CONCOURS COMMUN INP	Numéro d'inscription		Nom : CORRECTION
	Numéro de table		Prénom :
	Né(e) le		

Emplacement QR Code

Filière :

Session :

Épreuve de : SCIENCES INDUSTRIELLES

Consignes

- *Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer*
- *Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir*
- *Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)*
- *Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)*
- *Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre*

ROTATOR tout électrique

Question 1. Par un isolement pertinent, déterminer le couple C_{24} à fournir par le motoréducteur en fonction des données du problème.

J'isole 4 soumis aux actions mécaniques extérieures : $2 \xrightarrow{mot} 4$ ✓

$2 \xrightarrow{piv.} 4$ ✗

$pdb \rightarrow 4$

J'écris le th. des moments en B et en projection sur $\vec{x_4}$:

$$\underbrace{\vec{M}_{B,2\xrightarrow{mot}4}\cdot\vec{x_4}}_{=C_{24}} + \underbrace{\vec{M}_{B,2\xrightarrow{piv.}4}\cdot\vec{x_4}}_{=0} + \underbrace{\vec{M}_{B,pdb\rightarrow4}\cdot\vec{x_4}} = 0 \qquad = l_{4x}\cdot\vec{x} + l_{4z}\cdot\vec{z_4}$$

$$\vec{M}_{B,pdb\rightarrow4}\cdot\vec{x_4} = \vec{M}_{G,pdb\rightarrow4}\cdot\vec{x_4} + (\vec{BG}\wedge(-m.g.\vec{z})).\vec{x_4}$$

$$= l_{4z}.m.g.\sin\alpha$$

On a donc $\boxed{C_{24} = -\,l_{4z}.m.g.\sin\alpha}$

Question 2. Faire l'application numérique dans le pire des cas en fonction de la performance annoncée par le constructeur.

Dans le pire des cas : $\alpha = +/- 90°$ et $l_{4z} = 80$ mm avec $m = 1000$ kg.

On a alors : $\boxed{C_{24,max} \simeq 785 \text{ N.m}}$

Question 3. Quel rapport de réduction, que l'on notera r, faut-il utiliser pour valider l'exigence demandée ?

Au maximum, $C_{mot}^{max} = 1,5\ N.m$.

$$C_{mot} \longrightarrow \boxed{\text{Réducteur}\ (r)} \longrightarrow C_{sortie} = \frac{1}{r} \cdot C_{mot} \quad (\text{et } \omega_{sortie} = r \cdot \omega_{mot})$$

Dans le cas limite : $C_{sortie} = C_{24,max} = \frac{1}{r} \cdot C_{mot}^{max}$ donc $r = \frac{C_{mot}^{max}}{C_{24,max}}$

$r \simeq 1,91.10^{-3}$

Pour que $C_{mot} < C_{mot}^{max}$, il faut : $r < 1,91.10^{-3}$

Question 4. Déterminer $\Delta\alpha$ la variation de l'angle pendant un trapèze de vitesse en fonction de ω_{max}, r et t_1.

Sur un trapèze : $\Delta\theta_m$ = Variat° de l'angle du moteur de rotat° $= \underbrace{\int_0^{3.t_1} \omega_m(t).dt}_{= \text{aire sous la courbe}}$

$\Delta\theta_m = 2.t_1.\omega_{max}$

Et : $\frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta_m} = r$ donc $\Delta\alpha = r.\Delta\theta_m = 2.r.t_1.\omega_{max}$

Question 5. Déterminer la vitesse de rotation en sortie du moteur ω_{max} nécessaire pour vérifier le temps de retournement.

Le constructeur impose ds le cas limite : $\Delta\alpha = 180°$ pour $3.t_1 = 30\ s$

Il faut donc que : $\omega_{max} = \frac{\Delta\alpha}{2.r.t_1}$ donc $\omega_{max} \simeq 157\ rad/s$

$\omega_{max} \simeq 1500\ tr/min$

Question 6. Le moteur choisi permet-il de valider le critère de temps de retournement ?

Avec $r = 10^{-3}$, on a :

- $\omega_{max} < \underbrace{\omega_{nominale}^{moteur}}_{3300\ tr/min}$: VALIDÉ pour la vitesse de rotat°
- $C_{mot} = r.C_{24,max} \simeq 0,785\ N.m < \overbrace{C_{mot}^{max}}^{1,5\ N.m}$: VALIDÉ pour le couple

Question 7. Déterminer l'effort F_{12} à fournir par la motorisation pour maintenir le système en équilibre.

J'isole $\{2,4\}$ soumis aux actions mécaniques extérieures :

- pdo $\rightarrow$ 4
- $1 \xrightarrow{gli} 2$ ✗
- $1 \xrightarrow{mot} 2$ ✓

J'écris le Th. des résultantes en projection sur $\vec{z}$:

$$\underbrace{\vec{R}_{pdo \rightarrow 4} \cdot \vec{z}}_{= -m \cdot g} + \underbrace{\vec{R}_{1 \xrightarrow{gli} 2} \cdot \vec{z}}_{= 0} + \underbrace{\vec{R}_{1 \xrightarrow{mot} 2} \cdot \vec{z}}_{= F_{12}} = 0$$

Donc $\boxed{F_{12} = m \cdot g}$

Question 8. Sachant que $\overrightarrow{P_1P_2}$ est colinéaire à $\vec{z}$, montrer que la résultante de l'action $\{v_1 \rightarrow 2\}$ est dirigée par le vecteur $\vec{z}$.

J'isole $\{v_1, v_2\}$ soumis aux actions mécaniques extérieures :

- $1 \rightarrow v_2$ (rotule)
- $2 \rightarrow v_1$ (")

L'ensemble n'est soumis qu'à 2 glisseurs (ce sont des liaisons rotule) donc les résultantes de ces torseurs seront dirigées par $\overrightarrow{P_1P_2}$ (centres des rotules = point d'application des glisseurs. Comme $\overrightarrow{P_1P_2}$ est colinéaire à $\vec{z}$ alors :

$$\boxed{\vec{R}_{v_1 \rightarrow 2} = -\overrightarrow{R_{2 \rightarrow v_1}} = U \cdot \vec{z}}$$

Question 9. Quel(s) vérin(s) pourrai(en)t convenir ?

Le vérin travaille en sortie de tige donc la section utile est :

$$\boxed{S = \pi \cdot \frac{D_p^2}{4}}$$

La pression nécessaire sera donc : $p = \frac{U}{S} = \frac{m \cdot g}{S}$

Isoler V_1 donc directement : $U = F_{12}$

Listons :

	p nécessaire (bars)	validé par pression $p < 50$ bars	course > 540 mm
ver_675_6	87	NON	OUI
_625_8	49	OUI	OUI
_575_10	toujours < à	OUI	OUI
_515_12		OUI	NON
_475_14		OUI	NON

Seuls les vérins _625_8 et _575_10 sont compatibles avec les exigences.

Question 10. Déterminer les fonctions de transfert $H_c(p)$ et $H_u(p)$ sous forme canonique de telle sorte que $\lambda(p) = H_c(p).\lambda_c(p) + H_u(p).X_u(p)$.

On a directement : $H_c(p) = \dfrac{K_{ad}.K_c.\dfrac{K}{1+T.p}.K_r.R_r.\dfrac{1}{p}}{1 + K_{ad}.K_c.\dfrac{K}{1+T.p}.K_r.R_r.\dfrac{1}{p}}$

$= \dfrac{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r}{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r + p + T.p^2}$

$$H_c(p) = \frac{1}{1 + \dfrac{1}{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r}.p + \dfrac{T}{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r}.p^2}$$

Et $H_u(p) = -\dfrac{\cancel{1}\ p.(1+T.p)}{K_{ad}.K_c.\dfrac{K}{\cancel{1+T.}p}.K_r.R_r.\cancel{\dfrac{1}{p}}}.H_c(p)$

$$H_u(p) = -\frac{p.(1+T.p)}{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r} \cdot \frac{1}{1 + \dfrac{1}{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r}.p + \dfrac{T}{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r}.p^2}$$

Question 11. Déterminer la valeur de K_c en fonction de T, K_{ad}, K, K_r et R_r notamment pour vérifier le critère énoncé précédemment.

J'identifie : $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r}{T}}$

et $\xi = \dfrac{1}{2.\sqrt{T.K_{ad}.K_c.K.K_r.R_r}}$

Le système est le plus rapide et sans dépassement si $\xi = 1$.

Il faut donc que :

$$K_c = \frac{1}{4.T.K_{ad}.K.K_r.R_r}$$

Question 12. Dans une telle configuration, le système sera-t-il précis ?

Ici : $X_u(p) = 0$ et $\lambda_c(p) = \dfrac{\lambda_0}{p}$.

Je sais que :

$$\lim_{t \to +\infty} \lambda(t) = \underbrace{1}_{\text{Gain statique de } H_c(p)} . \lambda_0$$

L'erreur sera donc nulle donc le système sera précis.

Question 13. Déterminer l'erreur en régime permanent, notée ε, pour un tel déplacement de l'utilisateur et pour une entrée consigne en échelon en fonction de K_{ad}, K_c, K, K_r, R_r et a notamment.

$$\varepsilon = \lim_{t \to +\infty} \lambda_c(t) - \lambda(t)$$

$$= \lim_{p \to 0^+} p \cdot \left(\lambda_c(p) - H_c(p) \cdot \lambda_c(p) - H_u(p) \cdot X_u(p)\right)$$

$$= \underbrace{0}_{q°12} - \lim_{p \to 0^+} p \cdot H_u(p) \cdot \frac{a}{p^2}$$

On a donc :

$$\boxed{\varepsilon = + \frac{a}{K_{ad} \cdot K_c \cdot K \cdot K_r \cdot R_r}}$$

Question 14. En utilisant l'expression de K_c, montrer que plus la constante de temps du sous-système $H(p)$ est faible, plus le système asservi complet sera précis.

Avec : $K_c = \dfrac{1}{4 \cdot T \cdot K_{ad} \cdot K \cdot K_r \cdot R_r}$, on a :

$$\varepsilon = \frac{a}{\cancel{K_{ad}} \cdot \dfrac{1}{4 \cdot T \cdot \cancel{K_{ad}} \cdot \cancel{K} \cdot \cancel{K_r} \cdot \cancel{R_r}} \cdot \cancel{K} \cdot \cancel{K_r} \cdot \cancel{R_r}} = \boxed{4 \cdot a \cdot T = \varepsilon}$$

Si T diminue, on a bien ε qui diminue.

Question 15. Expliquer pourquoi les variations des différentes courbes. Expliquer également pourquoi, à $t = 0$ s, les valeurs issues des différents capteurs sont différentes.

- À $t = 0$ s, les valeurs sont différentes car le centre de gravité n'st pas au centre du transpalette. Ici, les roues avants sont plus chargés donc la masse et plutôt sur l'avant du transpalette.
- Entre 3 s et 6 s, il y a un virage vers la droite donc les roues gauches sont plus chargés par effet centrifuge.

Question 16. Quel est le critère à respecter pour que le transpalette ne bascule pas ? Conclure en commentant la courbe.

Pour chaque roue R_i, il faut que $\vec{R}_{0 \rightarrow R_i} \cdot \vec{z} > 0$

C'est bien le cas sur la courbe, il n' y a pas eu de basculement.