

1) Dans l'ordre des tableaux :

- Anneaux élastiques (dit communément circlips) pour logement (intérieur) ;
- Joint d'étanchéité 4 lobes ;
- Courroie et poulies crantées (synchrone) ;
- Roues dentées cylindriques à denture hélicoïdale en chevron (photo réalisée par André Citroën vers 1900) ;
- Rondelle à languettes et écrou à encoches. Rainure de clavette usinée sur l'arbre ;

..... [2.75=11*0.25]

2) $N_1 Z_1 = N_2 Z_2 \implies N_2 = N_1 \frac{Z_1}{Z_2} \approx 661 \text{ tr/mn}$. Avec le vecteur unitaire \vec{z} sortant de la figure :

$$\vec{\Omega}(1/0) = -N_1 \vec{z} \quad \text{et} \quad \vec{\Omega}(2/0) = N_2 \vec{z} \quad \text{donc} \quad \vec{\Omega}(2/1) = (N_1 + N_2) \vec{z} \quad \text{donc} \quad \|\vec{\Omega}(2/1)\| = 2141 \text{ tr/mn}$$

..... [1]

3) Le rapport de conduite est défini par $\frac{AB}{T_1 T_2}$ et vaut : 63.5/171.5 et 66.5/171.5 pour chacun des dessins.

C'est la vitesse de glissement de (2) par rapport à (1) sur tout le segment $[AB]$ (les points de début et fin de contact entre les dents) qui est représentée. [2.5]

4) Les dents du pignon de déport $X_1 = +0.25$ sont plus résistantes que celles du pignon sans déport $X_1 = 0.0$.

Le déport de denture $X_1 = +0.25$ augmente la vitesse de glissement en B donc augmente l'usure et augmente la disymétrie de la répartition de ces vitesses ce qui est néfaste.

Le déport de denture $X_1 = +0.25$ augmente le rapport de conduite ce qui est bénéfique : on aura 2 couples de dents en contact sur une longueur plus importante de la droite d'action. [1.5]

5) La force radiale $F_r = F_t \tan \alpha = 1128 \text{ N}$. Le couple sur l'axe $C_1 = 179.8 \text{ N.m}$ [1]

6)

Les contraintes de traction-compression maximum dans la section 1, de diamètre $D = 34 \text{ mm}$, dues à chacun des moments fléchissants $M_{fz} = 80.6 \text{ N.m}$ et $M_{fy} = 29.3 \text{ N.m}$ (à vrai dire les moments fléchissants sont plus faibles car la section 1 est distante du point d'action milieu du roulement mais autant maximiser ces contraintes par mesure de sécurité) sont :

$$\sigma_1 = \frac{32M_{fz}}{\pi D^3} = 20.9 \text{ MPa} \quad \sigma_2 = \frac{32M_{fy}}{\pi D^3} = 7.6 \text{ MPa}$$

La contrainte de cisaillement maximum dans la section 1 de diamètre $D = 34 \text{ mm}$ est :

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi D^3} = 23.3 \text{ MPa}$$

Ces contraintes sont nominales (sans concentration de contrainte).

Rem : On aurait pu travailler dans un seul plan plutôt que deux en prenant en compte les normes des forces à savoir :

$$F = \sqrt{F_t^2 + F_r^2} = 3299 \text{ N} \quad ; \quad F_1 = \sqrt{Y_1^2 + Z_1^2} = 1319 \text{ N} \quad ; \quad F_2 = \sqrt{Y_2^2 + Z_2^2} = 4618 \text{ N}$$

Le moment flechissant maximum serait alors $M_f = 85.77 \text{ N.m}$
et la contrainte de tension $\sigma = 22.3 \text{ MPa}$.

7) On donne : $\sigma = 30$ MPa et $\tau = 25$ MPa.

On a : $D = 42$; $d = 34$; $r = 1$; $t = 4$ $\implies \frac{r}{t} = 0.25$ et $\frac{d}{D} = 0.81$

Les graphes donnent $K_{tf} = 2.2$; $K_{t0} = 1.75$

Les contraintes maxis sont :

$$\sigma_{réelle} = K_{tf}\sigma = 66 \text{ MPa} \quad ; \quad \tau_{réelle} = K_{t0}\tau \approx 44 \text{ MPa}$$

La contrainte équivalente de Von-Mises est :

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{réelle}^2 + 3\tau_{réelle}^2} = 100 \text{ MPa}$$

On souhaite un coefficient de sécurité $s = 3$, ce qui impose une limite élastique du matériau de l'arbre supérieure à 300 MPa ce qui est raisonnable pour de l'acier. [2.5]

8) $D = 30$ \implies Clavette 8*7 ($A = 8$, $B = 7$) et $J = D - 4$ $\implies c \approx 3$.

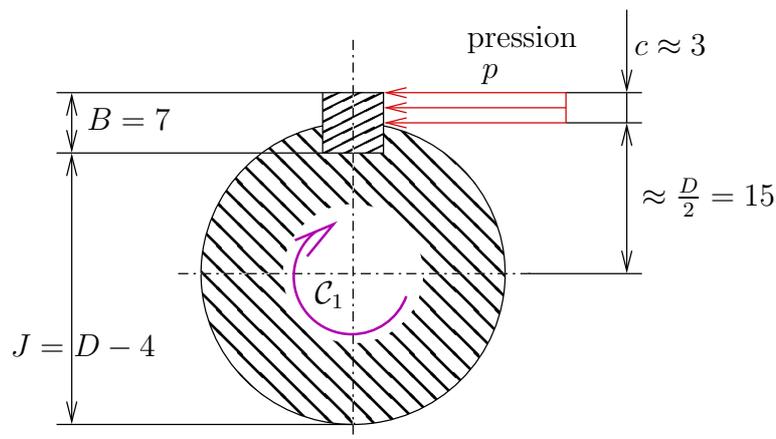


FIG. 4 – Section clavetée.

$$C_1 \approx F \frac{D}{2} \implies F = 11987 \text{ N}$$

$$F = pcl \implies l = 53.3 \text{ mm pour } p = 75 \text{ MPa}$$

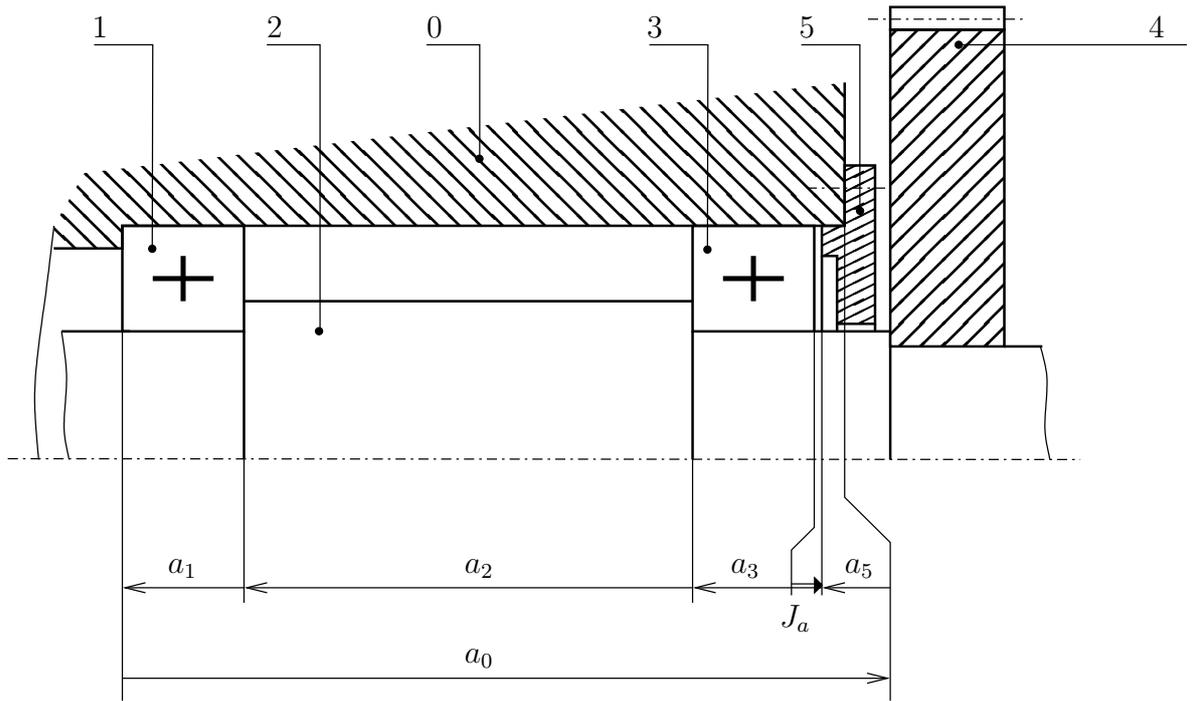
La longueur minimum est $L = l + A = 61.3$ mm qui est dans la plage préconisé [18; 90]. [2]

9)

$$\sigma_{Maxi} \approx \frac{5.5F_t}{bm_0} \implies b = \frac{5.5F_t}{\sigma_{Maxi}m_0} = 21.3 \text{ mm}$$

La largeur de denture doit être supérieure à $b = 22$ mm soit un rapport $k = \frac{b}{m_0} = 5.3$ ce qui est raisonnable. [1]

10)



[1.5]

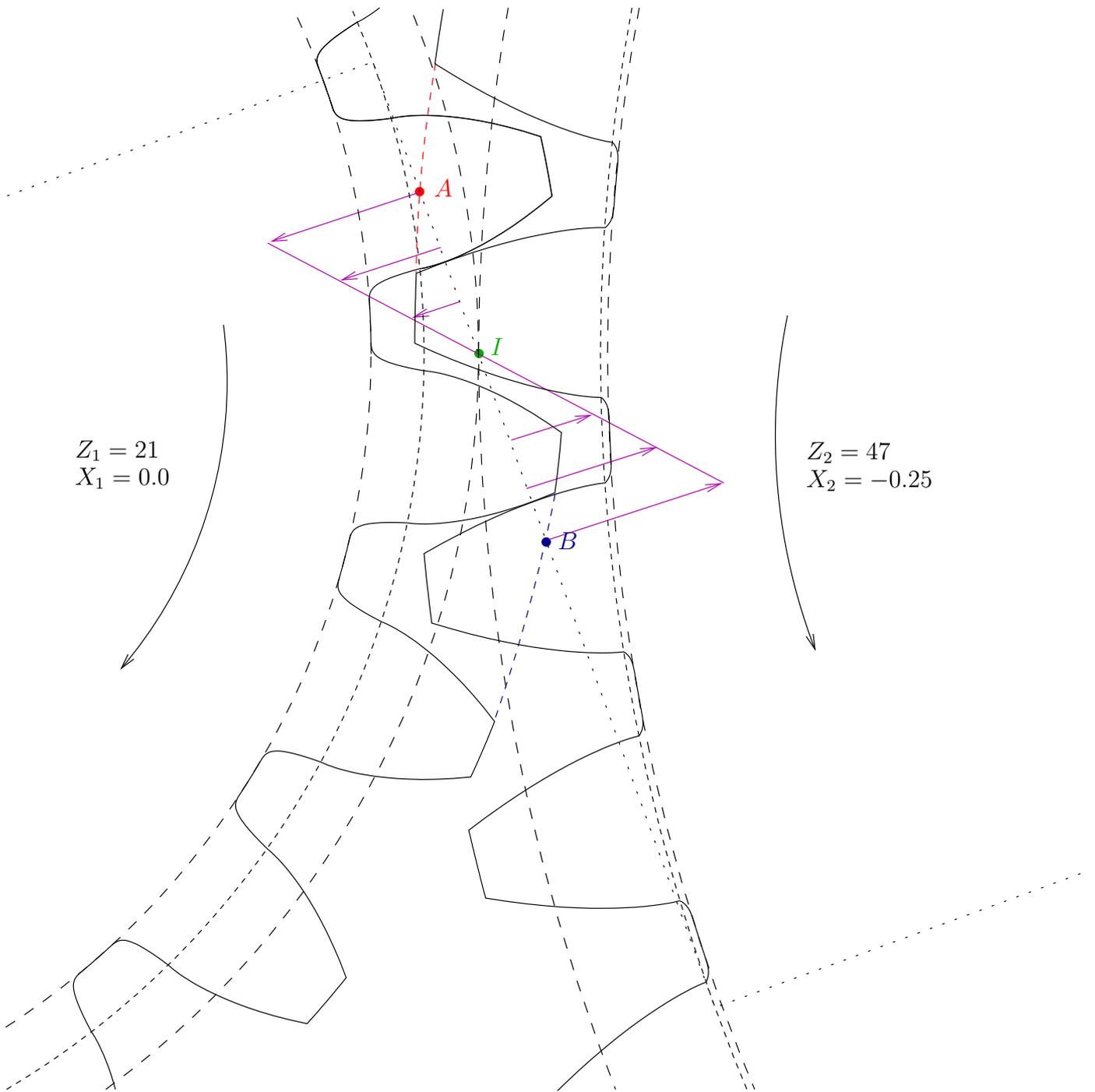


FIG. 1 – Représentation du contact au niveau d'un engrenage (module 4 mm)

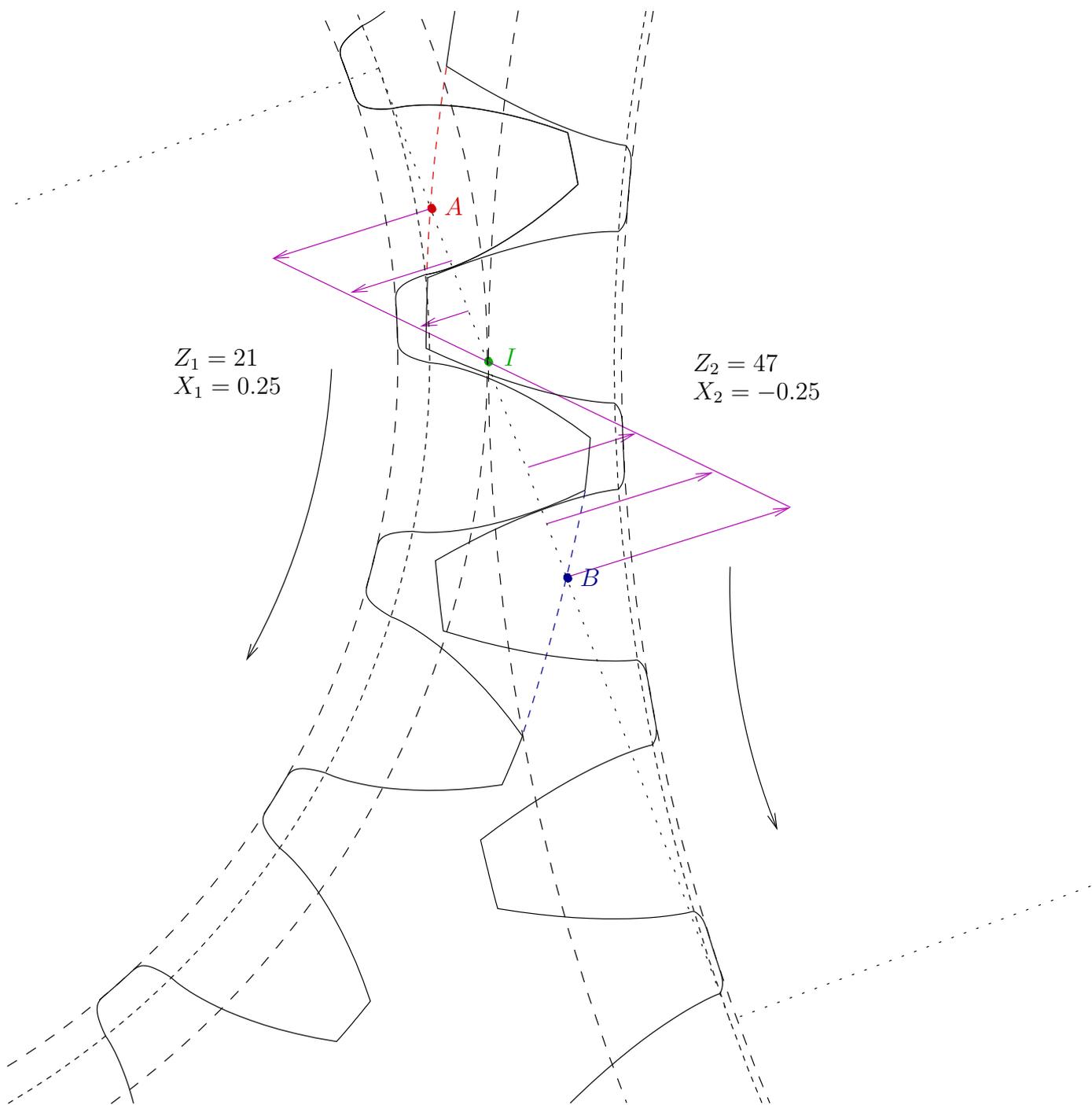


FIG. 2 – Représentation du contact au niveau d'un engrenage (module 4 mm)

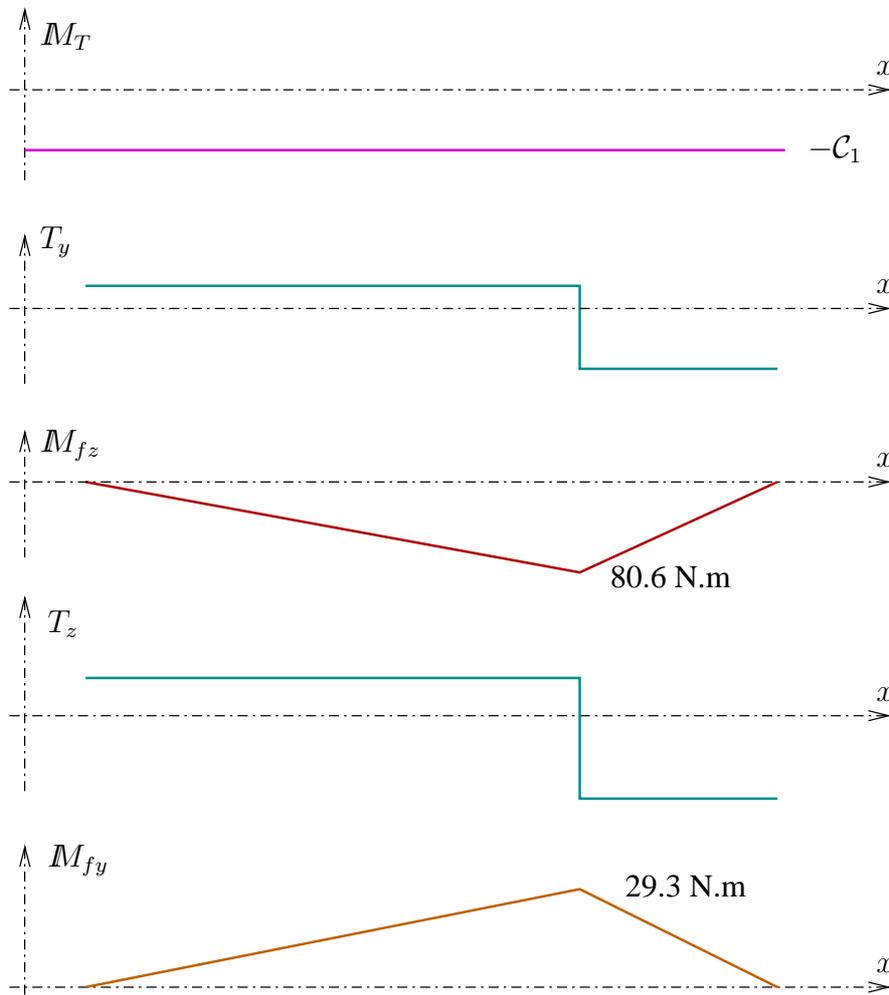
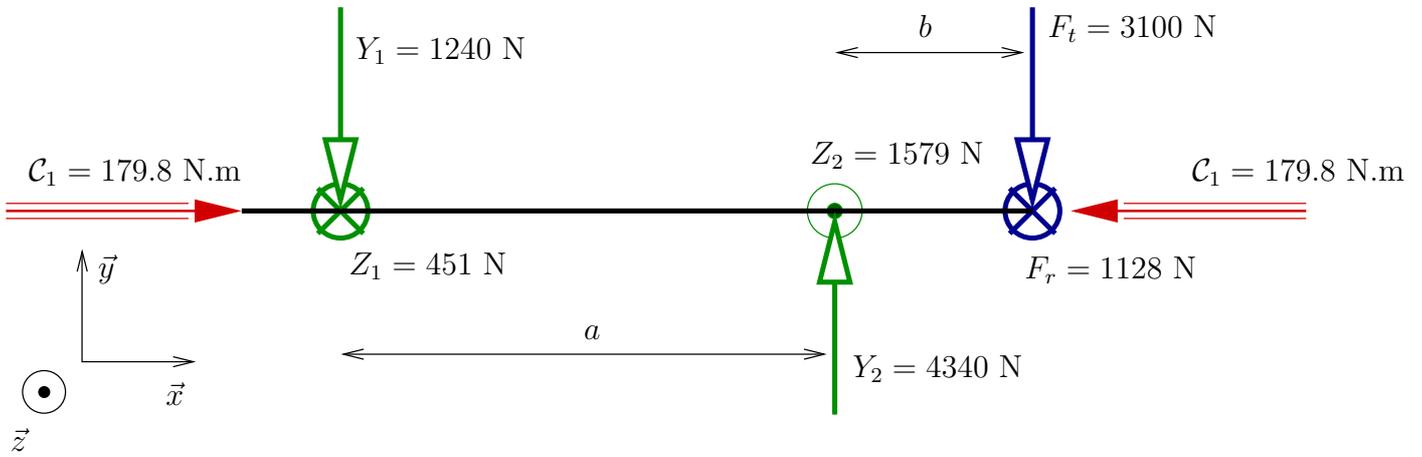


FIG. 3 – Représentation des actions sur l'arbre et efforts intérieurs.