

CONCOURS NATIONAL COMMUN
D'ADMISSION AUX GRANDES ECOLES D'INGENIEURS MAROCAINES
SESSION : 2019 **FILIERE : TSI**
EPREUVE DE : GENIE MECANIQUE

ELEMENTS DE CORRECTION

PROCEDE D'IMPRESSIION 3D EN BETON

1- Etude préliminaire :

Question 1-1 : Quelle est l'organe technologique que le constructeur a proposé pour répondre à l'exigence 1.2 indiquée sur le diagramme des exigences.

- Pompe péristaltique.

Question 1-2 : Au niveau de quel organe sera vérifiée l'exigence 1.2.2 indiquée sur le diagramme des exigences.

Cette exigence sera vérifiée au niveau du malaxeur de béton.

Question 1-4 : Donner la forme du torseur cinématique de la liaison d'axe (O, \vec{z}_0) au point O, noté : $\{\mathcal{V}(1/0)\}$.

$$\{\mathcal{V}(1/0)\} = \left[\begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_z & 0 \end{array} \right]_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)}$$

Question 1-5 : Donner la forme du torseur d'action mécanique transmissible par cette liaison au point O, noté : $\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 1)\}$.

$$\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 1)\} = \left[\begin{array}{c|c} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & M_{01} \\ Z_{01} & 0 \end{array} \right]_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)}$$

Question 1-7 : Déterminer l'expression de la vitesse $\overrightarrow{V(A \in 1/0)}$ du point A par rapport à au repère (0) en fonction des données de la figure (4) précédente.

$$\overrightarrow{V(A \in 1/R_0)} = \left(\frac{d\overrightarrow{OA}}{dt} \right)_{R_0} = L \cdot \left(\frac{d\vec{x}_1}{dt} \right)_{R_0} = L \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{y}_1$$

Question 1-10 : Déterminer X_G , Y_G et Z_G , les coordonnées du centre d'inertie G de la pièce (1) en fonction des données de la figure 5. ($\overrightarrow{OG} = X_G \cdot \vec{x}_1 + Y_G \cdot \vec{y}_1 + Z_G \cdot \vec{z}_0$).

$$m \cdot \overrightarrow{OG} = m_D \cdot \overrightarrow{OO} + m_P \cdot \overrightarrow{OC}$$

$$S \cdot \overrightarrow{OG} = S_D \cdot \overrightarrow{OO} + S_P \cdot \overrightarrow{OC} = e.l \cdot \left(R + \frac{l}{2} \right) \cdot \vec{x}_1 \Rightarrow S \cdot (X_G \cdot \vec{x}_1 + Y_G \cdot \vec{y}_1 + Z_G \cdot \vec{z}_0) = e.l \cdot \left(R + \frac{l}{2} \right) \cdot \vec{x}_1$$

$$\Rightarrow (\pi \cdot R^2 + e.l) \cdot (X_G \cdot \vec{x}_1 + Y_G \cdot \vec{y}_1 + Z_G \cdot \vec{z}_0) = e.l \cdot \left(R + \frac{l}{2} \right) \cdot \vec{x}_1$$

d'où : $\boxed{X_G = \frac{e.l}{\pi \cdot R^2 + e.l} \left(R + \frac{l}{2} \right)}$ et $\boxed{Y_G = 0}$ et $\boxed{Z_G = 0}$

Question 1-11 : Déterminer alors la matrice d'inertie de cette pièce (1) au point O dans la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ en indiquant le théorème utilisé.

Théorème de Huygens :

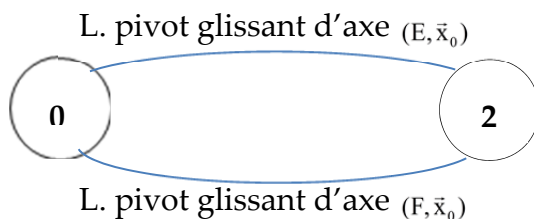
$$\overline{\overline{I}}(0,1) = \overline{\overline{I}}(G,1) + m \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_G^2 & 0 \\ 0 & 0 & X_G^2 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)} \Rightarrow \overline{\overline{I}}(0,1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)} + m \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_G^2 & 0 \\ 0 & 0 & X_G^2 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)}$$

D'où $\boxed{\overline{\overline{I}}(0,1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 + X_G^2 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 + X_G^2 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)}}$

2- Structure du mécanisme du déglacement de la tête.

Question 2-1 : En utilisant la méthode statique, déterminer la liaison équivalente aux deux liaisons en parallèle en E et F. (réduire les torseurs au point E).

Liaisons en parallèle :



$$\begin{aligned} \{\mathcal{T}_{eq}\}_E = \{\mathcal{T}_E\}_E + \{\mathcal{T}_F\}_E &\Rightarrow \begin{Bmatrix} X_{eq} \\ Y_{eq} \\ Z_{eq} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_{eq} \\ M_{eq} \\ N_{eq} \end{Bmatrix} \Big|_E = \begin{Bmatrix} 0 \\ Y_E \\ Z_E \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ M_E \\ N_E \end{Bmatrix} \Big|_E + \begin{Bmatrix} 0 \\ Y_F \\ Z_F \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ M_F \\ N_F \end{Bmatrix} \Big|_E + \overrightarrow{EF} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ Y_F \\ Z_F \end{Bmatrix} \Big|_E \\ \Rightarrow \begin{Bmatrix} X_{eq} \\ Y_{eq} \\ Z_{eq} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_{eq} \\ M_{eq} \\ N_{eq} \end{Bmatrix} \Big|_E &= \begin{Bmatrix} 0 \\ Y_E \\ Z_E \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ M_E \\ N_E \end{Bmatrix} \Big|_E + \begin{Bmatrix} 0 \\ Y_F \\ Z_F \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} -d.Y_F \\ M_F \\ N_F \end{Bmatrix} \Big|_E = \begin{Bmatrix} 0 \\ Y_E + Y_F \\ Z_E + Z_F \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} -d.Y_F \\ M_E + M_F \\ N_E + N_F \end{Bmatrix} \Big|_E \end{aligned}$$

Le torseur statique de la liaison équivalente admet la composante de résultante suivant \vec{x}_0 nulle, c'est donc une liaison glissière de direction \vec{x}_0 .

Question 2-2 : Calculer son degré d'hyperstatisme (h).

$$h = Ns - rs$$

$$h = 8 - 5 = 3$$

la liaison glissière est hyperstatique d'ordre 3.

Question 2-3: Quel est l'impact de ce degré d'hyperstatisme sur la réalisation de cette liaison.

Cette valeur de h oblige le constructeur à respecter 3 conditions géométriques pendant le montage et/ou la réalisation du système.

Question 2-4 : Quelle est la nature du mouvement entre les pièces (4) et (3), justifier

Translation circulaire, (HKNM) est un parallélogramme déformable.

Question 2- 5: En déduire $\overline{\Omega(4/3)}$

$$\overline{\Omega(4/3)} = \vec{0}$$

3- Choix des actionneurs du système.

Question 3-1 : Déterminer l'expression de la vitesse $\overline{V(C/R_0)}$ du point C dans son mouvement par rapport à R_0 .

$$\overline{V(C/R_0)} = \dot{x}.\vec{x}_0 + \dot{y}.\vec{y}_0$$

Question 3-2 : Déterminer l'expression de la vitesse $\overline{V(G_3/R_0)}$ du point G_3 dans son mouvement par rapport à R_0 .

$$\begin{aligned}\overrightarrow{V(G_3 / R_0)} &= \left(\frac{d\overrightarrow{OG_3}}{dt} \right)_{R_0} = \dot{x} \cdot \vec{x}_0 + \dot{y} \cdot \vec{y}_0 + \left(\frac{d\overrightarrow{CG_3}}{dt} \right)_{R_0} \\ &= \dot{x} \cdot \vec{x}_0 + \dot{y} \cdot \vec{y}_0 + a \cdot \left(\frac{d\vec{z}_3}{dt} \right)_{R_0} = \dot{x} \cdot \vec{x}_0 + \dot{y} \cdot \vec{y}_0 + a \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{x}_3\end{aligned}$$

$$\text{D'où } \boxed{\overrightarrow{V(G_3 / R_0)} = \dot{x} \cdot \vec{x}_0 + \dot{y} \cdot \vec{y}_0 + a \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{x}_3}$$

Question 3-3 : Déterminer l'expression de la résultante dynamique de l'ensemble $E_1 = (2, 3)$ en projection sur \vec{x}_0 dans son mouvement par rapport à R_0 (notée $(\vec{x}_0, \overrightarrow{R_D}(E_1 / R_0))$).

$$\begin{aligned}\vec{x}_0 \cdot \overrightarrow{R_D}(E_1 / R_0) &= \vec{x}_0 \cdot (m_2 \cdot \overrightarrow{\Gamma}(G_2 / R_0) + m_3 \cdot \overrightarrow{\Gamma}(G_3 / R_0)) \\ &= \vec{x}_0 \cdot (m_2 \cdot (\ddot{x} \cdot \vec{x}_0 + \ddot{y} \cdot \vec{y}_0) + m_3 \cdot (\ddot{x} \cdot \vec{x}_0 + \ddot{y} \cdot \vec{y}_0 + a \cdot \ddot{\theta} \cdot \vec{x}_3 - a \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \vec{z}_3)) \\ &= m_2 \cdot \ddot{x} + m_3 \cdot \ddot{x} + m_3 \cdot a \cdot \ddot{\theta} \cdot \cos \theta - m_3 \cdot a \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \sin \theta\end{aligned}$$

$$\text{D'où } \boxed{\vec{x}_0 \cdot \overrightarrow{R_D}(E_1 / R_0) = (m_2 + m_3) \cdot \ddot{x} + m_3 \cdot a \cdot (\ddot{\theta} \cdot \cos \theta - \dot{\theta}^2 \cdot \sin \theta)}$$

Question 3-4 : Déterminer l'expression de la résultante dynamique de l'ensemble $E = (1, 2, 3)$ en projection sur \vec{y}_0 dans son mouvement par rapport à R_0 (notée $(\vec{y}_0, \overrightarrow{R_D}(E / R_0))$).

$$\begin{aligned}\vec{y}_0 \cdot \overrightarrow{R_D}(E / R_0) &= \vec{y}_0 \cdot (m_1 \cdot \overrightarrow{\Gamma}(G_1 / R_0) + m_2 \cdot \overrightarrow{\Gamma}(G_2 / R_0) + m_3 \cdot \overrightarrow{\Gamma}(G_3 / R_0)) \\ &= m_1 \cdot \ddot{y} + m_2 \cdot \ddot{y} + m_3 \cdot \ddot{y}\end{aligned}$$

$$\text{D'où } \boxed{\vec{y}_0 \cdot \overrightarrow{R_D}(E / R_0) = (m_1 + m_2 + m_3) \cdot \ddot{y}}$$

Question 3-5 : Déterminer l'expression du moment cinétique $\overrightarrow{\sigma}(C, 3 / R_0)$ au point C, du solide (3) dans son mouvement par rapport à R_0 .

$$\begin{aligned}\overrightarrow{\sigma}(C, 3 / R_0) &= \overline{\overline{I}}(C, 3) \cdot \overrightarrow{\Omega}(3 / R_0) + m_3 \cdot \overrightarrow{CG_3} \wedge \overrightarrow{V}(C \in 3 / R_0) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_3, \vec{y}_0, \vec{z}_3)} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \dot{\theta} \\ 0 \end{pmatrix} + m_3 \cdot a \cdot \vec{z}_3 \wedge (\dot{x} \cdot \vec{x}_0 + \dot{y} \cdot \vec{y}_0) \\ &= B_3 \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{y}_0 + m_3 \cdot a \cdot \dot{x} \cdot \cos \theta \cdot \vec{y}_0 - m_3 \cdot a \cdot \dot{y} \cdot \vec{x}_3\end{aligned}$$

$$\text{D'où } \boxed{\overrightarrow{\sigma}(C, 3 / R_0) = -m_3 \cdot a \cdot \dot{y} \cdot \vec{x}_3 + (B_3 \cdot \dot{\theta} + m_3 \cdot a \cdot \dot{x} \cdot \cos \theta) \cdot \vec{y}_0}$$

Question 3-6 : Déterminer l'expression du moment dynamique au point C du solide (3) en projection sur \vec{y}_0 dans son mouvement par rapport à R_0 (notée $(\vec{y}_0, \overrightarrow{\delta}(C, 3 / R_0))$).

$$\begin{aligned}
\vec{y}_0 \cdot \overrightarrow{\delta(C, 3 / R_0)} &= \vec{y}_0 \cdot \left(\left(\frac{d\sigma(C, 3 / R_0)}{dt} \right)_{R_0} + m_3 \cdot \overrightarrow{V(C / R_0)} \wedge \overrightarrow{V(G_3 / R_0)} \right) \\
&= \frac{d(\vec{y}_0 \cdot \sigma(C, 3 / R_0))}{dt} + m_3 \cdot \vec{y}_0 \cdot (\overrightarrow{V(C / R_0)} \wedge \overrightarrow{V(G_3 / R_0)}) \\
&= \frac{d}{dt} (B_3 \cdot \dot{\theta} + m_3 \cdot a \cdot \dot{x} \cdot \cos \theta) + m_3 \cdot \overrightarrow{V(G_3 / R_0)} (\vec{y}_0 \wedge \overrightarrow{V(C / R_0)}) \\
&= \frac{d}{dt} (B_3 \cdot \dot{\theta} + m_3 \cdot a \cdot \dot{x} \cdot \cos \theta) - m_3 \cdot (\dot{x} \cdot \vec{x}_0 + \dot{y} \cdot \vec{y}_0 + a \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{x}_3) \cdot \dot{x} \cdot \vec{z}_0 \\
&= \frac{d}{dt} (B_3 \cdot \dot{\theta} + m_3 \cdot a \cdot \dot{x} \cdot \cos \theta) + m_3 \cdot a \cdot \dot{x} \cdot \dot{\theta} \cdot \sin \theta
\end{aligned}$$

$$D'o\grave{u} \quad \boxed{\vec{y}_0 \cdot \overrightarrow{\delta(C, 3 / R_0)} = B_3 \cdot \ddot{\theta} + m_3 \cdot a \cdot \ddot{x} \cdot \cos \theta}$$

Question 3-7 : Isoler l'ensemble $E = (1, 2, 3)$ et écrire le TRD en projection sur \vec{y}_0 . (Seuls les termes des actions mécaniques seront développés)

$$\begin{aligned}
\vec{y}_0 \cdot m_E \cdot \overrightarrow{\Gamma_{G_E} / R_0} &= \vec{y}_0 \cdot \overrightarrow{R(\bar{E} \rightarrow E)} \\
&= F_{01} - \mu_{01} \cdot \dot{y}
\end{aligned}$$

Question 3-8 : Isoler l'ensemble $E_1 = (2, 3)$ et écrire le TRD en projection sur \vec{x}_0 . (Seuls les termes des actions mécaniques seront développés)

$$\begin{aligned}
\vec{x}_0 \cdot m_{E_1} \cdot \overrightarrow{\Gamma_{G_{E_1}} / R_0} &= \vec{x}_0 \cdot \overrightarrow{R(\bar{E}_1 \rightarrow E_1)} \\
&= F_{12} - \mu_{12} \cdot \dot{x}
\end{aligned}$$

Question 3-9 : Isoler Le solide (3) et écrire le TMD au point C en projection sur \vec{y}_0 . (seuls les termes des actions mécaniques seront développés).

$$\begin{aligned}
\vec{y}_0 \cdot \overrightarrow{\delta(C, 3 / R_0)} &= \vec{y}_0 \cdot \overrightarrow{M_C(\bar{3} \rightarrow 3)} \\
&= C_{23} - \mu_{23} \cdot \dot{\theta} + \vec{y}_0 \cdot (\overrightarrow{CG_3} \wedge m_3 \cdot g \cdot \vec{z}_0) \\
&= C_{23} - \mu_{23} \cdot \dot{\theta} - m_3 \cdot g \cdot a \cdot \sin \theta
\end{aligned}$$

4- Entraînement de la pompe péristaltique :

Question 4-1 : En utilisant la formule Willis, déterminer le rapport du réducteur $k = \frac{\omega_b}{\omega_m}$.

On se plaçant sur le porte satellite :

$$\frac{\omega_{10} - \omega_{ps}}{\omega_0 - \omega_{ps}} = -\frac{Z_0}{Z_{10}} \Rightarrow \frac{\omega_{10} - \omega_b}{\omega_0 - \omega_b} = -\frac{Z_0}{Z_{10}} \Rightarrow \frac{\omega_m - \omega_b}{-\omega_b} = -\frac{Z_0}{Z_{10}} \Rightarrow \omega_m - \omega_b = \omega_b \frac{Z_0}{Z_{10}}$$

$$\Rightarrow \omega_m = \omega_b \left(\frac{Z_{10} + Z_0}{Z_{10}} \right)$$

$$\Rightarrow \boxed{k = \frac{\omega_b}{\omega_m} = \frac{Z_{10}}{Z_{10} + Z_0}} \quad \text{AN} \quad \boxed{k = \frac{\omega_b}{\omega_m} = \frac{1}{3}}$$

Question 4-2 : Calculer Z_{11} : le nombre de dents du planétaire (11) (voir figure 7).

A partir de la figure 7 \Rightarrow Contrainte de montage : $\frac{d_0}{2} = \frac{d_{10}}{2} + d_{11}$

$$\Rightarrow d_0 = d_{10} + 2.d_{11} \Rightarrow Z_0 = Z_{10} + 2.Z_{11} \Rightarrow Z_{11} = \frac{Z_0 - Z_{10}}{2} \text{ d'où } \boxed{Z_{11} = 17 \text{ dents}}$$

Question 4-3 : Déterminer l'expression du couple C_b en fonction de C_m et k (Régime établi).

$$C_m \cdot \omega_m = C_b \cdot \omega_b \Rightarrow C_b = \frac{C_m \cdot \omega_m}{\omega_b} = C_m \cdot \frac{\omega_m}{\omega_b} = \frac{C_m}{k} \text{ d'où } \boxed{C_b = \frac{C_m}{k}}$$

Question 4-4 : On pose $F_b = \frac{C_b}{R_b}$ ou F_b est la force de pression à l'intérieure du tuyau de béton et R_b le rayon du barillet de la pompe. Déterminer alors l'expression de la pression P (supposée constante) à l'intérieure du tuyau en fonction de C_m, k, S et R_b .

$$P = \frac{F_b}{S} = \frac{C_b}{S \cdot R_b} = \frac{C_m}{k \cdot S \cdot R_b}$$

Question 4-5 : Conclure quand au respect de l'exigence (1.2.1) indiquée sur le diagramme d'exigences, (on donne $C_m = 20 \text{ Nm}$; $R_b = 0,35 \text{ m}$; $k = 0,3$; $S = 7000 \text{ mm}^2$).

L'exigence (1.2.1) indiquée sur le diagramme d'exigences :

La pression d'alimentation de la tête d'impression sera supérieure ou égale à 0,2 bar

$$\text{AN : } P = \frac{C_m}{k \cdot S \cdot R_b} = \frac{20}{0,3 \times 7000 \times 0,35} \text{ N / mm}^2 = 0,027 \text{ N / mm}^2 = 0,27 \text{ bar} \geq 0,2 \text{ bar}$$

Donc l'exigence (1.2.1) est respectée.

5- Déformation du portique

Question 5-1 : Déterminer F_A et F_B : les inconnues en A et B, en fonction de q_0 et L .

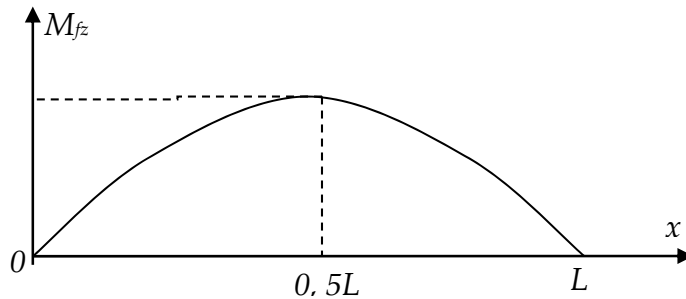
$$\left. \begin{array}{l} F_A + F_B = q_0 \cdot L \\ F_A = F_B \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{F_A = F_B = \frac{q_0 \cdot L}{2}}$$

Question 5-2 : Déterminer les expressions de l'effort tranchant $T_y(x)$ et du moment de flexion $M_{fz}(x)$ du torseur de cohésion.

$$T_y(x) = -(F_A - q_0 \cdot x) = -\frac{q_0 \cdot L}{2} + q_0 \cdot x = q_0 \left(x - \frac{L}{2} \right)$$

$$M_{f_z}(x) = -(-x \cdot F_A + \frac{q_0 \cdot x^2}{2}) = x \cdot \frac{q_0 \cdot L}{2} - \frac{q_0 \cdot x^2}{2} = \frac{q_0}{2} (-x^2 + L \cdot x)$$

Question 5-3 : Tracer le diagramme du moment de flexion (M_{f_z}), En déduire l'expression du moment de flexion maximal $M_{f_{\max}}$ en fonction de q_0 et L .



$$M_{f_{\max}} = \frac{q_0 \cdot L^2}{8}$$

Question 5-4 : Donner l'expression de la contrainte normale maximale dans la section de la poutre σ_{\max} en fonction de q_0 , a et L .

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{f_{\max}}}{I_{Gz}} \cdot v = \frac{M_{f_{\max}}}{I_{Gz}} \times \frac{a}{2} = \frac{q_0 \cdot L^2}{8 \cdot a^4} \times \frac{12 \cdot a}{2} \quad \text{d'où} \quad \sigma_{\max} = \frac{3 \cdot q_0 \cdot L^2}{4 \cdot a^3}$$

Question 5-5 : Déterminer l'expression de la valeur minimale du côté (a) de la poutre permettant de résister à la charge, en fonction de σ_e , q_0 , s et L .

$$\sigma_{\max} \geq \frac{\sigma_e}{s} \Rightarrow \frac{3 \cdot q_0 \cdot L^2}{4 \cdot a^3} \geq \frac{\sigma_e}{s} \Rightarrow a \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot q_0 \cdot L^2 \cdot s}{4 \cdot \sigma_e}} \quad a_{\min} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot q_0 \cdot L^2 \cdot s}{4 \cdot \sigma_e}}$$

Question 6-6 : On désire déterminer l'expression de la déformée $y(x)$

Question 6-6-a : Donner deux conditions aux limites pour la déformée de la poutre.

$$\text{Pour } x=0 \text{ on a } y(0) = 0$$

$$\text{Pour } x = \frac{L}{2} \text{ on a } y'(\frac{L}{2}) = 0$$

Question 6-6-b Déterminer alors, l'expression de la déformée $y(x)$, ($E \cdot I_{Gz} \cdot y(x) = \dots$)

$$E \cdot I_{Gz} \cdot y''(x) = M_{f_z}(x) = \frac{q_0}{2} (-x^2 + L \cdot x)$$

$$\Rightarrow E \cdot I_{Gz} \cdot y'(x) = \frac{q_0}{2} \left(-\frac{x^3}{3} + L \cdot \frac{x^2}{2} + C_1 \right) \quad \text{et} \quad E \cdot I_{Gz} \cdot y(x) = \frac{q_0}{2} \left(-\frac{x^4}{12} + L \cdot \frac{x^3}{6} + C_1 \cdot x + C_2 \right)$$

Et les deux conditions aux limites donnent :

$$C_2 = 0 \quad \text{et} \quad y'(\frac{L}{2}) = 0 \Rightarrow 0 = -\frac{L^3}{24} + \frac{L^3}{8} + C_1 \Rightarrow C_1 = -\frac{L^3}{12}$$

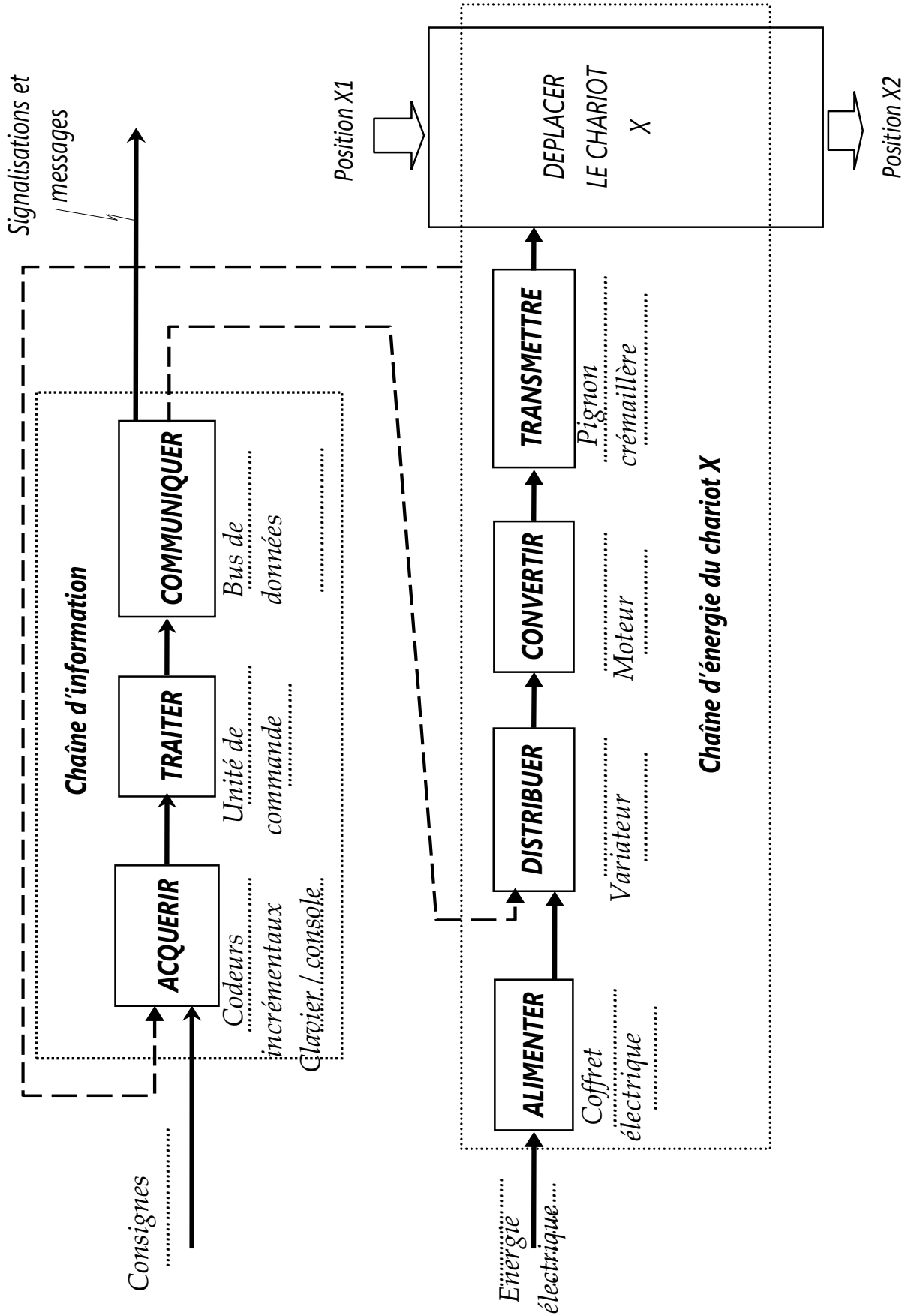
$$\text{D'où } \boxed{\Rightarrow E.I_{GZ} \cdot y(x) = \frac{q_0}{2} \left(-\frac{x^4}{12} + L \cdot \frac{x^3}{6} - \frac{L^3}{12} \cdot x \right)}$$

Question 6-6-c Montrer que la flèche maximale est : $y_{\max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I_{Gz}}$.

$$\text{La fleche est maximale pour } x = \frac{L}{2} \quad \Rightarrow \quad E.I_{GZ} \cdot y_{\max} = \frac{q_0}{2} \left(-\frac{L^4}{16 \times 12} + \frac{L^4}{48} - \frac{L^4}{24} \right) = -\frac{5 \cdot q_0 \cdot L^4}{384}$$

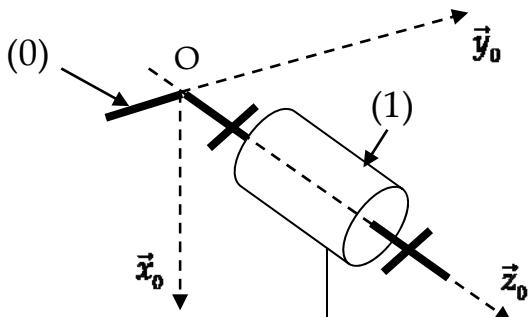
$$\text{D'où } \boxed{y_{\max} = -\frac{5 \cdot q_0 \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{GZ}}}$$

DR1 – A RENDRE AVEC LA COPIE

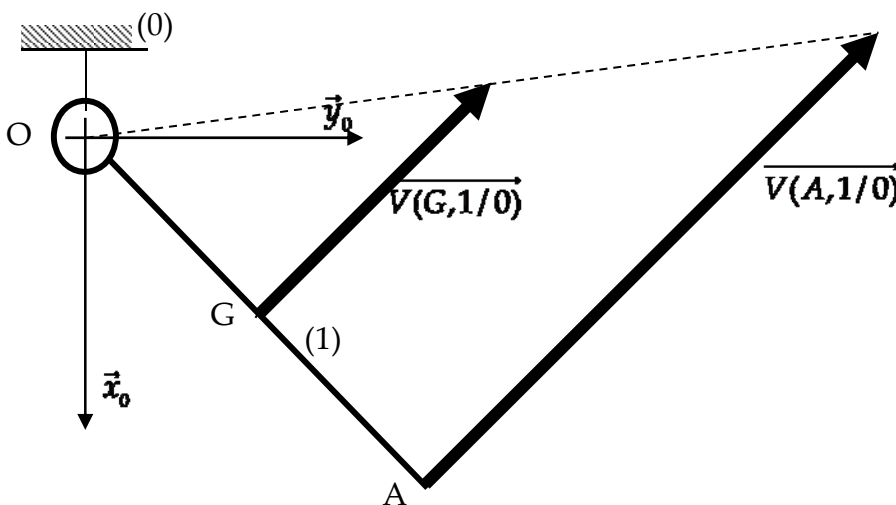


DR2 – A RENDRE AVEC LA COPIE

Question 1-6 : Dessiner le schéma cinématique spatial de la liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_0) .



Question 1-8 : On pose $\| \vec{V}(A, 1/0) \| = 0,03 \text{ m/s}$, Tracer la vitesse du point A à l'échelle : $0,01 \text{ m/s} \rightarrow 20 \text{ mm}$.



Question 1-8 : Tracer la vitesse du point G et donner sa norme.

$$\| \vec{V}(G, 1/0) \| = \dots 0,015 \dots \text{ m/s}$$

En utilisant le triangle des vitesses