

Proposition de corrigé

Concours : e3a - Polytech

Année : 2011

Filière : PSI

Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'[UPSTI](http://www.upsti.fr) (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

<https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours>

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : corrigesconcours@upsti.fr.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les [Sciences de l'Ingénieur](#), l'[orientation](#), les [Grandes Ecoles](#) ainsi que sur les [Olympiades de Sciences de l'Ingénieur](#) et sur les [Sciences de l'Ingénieur au Féminin](#) sur notre site : www.upsti.fr

L'équipe UPSTI

Partie I Analyse du système existant

◆ Définition des fonctions du système

Question I.1

	F1	F2	F3	F4	F5
Fonction principale	X				
Fonction contrainte		X	X	X	X

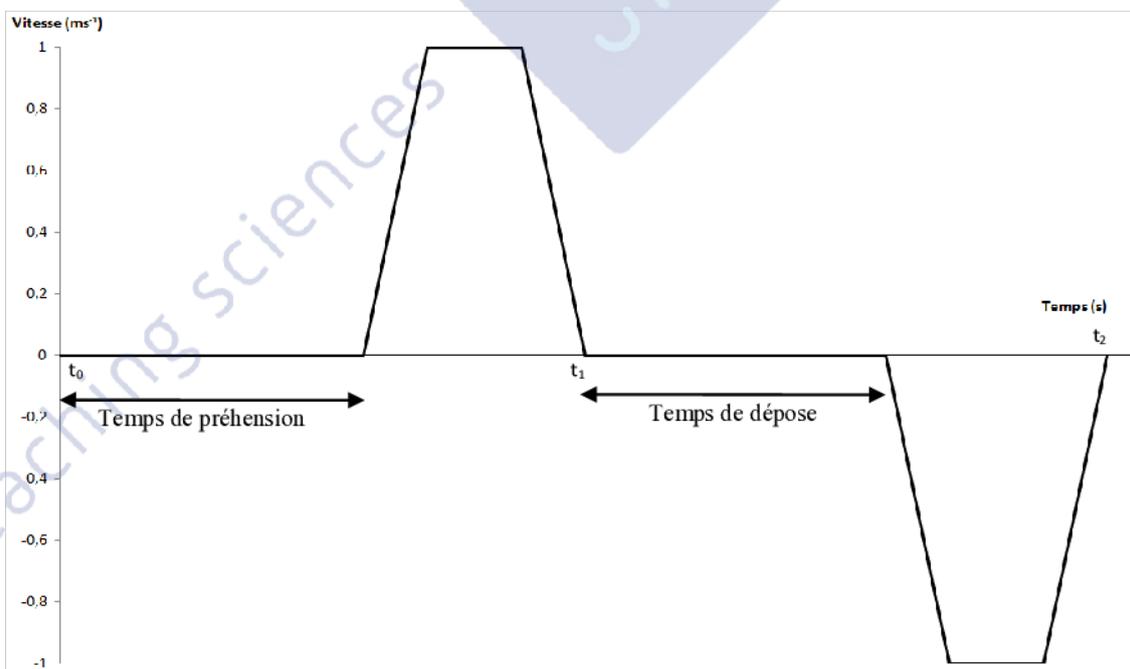
Question I.2

FS	Définition	Critère d'appréciation	Niveau
F1	Prendre et déposer un composant sur la carte électronique	· Vitesse	$V_{X \max} = 1 \text{ m s}^{-1}$ $V_{Y \max} = 900 \text{ m m s}^{-1}$ $V_{Z \max} = 600 \text{ m m s}^{-1}$
		· Accélération	$\gamma_{X \max} = 5 \text{ m s}^{-2}$ $\gamma_{Y \max} = 4 \text{ m s}^{-2}$ $\gamma_{Z \max} = 20 \text{ m s}^{-2}$
		· Précision	$< 50 \mu\text{m}$
		· Volume de travail	$V = \Delta_x \Delta_y \Delta_z = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
		· Préhenseur	Tête multi-composants imposée

◆ Analyse des performances de la fonction « Prendre des composants et les déposer sur la carte »

Question I.3

- On peut déposer 8 composants à chaque aller-retour. Pour déposer 8000 composants par heure, il faut donc 1000 aller-retour par heure.



Pour une cadence de 1000 aller-retour par heure, le temps de cycle moyen doit être $t_{\text{cycl}} = t_2 - t_0 = 3,6 \text{ s}$

Question I.4

Vu l'accélération maximale, le système a un temps d'accélération $t_a = \frac{V_{X \max}}{\gamma_{X \max}} = 0,2 \text{ s}$. Durant ce temps, le

système parcourt la distance $x_a = \frac{1}{2} \gamma_{X \max} t_a^2 = \frac{1}{2} \frac{V_{X \max}^2}{\gamma_{X \max}}$.

La décélération étant identique à l'accélération, la distance parcourue durant la décélération est aussi de x_a et dure t_a .

Le système doit donc parcourir à la vitesse constante de $V_{X \max}$, la distance $x_v = 2\Delta x - 4x_a$ (4 phases d'accélération ou décélération et un aller-retour) soit une durée de :

$$t_v = \frac{2\Delta x - 4x_a}{V_{X \max}} = \frac{2\Delta x}{V_{X \max}} - \frac{2V_{X \max}}{\gamma_{X \max}} = \frac{2\Delta x}{V_{X \max}} - 2t_a$$

Le temps de cycle minimal est donc de

$$t_{\text{cycl}} = t_p + t_d + 4t_a + t_v$$

$$t_{\text{cycl}} = t_p + t_d + \frac{2V_{X \max}}{\gamma_{X \max}} + \frac{2\Delta x}{V_{X \max}}$$

- Application numérique : $t_{\text{cycl. min}} = 3,31 \text{ s}$. Le système est capable de respecter la cadence.

◆ **Analyse des solutions techniques retenues pour réaliser la fonction « prendre des composants et les déposer sur une carte électronique »**

Question I.5

- La fonction FT122 contribue à la réalisation de la fonction FT12.
- Elle est réalisée par les fonction FT1221 et FT1222
- ..

Solution Technologique n°11	Technologie de type ventouse
Solution Technologique n°1221	Système vis-écrou à billes
Solution Technologique n°1222	Moteur synchrone triphasé
Fonction technique n°121	Assurer le guidage en translation

◆ **Analyse des actions et ordonnancement a exécuter pour la fonction « prendre des composants et les déposer sur une carte électronique »**

Question I.6

L'ordre de forçage bloque les grafkets à leur étape initiale. Les seules étapes actives sont **les étapes 0, 70, 10 et 60.**

Question I.7

Les étapes 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32 et 33 permettent à partir d'une position quelconque d'aller à la position zéro ($x_h = y_h = z_h = 0$).

- 11, 21, 31 : Mise en butée de chaque axe.
- 12, 22, 32 : Mouvement jusqu'aux index de position zéro.
- 13, 23, 33 : Attente (synchronisation).

Question I.8

Après l'étape 40, la position est $x_h = y_h = 500$ et $z_h = 20$.

Question I.9

Entre deux rechargements, on dépose **8 composants**.

Remarque : Il me semble qu'il y a un problème. Car cp passe à 8 à l'activation de l'étape 61. Le 8^{ème} composant est déposé **après**. Hors dès que $cp=8$, l'étape 75 s'active pour un retour vers le magasin... Il faudrait $\uparrow 60$ comme réceptivité entre 74 et 75 à la place de $[cp = 8]$.

Question I.10

On dépose, par cycle, 6 lignes de 8 composants soit **48 composants**.

Question I.11

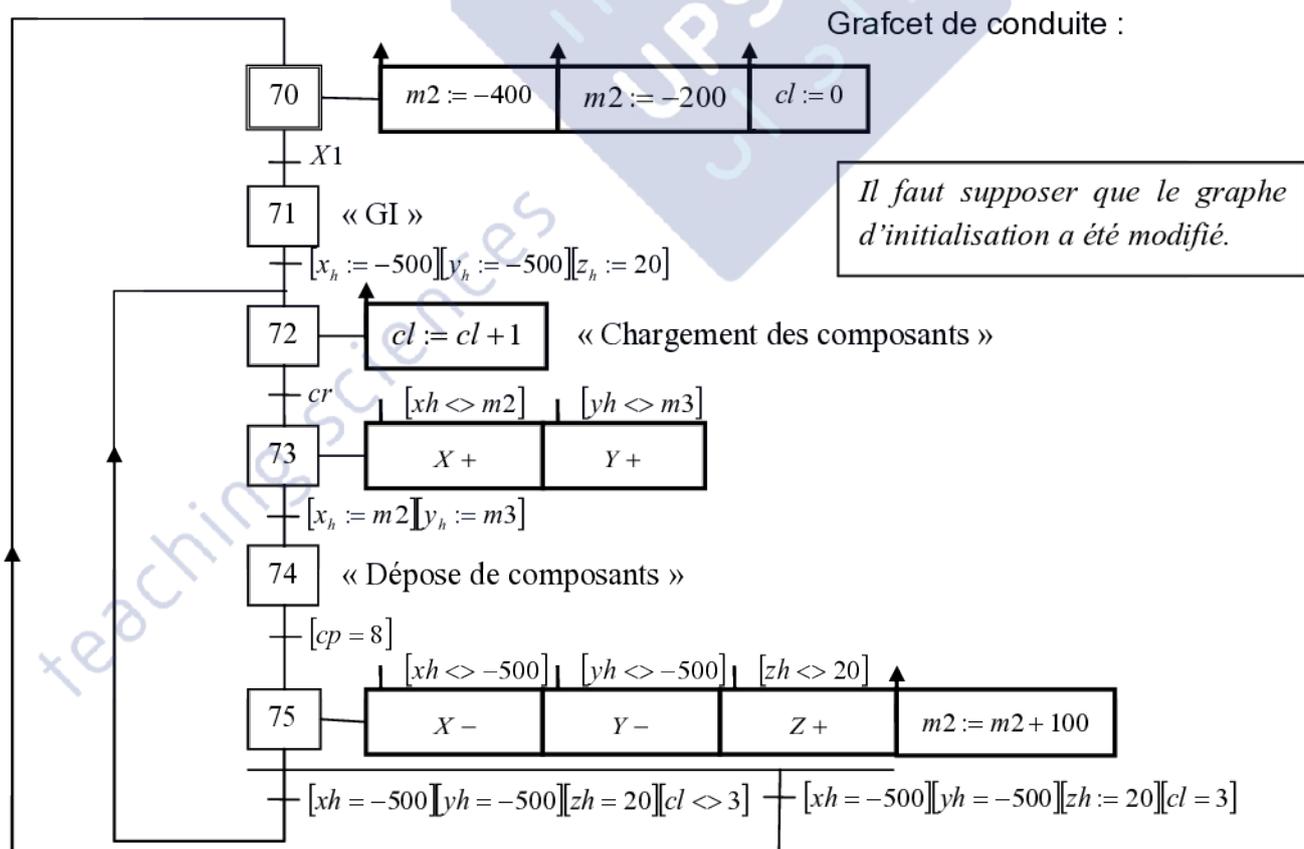
Le premier composant est en $xh = yh = 350$.

L'intervalle entre les lignes (axe X) est de -100, celui entre les composants sur une ligne (axe Y) est de -10.

Le dernier composant est en $xh = -150$, $yh = 280$, $zh = -20$.

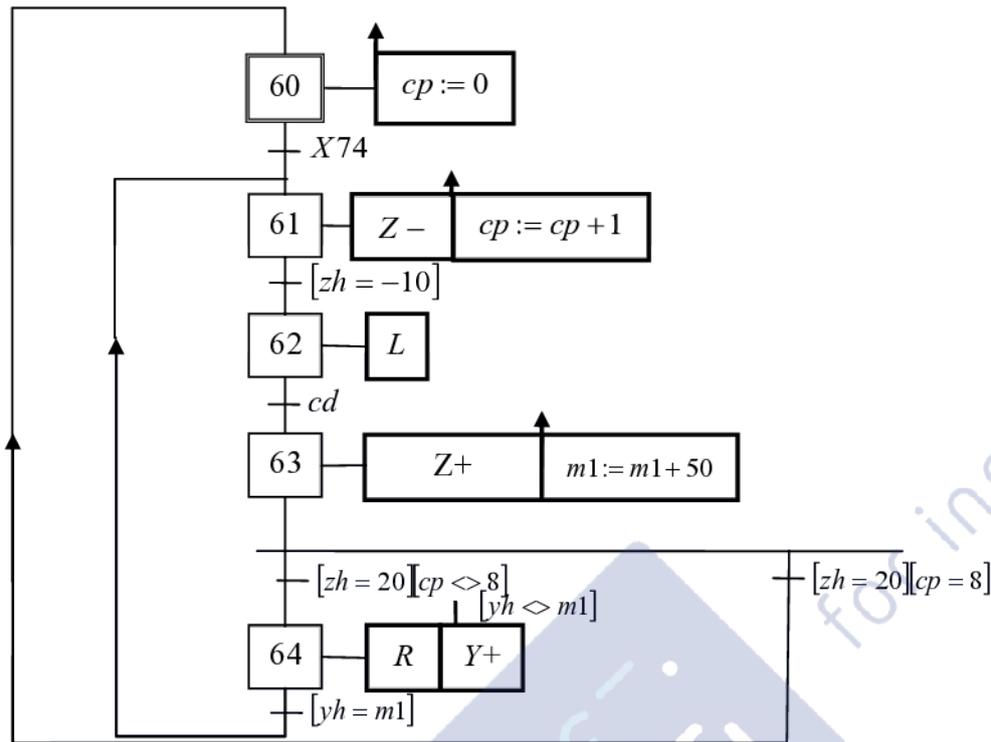
Question I.12

Dans le sujet, avant la question I.12, remplacer « suivant l'axe Y_0 » par « suivant l'axe X_0 » et vice-versa.



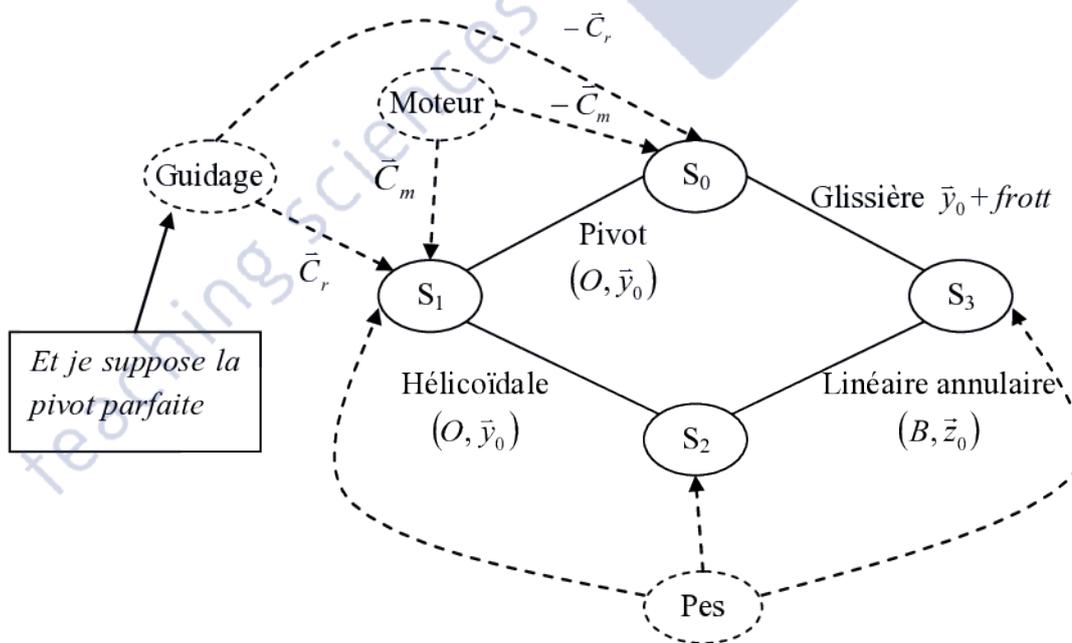
Il faut remplacer dans les deux dernières transitions $[z_h := -15]$ par $[z_h := 20]$ pour être compatible avec la condition de l'étape 75 et être cohérent avec les transitions qui suivent l'étape 62.

Graficet de dépôt des composants :



Partie II Etude et dimensionnement de l'axe transversal Y

♦ Validation de la solution actuelle



Question II.1

On isole S3 et on applique le **TRD en projection sur** \vec{y}_0 .

- Le TRD appliqué à S3 donne

$$\vec{F}_{S2/S3} + \vec{R}_{S0/S3} + \vec{P}_{pes/S3} = M_Y \cdot \vec{\Gamma}_{G_3}(S3/S0)$$

En projection sur \vec{y}_0 , il vient

$$F_{S2/S3} + \vec{R}_{S0/S3} \cdot \vec{y}_0 = M_Y \cdot \gamma_{Y \max}$$

En projection sur \vec{z}_0 , on obtient

$$\vec{R}_{S0/S3} \cdot \vec{z}_0 - M_Y g = 0 \text{ soit } \vec{R}_{S0/S3} \cdot \vec{z}_0 = M_Y g$$

D'après l'énoncé (*ce n'est pas vraiment clair*), on peut poser :

$$\vec{R}_{S0/S3} \cdot \vec{y}_0 = \pm \mu \cdot \vec{R}_{S0/S3} \cdot \vec{z}_0 = \pm \mu M_Y g$$

Le frottement s'oppose au déplacement donc

$$F_{S2/S3} = M_Y \cdot \gamma_{Y \max} + \mu M_Y g = M_Y (\gamma_{Y \max} + \mu g) \text{ si } V_Y > 0$$

$$F_{S2/S3} = M_Y \cdot \gamma_{Y \max} - \mu M_Y g = M_Y (\gamma_{Y \max} - \mu g) \text{ si } V_Y < 0$$

- Par définition,

$$P_{S2 \rightarrow S3/S0} = \vec{V}_B(S3/S0) \cdot \vec{F}_{S2/S3} = M_Y (\gamma_{Y \max} + \mu g) V_Y$$

- Deux approches possibles, l'une rigoureuse l'autre beaucoup moins ...

Approche « électrotechnicienne »

Le système vis-écrou ayant un rendement η , on peut écrire (en négligeant la masse de S2) :

$$\begin{aligned} P_{S2 \rightarrow S3/S0} &= \eta P_{S1 \rightarrow S2/S0} \\ &= \eta C_{S1/S2} \omega_{S2/S0} \\ &= \eta C_{S1/S2} \frac{2\pi}{p} V_Y \end{aligned}$$

Donc

$$M_Y (\gamma_{Y \max} + \mu g) V_Y = \eta C_{S1/S2} \frac{2\pi}{p} V_Y$$

$$C_{S1/S2} = \frac{p \cdot M_Y}{2\pi \cdot \eta} (\gamma_{Y \max} + \mu g)$$

On travaille plus ou moins en valeur absolue. C'est rapide mais ... !

Approche rigoureuse

Th de Ec en négligeant la masse de S2

$$P_{S3 \rightarrow S2/S0} + P_{S1 \rightarrow S2/S0} = 0$$

Or

$$P_{S3 \rightarrow S2/S0} = P_{S2 \leftrightarrow S3} - P_{S2 \rightarrow S3/S0}$$

avec $P_{S2 \leftrightarrow S3} = 0$, liaison parfaite

$$P_{S1 \rightarrow S2/S0} = P_{S1 \leftrightarrow S2} - P_{S2 \rightarrow S1/S0} = -\eta P_{S2 \rightarrow S1/S0}$$

avec $P_{S1 \leftrightarrow S2} = (1 - \eta) P_{S2 \rightarrow S1/S0}$ c'est la puissance dissipée par la liaison.

$P_{S2 \rightarrow S1/S0}$ est la puissance négative reçue (ou plutôt cédée) par S1,

$P_{S1 \rightarrow S2/S0}$ est la puissance reçue par S2.

Donc

$$P_{S2 \rightarrow S3/S0} + \eta P_{S2 \rightarrow S1/S0} = 0$$

avec

$$P_{S2 \rightarrow S1/S0} = \vec{C}_{S2/S1} \cdot \vec{\Omega}(S1/S0) = -C_{S1/S2} \cdot \omega_{S1/S0}$$

$$\text{et } \omega_{S1/S0} = -\frac{2\pi}{p} V_Y$$

Enfin

$$C_{S1/S2} = -\frac{p \cdot M_Y}{2\pi \cdot \eta} (\gamma_{Y \max} + \mu g) \text{ si } V_Y > 0$$

$$\omega_{S1/Rg} < 0$$

Question II.2

On isole S1 et on applique le TMD en projection sur l'axe (O, \bar{y}_0) .

Attention, le pas de la vis est à droite donc pour un déplacement de l'écrou positif, la rotation de la vis est négatif et le couple fourni par le moteur est lui aussi négatif.

$$C_m + C_r - C_{S1/S2} = (I_v + I_l)\dot{\omega}_m \text{ avec } \omega_m < 0, \dot{\omega}_m < 0, V_y > 0$$

$$C_m = C_{S1/S2} - (I_v + I_m)\frac{2\pi}{p}\gamma_{y \max} - C_r$$

$$C_m = -\frac{p \cdot M_y}{2\pi \cdot \eta}(\gamma_{y \max} + \mu g) - (I_v + I_m)\frac{2\pi}{p}\gamma_{y \max} - C_r$$

Question II.3

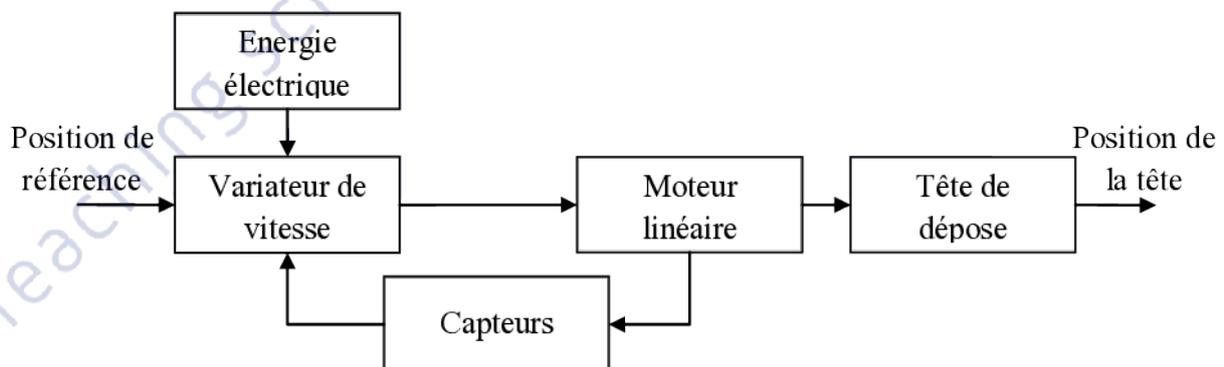
Vis à billes	Inertie équivalente, I_v (kg.m ²)	Diamètre en fond de filet d_2 (mm)	Couple moteur, C_m (Nm)	Fréquence critique de la vis, N_{cr} (tr/min)	Vitesse maxi. de la tête de dépose, V_{cr} (m/s)
25x20 R	$2,15 \cdot 10^{-4}$	21,7	3,87	4774	1,59

Le système est correctement dimensionné

Question II.4

Vis à billes	Inertie équivalente, I_v (kg.m ²)	Diamètre en fond de filet d_2 (mm)	Couple moteur, C_m (Nm)	Fréquence critique de la vis, N_{cr} (tr/min)	Vitesse maxi. de la tête de dépose, V_{cr} (m/s)
25x20 R	$4,30 \cdot 10^{-4}$	21,7	8,38	1193,5	0,398
40x20 R	$2,76 \cdot 10^{-3}$	35,2	23,02	1936	0,645
40x40 R	$2,66 \cdot 10^{-3}$	34,2	15,20	1881	1,254
50x50 R	$7,12 \cdot 10^{-3}$	43,5	25,47	2392,5	1,994

Aucun des systèmes vis-écrou ne permet d'atteindre la vitesse demandée.

Question II.5

- Faible inertie -> dynamisme élevé (système rapide).
- Pas de jeu -> le contrôle de la vitesse est facilité (stabilité).
- Peu de pièces -> bonne fiabilité, moins de maintenance.

Question II.6

- L'application du TRD en projection sur \vec{y}_0 donne directement

$$F_{S1/S2} = M_Y (\gamma_{Y \max} + \mu g) \quad \text{AN : } F_{S1/S2} = 419,62N$$

- En phase de vitesse constante,

$$F_{S1/S2} = M_Y \mu g \quad \text{AN : } F_{S1/S2} = 19,62N$$

- A partir des valeurs précédentes et sachant que l'on veut une vitesse linéaire de 7 m/s, on en déduit les moteurs utilisables (cases grisées)

LMG05-030	LMG05-050	LMG05-070	LMG10-030	LMG10-050	LMG10-070	LMG10-100
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

◆ **Etude des performances du contrôle en position de l'axe Y**

◇ *Etude de l'asservissement de courant*

Question II.7

La fonction de transfert de suivi de consigne en asservissement de courant s'écrit :

$$H_1(p) = \left(\frac{I(p)}{I^*(p)} \right)_{E(p)=0} = \frac{\frac{C_I(p)}{R+Lp}}{1 + \frac{C_I(p)}{R+Lp}} = \frac{C_I(p)}{R+Lp+C_I(p)}$$

Question II.8

La fonction de transfert en régulation de l'asservissement de courant s'écrit

$$H_2(p) = \left(\frac{I(p)}{E(p)} \right)_{I^*(p)=0} = -\frac{\frac{1}{R+Lp}}{1 + \frac{C_I(p)}{R+Lp}} = -\frac{1}{R+Lp+C_I(p)}$$

Question II.9

On prend un correcteur PI : $C_I(p) = K_I \left(\frac{1 + \tau_I p}{\tau_I p} \right)$.

Les fonctions précédentes s'écrivent :

$$H_1(p) = \left(\frac{I(p)}{I^*(p)} \right)_{E(p)=0} = \frac{\frac{1}{R+Lp} K_I \left(\frac{1 + \tau_I p}{\tau_I p} \right)}{1 + \frac{1}{R+Lp} K_I \left(\frac{1 + \tau_I p}{\tau_I p} \right)} = \frac{\frac{K_I}{R} \frac{1}{1 + \tau_I p} \left(\frac{1 + \tau_I p}{\tau_I p} \right)}{1 + \frac{K_I}{R} \frac{1}{1 + \tau_I p} \left(\frac{1 + \tau_I p}{\tau_I p} \right)} = \frac{\frac{K_I}{R \tau_I p}}{1 + \frac{K_I}{R \tau_I p}}$$

$$H_1(p) = \left(\frac{I(p)}{I^*(p)} \right)_{E(p)=0} = \frac{1}{1 + \frac{R \tau_I}{K_I} p} = \frac{1}{1 + \frac{L}{K_I} p}$$

$$H_2(p) = \left(\frac{I(p)}{E(p)} \right)_{r^*(p)=0} = - \frac{\frac{1}{R+Lp}}{1 + \frac{1}{R+Lp} K_I \left(\frac{1+\tau_I p}{\tau_I p} \right)} = - \frac{\frac{1}{R} \frac{1}{1+\tau_I p}}{1 + \frac{K_I}{R} \frac{1}{1+\tau_I p} \left(\frac{1+\tau_I p}{\tau_I p} \right)} = - \frac{\frac{1}{R}}{(1+\tau_I p) \left(1 + \frac{K_I}{R\tau_I p} \right)}$$

$$H_2(p) = \left(\frac{I(p)}{E(p)} \right)_{r^*(p)=0} = - \frac{\tau_I p}{(1+\tau_I p)(R\tau_I p + K_I)}$$

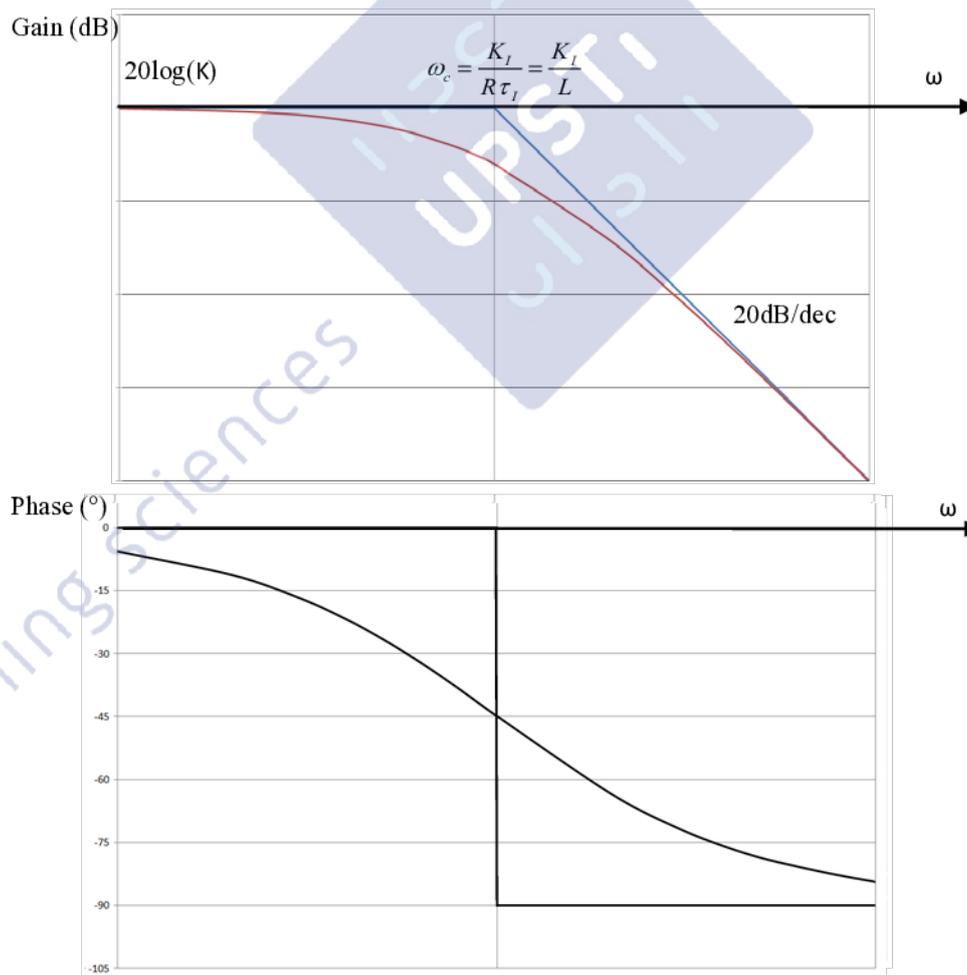
$$H_2(p) = \left(\frac{I(p)}{E(p)} \right)_{r^*(p)=0} = - \frac{\frac{\tau_I p}{K_I}}{(1+\tau_I p) \left(1 + \frac{R\tau_I}{K_I} p \right)} = - \frac{\frac{Lp}{RK_I}}{(1+\tau_I p) \left(1 + \frac{L}{K_I} p \right)}$$

Question II.10

$H_1(p)$ est une fonction de transfert du premier ordre de gain unitaire et de pulsation de coupure

$$\omega_c = \frac{K_I}{R\tau_I} = \frac{K_I}{L}$$

Les diagrammes de Bode sont



Question II.11

La pulsation de coupure à -3dB est $\omega_c = \frac{K_I}{R\tau_I} = \frac{K_I}{L}$ (système du premier ordre) donc $K_I = L \cdot \omega_{cl}$

Question II.12

La fonction de transfert en régulation s'écrit donc

$$H_2(p) = \left(\frac{I(p)}{E(p)} \right)_{i'(p)=0} = - \frac{\frac{1}{R\omega_{cl}} p}{\left(1 + \frac{L}{R} p\right) \left(1 + \frac{p}{\omega_{cl}}\right)}$$

Question II.13

Nous avons

$$|H_1(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_{cl}}\right)^2}}$$

et

$$|H_2(j\omega)| = \frac{\frac{\omega}{R\omega_{cl}}}{\sqrt{\left(1 + \left(\frac{L}{R}\omega\right)^2\right) \left(1 + \left(\frac{\omega}{\omega_{cl}}\right)^2\right)}}$$

Question II.14

Performances en suivi de consigne :

- Pour $\omega \ll \omega_{cl}$, $|H_1(j\omega)| \approx 1$. On a un bon suivi de la consigne.
- Pour $\omega \gg \omega_{cl}$, $|H_1(j\omega)| \rightarrow 0$. La vitesse tend elle aussi vers 0.

Performances en régulation :

- Pour $\omega \ll \omega_{cl}$ et $\omega \gg \omega_{cl}$, $|H_2(j\omega)| \approx 0$ donc on a une bonne performance en régulation.

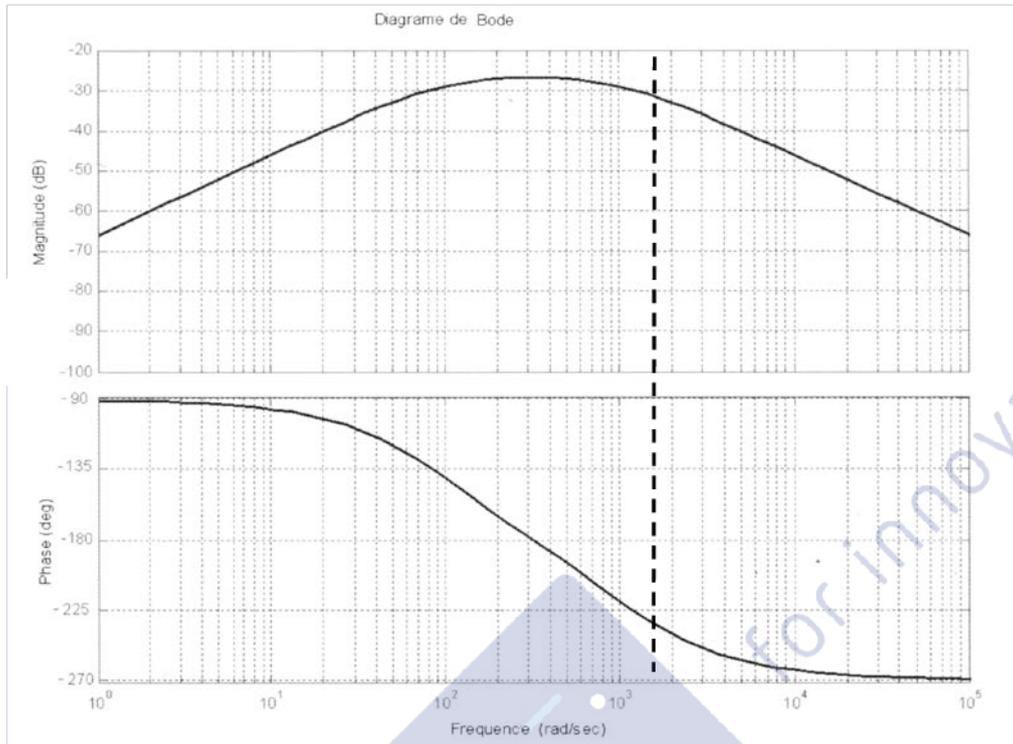
Question II.15

On a un signal d'entrée sinusoïdal d'amplitude 5A. A la pulsation $\omega = k \cdot \nu$, on a une amplitude de sortie

$$I_1 = 5 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{k \cdot \nu}{\omega_{cl}}\right)^2}} \quad \text{AN : } I_1 = 2,9A$$

Le courant de sortie est divisé par deux ce qui est assez important.

Question II.16



A la pulsation $\omega = k \cdot v = 1400 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, on a d'après le diagramme de la figure 6

- un gain de l'ordre de -30dB soit une amplitude du courant de sortie $I_2 = 50 \cdot 10^{\frac{30}{20}} = 1,58A$
- une phase d'environ -230° .

Le courant I_2 est du même ordre que le courant de consigne donc le système est sensible aux perturbations.

Question II.17

Pour une entrée en échelon d'amplitude I_{\max} , le courant de sortie s'écrit dans le domaine de Laplace :

$$I_1(p) = \frac{1}{1 + \frac{p}{\omega_{cl}}} \frac{I_{\max}}{p}$$

Question II.18

De même, on aura pour une entrée en échelon de la force électromotrice, un courant

$$I_2(p) = \frac{\frac{1}{R \omega_{cl}} E_{\max}}{\left(1 + \frac{L}{R} p\right) \left(1 + \frac{p}{\omega_{cl}}\right)}$$

Question II.19

Pour déterminer les erreurs statiques, on peut soit affirmer les résultats de cours :

- système de classe 1, intégration en amont de la perturbation donc les erreurs statiques sont nulles.

Ou appliquer le théorème de la valeur finale.

- Ecart statique en poursuite :

$$\varepsilon_{sc} = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon_{sc}(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \varepsilon_{sc}(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p(I^* - I_1) = 0$$

- Ecart statique en régulation :

$$\varepsilon_{sr} = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon_{sr}(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \varepsilon_{sr}(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p(-I_2) = 0$$

Le système est donc efficace sur le critère de précision.

◇ *Etude de l'asservissement de position de la tête de dépôt.*

Question II.20

La fonction de transfert en boucle fermée en vitesse est

$$H_3(p) = \left(\frac{V_h(p)}{V_h^*(p)} \right) = \frac{K_v(1 + \tau_v p)}{K_v(1 + \tau_v p) + \tau_v p(f + mp)}$$

$$H_3(p) = \left(\frac{V_h(p)}{V_h^*(p)} \right) = \frac{K_v(1 + \tau_v p)}{K_v + \tau_v(K_v + f)p + \tau_v mp^2}$$

$$H_3(p) = \left(\frac{V_h(p)}{V_h^*(p)} \right) = \frac{(1 + \tau_v p)}{1 + \tau_v \frac{(K_v + f)}{K_v} p + \frac{\tau_v m}{K_v} p^2}$$

Question II.21

Par identification,

$$\begin{cases} \frac{\tau_v m}{K_v} = \frac{1}{\omega_1^2} \\ \tau_v \frac{(K_v + f)}{K_v} = \frac{2\xi_1}{\omega_1} \end{cases}$$

soit

$$\frac{2\xi_1}{\omega_1} = (K_v + f) \frac{1}{m\omega_1^2}$$

$$K_v = 2\xi_1 m \omega_1 - f \quad \text{et} \quad \tau_v = \frac{2\xi_1 \omega_1 m - f}{m^2 \omega_1^2}$$

Question II.22

La FTBF de suivi de position s'écrit

$$H_4(p) = \left(\frac{Y_h(p)}{Y_h^*(p)} \right) = \frac{K_h(1 + \tau_v p)}{\left(1 + \frac{2\xi_1}{\omega_1} p + \frac{p^2}{\omega_1^2} \right) p + K_h(1 + \tau_v p)}$$

Question II.23

- Le système est de classe 1 donc
 - K_h **n'influence pas la précision** du système en pour une entrée en échelon.
 - l'augmentation de K_h diminue l'écart de poursuite.
- K_h permet l'augmentation de la bande passante à 0dB permettant de rendre le **système plus rapide**
- A contrario, cette augmentation de la bande passante **dégrade la stabilité** du système

Partie III Etude du déplacement longitudinal suivant l'axe X_0

♦ Justification de l'utilisation de deux axes motorisés

Question III.1

Pour le système mono-actionné, le temps de réponse est $T_{r1} = 1,65s$.

Pour le système bi-actionné, le temps de réponse est $T_{r2} = 1,03s$

Question III.2

Durant un cycle, le système se déplace 2 fois et dépose 8 composants.

- Pour le système mono-actionné, le temps de cycle est $T_{cycle1} = T_p + T_d + 2T_{r1} = 5,21s$ d'où une cadence de $C = 5527 \text{ composants/h}$
- Pour le système bi-actionné, le temps de cycle est $T_{cycle2} = T_p + T_d + 2T_{r2} = 3,97s$ d'où une cadence de $C = 7254 \text{ composants/h}$
- Le choix de deux axes motorisés permet d'augmenter la cadence de 31%. Pour cette partie du système.

♦ Analyse des performances avec deux axes motorisés en parallèle

Question III.3

On ne s'intéresse qu'à la liaison équivalente entre le bâti et l'axe X.

On a une boucle $\gamma = 1$ une mobilité $m = 1$ et $I_c = 2$ inconnues de cinématique donc $h = m + 6 - I_c = 5$.

Il y a une glissière de trop donc 5 inconnues statiques de trop.

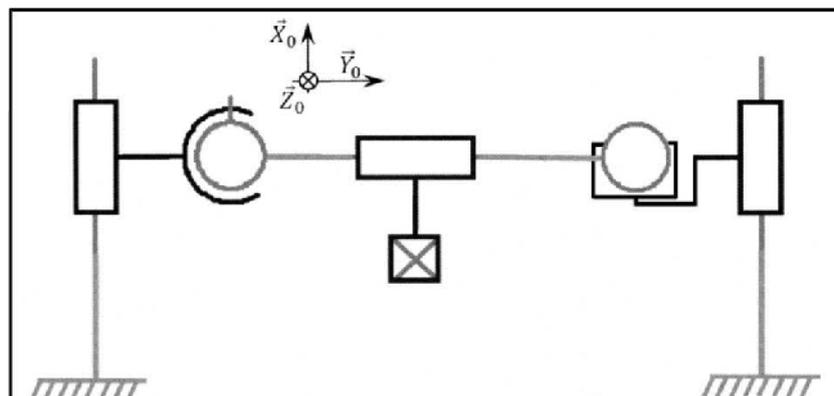
Question III.4

Dans la nouvelle configuration, on a

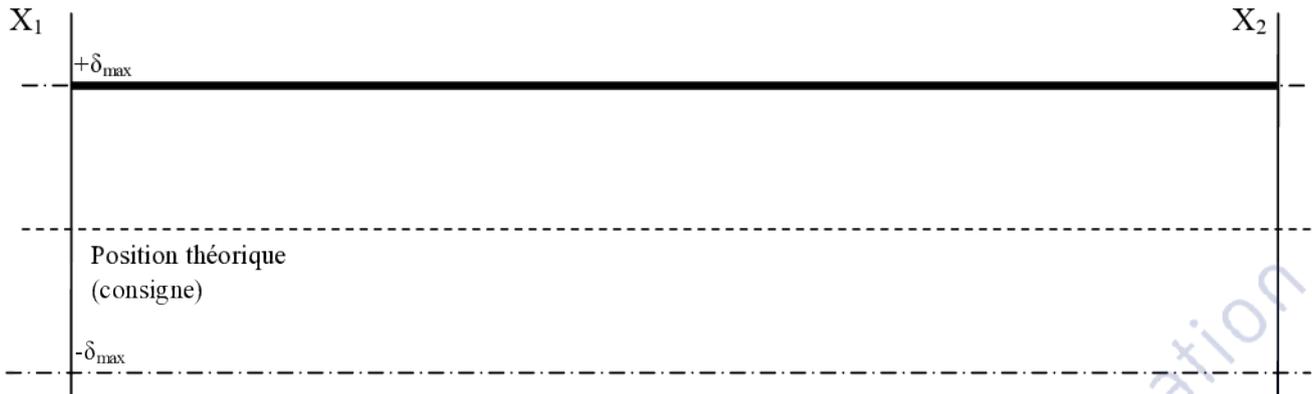
- toujours une boucle $\gamma = 1$
- la mobilité passe à $m = 2$.
- le nombre d'inconnues de cinématique est maintenant $I_c = 7$

donc $h = m + 6 - I_c = 1$.

Nous avons réglé les problèmes de parallélisme entre les glissières. C'est l'entraxe qui pose encore problème. Une solution est de **transformer la rotule en linéaire annulaire(ou sphère-cylindre) en C de direction \vec{y}_0** .

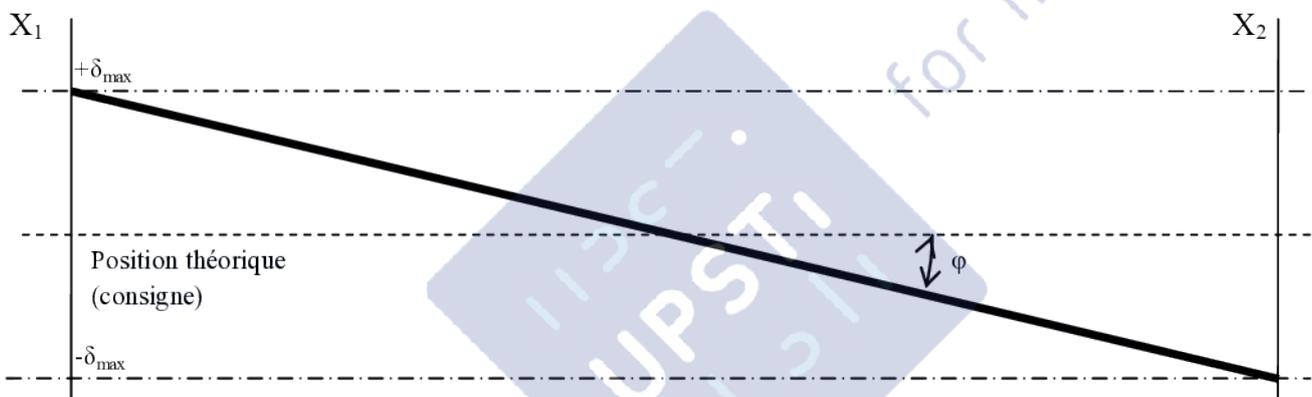


Question III.5



Il faut avoir $\delta_{\max} = 2 \mu m$

Question III.6



Remarque : pour traiter ce problème, on utilise la figure 16 de l'annexe dans laquelle les glissières ont disparues. L'auteur néglige les efforts suivant X_0 , ce qui, vu les déplacements très faibles, peu sembler justifier.

On peut utiliser le modèle isostatique ci-dessus, appliquer le PFS à chacun des chariots (résultante sur x_0) puis appliquer le PFS à la traverse (moment au centre de la rotule sur z_0) ...

L'effort de maintien maximal est obtenu lorsque les chariots sont en « opposition ». L'angle de rotation des ressorts vérifie alors

$$\tan(\varphi) = \frac{2\delta_{\max}}{L} \approx \varphi \text{ car petits déplacements}$$

En appliquant le PFS à l'ensemble « mobile », le TMS en un point quelconque (de la droite noire) donne

$$\frac{L}{2} F_{X1/C1} = k\varphi$$

$$F_{X1/C1} = k \frac{4\delta_{\max}}{L^2} \quad \text{AN : } F_{X1/C1} = 300 \text{ N}$$

Pour les moteurs choisis à la question II.6, l'effort continu maximal est de 187 N. La position ci-dessus n'est donc pas tenable par ces moteurs. Le système va revenir à une position où les erreurs de positions relatives sont plus faibles.