

## Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Polytechniques

Année : 2014

Filière : TSI

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](mailto: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](http://www.upsti.fr)

L'équipe UPSTI

# Correction de l'épreuve de projet CCP TSI 2014

---

## Question 1 :

FS1 (fonction principale) : traire automatiquement une vache laitière

FS2 (fonction principale) : fournir une quantité de nourriture adaptée à la vache pendant la traite

FS3 (fonction contrainte) : s'adapter à l'environnement extérieur

FS4 (fonction contrainte) : s'adapter au hangar agricole

FS5 (fonction contrainte ou principale) : soulager le travail du personnel agricole et permettre la communication avec le personnel agricole

FS6 (fonction contrainte) : s'adapter aux énergies disponibles

## Question 2 :

Critère : Insensibilité à l'environnement métallique donc choix 125-134kHz (BF)

## Question 3 :

La puissance est définie par :  $P = U \cdot I$

Avec :  $I = \frac{V_g}{R + R_g}$  2 résistances en série

Et un pont diviseur de tension donne :  $U = \frac{R}{R + R_g} V_g$

Donc :

$$P = \frac{R \cdot V_g^2}{(R + R_g)^2}$$

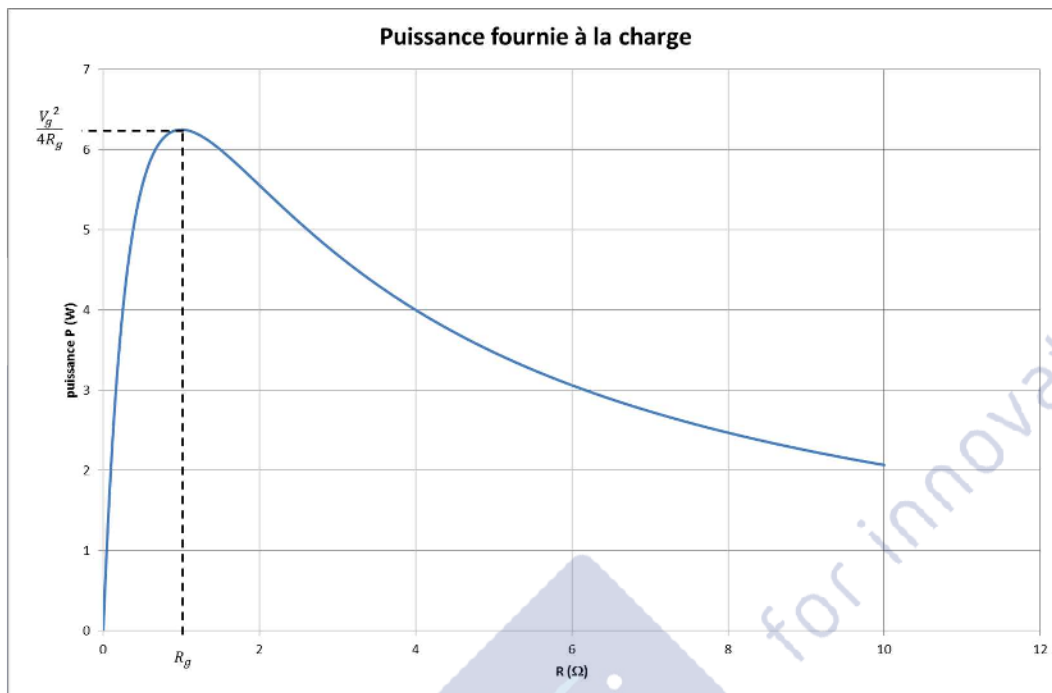
## Question 4 :

Tous calculs fait, on trouve :

$$\frac{\partial P}{\partial R} = \frac{V_g^2}{(R + R_g)^3} (R_g - R)$$

La puissance est donc max pour  $R = R_g$ .

Question 5 :



$$\lim_{R \rightarrow \infty} P = 0$$

Question 6 :

$$p = v_g \cdot i = 2V_g I \cos(\omega t) \cos(\omega t - \varphi)$$

Question 7 :

$$P_g = \langle p \rangle = 2V_g I \langle \cos(\omega t) \cos(\omega t - \varphi) \rangle$$

$$P_g = V_g I \langle \cos(2\omega t - \varphi) + \cos \varphi \rangle = V_g I \cos \varphi$$

Question 8 :

Les 2 impédances complexes sont en série

$$\underline{Z}_t = \underline{Z} + \underline{Z}_g = (R + R_g) + j(X + X_g)$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{V}_g}{\underline{Z}_t}$$

$$\text{Donc } I = |\underline{I}| = \frac{V_g}{\sqrt{(R+R_g)^2 + (X+X_g)^2}}$$

$$P = RI^2 = \frac{RV_g^2}{\sqrt{(R+R_g)^2 + (X+X_g)^2}}$$

Finalement P est max pour :

$$R = R_g \text{ et } X = -X_g$$

Question 9 :

On adapte les impédances pour amplifier la puissance du signal, trop faible de l'émetteur.

Question 10 :

$$m_{\text{tapis de pesée}} = m_{\text{revêtement antidérapant}} + m_{\text{structure rigide}} + m_{\text{grille évacuation}}$$

Il faut penser à retrancher l'ouverture de la grille d'évacuation du tapis de pesée.

$$\begin{aligned} m_{\text{tapis de pesée}} &= (2.5 \times 1 - 0.7 \times 0.5) \times 0.010 \times 900 + (2.5 \times 1) \times 15 \\ &= 22.5 + 37.5 + 5.25 = 56,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

Si la masse moyenne d'une vache est de 700 kg, alors la masse du tapis de pesée représente  $\frac{56,855}{700} \times 100 = 8.1\%$  ce qui est bien supérieur à la précision demandée dans le cahier des charges. La masse du tapis de pesée ne peut donc pas être négligée.

L'installateur devra tarer la mesure pour qu'en l'absence de vache, la mesure donne une masse de 0 kg.



for innovation

teaching sciences

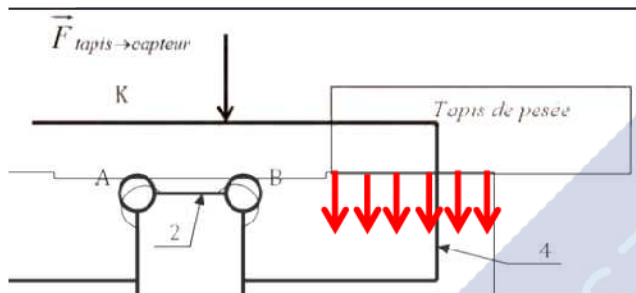


Question 11 :

La forme demandée dans le sujet du torseur de l'action mécanique  $\{\mathcal{F}_{\text{tapis} \rightarrow \text{capteur}}\}$  n'est pas possible si le point K appartient à la droite d'action de l'effort du tapis sur le capteur.

On suppose que l'auteur a choisi le point K pour représenter le point d'application de l'action mécanique du tapis sur le capteur.

Mais, dans la mesure où ce point K est en dehors du plan de contact réel entre le tapis et le capteur (voir dessin ci-dessous), cela implique un moment des forces locales (rouges) réelles tapis sur capteur et donc la représentation du glisseur  $\vec{F}_{\text{tapis} \rightarrow \text{capteur}}$  semble inexacte.



$$\{\mathcal{F}_{\text{tapis} \rightarrow \text{capteur}}\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{t \rightarrow c} = \int d\vec{f} = Z_{tc} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{K, t \rightarrow c} = \int \overrightarrow{KM} \wedge d\vec{f} = M_K \cdot \vec{y} \end{array} \right\}_K$$

### Question 12 :

#### Hypothèses :

- liaison pivot élastique en A,
- liaisons pivot parfaites en B, C et D,
- problème plan.

#### PFS appliqué à {3} :

Bilan des actions mécaniques extérieures à 3 :

$$\{\mathcal{F}_{4 \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{4 \rightarrow 3} = X_{43} \cdot \vec{x} + Z_{43} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{D,4 \rightarrow 3} = \vec{0} \end{Bmatrix} \text{ et } \{\mathcal{F}_{1 \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{1 \rightarrow 3} = X_{13} \cdot \vec{x} + Z_{13} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{C,1 \rightarrow 3} = \vec{0} \end{Bmatrix}$$

La pièce 3 est donc soumise à 2 glisseurs qui sont opposés de même support (DC).

On a donc en appliquant le PFS :

$$X_{43} = -X_{13} \quad (1) \text{ et } Z_{43} = Z_{13} = 0 \quad (2)$$

#### PFS appliqué à {4} :

Bilan des actions mécaniques extérieures à 4 :

$$\{\mathcal{F}_{3 \rightarrow 4}\} = -\{\mathcal{F}_{4 \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{3 \rightarrow 4} = X_{34} \cdot \vec{x} \\ \vec{M}_{D,3 \rightarrow 4} = \vec{0} \end{Bmatrix}, \quad \{\mathcal{F}_{2 \rightarrow 4}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{2 \rightarrow 4} = X_{24} \cdot \vec{x} + Z_{24} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{B,2 \rightarrow 4} = \vec{0} \end{Bmatrix} \quad \text{et}$$
$$\{\mathcal{F}_{\text{tapis} \rightarrow \text{capteur}}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{t \rightarrow c} = Z_{tc} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{K,t \rightarrow c} = M_K \cdot \vec{y} \end{Bmatrix}$$

L'équation des résultantes du PFS appliqué à 4 nous donne respectivement en projection sur  $\vec{x}$  et  $\vec{z}$ :

$$X_{34} + X_{24} = 0 \quad (3)$$

$$Z_{24} + Z_{tc} = 0 \quad (4)$$

#### PFS appliqué à {2} :

Bilan des actions mécaniques extérieures à 2 :

$$\{\mathcal{F}_{1 \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{1 \rightarrow 2} = X_{12} \cdot \vec{x} + Z_{12} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{A,1 \rightarrow 2} = C_{eA} \cdot \vec{y} \end{Bmatrix} \text{ et } \{\mathcal{F}_{4 \rightarrow 2}\} = -\{\mathcal{F}_{2 \rightarrow 4}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{4 \rightarrow 2} = X_{42} \cdot \vec{x} + Z_{42} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{B,4 \rightarrow 2} = \vec{0} \end{Bmatrix}$$

L'équation des moments en A du PFS appliqué à 2 nous donne en projection sur  $\vec{y}$  :

$$C_{eA} - l \cdot Z_{42} = 0 \quad (5)$$

Au final en combinant les équations 4 et 5 on trouve :  $C_{eA} = l \cdot Z_{tc}$

Donc  $\|\vec{F}_{\text{tapis} \rightarrow \text{capteur}}\| = |Z_{tc}| = \frac{|C_{eA}|}{l}$  relation indépendant de la position du point K.

### Question 13 :

#### Hypothèses retenues :

- problème plan
- aucune mobilité

$$h = N_s - 3(p - 1) + m$$

avec  $N_s = 4 \times 3 = 12$ ,  $p = 4$  et  $m = 0$

$$h = 3$$

Le problème est donc hyperstatique de degré 3.

Remarque : cette solution semble être celle voulue par l'auteur du sujet. Il faut noter néanmoins que cela ne respecte pas la modélisation des liaisons en A, B, C, D par des pivots. On a considéré ici une liaison complète entre les solides 1, 2, 3, et 4. En prenant comme modèle des liaisons pivots, une mobilité supplémentaire (rotation du parallélogramme déformable) viendrait s'ajouter.

### Question 14 :

Si on fait l'hypothèse que les couples élastiques sont proportionnels aux déformations élastiques on a  $C_{eA} = C_{eB} = C_{eC} = C_{eD}$  car les déformations sont identiques aux chaque coins du parallélogramme. Ainsi, on rajoute 3 équations donc le degré d'hyperstatisme devient nul.

Remarque : La conclusion précédente voulue par le sujet est très ambiguë voir fausse. La prise en compte de la déformation des solides permet de calculer les efforts hyperstatiques, mais ne remet pas en cause le degré d'hyperstatisme. Ce dernier est basé sur l'hypothèse de liaisons parfaites et de solides indéformables permettant d'avoir la dualité entre l'approche cinématique et statique.

### Question 15 :

Oui, l'information délivrée par le capteur est bien indépendante de l'implantation des capteurs sous le tapis de pesée.

### Question 16 :

Les surfaces fonctionnelles du capteur sont des plans donc on choisit une mise en position :

- Appui plan prépondérant,
- Linéaire rectiligne,
- Ponctuelle.

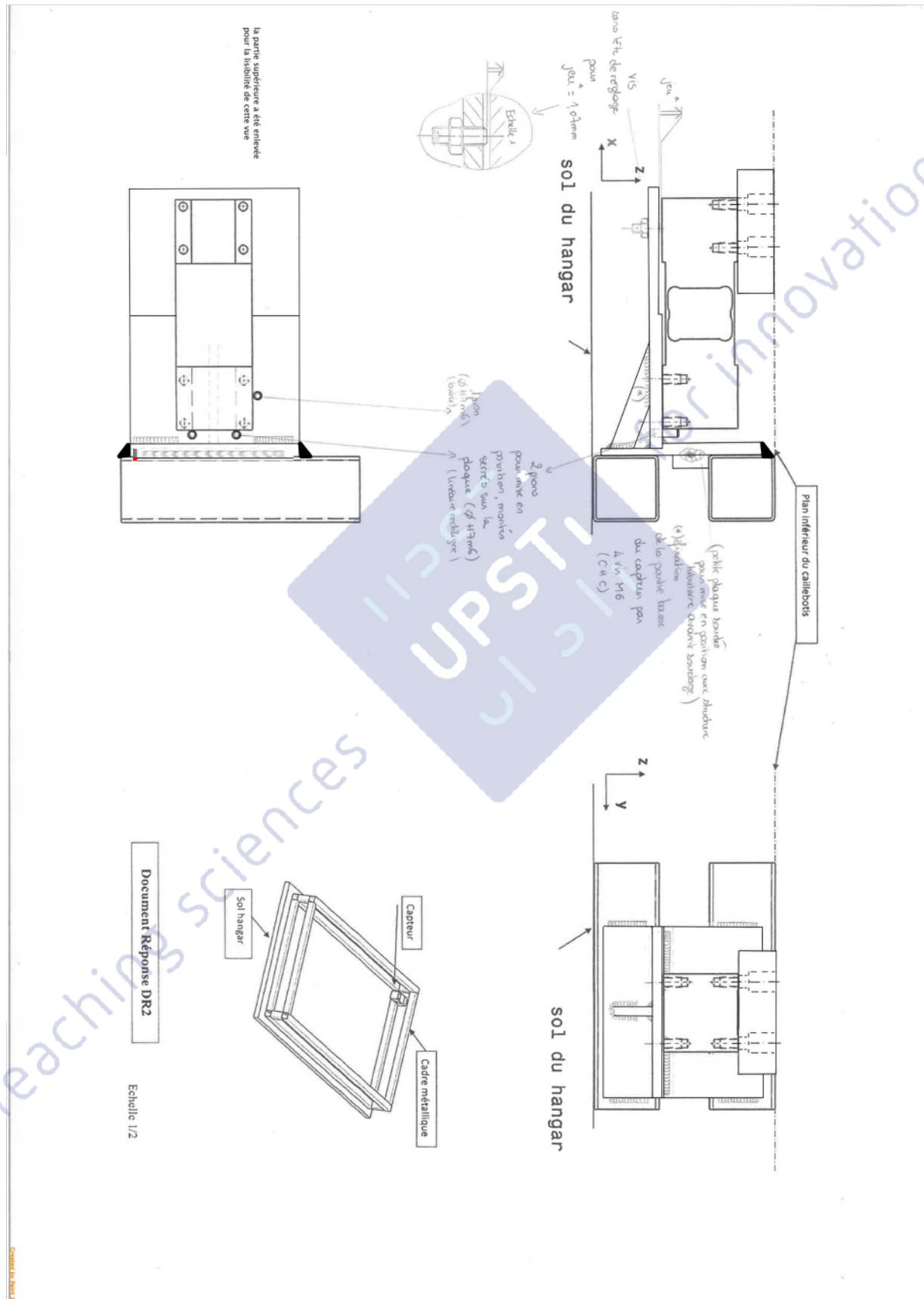
### Question 17 :

Le maintien en position sera réalisé par 4 vis puisque le capteur présente 4 taraudages sur chacune de ses faces de contact.

### Question 18 :

Le matériau à choisir doit pouvoir être soudable et résister à la corrosion. Cette pièce transmettra également au bâti des efforts (1/4 du poids de la vache). L'acier inoxydable est donc un bon choix pour la partie 1.

# Question 19 :



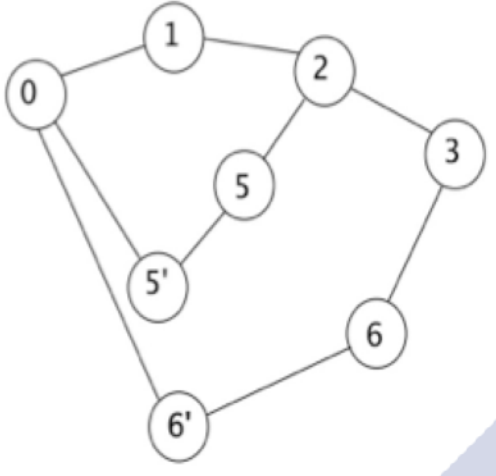
Document Réponse DR2

Echelle 1/2

Question 20 :

Les paramètres géométriques permettant de piloter les mouvements du bras robotisé sont  $L_5(t)$  et  $L_6(t)$ .

Question 21 :



- $L_{01}$  : glissière de direction  $\vec{x}_0$
- $L_{12}$  : liaison pivot d'axe  $(A, \vec{x}_0)$
- $L_{23}$  : liaison pivot d'axe  $(B, \vec{x}_0)$
- $L_{05'}$  : liaison pivot d'axe  $(F, \vec{x}_0)$
- $L_{06'}$  : liaison pivot d'axe  $(H, \vec{x}_0)$
- $L_{55'}$  : liaison pivot glissant d'axe  $(F, \vec{y}_5)$
- $L_{66'}$  : liaison pivot glissant d'axe  $(H, \vec{y}_6)$
- $L_{63}$  : liaison pivot d'axe  $(E, \vec{x}_0)$
- $L_{52}$  : liaison pivot d'axe  $(D, \vec{x}_0)$

Question 22 :

Relation géométrique

$$\overrightarrow{OG_4} = \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CG_4} = x \cdot \vec{x}_0 + L_2 \cdot \vec{y}_2 - L_3 \cdot \vec{z}_3 - L_4 \cdot \vec{y}_3$$

Ou encore dans la base liée au bâti

$$\overrightarrow{OG_4} = x \cdot \vec{x}_0 + (L_3 \cdot \sin(\theta_{32} + \theta_{21}) - L_4 \cdot \cos(\theta_{32} + \theta_{21}) + L_2 \cdot \cos(\theta_{21})) \cdot \vec{y}_0 + (-L_3 \cdot \cos(\theta_{32} + \theta_{21}) - L_4 \cdot \sin(\theta_{32} + \theta_{21}) + L_2 \cdot \sin(\theta_{21})) \cdot \vec{z}_0$$

Question 23 :

Pour trouver la vitesse demandée, le sujet nous pousse à dériver le vecteur position.

Donc par dérivation

$$\overrightarrow{V_{G_4/0}} = \frac{d}{dt}(\overrightarrow{OG_4})_{R_0} = \dot{x} \cdot \vec{x}_0 + (L_3 \cdot (\dot{\theta}_{32} + \dot{\theta}_{21}) \cdot \cos(\theta_{32} + \theta_{21}) + L_4 \cdot (\dot{\theta}_{32} + \dot{\theta}_{21}) \cdot \sin(\theta_{32} + \theta_{21}) - L_2 \cdot \dot{\theta}_{21} \cdot \sin(\theta_{21})) \cdot \vec{y}_0 + (L_3 \cdot (\dot{\theta}_{32} + \dot{\theta}_{21}) \cdot \sin(\theta_{32} + \theta_{21}) - L_4 \cdot (\dot{\theta}_{32} + \dot{\theta}_{21}) \cdot \cos(\theta_{32} + \theta_{21}) + L_2 \cdot \dot{\theta}_{21} \cdot \cos(\theta_{21})) \cdot \vec{z}_0$$

Une autre possibilité consiste à faire les calculs dans les bases « locales » pour avoir des expressions plus simples :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{V_{G_4/0}} &= \frac{d}{dt}(x \cdot \vec{x}_0 + L_2 \cdot \vec{y}_2 - L_3 \cdot \vec{z}_3 - L_4 \cdot \vec{y}_3)_{R_0} \\ &= \dot{x} \cdot \vec{x}_0 + L_2 \cdot \dot{\theta}_{21} \cdot \vec{z}_2 + L_3 \cdot (\dot{\theta}_{32} + \dot{\theta}_{21}) \cdot \vec{y}_3 - L_4 \cdot (\dot{\theta}_{32} + \dot{\theta}_{21}) \cdot \vec{z}_3 \end{aligned}$$

Remarque : Il est dommage que le sujet ne fasse rien du calcul de cette vitesse...

Remarque : Toute la suite de la partie 4 est basée sur le schéma bloc de la page 22. Ce schéma bloc est faux. Une inversion s'est glissée dans les 2 blocs relatifs au réducteur dans la chaîne directe et la chaîne de retour. Le sujet donne des fonctions de transfert valant  $1/r$  alors que l'étude du système impose que les FTs de ces blocs valent  $r$ .

Question 24 :

$$H(p) = \frac{V(p)}{U_m(p)} = \frac{2K_i}{r(R + Lp)\phi_p M_{eq}p + \frac{4K_i K_e}{r\phi_p}}$$

Question 25 :

Sous forme canonique cela donne :

$$H(p) = \frac{r\phi_p / 2K_e}{1 + \frac{r\phi_p}{4K_i K_e} r(R + Lp)\phi_p M_{eq}p}$$

Par identification on trouve :

$$G = \frac{r\phi_p}{2K_e} = 0,59$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{4K_i K_e}{r^2 \phi_p^2 M_{eq} L}} = 3,27 \text{ rad/s}$$

$$z = \frac{rR\phi_p M_{eq}}{K_i K_e} \sqrt{\frac{K_i K_e}{M_{eq} L}} = 64,59$$

Le coefficient d'amortissement étant supérieur à 1, la fonction de transfert possède 2 pôles réels distincts. On peut donc écrire le dénominateur sous la forme d'un produit de 2 premiers ordres.

$$\tau_1 = \frac{1}{\omega_n(z + \sqrt{z^2 - 1})} = 0,0024 \text{ s}$$

$$\tau_2 = \frac{1}{\omega_n(z - \sqrt{z^2 - 1})} = 39,5 \text{ s}$$

On a  $\tau_1 \ll \tau_2$  qui peut donc être négligée. La fonction de transfert s'écrit alors :

$$H(p) = \frac{G}{1 + \tau_2 p} = \frac{0,59}{1 + 39,5p}$$

Question 26 :

$$FTBO = \frac{X_m(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{K_c}{p} C(p) H(p) = \frac{0,055 \cdot 10^3 \times 0,59}{p(1 + 39,5p)} = \frac{32,45}{p(1 + 39,5p)}$$

Remarque : la variable  $X_m(p)$  n'est pas définie....

Question 27 :



Graphiquement, on trouve :

$$M\varphi \approx 40^\circ$$

$MG$  infinie

Cela ne vérifie pas le cahier des charges, puisqu'il imposait une marge de phase supérieure à  $60^\circ$ .

#### Question 28 :

La FTBF est définie par :

$$FTBF(p) = \frac{X(p)}{X_c(p)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{K_c G} p + \frac{\tau_2}{K_c G} p^2} = \frac{1}{1 + 0,03p + 1,22p^2}$$

Par identification on trouve :

$$G_{FTBF} = 1$$

$$\omega_{FTBF} = 0,9 \text{ rad/s}$$

$$z_{FTBF} = 0,01$$

Le gain de la FTBF du second ordre est unitaire : le système est précis. D'après l'abaque des temps de réponses, le temps de réponse du système est extrêmement long. Cela ne respecte pas le cahier des charges qui impose une rapidité de 0,5s.

Remarque : Il est dommage qu'avec un tel écart par rapport au cahier des charges, le sujet ne revienne pas explicitement sur la possibilité de changer le correcteur...

#### Question 29 :

| Classe d'adresse IP | Adresse de début | Adresse de fin  | Masque de ss réseau | Nb de réseaux | Nb d'hôtes          |
|---------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------|
| A                   | 0.0.0.0          | 127.255.255.255 | 255.0.0.0           | 126           | $16777214=2^{24}-2$ |
| B                   | 128.0.0.0        | 191.255.255.255 | 255.255.0.0         | 16584         | $65534=2^{16}-2$    |
| C                   | 192.0.0.0        | 223.255.255.255 | 255.255.255.0       | 2097152       | $254=2^8-2$         |

#### Question 30 :

Pour pouvoir passer les différents routeurs, les adresses côté WAN sont publiques.

Question 31 :

| Classe<br>D'adresse IP                | Adresse IP  | Masque de sous<br>réseau |
|---------------------------------------|-------------|--------------------------|
| Robot de Traite                       | 192.168.0.2 | 255.255.255.0            |
| Ordinateur de stockage<br>des données | 192.168.0.3 | 255.255.255.0            |
| Ordinateur de l'exploitant            | 192.168.0.4 | 255.255.255.0            |

N'importe quelles adresses comprises entre 192.168.0.2 et 192.168.0.254 peuvent convenir à condition qu'elles soient différentes pour éviter les conflits.

Question 32 :

Pour des critères de distance et de coût, on peut opter pour une solution WIFI

Question 33 :

Par tour de vis, le volume apporté est :  $(D_{tube}^2 - D_{vis}^2) \cdot \pi \cdot \frac{pas}{4} = (90^2 - 10^2) \cdot \pi \cdot \frac{50}{4} = 314150 \text{ mm}^3 = 314,150 \text{ cm}^3$

La masse volumique des granulés est de 1 000 kg/m<sup>3</sup> ou 1g/cm<sup>3</sup> donc le volume pour 1 tour de vis permet de doser 314,159 g de granulés.

Donc pour doser 2 kg, il faut faire  $\frac{2000}{314,150} = 6,4 \text{ tours de vis}$

Question 34 :

Pour la référence donnée

$$P_m = 0,37 \text{ kW}$$

$$n = 1370 \text{ tours/mn}$$

$$J_m = 6.9 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Question 35 :

$$\text{On a } i = \frac{n}{n_2} = \frac{1370}{113} = 12.1 \text{ et } r = \frac{\Omega_{sortie}}{\Omega_{entrée}} = \frac{1}{i} = 0.0825$$

Question 36 :

$$\text{On a } \Delta\theta_r = r \cdot \Delta\theta_m$$

Question 37 :

La puissance en sortie de moteur ou en entrée du réducteur est  $P_m = C_m \cdot \omega_m$



La puissance en sortie de réducteur est  $P_{red} = C_r \cdot \omega_r$

En régime établi, on a  $\eta = P_{red}/P_m$ .

On peut donc écrire  $\eta \cdot P_m = C_r \cdot \omega_r = C_r \cdot r \cdot \omega_m$  avec  $\eta = 0.70$  dans le sujet.

#### Question 38 :

On isole  $\Sigma = \{\text{moteur ; réducteur ; vis}\}$

L'énergie cinétique de  $\Sigma$

$$T(\Sigma/R_0) = T(\text{moteur}/R_0) + T(\text{réducteur}/R_0) + T(\text{vis}/R_0)$$

$$\text{Avec } T(\text{moteur}/R_0) = \frac{1}{2} \cdot J_m \cdot \omega_m^2$$

$$T(\text{réducteur}/R_0) = \frac{1}{2} \cdot J_{red} \cdot \omega_m^2$$

$$T(\text{vis}/R_0) = \frac{1}{2} \cdot J_v \cdot \omega_r^2 = \frac{1}{2} \cdot J_v \cdot (r \cdot \omega_m)^2$$

$$\text{Soit } T(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2} \cdot J_m \cdot \omega_m^2 + \frac{1}{2} \cdot J_{red} \cdot \omega_m^2 + \frac{1}{2} \cdot J_v \cdot \omega_r^2 = \frac{1}{2} \cdot (J_m + J_{red} + J_v \cdot r^2) \cdot \omega_m^2$$

$$\text{Par identification } T(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2} \cdot J_{eq} \cdot \omega_m^2 \text{ on a } J_{eq} = J_m + J_{red} + J_v \cdot r^2 = 6.9 \times 10^{-4} + 1.9 \times 10^{-4} + 6 \times 10^{-6} \times 0.0825^2 = 8.8 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Le théorème de l'énergie puissance sous forme intégrée on a

$$\Delta T(\Sigma/R_0) = W_{ext} + W_{int}$$

$$\Delta T(\Sigma/R_0) = T(\Sigma/R_0)(t = t_{final}) - T(\Sigma/R_0)(t = t_{initial}) = 0 - \frac{1}{2} \cdot J_{eq} \cdot \omega_m^2$$

$$W_{ext} = C_r \cdot \Delta \theta_r = C_r \cdot r \cdot \Delta \theta_m \text{ et } W_{int} = 0$$

$$\text{Donc } -\frac{1}{2} \cdot J_{eq} \cdot \omega_m^2 = C_r \cdot r \cdot \Delta \theta_m \text{ soit } \Delta \theta_m = -J_{eq} \cdot \omega_m^2 / (2 \cdot C_r \cdot r) = J_{eq} \cdot \omega_m^3 / (2.0.7 \cdot P_m)$$

L'application numérique donne  $\Delta \theta_m = 0.5 \text{ rad} = 28.7^\circ$  La valeur est positive si on considère que  $C_r$  est négatif.

#### Question 39 :

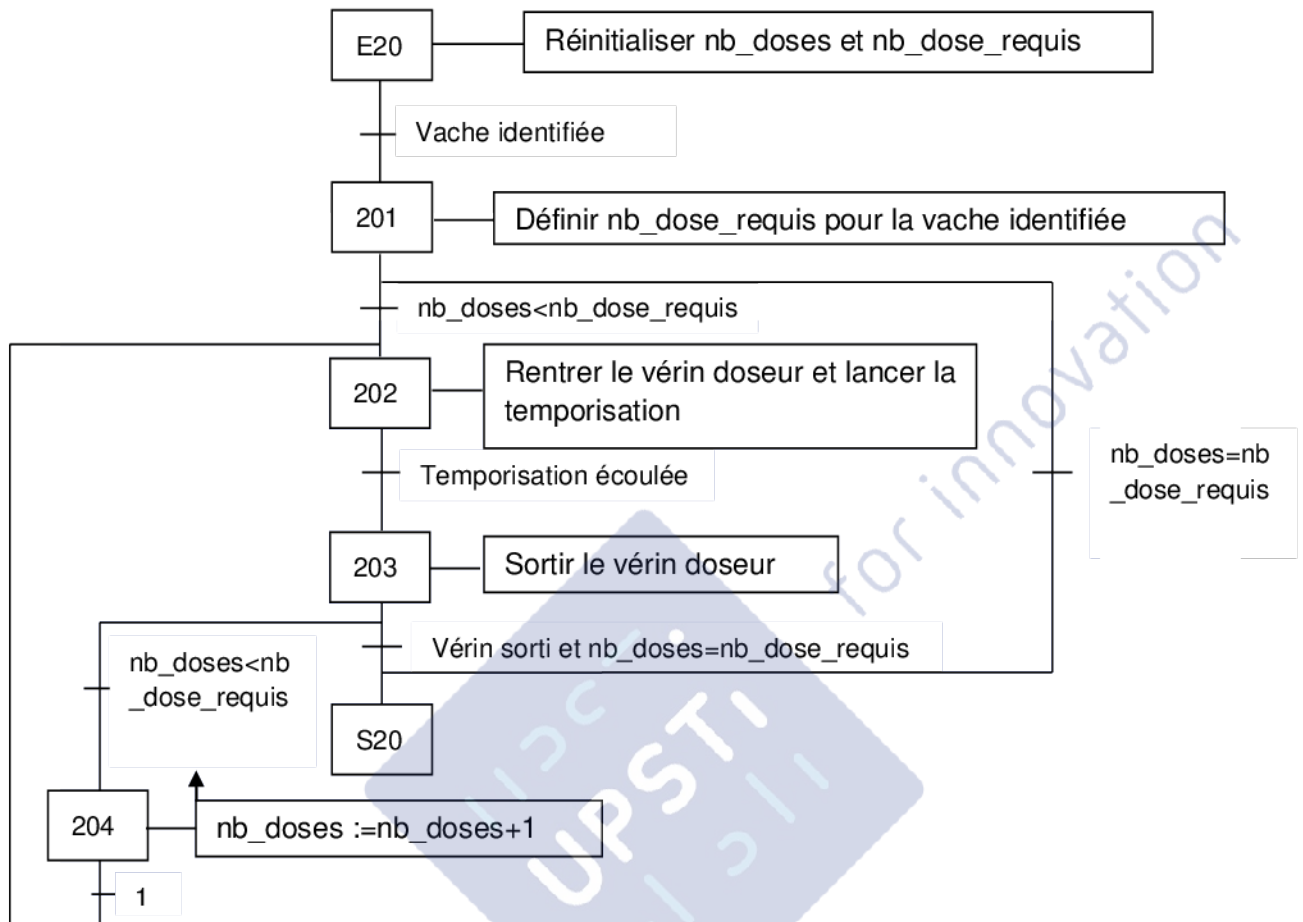
Pour acheminer 2 kg de granulés la vis doit faire 6,4 tours (résultat de la Q33). Donc pour  $28.7^\circ$  d'arbre moteur, la vis fait  $28.7^\circ \cdot r = 2.37^\circ$  soit  $2.37 \times \frac{100}{360} = 0.0066$  tours. Or pour un tour on achemine 314.150 g de granulés donc pour  $28.7^\circ$  d'arbre moteur, on acheminera  $0.0066 \times 314.150 = 2.07$  g soit pour 2 kg 0,1%. Ceci est très faible donc très acceptable. Si on souhaite encore la diminuer, on peut diminuer le pas de la vis par exemple.

#### Question 40 :

On choisit un détecteur capacitif :

Objet solide – Contact possible – Masse > 500g -- Objet non métallique – distance < à 15mm

Question 41 :



Question 42 :

