2}{2} \implies 2e = d_1 + R d_1 = (1+R)d_1 \implies d_1 = \frac{2e}{(1+R)} = 163.6 \\ \implies d_2 &= R d_1 = 736.4 \end{aligned}$$

$$\Longrightarrow \quad \Omega_2 = \frac{\Omega_1}{R} = 166.7 \ tr/mn$$

$$\Longrightarrow \quad C_i = \frac{\mathcal{P}}{\Omega_i} \quad \Longrightarrow \quad C_1 = 407.4 \ N.m \quad et \quad C_2 = 1833.5 \ N.m$$

$$\Longrightarrow \quad F_t = \frac{2C_i}{d_i} = 4980 \ N$$

$$\Longrightarrow \quad \sigma = \frac{5.5F_t}{km_0^2} \quad \Longrightarrow \quad m_0 = \sqrt{\frac{5.5F_t}{k\sigma}} \quad \Longrightarrow \quad m_0 = 5.52 \quad si\ k = 5$$

$$\Longrightarrow \quad m_0 = 3.08 \quad si\ k = 16$$

On est obligé de choisir $m_0 > 3.08$ car c'est l'option où les roues sont les plus larges.
Si les roues étaient les moins larges possibles ($k = 5$), on serait obligé de choisir $m_0 > 5.52$.
Si $m_0 \geq 6$, on pourra mettre des roues peu large ($k = 5$).

Choisissons $m_0 = 5$ on a alors $Z_i = \frac{d_i}{m_0}$ qui ne donnent pas forcément des valeurs entières !

$$Z_1 = 32.7 \quad choix\ Z_1 = 33 \qquad ; \qquad Z_2 = 147.3 \quad choix\ Z_2 = 147$$

Ce qui change les diamètres :

$$d_i = m_0 Z_i \quad \Longrightarrow \quad d_1 = 165 \quad et \quad d_2 = 735$$

Ce qui change le rapport de réduction :

$$R = \frac{d_2}{d_1} = 4.45$$

Ce qui change :

$$\Omega_2 = 168.4 \ tr/mn \qquad ; \qquad C_2 = 1815 \ N.m \qquad ; \qquad F_t = 4939 \ N$$

La composante radiale est $F_r = 1798 \ N$ et la norme de la force au niveau de la denture est $F = 5256 \ N$.
On calcule le coefficient k pour la limite de contrainte :

$$k = \frac{5.5F_t}{{m_0}^2\sigma} = 6.04 \quad \Longrightarrow \quad km_0 = 30.2$$

Pour un choix de $b = 32$, la contrainte de tension maximum au pied de dent est

$$\sigma = \frac{5.5F_t}{bm_0} = 170 \ MPa < 180 \ MPa$$

Le coefficient de sécurité est $\frac{180}{170} = 1.06$

Choisissons $m_0 = 4.5$ on a alors :

$$Z_1 = 36.3 \quad choix\ Z_1 = 36 \qquad ; \qquad Z_2 = 163.6 \quad choix\ Z_2 = 164$$

Ce qui change les diamètres :

$$d_i = m_0 Z_i \quad \Longrightarrow \quad d_1 = 162 \quad et \quad d_2 = 738$$

Ce qui change le rapport de réduction :

$$R = \frac{d_2}{d_1} = 4.56$$

Ce qui change :

$$\Omega_2 = 164.6\ tr/mn \qquad ; \qquad C_2 = 1856\ N.m \qquad ; \qquad F_t = 5030\ N$$

La composante radiale est $F_r = 1831\ N$ *et la norme de la force au niveau de la denture est* $F = 5353\ N$.
On calcule le coefficient k pour la limite de contrainte :

$$k = \frac{5.5F_t}{{m_0}^2\sigma} = 7.59 \quad \Longrightarrow \quad km_0 = 34.2$$

Pour un choix de $b = 36$, *la contrainte de tension maximum au pied de dent est*

$$\sigma = \frac{5.5F_t}{bm_0} = 171\ MPa < 180\ MPa$$

Le coefficient de sécurité est $\frac{180}{171} = 1.054$

Choisissons $m_0 = 14$ *on a alors :*

$$Z_1 = 11.69\ !!!\ Pas\ bien!!! \quad \Longrightarrow \quad Z_1 > 13$$

Ce tableau donne quelques posibilités.

m_0	Z_1	Z_2	d_1	d_2	e	R	Ω_2	C_2	F_t	F_r	F	k	km_0	b	σ	s
mm			*mm*	*mm*	*mm*		*tr/mn*	*N.m*	*N*	*N*	*N*		*mm*	*mm*	*MPa*	
4	41	184	164	736	450	4.49	167	1828	4969	1808	5288	9.49	37.9	38	180	1.001
5	33	147	165	735	450	4.45	168	1815	4939	1798	5256	6.04	30.2	32	170	1.06
6	27	123	162	738	450	4.56	164	1856	5030	1831	5353	-	-	30	154	1.17
8	20	92	160	736	448	4.6	163	1874	5093	1854	5420	-	-	40	88	2.06
10	16	74	160	740	450	4.63	162	1884	5093	1854	5420	-	-	50	56	3.21
12	14	61	168	732	450	4.36	172	1775	4850	1765	5162	-	-	60	37	4.86

d_1, d_2 .... **[0.5]**
C_1, C_2 .... **[1]**
$m_0 > 3.08$ .... **[1.5]**
Choix m_0, Z_1, Z_2 .... **[0.75]**
F_t, F_r .... **[1.25]**
b,σ .... **[1.5]**

5) *La roue (1) étant menante, le vecteur unitaire* $\vec{z}$ *est perpendiculaire et sortant du plan du dessin, on a :*

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

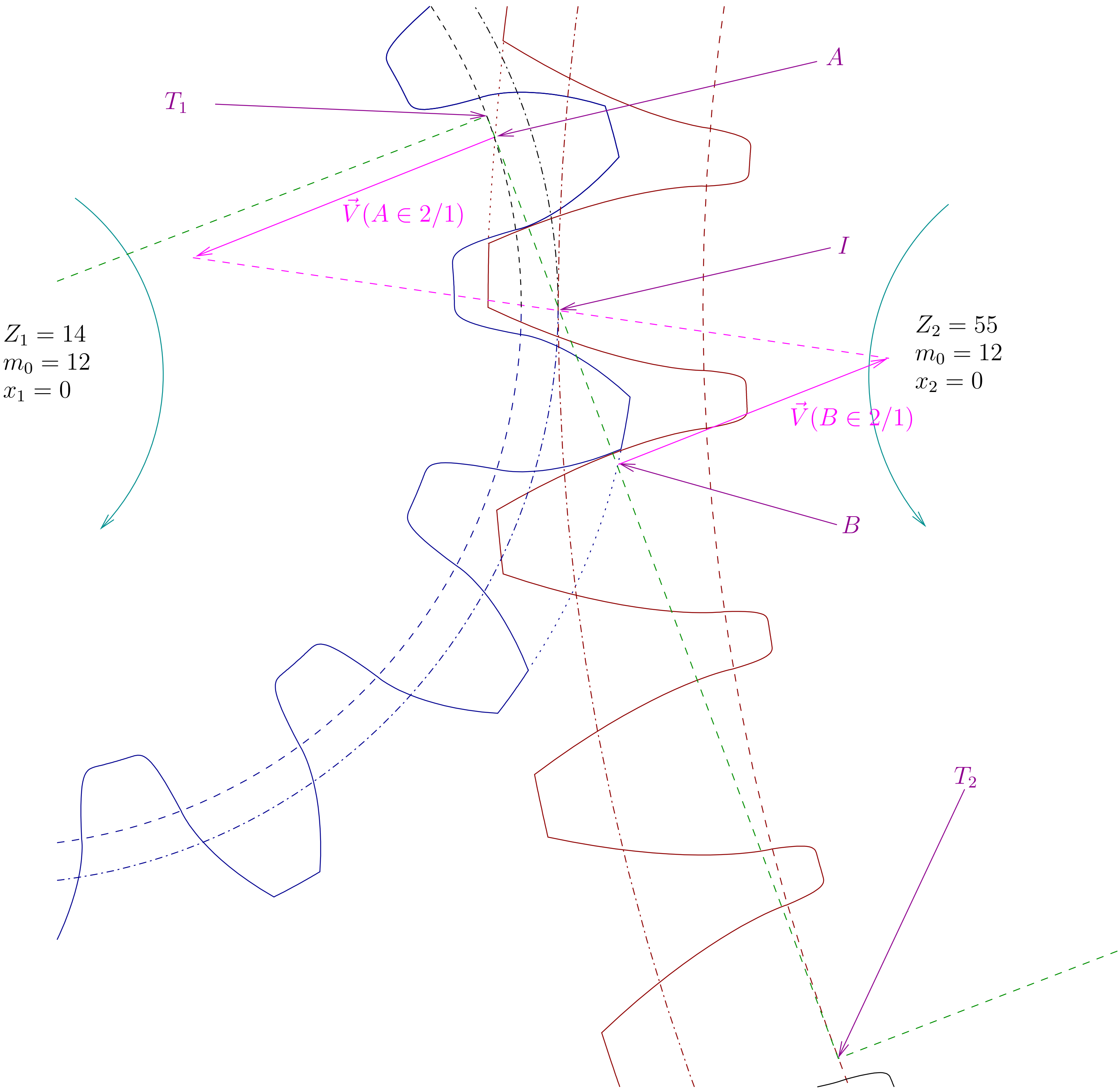


FIG. 2 – Représentation du contact au niveau d'un engrenage.

Le fonctionnement s'effectue avec jeu . . . . **[0.25]**
Position de I . . . . **[0.25]**
Sens de rotation des roues . . . . **[0.25]**
Position de A et B . . . . **[0.5]**
Vitesses de glissement A et B . . . . **[0.5]**
$\frac{IA}{IB} = \frac{\|\vec{V}(A\in 2/1)\|}{\|\vec{V}(B\in 2/1)\|} = 55/49$ faiblement déséquilibré . . . . **[0.75]**
Rapport de conduite $\frac{AB}{T_1T_2} = 57/169$ . . . . **[0.75]**
Propreté et précision . . . . **[0.25]**