

1) $d_2 = 9.19$ et $d_{eq} = 8.83$ [0.25]

2) $C_1 = kF_0$ avec $k = 0.73$ mm,

Les contraintes de traction $\sigma = \frac{4F_0}{\pi d_{eq}^2}$ et de cisaillement $\tau = \frac{16C_1}{\pi d_{eq}^3}$ et la contrainte équivalente

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = F_0 \sqrt{\left(\frac{4}{\pi d_{eq}^2}\right)^2 + 3\left(\frac{16k}{\pi d_{eq}^3}\right)^2} = KF_0 \quad \text{avec } K = 0.0188 \text{ mm}^{-2}$$

$\sigma_{eq} = S_p = 356$ MPa $\implies F_0 = 18908$ N [2.75]

3) On mesure le rayon d'action au niveau des rondelles $R_a = 7$ à 9 mm. Le couple au niveau de la liaison appui-plan est $C_2 = fR_a F_0 = 10.5$ à 13.5 N.m, celui au niveau de la liaison hélicoïdale est $C_1 = 10.9$ N.m, soit un couple de serrage $C_s = 21.44$ à 24.44 N.m.

Les contraintes : $\sigma = 245$ MPa, $\tau = 81$ MPa et $\sigma_{eq} = 282$ MPa, soit un coef. secu. = 1.26 [2]

4) La force axiale entre (1) et (2) provient des 4 vis : $F = 4F_0 = 60$ kN,

Le couple axial transmis par adhérence sera : $C = 4fR_a F_0$

avec $R_a = (R_e + R_i)/2 = (105 + 71)/2 = 88$ on a $C = 528$ N.m

avec $R_a = \frac{2}{3}(Re^3 - Ri^3)/(Re^2 - Ri^2) = 89.09$ on a $C = 534.5$ N.m [1]

5) Si le couple est transmis uniquement par les 4 goupilles $C = 4Tr$ avec $r = 87$ mm

soit un effort tranchant subit par la goupille $T = fF_0 = 1500$ N

et la contrainte de cisaillement subie par la goupille $\tau = \frac{4T}{\pi(d_e^2 - d_i^2)} = 11.1$ MPa avec $d_e = 17$ et $d_i = 10$.

La goupille de centrage et de cisaillement subit une contrainte de cisaillement $\tau = 11.1$ MPa. [1.5]

6) On mesure approximativement le rayon primitif $r' = 118$ mm et la largeur de denture $b = 40$ mm.

La force tangentielle est $F_t = \frac{C}{r'} = 5085$ N, la force radiale $F_r = F_t \tan(20^\circ) = 1851$ N.

$$\sigma_{Maxi} = \frac{5.5F_t}{bm_0} = 260 \text{ MPa} \implies m_0 > 2.69 \text{ mm}$$

Différents choix

m_0 (mm)	Z	$d' = m_0 Z$ (mm)	$\frac{b}{m_0}$
2.75	85	233.75	14.5
3.00	78	234	13.3
3.50	67	234.5	11.4
4.00	58	232	10
4.00	59	236	10
4.50	52	234	8.9
5.00	47	235	8
5.50	43	236.5	7.2
6.00	39	234	6.7
7.00	33	231	5.7

..... [3]

7) En notant \vec{z} le vecteur unitaire perpendiculaire au dessin et sortant du dessin.

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

La répartition des vitesses représentée est celle de $\vec{V}(M \in 2/1)$.

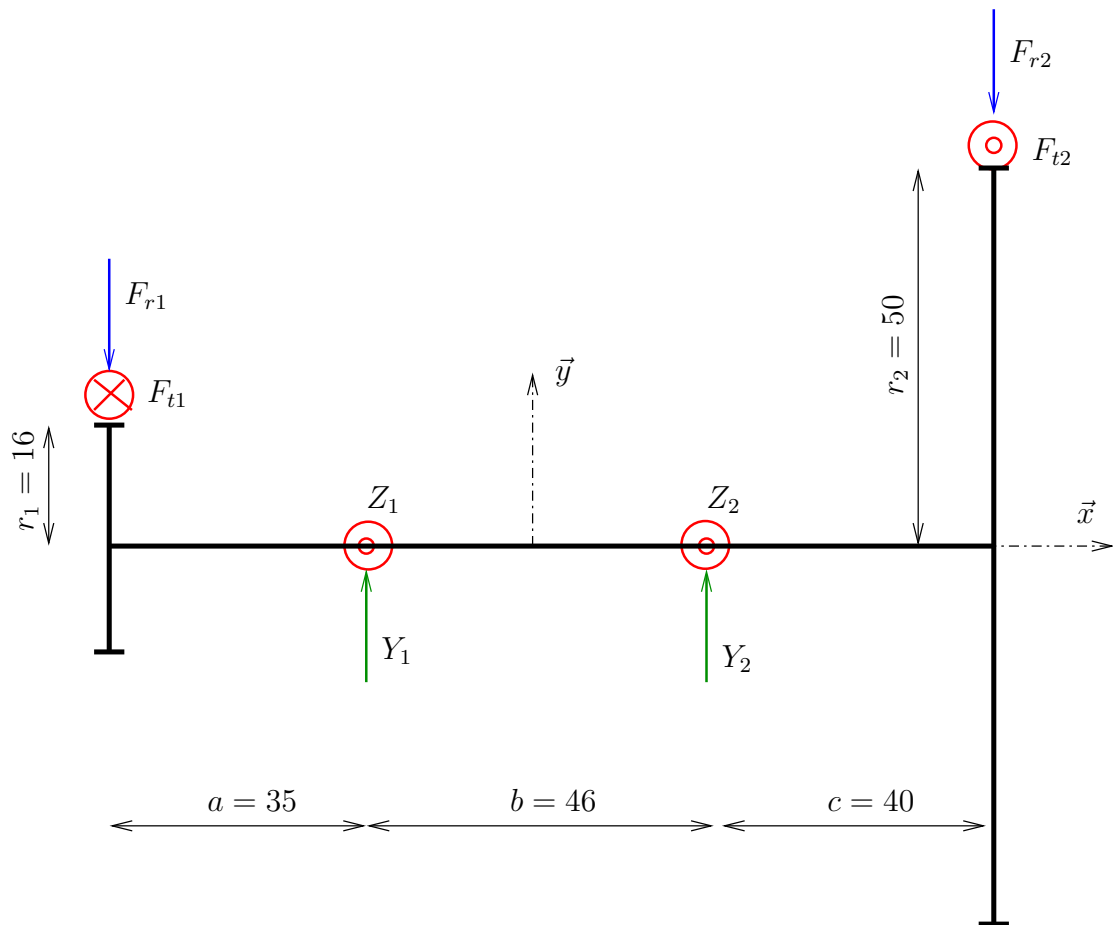
Les intensités de vitesses de glissement de part et d'autre du point I sont dans un rapport de $\frac{47}{53.5}$ donc relativement proche. Les vitesses de glissement sont presque équilibrées.

Le rapport de conduite de cet engrenage est $\frac{51}{133} = 0.38$ [2.5]

8)

On a :

$$\begin{aligned} F_{t1} &= 5000 \text{ N} & ; & & F_{r1} &= F_{t1} \tan(20^\circ) = 1820 \text{ N} \\ F_{t2} &= F_{t1} \frac{r_1}{r_2} = 1600 \text{ N} & ; & & F_{r2} &= F_{t2} \tan(20^\circ) = 582 \text{ N} \end{aligned}$$

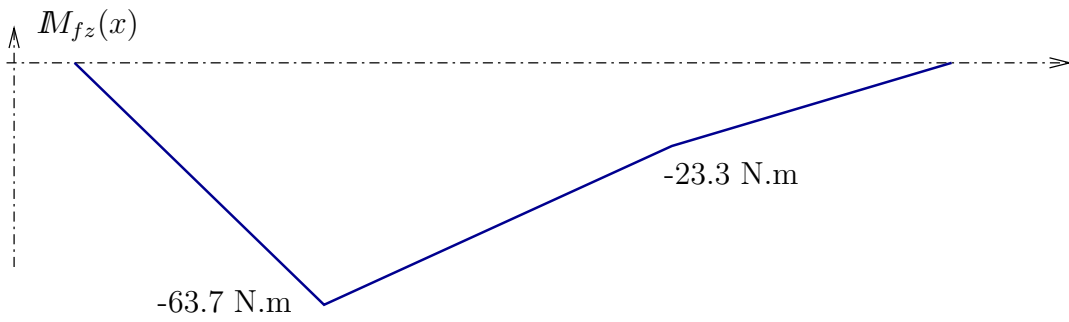
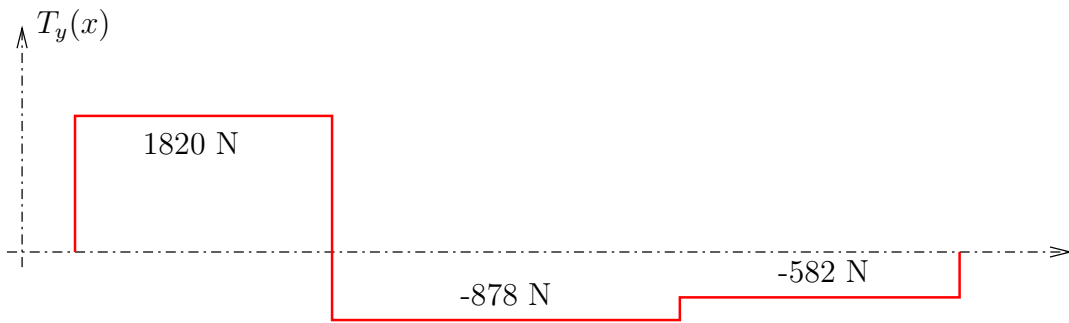
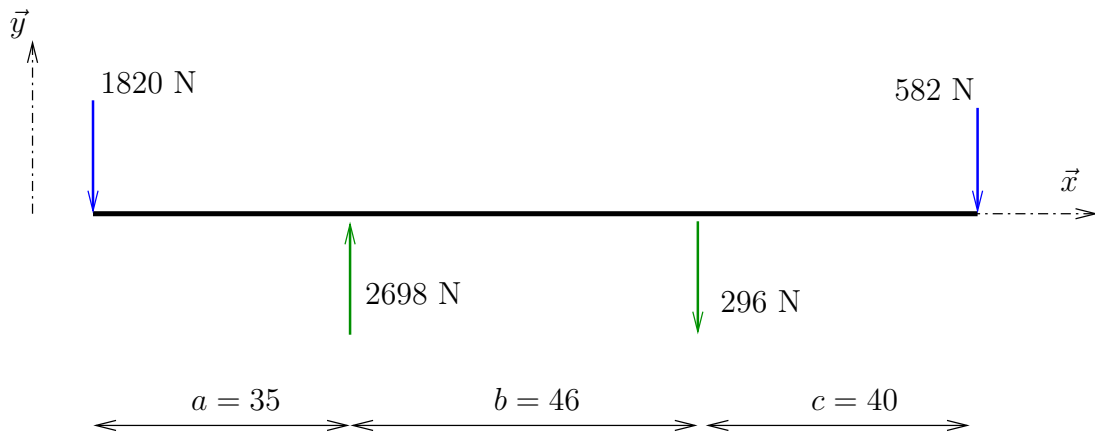


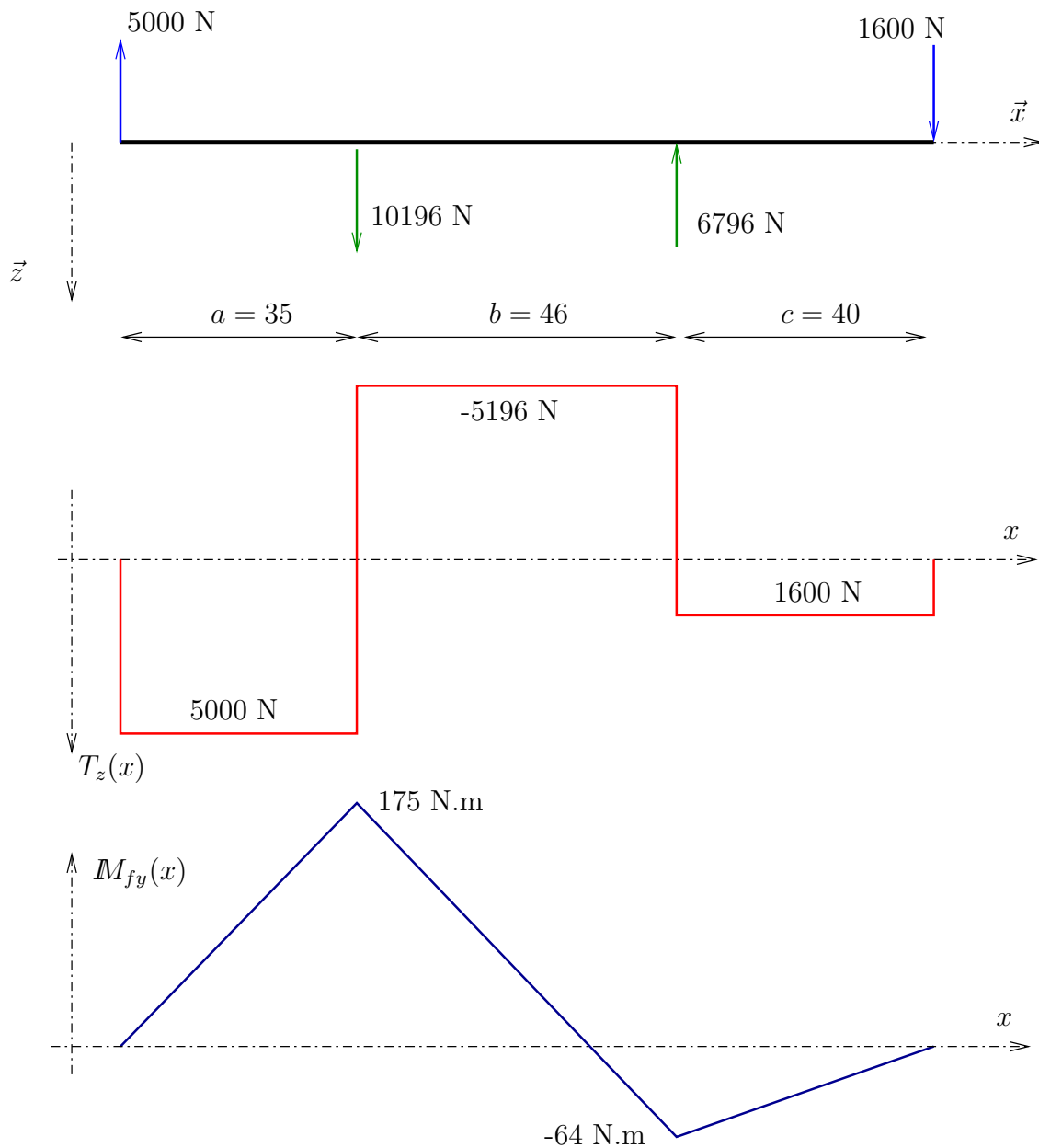
La somme des moments en 2 points différents donne :

$$\begin{cases} bY_2 = -aF_{r1} + (b+c)F_{r2} \\ bZ_2 = -(b+c)F_{t2} - aF_{t1} \\ bY_1 = (a+b)F_{r1} - cF_{r2} \\ bZ_1 = cF_{t2} + (a+b)F_{t1} \end{cases} \implies \begin{cases} Y_2 = -296 \text{ N} \\ Z_2 = -6796 \text{ N} \\ Y_1 = 2698 \text{ N} \\ Z_1 = 10196 \text{ N} \end{cases}$$

..... [2]

9) Le moment de torsion est constant et vaut $M_T = F_{t1}r_1 = F_{t2}r_2 = 80 \text{ N.m}$





.....[3]

10) Dans la section la plus sollicitée :

$$M_{fz} = -63.7 \text{ N.m} \quad \text{et} \quad M_{fy} = 175.0 \text{ N.m} \quad \Rightarrow \quad M_f = \sqrt{M_{fy}^2 + M_{fz}^2} = 186.2 \text{ N.m}$$

La contrainte de cisaillement maximum est :

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi d^3} \quad \text{avec} \quad M_T = 80 \text{ N.m}$$

et celle de tension est :

$$\sigma = \frac{32M_f}{\pi d^3} \quad \text{avec} \quad M_f = 186.2 \text{ N.m}$$

La contrainte équivalente de Von-Mises est

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{32M_f}{\pi}\right)^2 + 3\left(\frac{16M_T}{\pi}\right)^2} \frac{1}{d^3}$$

si $\sigma_{eq} = R_e$ alors $d = 15 \text{ mm}$[2]

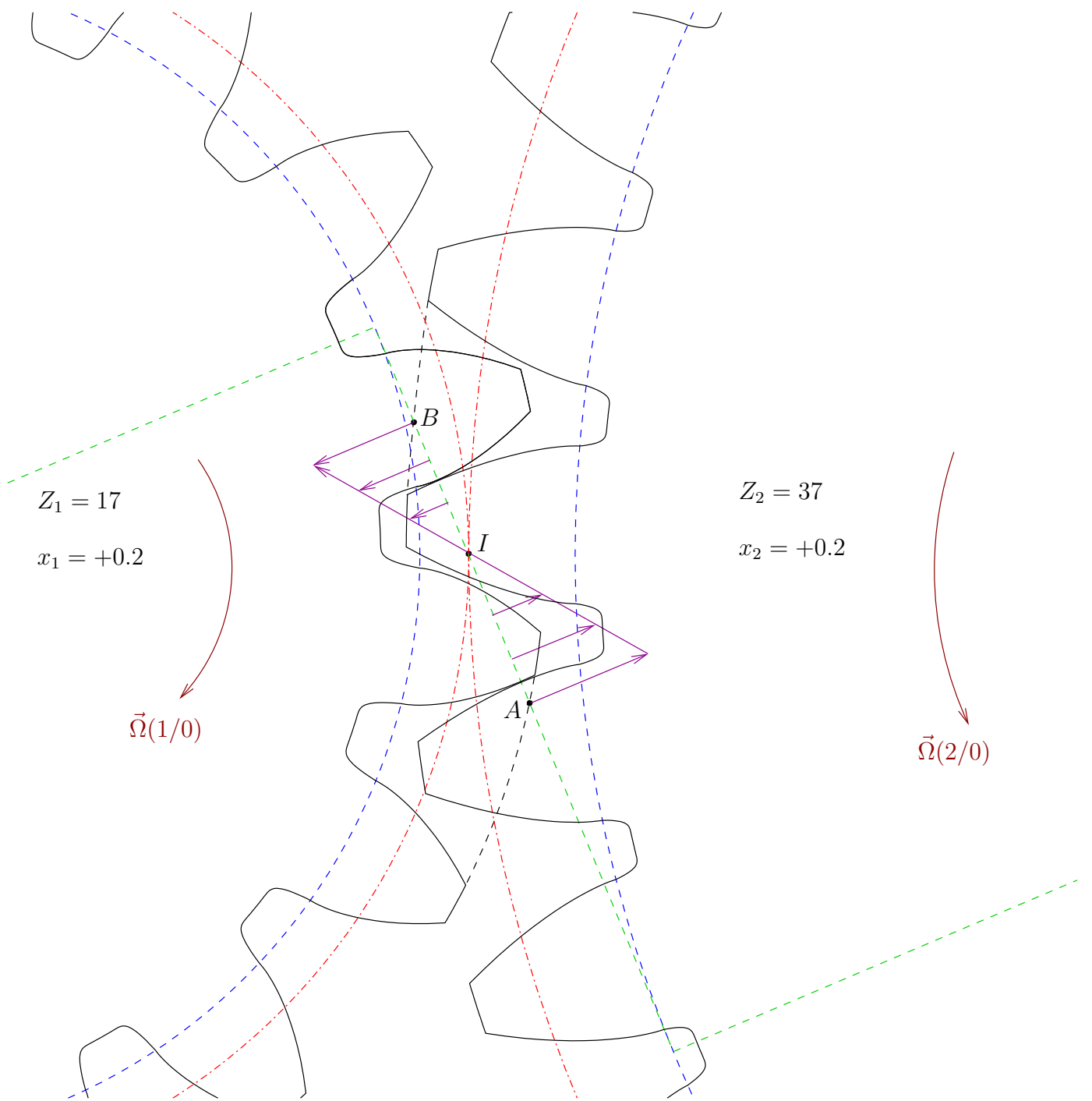


FIG. 1 – Représentation du contact au niveau d'un engrenage.