teaching sciences for innovation

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Polytechniques

Année : 2016

Filière : MP

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 (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.

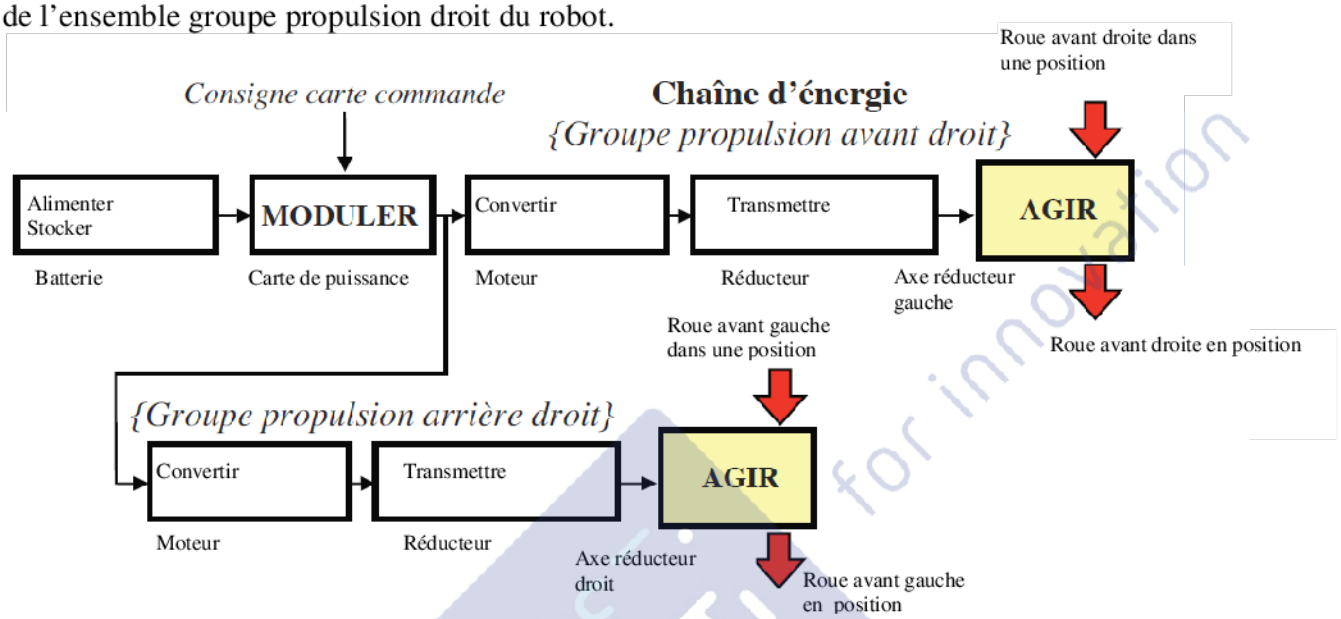
Informez-vous !

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

Robot de maraichage Oz 440
CCP MP

Question 1. À l'aide du diagramme de définition de blocs disponible (**figure 1**, **page 2**), compléter sur le **document réponse DR1** le diagramme correspondant à la chaîne d'énergie de l'ensemble groupe propulsion droit du robot.



Question 2. Donner l'expression de l'énergie cinétique du robot avec l'outil de binage et la charge tractée dans son mouvement par rapport au sol.
On néglige l'inertie des roues de la remorque.
L'énergie cinétique de l'ensemble Σ : (robot + charge tractée + outil de binage) dans son mouvement par rapport au sol est donnée par :

$$E_c(\Sigma/0) = \frac{1}{2}(M + m_t + m)V^2 + 4.\frac{1}{2}J_r\omega_r^2 + 4.\frac{1}{2}J_m\omega_m^2$$

Question 3. En déduire l'expression de l'inertie équivalente J_{eq} ramenée sur l'arbre moteur.

D'après l'énoncé on a $\rho = \frac{\omega_r}{\omega_m}$ et avec la condition de roulement sans glissement des roues sur le sol on peut écrire : $V = r\,\omega_r$

On en déduit :

$$E_c(\Sigma/0) = \frac{1}{2}(M + m_t + m).(r\rho\omega_m)^2 + 4.\frac{1}{2}J_r(\rho\omega_m)^2 + 4.\frac{1}{2}J_m\omega_m^2$$

$$E_c(\Sigma/0) = \frac{1}{2}\left[(M + m_t + m).(r\rho)^2 + 4.J_r\rho^2 + 4.J_m\right]\omega_m^2$$

L'inertie équivalente ramenée sur l'axe d'un des moteurs est donc :

$$J_{eq} = \frac{1}{4}(M + m_t + m).(r\rho)^2 + J_r\rho^2 + J_m$$

Question 4. Calculer la valeur de J_{eq} en utilisant les données fournies dans le diagramme de définition de blocs (**figure 1**, **page 2**).

$$J_{eq} = \frac{1}{4}(330).(13,25.10^{-2}.\frac{1}{46})^2 + 0,38.10^{-1}\left(\frac{1}{46}\right)^2 + 5.10^{-4} = 11,4.10^{-4}\,kg.m^2$$

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 5. Déterminer l'expression littérale des puissances des actions mécaniques extérieures.
On fait l'hypothèse que l'outil de binage n'est pas en contact avec le sol (rien n'est mentionné dans l'énoncé concernant le contact sol / outil de binage)
On néglige la résistance au roulement des roues sur le sol (pas très compatible avec l'exigence Id 141 …. sol meuble ….) mais rien n'est indiqué dans l'énoncé concernant la résistance au roulement.
On isole l'ensemble Σ et on fait le bilan des actions mécaniques extérieures.

- Action de la pesanteur sur l'ensemble
- Action du sol sur les 4 roues motrices et sur les roues de la remorque.

$$P_{pes\to\Sigma/sol} = -(M + m_t + m)gV\sin\alpha$$
$$P_{sol\to\Sigma/sol} = 0 \text{(Condition de roulement sans glissement des roues sur le sol)}$$

Question 6. Déterminer l'expression de la puissance d'inter-effort en fonction de Cm, η et ω_m.
Toutes les liaisons sont considérées comme énergétiquement parfaites sauf celles au niveau du réducteur.
La puissance des inter-efforts est donnée par :
$$P_i(\Sigma) = 4C_m\omega_m - 4(1-\eta)C_m\omega_m$$
$$P_i(\Sigma) = 4\eta C_m\omega_m$$

Question 7. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique et en déduire l'expression du couple moteur Cm nécessaire pour déplacer le robot en fonction de la pente du terrain, de l'accélération du robot et en fonction des caractéristiques définies dans le diagramme de définition de blocs (**figure 1**,**page 2**) ou dans la partie notations (**page 4**).

On se place dans la phase la plus défavorable c'est-à-dire juste à la fin de la phase d'accélération.
Remarque : La prise en compte du rendement (grandeur associée au régime permanent) durant la phase transitoire me perturbe … mais je réponds aux questions de l'énoncé.

On applique le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble Σ dans son mouvement par rapport au sol.

$$\frac{d(E_c/sol)}{dt} = \Sigma P_{ext\to S/Sol} + \Sigma P_i(S) \qquad 4J_{eq}\omega_m\dot{\omega}_m = -(M + m_t + m)gV\sin\alpha + 4\eta C_m\omega_m$$

$$4J_{eq}\omega_m\dot{\omega}_m = -(M + m_t + m)gr\rho\omega_m\sin\alpha + 4\eta C_m\omega_m \qquad C_m = \frac{4J_{eq}\dot{\omega}_m + (M + m_t + m)\sin\alpha gr\rho}{4\eta}$$

$$C_m = \frac{4J_{eq}\dfrac{a}{r\rho} + (M + m_t + m)\sin\alpha gr\rho}{4\eta}$$

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 8. Calculer la valeur du couple C_m et conclure vis-à-vis des exigences du cahier des charges.

$$C_m = \frac{4J_{eq}\frac{a}{r\rho} + (M + m_t + m)gr\rho}{4\eta} = \frac{\frac{4.11,4.10^{-4}.0,2.46}{13,25.10^{-2}} + \frac{330.10.13,25.10^{-2}}{46}}{4.0,63} = 0,42Nm$$

Le couple maximal d'un des moteurs est de 0.8Nm.
Le moteur semble correctement dimensionné (mais on n'a pas tenu compte de l'action du sol sur l'outil de binage et de la résistance au roulement)

Question 9. Identifier les expressions des fonctions de transfert $H_g(p) = \frac{\Omega_g(p)}{U_g(p)}$ et $H_d(p) = \frac{\Omega_d(p)}{U_d(p)}$. Donner les valeurs numériques des coefficients de ces fonctions de transfert. En déduire l'expression de la fonction de transfert $H_1(p) = \frac{\Delta\Omega(p)}{\Delta U(p)}$

Sur la figure 6, les courbes représentant $\omega_g(t)$ et $\omega_d(t)$ présentent les caractéristiques suivantes pour une entrée en échelon :

- Pas de dépassement
- Valeur en régime permanent constante
- Pente de la tangente à l'origine non nulle

On peut modéliser les fonctions de transfert $H_g(p)$ et $H_d(p)$ par des fonctions de transfert du 1er ordre de la forme : $\frac{K}{1+\tau p}$

$H_g(p)$	$H_d(p)$
Valeur de l'échelon : 15V Valeur de ω_g en régime permanent : 98 rad.s^{-1} On en déduit $K_g = \frac{98}{15} = 6,5\,rad.s^1.V^{-1}$ Constante de temps : 0.3s $H_g(p) = \frac{\Omega_g(p)}{U_g(p)} = \frac{6,5}{1+0,3p}$	Valeur de l'échelon : 10V Valeur de ω_g en régime permanent : 65 rad.s^{-1} On en déduit $K_g = \frac{65}{10} = 6,5\,rad.s^1.V^{-1}$ Constante de temps : 0.3s $H_d(p) = \frac{\Omega_d(p)}{U_d(p)} = \frac{6,5}{1+0,3p}$

On peut en déduire :

$$H_1(p) = \frac{\Omega_d(p) - \Omega_g(p)}{U_d(p) - U_g(p)} = \frac{\frac{6,5}{1+0,3p}U_d(p) - \frac{6,5}{1+0,3p}U_g(p)}{U_d(p) - U_g(p)}$$

$$H_1(p) = \frac{6,5}{1+0,3p}$$

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 10. Donner la condition vectorielle de roulement sans glissement en I_3. À partir de cette condition, déterminer l'équation scalaire liant V, $\frac{d\varphi}{dt}$ et ω_d. Donner ensuite la condition de roulement sans glissement en I_4 puis, à partir de cette condition, déterminer l'équation scalaire liant V, $\frac{d\varphi}{dt}$ et ω_g.

En I_3 la condition de roulement sans glissement entre la roue3 et le sol s'écrit :
$\vec{V}\left(I_3 \in roue3/sol\right)=\vec{0}$ *et* $\vec{\Omega}(roue3/sol).\vec{y}_3 \neq 0$
Que l'on peut aussi écrire : $\vec{V}\left(I_3 \in 3/0\right)=\vec{0}$ *et* $\vec{\Omega}(roue3/0).\vec{y}_3 \neq 0$
On en déduit :
$\vec{V}\left(I_3 \in 3/0\right)=\vec{0}=\vec{V}\left(I_3 \in 3/1\right)+\vec{V}\left(I_3 \in 1/0\right)$
$\vec{V}\left(I_3 \in 3/0\right)=\vec{0}=\vec{V}\left(0_3 \in 3/1\right)+\vec{\Omega}(3/1)\wedge\overrightarrow{0_3I_3}+\vec{V}\left(0_1 \in 1/0\right)+\vec{\Omega}(1/0)\wedge\overrightarrow{0_1I_3}$
$\vec{0}=\vec{0}+\omega_d\,\vec{y}_1\wedge(-r\vec{z})+V\vec{x}_1+\dot{\varphi}\vec{z}+(-e\vec{y}_1-h\vec{z}-r\vec{z})$
$-r\omega_d\vec{x}_1+V\vec{x}_1+e\dot{\varphi}\vec{x}_1=\vec{0}$
En projection sur $\vec{x}_1$, on obtient : $-r\omega_d+V+e\dot{\varphi}=0$

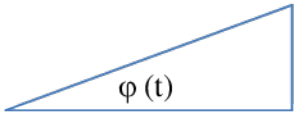
En I_4 la condition de roulement sans glissement entre la roue4 et le sol s'écrit :
$\vec{V}\left(I_4 \in 4/0\right)=\vec{0}$ *et* $\vec{\Omega}(4/0).\vec{y}_4 \neq 0$
On en déduit :
$\vec{V}\left(I_4 \in 4/0\right)=\vec{0}=\vec{V}\left(I_4 \in 4/1\right)+\vec{V}\left(I_4 \in 1/0\right)$
$\vec{V}\left(I_4 \in 4/0\right)=\vec{0}=\vec{V}\left(0_4 \in 4/1\right)+\vec{\Omega}(4/1)\wedge\overrightarrow{0_4I_4}+\vec{V}\left(0_1 \in 1/0\right)+\vec{\Omega}(1/0)\wedge\overrightarrow{0_1I_4}$
$\vec{0}=\vec{0}+\omega_g\,\vec{y}_1\wedge(-r\vec{z})+V\vec{x}_1+\dot{\varphi}\vec{z}+(e\vec{y}_1-h\vec{z}-r\vec{z})$
$-r\omega_g\vec{x}_1+V\vec{x}_1-e\dot{\varphi}\vec{x}_1=\vec{0}$
En projection sur $\vec{x}_1$, on obtient : $-r\omega_d+V-e\dot{\varphi}=0$

Question 11. À partir des équations précédentes, déterminer la relation liant $\Delta\omega$ et $\frac{d\varphi}{dt}$, puis la fonction de transfert $H_{21}(p)=\frac{\Phi(p)}{\Delta\Omega(p)}$ où $\Phi(p)$ représente la transformée de Laplace de l'angle $\varphi(t)$ (on supposera par ailleurs la condition initiale nulle $\varphi(0) = 0$).
À partir de la question précédente, on peut écrire : $\omega_d=\frac{V+e\dot{\varphi}}{r}$ et $\omega_g=\frac{V-e\dot{\varphi}}{r}$
On en déduit : $\Delta\omega=\omega_d-\omega_g=\frac{V+e\dot{\varphi}}{r}-\frac{V-e\dot{\varphi}}{r}$ $\Delta\omega=\frac{2e}{r}\dot{\varphi}=\frac{2e}{r}\frac{d\dot{\varphi}}{dt}$
$H_{21}(p)=\frac{\Phi(p)}{\Delta\Omega(p)}=\frac{r}{2ep}$ (Condition initiale nulle)

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 12. Faire un schéma puis déterminer la relation liant dy(t), dx(t) et l'angle φ(t).

En déduire l'expression de $\dot{y}(t) = \frac{dy(t)}{dt}$ en fonction de V et de φ(t) en linéarisant l'expression à l'ordre 1 dans l'hypothèse où l'angle φ(t) reste petit.



dy(t)

dx(t)

$$\tan\varphi(t) = \frac{dy(t)}{dx(t)} \; si\; \varphi\; est\; petit \; \tan\varphi(t) = \varphi(t) \quad d'où \; \varphi(t) = \frac{dy(t)}{dx(t)} = \frac{dy(t)}{dt}.\frac{dt}{dx(t)}$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = \varphi(t)\frac{dx(t)}{dt} \qquad \dot{y}(t) = \varphi(t)\dot{x}(t) = \varphi(t)V$$

Question 13. En déduire l'expression de la fonction de transfert $H_{22}(p) = \frac{Y(p)}{\Phi(p)}$ où Y(p) représente la transformée de Laplace du déplacement latéral du robot y(t) (on supposera toujours, par ailleurs, la condition initiale nulle y(0) = 0). En déduire la fonction de transfert $H_2(p)$ du suivi de trajectoire à partir des résultats trouvés précédemment.

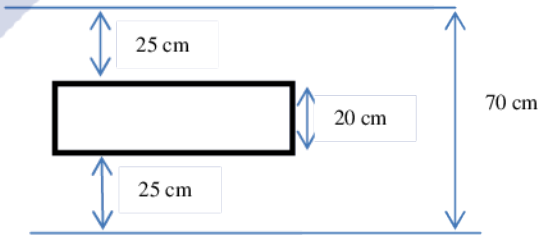
D'après la question précédente : $H_{22}(p) = \frac{Y(p)}{\Phi(p)} = \frac{V}{p}$ (condition initiale nulle)

On en déduit :

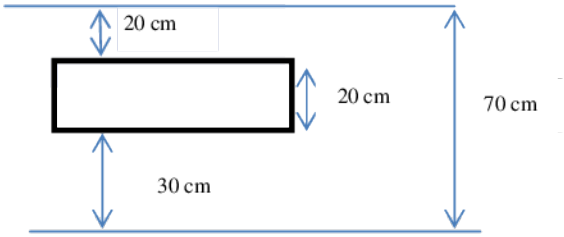
$$H_2(p) = H_{21}(p)H_{22}(p) = \frac{r}{2ep}\frac{V}{p} = \frac{rV}{2ep^2}$$

Question 14. Quelle est la valeur de la tension $u_{capt\text{-}0}$ à 0,1 V près ? Quelle est la tension $u_{capt_droit}(t)$ lorsque le robot est décalé de y = 5 cm entre ces 2 rangs de culture ? Quelle est la tension $u_{capt_gauche}(t)$ à ce même instant ?

Si le robot est centré
D'après la courbe de la figure 10, on en déduit
$U_{cap\text{-}0}$=1,1V



Si le robot est décalé vers la gauche de 5 cm (y(t) positif par rapport à la ligne moyenne)
D'après la courbe de la figure 10, $U_{cap\text{-}droit}$ =0.9V et $U_{cap\text{-}gauche}$ =1.3V



Question 15. En déduire le gain K_c du bloc « capteur de distance » autour de ce point de fonctionnement et préciser son unité.

Autour de ce point de fonctionnement $K_c = \frac{0.4}{5.10^{-2}} = 8V.m^{-1}$

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 16. Tracer sur le **document réponse DR2** les diagrammes asymptotiques de Bode (amplitude et phase) de la fonction $H_{BO}(p)$.
$H_{BO}(p)$ est le produit de $H_1(p)$ double intégrateur de gain 4 et de $H_2(p)$ système du 1er ordre de gain statique 1 et de constante de temps 0,3s.

Pour $H_1(p)$

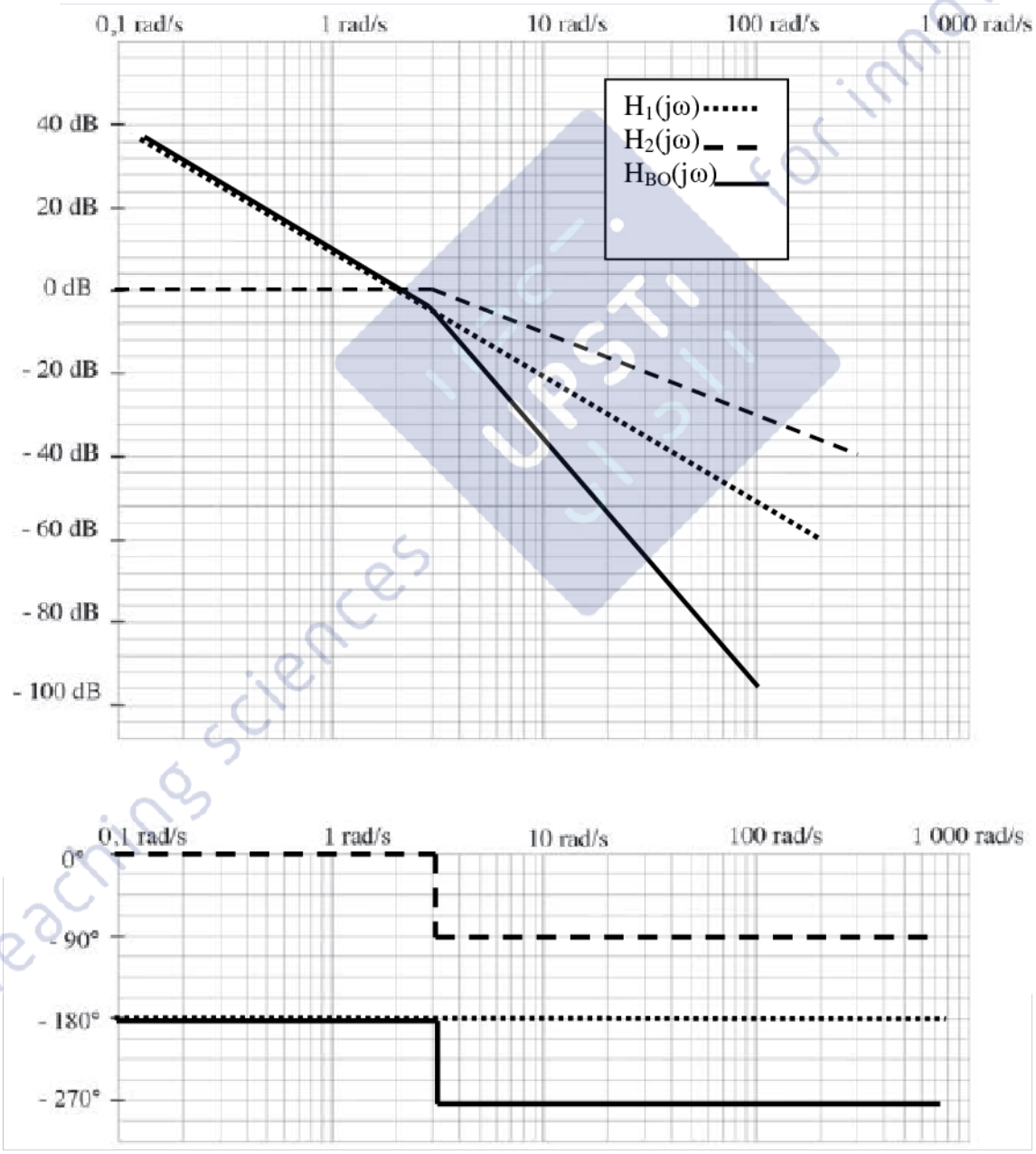
Diagramme de rapport d'amplitude : droite de pente -40 dB par décade qui passe par le point A_{dB}=0dB et ω=2 rad.s^{-1}

Diagramme de phase : droite constante à -180°

Pour $H_2(p)$

Diagramme de rapport d'amplitude : droite de pente horizontale à 0 dB jusqu'à ω=(1/0.3) rad.s^{-1}puis droite de pente -20 dB/décade

Diagramme de phase : droite à 0° jusqu'à ω=(1/0.3) rad.s^{-1} puis droite de pente -20 dB/décade.



teaching sciences for innovation

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 17. Étudier la stabilité de l'asservissement de suivi de l'allée en fonction de la valeur du gain K_{cor}.
La phase de la FTBO est toujours inférieure à -180° quelle que soit la valeur de K_{cor}.
Le système est donc instable en boucle fermée pour toutes les valeurs de K_{cor}

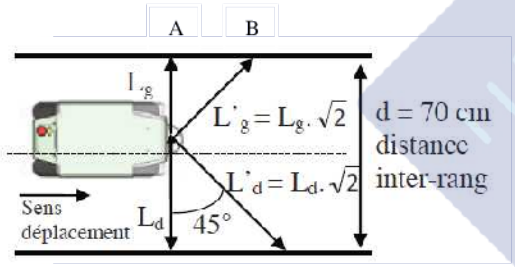
Question 18. Expliquer en 2 lignes et sans calcul comment l'utilisation de ces 2 capteurs à 45° permettra d'améliorer la stabilité de la boucle d'asservissement.
L'utilisation des 2 capteurs à 45° va permettre d'introduire un temps d'avance pour la prise en compte de décalage du robot. Il est ainsi possible de voir à l'avance dans quelle direction le robot se dirige et ainsi de pouvoir corriger la trajectoire au plus tôt.

Question 19. À partir du schéma proposé **figure 11**, donner une estimation du temps d'avance procuré par ces capteurs à 45° lorsque le robot se déplace à vitesse constante V = 0,2 m/s.

La distance entre les points A et B vaut Lg. On obtient donc un temps d'avance de $t_g = \frac{L_g}{V}$

De la même manière $t_d = \frac{L_d}{V}$

Si on considère que le robot est centré : $t_g = t_d = \frac{35.10^{-2}}{0.2} = 1.75s$



Question 20. Déterminer la valeur du gain K_{cor} permettant d'assurer la stabilité de l'asservissement de suivi de l'allée avec la marge de phase la plus grande possible.
Pour avoir la plus grande marge de phase possible, il faut avoir AdB=0 dB pour ω=1 rad.s^{-1}. Il faut donc « descendre » la courbe de rapport d'amplitude de 18 dB.

On en déduit $K_{cor} = 10^{\frac{-18}{20}} = 0.125$

Question 21. Pour ce réglage, conclure vis-à-vis de l'ensemble des exigences « id 111 » : pour la stabilité en précisant les marges de gain et de phase et pour la précision en justifiant votre réponse à partir d'une caractéristique de la fonction de transfert boucle ouverte.

Pour la valeur de K_{cor} déterminé à la question précédente, on obtient une marge de phase de 30° et une marge de gain d'environ 16 dB.
Le système est donc stable en boucle fermée

La FTBO présente une double intégration (et il n'y a pas de perturbation) le système sera donc précis pour une entrée en échelon et en rampe.

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Début de la partie informatique :
Remarque : contrairement à l'énoncé, en python la commande IM[i,j] permet d'accéder au pixel de la ligne i et de la colonne j. Le corrigé est réalisé avec ce correctif.

Question 22. Déterminer la taille mémoire en kilo-octets (ko) nécessaire pour stocker cette image initiale.
Chaque pixel de couleur étant codé sur 3 octets, pour obtenir la taille mémoire, il suffit de déterminer le nombre de pixels.

$$Taille\ mémoire = 700 \times 393 \times 3 = 825300\ octets = 825{,}3\ ko$$

Question 23. Écrire la fonction Gris(IM) renvoyant le tableau des pixels IMG[i,j] (ou IMG(i,j)) de l'image en niveau de gris (image 2, figure 14).

```
def Gris(IM):
    n=IM.shape[0] #nb de lignes
    m=IM.shape[1] #nb de colonnes
    IMG=np.zeros((n,m)) #création d'une image noire
    for i in range(n):
        for j in range(m):
            pix=IM[i,j]
            IMG[i,j]=0.299*pix[0]+0.587*pix[1]+0.114*pix[2]
    return IMG
```

Question 24. Écrire la fonction Noir(IM) renvoyant directement le tableau des pixels IMN[i,j] (ou IMN(i,j)) de l'image monochrome (image 3, figure 15).

```
def Noir(IM):
    n=IM.shape[0] #nb de lignes
    m=IM.shape[1] #nb de colonnes
    IMN=np.zeros((n,m)) #création d'une image noire
    for i in range(n):
        for j in range(m):
            if IM[i,j]>172: #127 dans l'énoncé, mais on ne retrouve pas la
bonne image, sans doute une erreur de frappe.
                IMN[i,j]=1
    return IMN
```

Question 25. Déterminer la complexité en temps de la fonction Noir(IM) en fonction des dimensions de l'image (paramètres n et m).
La complexité de la fonction Noir est : $n \times m$

Question 26. Écrire l'équation de la droite [F1d, F2d] en fonction de xF1d,yF1d,xF2d et yF2d. Expliquer et commenter la méthode utilisée, puis écrire la fonction detection_rang_droit(IMN) en supposant que :

- l'ordonnée yF1d de F1d varie entre le pixel d'ordonnée y = 250 = m / 2 – m / 7 et le pixel d'ordonnée y = m – 1 (on suppose ainsi que la fin du rang n'est pas trop décentrée), son abscisse xF1d est fixée sur la première ligne de pixels ;
- le point F2d a une ordonnée yF2d strictement supérieure à celle de F1d et son abscisse xF2d est fixée sur la dernière ligne de pixels.

La droite [F1d, F2d] a pour équation : $y(x) = yF1d + \frac{yF2d - yF1d}{xF1d - xF2d} \cdot x$
La méthode utilisée consiste à créer successivement des segments entre tous les pixels de la première ligne (yF1d de 250 à 700) et tous les pixels de la dernière ligne (yF2 de yF1d à 700). Pour chaque segment, on compte sur les différentes lignes le nombre de pixels noirs, le segment qui a le plus de pixels noirs définit le rang de poireau.

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Cette méthode est longue en temps calculs car on fait tous les segments possibles. De plus, on suppose que le rang coupe la ligne de pixel du bas ce qui n'est pas toujours le cas, voir le rang gauche de la photo du sujet.

```
def detection_rang_droit(IMN):
    n=IMN.shape[0] #nb de lignes
    m=IMN.shape[1] #nb de colonnes
    nb_px_noir_max=0
    xF1dsol=0
    xF2dsol=n-1
    for yF1d in range (floor(m/2-m/7),m):#m/2-m/7=250 ici
        for yF2d in range (yF1d,m):
            nb_px_noir=0
            for x in range(n):
                y=floor(yF1d+(yF2d-yF1d)/(xF2dsol-xF1dsol)*x)
                if IMN[x,y]==0:
                    nb_px_noir=nb_px_noir+1
            if nb_px_noir>nb_px_noir_max:
                nb_px_noir_max=nb_px_noir
                yF1dsol=yF1d
                yF2dsol=yF2d
    return [xF1dsol,yF1dsol,xF2dsol,yF2dsol]
```

Question 27. Exprimer approximativement la complexité en temps de la fonction detection_rang_droit(IMN) en fonction des dimensions de l'image.

- la première boucle est parcourue : m-(m/2-m/7)=m*9/14
- la deuxième boucle est parcourue : (m*9/14)/2 (valeur moyenne)
- la troisième boucle est parcourue : n

Au final, la complexité est de : $\frac{1}{2} \cdot n \cdot \left(\frac{9}{14} \cdot m\right)^2$

Question 28. Expliquer en 2 phrases maximum le rôle de la fonction suivante :

Version Python :

```
def f(IMN) :
    d=detection_rang_droit(IMN)[1]
    g=detection_rang_gauche(IMN)[1]
    return (d+g-IMN.shape[0])/2
```

Version Scilab :

```
function z=f(IMN)
    d=detection_rang_droit(IMN)(2)
    g=detection_rang_gauche(IMN)(2)
    z=(d+g-size(IMN)(1))/2
endfunction
```

La fonction f permet de déterminer si le robot vise bien le milieu entre les rangées de poireaux, elle donne l'écart en pixel avec le milieu de la rangée de poireaux au fond de l'image (première ligne de l'image).

Fin de la partie informatique

Question 29. Définir la distance y_{recul} intervenant dans la transition (Etat 4) → (Etat 5) du diagramme d'état à l'aide d'un schéma puis déterminer son expression en fonction de d et de R_0.

Remarque : le diagramme d'état de l'énoncé n'est, à mon avis, pas correct. On ne connait pas la durée de l'activité associée à l'état 2. Il faut donc un événement (when phi > 90°) pour la transition et non une condition de garde ([phi > 90°]). Idem pour les transitions après les états 4 et 5.

D'après le diagramme d'état y_{recul} est négatif. On a donc $y_{recul} = d - 2R_0$

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 30. En utilisant la **figure 19**, déterminer la valeur du gain K_{cod} en m/incrément.
D'après la figure 19, il y a 12 incréments par tour de roue.

On en déduit $K_{cod} = \frac{2\pi R_{roue}}{12} = \frac{2\pi.13,25.10^{-2}}{12} = 7.10^{-2}\, m/incrément$

Question 31. En s'aidant du schéma d'évolution de la **figure 18**, établir les 3 équations de récurrence permettant de calculer la position du robot P_i en fonction de la position P_{i-1} et des acquisitions dl_i et $d\varphi_i$.

$\varphi_i = \varphi_{i-1} + d\varphi_i$

$x_i = x_{i-1} + dl_i \cos\varphi_{i-1}$

$y_i = y_{i-1} + dl_i \sin\varphi_{i-1}$

Question 32. Pour l'algorithme simplifié correspondant à l'état 4 « Recul en ligne droite », définir sur votre copie l'équation de récurrence à placer dans la case A puis la condition à satisfaire pour la case B, ainsi que les actions dans le sous-programme de commande des vitesses des moteurs gauches et droits, cases C et D.

Pour le bloc A : $y_{i+1} = y_{i-1} - dl_i$ (avec y=0 dans le bloc init)
Pour le bloc B : $y < y_{recul}$
Pour le bloc C : Omega g=-95
Pour le bloc D : Oméga d = -95

Question 33. Quels sont les blocs permettant d'affirmer que la trajectoire est asservie ? Quelle est la grandeur de consigne et le type de correcteur utilisé ? Ce type d'asservissement permet-il une bonne précision lorsque le robot subit des perturbations, en particulier lorsque le glissement des roues sur le sol boueux est important ? Conclure vis-à-vis du critère de précision de l'exigence « id 1112 ».

Les blocs « oméga g = … » et « oméga d …) permettent de dire que le système est asservi.
La vitesse de rotation des roues est fonction de l'écart entre le rayon de consigne R_0 et le rayon effectif R_1. Le correcteur est de type proportionnel.
La mesure se faisant au niveau des roues, le glissement d'une roue sur le sol ne sera pas « vu » et si le robot patine le critère de précision de l'id 1112 ne sera pas respecté avec un correcteur proportionnel.

Question 34. Rappeler les exigences analysées dans le sujet et indiquer celle qui est la plus difficile à réaliser et sur laquelle le constructeur doit porter ses efforts.
Id 141 avancer sur un terrain meuble ayant une pente de 10% : respectée s'il y a roulement sans glissement des roues sur le sol mais sans prise en compte de la résistance au roulement et sans prise en compte de l'utilisation de l'outil de binage
Id 1112 garder le cap entre les rangs : respectée (erreur de position nulle et système stable) mais sans prise en compte d'éventuelles perturbations
Id1112 erreur de position après le demi-tour : respectée s'il n'y a pas glissement des roues sur le sol.
La plus difficile à réaliser est l'id1112 à cause de l'éventuel glissement des roues sur le sol.

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI