

**Document Réponses****2. Compréhension du système/Technologie**

Q1.

Le ressort 28 permet d'assurer un contact permanent et d'assurer un effort normal minimum entre les pièces 23 et 26

Q2.

Famille de matériau de la pièce 26 : Polymère (coefficient de frottement important)

Q3.

Etanchéité assurée avec un joint à lèvres (3) entre l'arbre 1 et la pièce 5. Pour les autres parties c'est du contact direct.

Q4.

Famille de matériau des pièces 8 et 9 : Alliage de cuivre. Assurer le guidage en rotation de la vis 14 par rapport au bâti.

Q5.

MIP 24/26 : Appui plan centrage court  
MAP 24/26 : vis (27)

Q6.

Roulement (32) : roulement à billes à contact radial

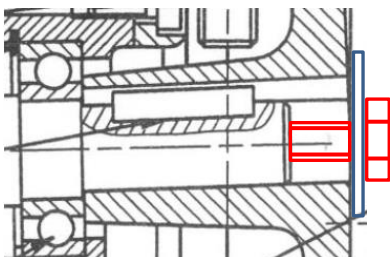
Roulement (29) : roulement à aiguilles

Roulement (20) : roulement à billes à contact radial

Q7.

Grâce au ressort on maintient le contact entre 23 et 20

Q8.



Vis H + rondelle plate  
OU  
Axe fileté + rondelle plate + écrou  
OU  
Anneau élastique

Q9.

Compléter avec un « 1 » lorsque le mouvement est possible.

Pièces/Mvts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
11/25					1	
13/25		1				
14/25					1	

Q10.

Roulement sans glissement en A :  $\overrightarrow{V_{A,26/23}} = \vec{0} = \overrightarrow{V_{A,26/5}} - \overrightarrow{V_{A,23/5}}$  de plus  $\overrightarrow{V_{A,26/5}} = \overrightarrow{V_{A,1/5}}$  et  $\overrightarrow{V_{A,23/5}} = \overrightarrow{V_{A,19/5}}$

$$\overrightarrow{V_{A,1/5}} = \overrightarrow{V_{B,1/5}} + \overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{\Omega_{1/5}} = (R_{26} \cdot \vec{y} + d_1 \cdot \vec{z}) \wedge \omega_{1/5} \cdot \vec{z} = R_{26} \cdot \omega_{1/5} \cdot \vec{x}$$

$$\overrightarrow{V_{A,19/5}} = \overrightarrow{V_{C,19/5}} + \overrightarrow{AC} \wedge \overrightarrow{\Omega_{19/5}} = (R_{26} + y) \cdot \vec{y} - d_2 \cdot \vec{z}) \wedge \omega_{19/5} \cdot \vec{z} = (R_{26} + y) \cdot \omega_{19/5} \cdot \vec{x}$$

$$(R_{26} + y) \cdot \omega_{19/5} = R_{26} \cdot \omega_{1/5} \quad \Rightarrow \quad \frac{\omega_{1/5}}{\omega_{19/5}} = \frac{R_{26} + y}{R_{26}} = r$$

Avec  $y = \overline{EW}$

AN : Rapport de réduction :  $0.33 < r < 1.33$

### 3. Modélisation

Q11.

Bâti : **CE1** = {4 ; 5 ; 7 ; 8 ; 9 ; 25 ; 31 ; 34 ; 35 ; 36 ; 37}

Arbre récepteur : **CE2** = {1 ; 2 ; 6 ; 33}

Arbre moteur : **CE3** = {18 ; 19 ; 23}

Axe de réglage : **CE4** = {10 ; 11 ; 12 ; 14}

Coulisseau : **CE5** = {13 ; 15 ; 16 ; 17 ; 38 ; 39 ; 40 ; 41 ; 42}

Galet : **CE6** = {21 ; 22 ; 24 ; 26 ; 27 ; 30}

**Composants exclus (éléments déformables + quincaillerie)** = {3 ; 20 ; 28 ; 29 ; 32 ; ...}

Q12.

29 => BE (circlips-entretoise)

32 => BE (entretoise-couvercle) BI (épaulement et anneaux élastiques)

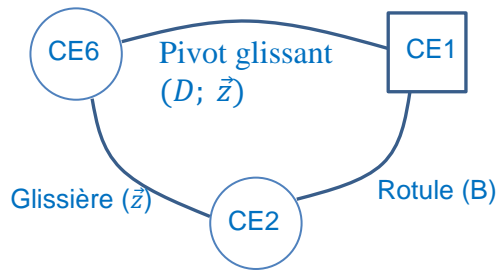
Q13.

a. 20 => rotule (C)

29 => Pivot glissant (B;  $\vec{z}$ )

32 => Rotule (B)

b.



c.

$$\{V_{equi\_CE1/CE6}\} = \{V_{CE1/CE2}\}_B + \{V_{CE2/CE6}\}_B = \begin{Bmatrix} 0 & p_{12} \\ 0 & q_{12} \\ 0 & r_{12} \end{Bmatrix}_B + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ w_{26} & 0 \end{Bmatrix}_B = \begin{Bmatrix} 0 & p_{12} \\ 0 & q_{12} \\ w_{26} & r_{12} \end{Bmatrix}_B \Rightarrow \text{Linéaire Annulaire (B; } \vec{z} \text{)}$$



$$\{T_{equi\_CE1/CE6}\} = \{T_{LA\ CE1/CE6}\}_B + \{T_{P\ CE1/CE6}\}_B = \begin{Bmatrix} X_{61} & 0 \\ Y_{61} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_B + \begin{Bmatrix} X_{61}' & L_{61}' \\ Y_{61}' & M_{61}' \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_B = \begin{Bmatrix} X & L \\ Y & M \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_B \Rightarrow \text{Pivot glissant (D; } \vec{z} \text{)}$$



Q14.

a. **Glissière ( $\vec{y}$ )**

b.

**Méthode statique**

Nombre d'inconnues statiques :  $N_{inc} = 3 \cdot 4$

Nombre d'équations :  $N_{eq} = 6$

Nombre de mobilités :  $m = 1$

$$h = 12 - 6 + 1 = 7$$

**Méthode cinématique**

Nombre de cycles :  $\nu = N_L - p + 1 = 4 - 2 + 1 = 3$

Nombre d'équations :  $N_{eq} = 6 \cdot 3$

Nombre d'inconnues cinématiques :  $N_c = 4 \cdot 3$

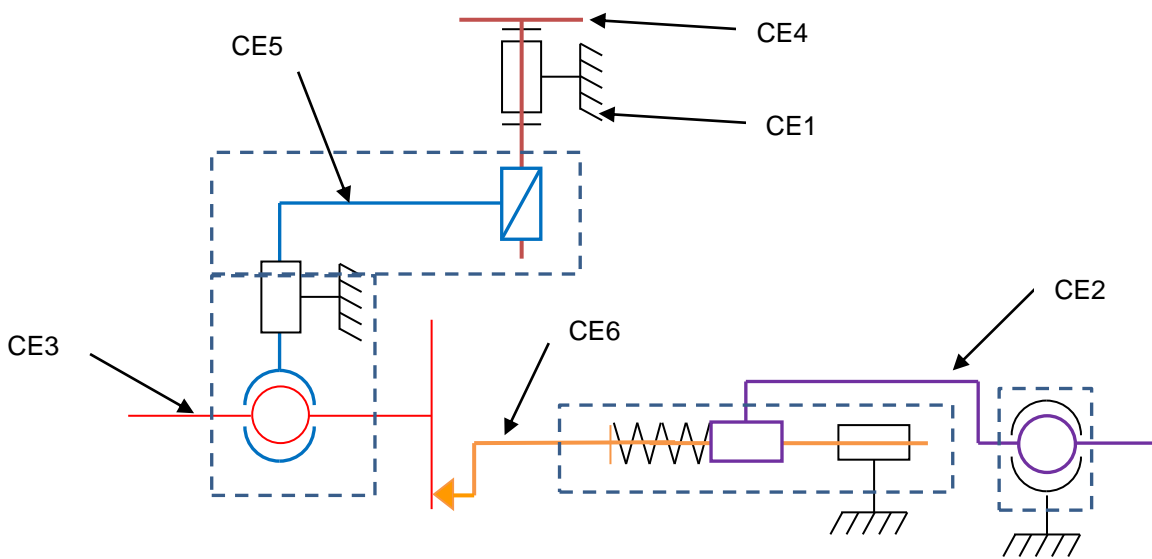
Nombre de mobilités :  $m = 1$

$$h = 1 + 18 - 12 = 7$$

c.

Réglage du guidage grâce aux boulons (ou vis + contre écrou) 38 – 39

Q15.



#### 4. Statique

Q16.

Efforts (préciser le résultat analytique)	Effort mini en N	Effort maxi en N
$N = \frac{100}{f * R_{19}}$	2500N	10000N
$T = \frac{100}{R_{19}}$	1250N	5000N

FAUX QUE SI APPLICATION NUMERIQUE !

#### 5. Résistance des Matériaux

Q17.

3 tronçons

Q18.

- $X_{23}$  provient de l'effort tangentiel en A,
- $L_{23}$  provient du moment engendré par l'effort normal en A (bras de levier  $R_{19}$ )
- $N_{23}$  provient du moment engendré par l'effort tangentiel en A (bras de levier  $R_{19}$ ).
- $Z_{23}$  est nul car liaison glissière entre 23 et 29. L'effort axial est récupéré par le roulement 20 ( $Z_{20} = N$ )

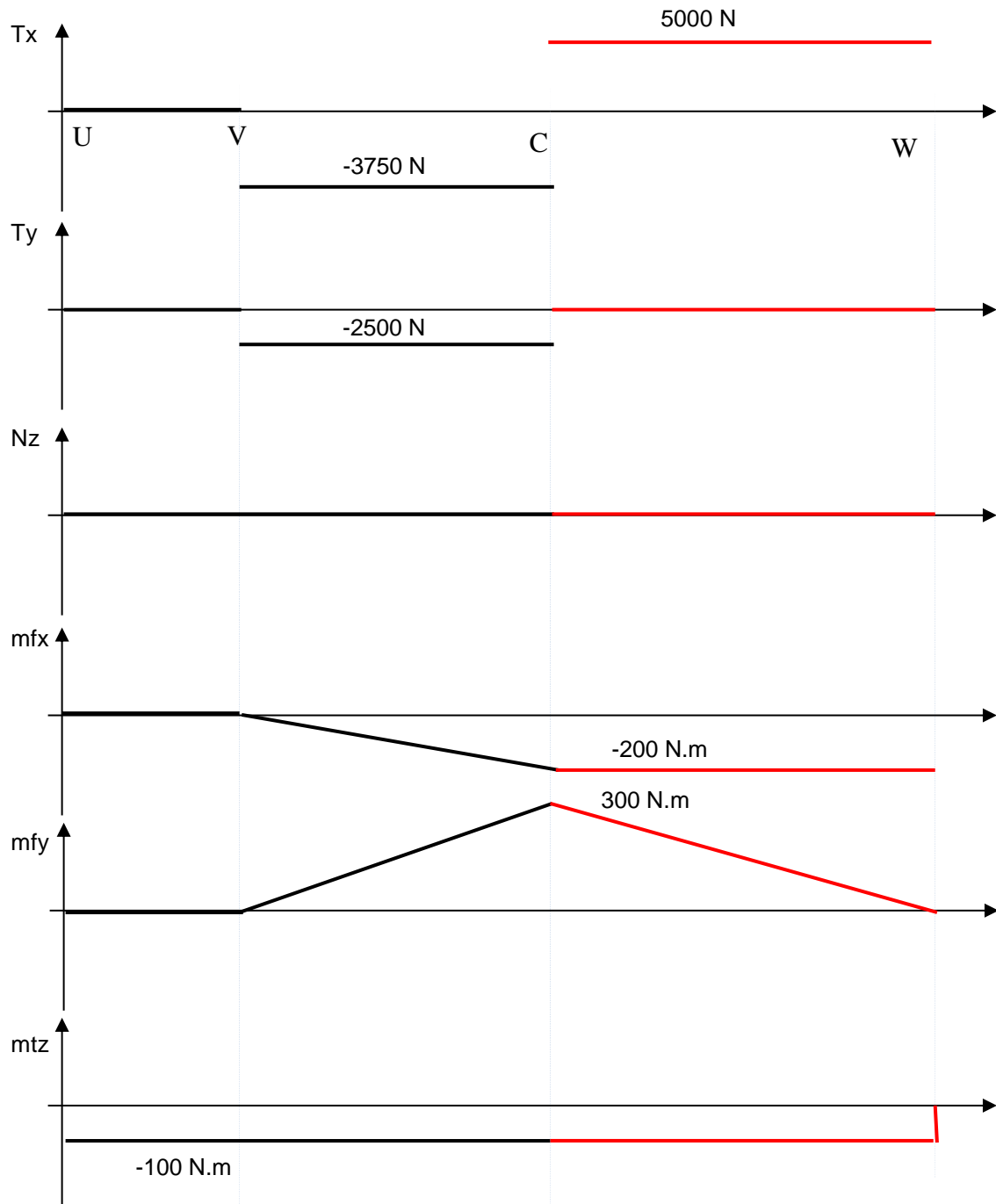
Q19.

$$\text{Tronçon 1 : } \{T_{coh}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -N_{rotor} \end{pmatrix}_{G1} \quad \text{Pour info...}$$

$$\text{Tronçon 2 : } \{T_{coh}\} = \begin{pmatrix} -\frac{l_3}{l_2} * T & -(z_2 - l_1) * \frac{R_{19}}{l_2} * N \\ -\frac{R_{19}}{l_2} * N & (z_2 - l_1) * \frac{l_3}{l_2} * T \\ 0 & -N_{rotor} \end{pmatrix}_{G2} \quad \text{Pour info ...}$$

$$\text{Tronçon 3 : } \{T_{coh}\} = \begin{pmatrix} T & -R_{19} * N \\ 0 & T * (l_1 + l_2 + l_3 - z_3) \\ 0 & -N_{rotor} \end{pmatrix}_{G3 (0,x,y,z)}$$

Q20.

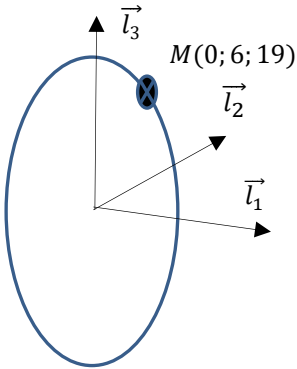


Q21. Section en C+

Q22.

a.  $\theta = 18^\circ$  (avec un peu de marge pour la correction)

On retiendra le point  $M(0; 20 * \sin(\theta) = 6,2; 20)$   
b.



$$\{T_{coh}\} = \begin{cases} T2 = T & M2 = -R_{19} * N \\ T3 & M3 = T * (l_1 + l_2 + l_3 - z_3) \\ N & M1 = -N_{rotor} \end{cases}_{G3(o, z)}$$

torseur cohésion en C+		unités N et N.mm	
N	0	M1	-100 000
T2	5000	M2	-200 000
T3	0	M3	300 000

c.

$$\sigma_{11} = \frac{N}{S} + \frac{M_2}{I_{22}} \cdot x_3 - \frac{M_3}{I_{33}} \cdot x_2 = -57.3 MPa$$

$$\sigma_{12} = \frac{T_2}{S} - \frac{M_1}{I_{11}} \cdot x_3 = 8.7 MPa$$

$$\sigma_{13} = \frac{T_3}{S} + \frac{M_1}{I_{11}} \cdot x_2 = -6.4 MPa$$

$$\sigma_{VM} = 60.3 MPa$$

Q23.

$$s = \frac{240}{61} = 4$$

## 6. Eco conception

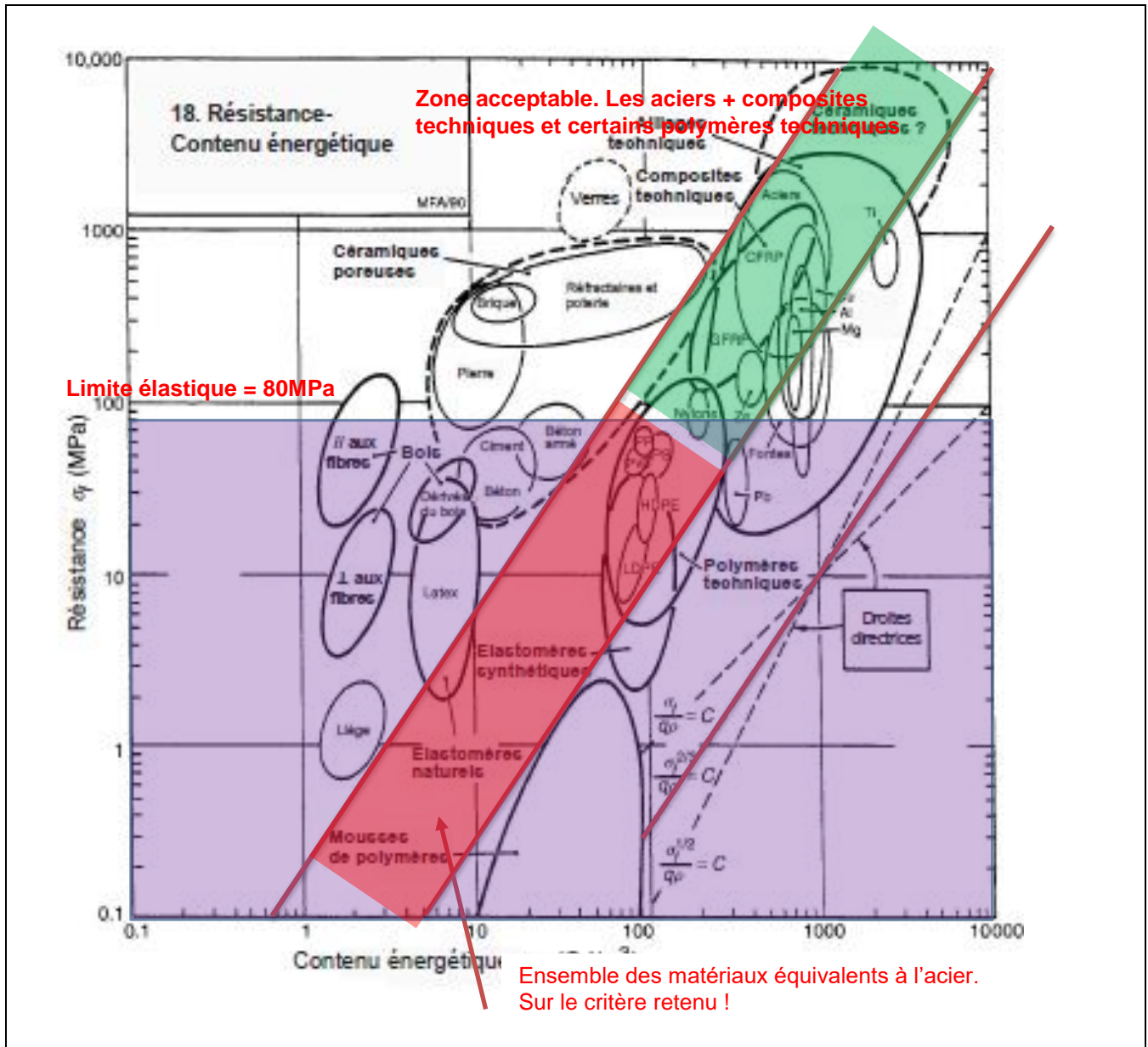
Q24.

a. Fonction : résistance mécanique de l'arbre en torsion  $\frac{16\sqrt{3} M_1}{\pi d^3} < \sigma_e \Rightarrow d = \left(\frac{16\sqrt{3} M_1}{\pi \sigma_e}\right)^{\frac{1}{3}}$

Objectif : Minimiser l'énergie grise  $q = \rho \cdot \left(\pi \cdot \frac{d^2}{4}\right) \cdot q_u = \frac{\rho \cdot q_u}{R_g^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{16\sqrt{3} M_1}{\pi}\right)^{\frac{2}{3}}$

Indice de performance :  $\frac{R_g^{\frac{2}{3}}}{\rho \cdot q_u}$  (Indice que l'on retrouve dans le tableau page 50 du poly)

b. et c. sur graphique



## 7. Cotation

Q25.

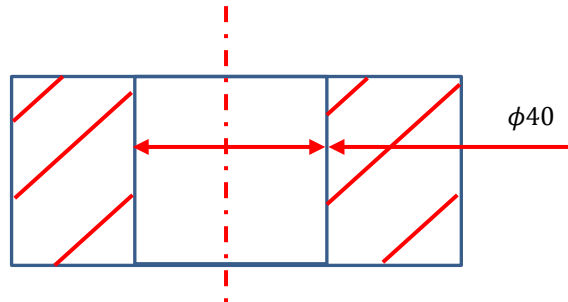
- a. Guidage en rotation assuré par un roulement à aiguilles sans bague intérieure. La portée de roulement est directement usinée sur l'arbre.



La cotation retenue est :



- b. Il s'agit d'un diamètre 44 avec une tolérance h9 (0/-0.062). Contrôle bi-points + spécification d'enveloppe imposée : Le diamètre 44 doit pouvoir passer dans un gabarit cylindrique de forme parfaite dont le diamètre de l'alésage vaut 44mm.

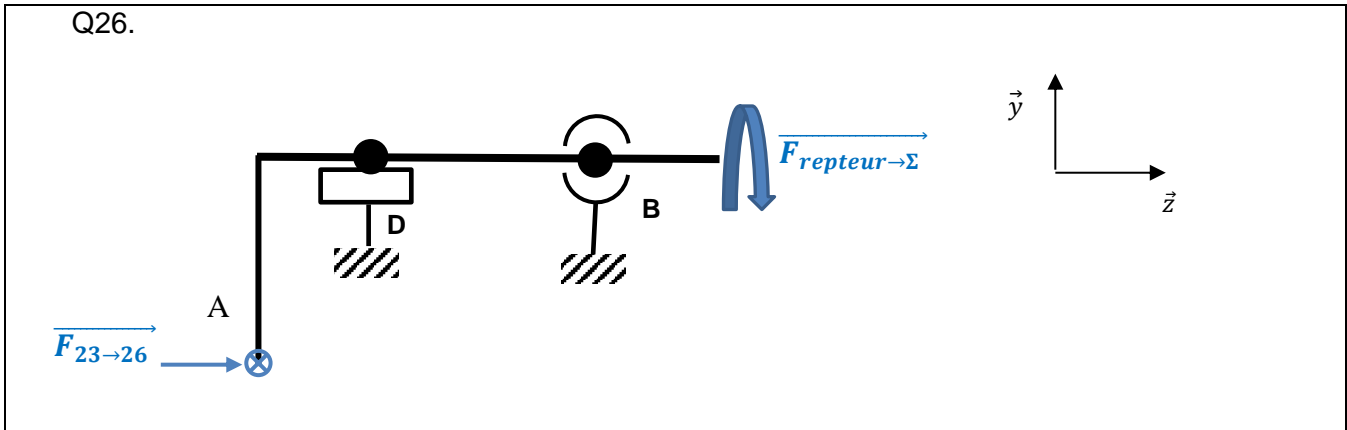


c.

Symbole	REELS (éléments non idéaux)		MODELES (éléments idéaux)		
Type Position	Elément toléré ET	Elément de Référence ER	Référence Spécifiée RS	Zone de Tolérance ZT	
Condition : l'élément spécifié doit se trouver à l'intérieur de la zone de tolérance	Nature géométrique <b>unique</b> /groupe	Nature géométrique unique / <b>multiple</b>	Type ,nature simple <b>commune</b> système	Type ,nature <b>simple</b> composée	Contraintes d'orientation et/ou position /RS
Schéma 	Surface réputée plane	Surface réputée cylindrique Surface réputée plane	A : Axe du plus petit cylindre circonsrit  B : Plan contraint tangent coté libre matière et perpendiculaire à l'axe A  	Volume limité par deux plans distants de 0,1mm.  0,1 	Le plan médian est contraint à une distance de 16,7mm du plan B  16,7 0,1 

**8. Roulement**

Q26.



Q27.

$$\{T_{29 \rightarrow 30}\} = \begin{Bmatrix} 10000 & 0 \\ 10909 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_D \quad \{T_{32 \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} -5000 & 0 \\ -10909 & 0 \\ -10000 & 0 \end{Bmatrix}_B$$

Q28.

$$L_{10} = 9,6 \text{ Mtr soit } 480 \text{ heures}$$

Q29.

$$L_{10} = 19,9 \text{ Mtr}$$