teaching sciences UPSTI for innovation

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Mines-Ponts

Année : 2021

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.

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

Bassin de traction du LHEEA

Corrigé UPSTI

Question 1

Le déplacement X_f-X_0 est l'aire sous la courbe de vitesse donc X_f-X_0 = $V_m T_2$ d'où : $T_1=\frac{X_f-X_0}{V_m}-t_{acq}$

Il vient $\boxed{\gamma=\frac{V_m}{T_1}=\frac{V_m^2}{X_f-X_0-V_m t_{acq}}}$ A.N. $\boxed{T_1=\frac{120}{8}-10=5s}$ et $\boxed{\gamma=\frac{8}{5}=1,6\,m.s^{-2}}$

Question 2

O_1 est le centre de masse de 1 donc $\overrightarrow{\delta_{O_1,1/0}}=\frac{d\,\overrightarrow{\sigma_{O_1,1/0}}}{dt/0}$ et $\overrightarrow{\sigma_{O_1,1/0}}=[J_{1,O_1}]\overrightarrow{\Omega_{1/0}}$ or $\overrightarrow{\Omega_{1/0}}=\omega_R\vec{z}_0$

De plus la roue 1 a une symétrie de révolution matérielle, donc la matrice $[J_{1,O_1}]$ est diagonale. J_R Le moment d'inertie sur O_1z_0 est donné donc $\overrightarrow{\sigma_{O_1,1/0}}=J_R\omega_R\vec{z}_0$ et $\boxed{\overrightarrow{\delta_{O_1,1/0}}=J_R\frac{d\,\omega_R}{dt}\vec{z}_0}$

On isole 1. Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (BAME) :

- Pivot 3/1 : $\boxed{\{T_{3\to1}\}=\left\{\begin{array}{c|c} X_{31} & \dots\dots \\ Y_{31} & \dots\dots \\ \dots\dots & 0 \end{array}\right\}_{O_1,b_0}}$ en notant *b0* la base $(\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$
- Ponctuelle 0/1 avec frottement, d'où la composante X_{01}: $\boxed{\{T_{0\to1}\}=\left\{\begin{array}{c|c} X_{01} & \dots\dots \\ Y_{01} & \dots\dots \\ \dots\dots & 0 \end{array}\right\}_{I,b_0}}$
- Couple réducteur $\boxed{\{T_{r\to1}\}=\left\{\begin{array}{c|c} 0 & \dots\dots \\ 0 & \dots\dots \\ \dots\dots & C_R \end{array}\right\}_{O_1,b_0}}$ et poids $\boxed{\{T_{g\to1}\}=\left\{\begin{array}{c|c} 0 & \dots\dots \\ -m_R g & \dots\dots \\ \dots\dots & 0 \end{array}\right\}_{O_1,b_0}}$

Question 3

$\overrightarrow{\delta_{O_1,1/0}}\cdot\vec{z}_0=\overrightarrow{M_{O_1,\bar{1}\to1}}\cdot\vec{z}_0$ avec $\overrightarrow{M_{O_1,\bar{1}\to1}}=\vec{0}+\overrightarrow{O_1I}\wedge\overrightarrow{R_{0\to1}}=\begin{pmatrix}0\\-R\\0\end{pmatrix}_{b_0}\wedge\begin{pmatrix}X_{01}\\Y_{01}\\\dots\end{pmatrix}_{b_0}$ il vient : $J_R\frac{d\,\omega_R}{dt}=C_R+R\,X_{01}$

On donne de plus $V_3=-R\,\omega_R$ et $\gamma=\dot{V}_3$ d'où : $\frac{-J_R}{R}\frac{d\,V_3}{dt}=C_R+R\,X_{01}$ et donc $X_{01}=\frac{-J_R\gamma+C_R R}{R^2}$.

On sait de plus que :

- $\dfrac{J_R}{R^2}=\dfrac{M_{eq}-m_3-2\mathrm{m}_R}{2}$

- $C_R=\dfrac{C_m}{k}$ car le rendement unitaire implique $C_R\omega_R=C_m\omega_m$ et $k=\dfrac{\omega_R}{\omega_m}$

D'où finalement $\boxed{X_{01}=\gamma\left(m_R+\dfrac{m_3}{2}\right)}$ et de même $\boxed{X_{02}=\gamma\left(m_R+\dfrac{m_3}{2}\right)}$

Question 4

On isole Σ, BAME :

- Ponctuelle avec frottement 0/1 $\{T_{0\to1}\}_{I_1}$ cf Q2 , et de même 0/2 en I_2 $\{T_{0\to2}\}_{I_2}$.
- Poids de 1 $\{T_{g\to1}\}_{O_1}$ cf Q2 , et de même pour les poids de 2 et 3 $\{T_{g\to2}\}_{O_2}$ et $\{T_{g\to3}\}_{G_3}$
- On néglige le poids des moto-réducteurs et les actions résistantes dues à l'avance

Il faut appliquer le TMD en I_2 sur z_0 pour ne pas faire apparaître les inconnues de la liaison ponctuelle de 0/2 en I_2 : $\boxed{\overrightarrow{\delta_{I_2\,\Sigma/0}}\cdot\vec{z}_0=\overrightarrow{M_{I_2\,\bar{\Sigma}\to\Sigma}}\cdot\vec{z}_0}$

Par additivité en négligeant la masse des moto-réducteurs on a : $\overrightarrow{\delta_{I_2\Sigma/0}}=\overrightarrow{\delta_{I_21/0}}+\overrightarrow{\delta_{I_22/0}}+\overrightarrow{\delta_{I_23/0}}$ avec :

- $\overrightarrow{\delta_{I_21/0}}=\overrightarrow{\delta_{O_11/0}}+\overrightarrow{I_2O_1}\wedge m_R\overrightarrow{a_{O_11/0}}=-J_R\dfrac{\gamma}{R}\vec{z}_0+(2\mathrm{L}\,\vec{x}_0+R\,\vec{y}_0)\wedge m_R\gamma\vec{x}_0$ car $\overrightarrow{\delta_{O_11/0}}$ calculé à la Q3

- de même $\overrightarrow{\delta_{I_22/0}}=-\left(\dfrac{J_R}{R}+m_R\right)\gamma\vec{z}_0$

- $\overrightarrow{\delta_{I_23/0}}=\overrightarrow{\delta_{G_33/0}}+\overrightarrow{I_2G_3}\wedge m_3\overrightarrow{a_{G_33/0}}=\vec{0}+(L\vec{x}_0+(H+R)\vec{y}_0)\wedge m_3\gamma\vec{x}_0$ car 3 en translation /0

Il vient $\boxed{\overrightarrow{\delta_{I_2\,\Sigma/0}}\cdot\vec{z}_0=-\gamma\left(2\dfrac{J_R}{R}+2m_R+m_3(H+R)\right)}$

Question 5

On peut de même isoler Σ, le BAME est déjà fait ci-dessus, et on applique ensuite le TRD projeté sur y_0, car connaissant Y_{01} (déterminé à la Q4) et le poids on en déduira Y_{02}.

Question 6

On fait l'hypothèse d'être à la limite du glissement, on a alors d'après Coulomb : $\left|\dfrac{X_{01}}{Y_{01}}\right|=f_{1\mathrm{mini}}$.

X_{01} et Y_{01} sont déterminés aux questions Q3 et Q4, on en déduit donc $f_{1\mathrm{mini}}$.

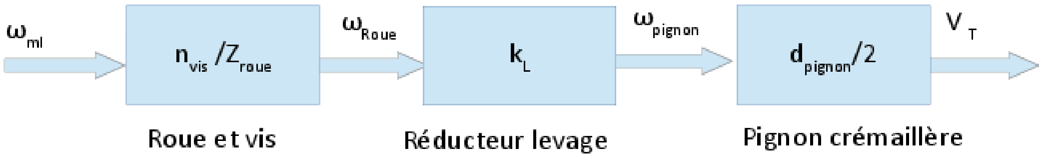
Remarque : les 2 roues sont motrices donc X_{01} et Y_{01} sont positifs dans le sens $+x_0$.

Même démarche pour $f_{2\mathrm{mini}}$ avec Y_{02} déterminé à la Q5.

Question 7

Il faudra des coefficients d'adhérence deux fois plus grand (car la composante est divisée par 2) , et même quatre fois plus grand avec les coefficients de sécurité. 4.0,177=0,708. Il faut donc pour les roues motrices un bandage en caoutchouc.

Question 8



$\boxed{V_T = \frac{d_{pignon} k_L n_{vis}}{2 Z_{roue}} \omega_{ml}}$ Et l'A.N. : $\boxed{V_T = \frac{0{,}02.2}{2.40.50} 200 = 0{,}002\, m.s^{-1}}$

Question 9

En supposant la vitesse constante et que la manœuvre est le levage $\boxed{T_V = \frac{C_T}{V_T} = \frac{0{,}01}{0{,}002} = 5\, s}$

Question 10

On a vu à la Q3 que $V_3 = - R\, \omega_R$ d'où $\boxed{K_8 = -R}$ en m.

De même en supposant que la roue libre roule sans glisser on a $\boxed{K_9 = \frac{-1}{r}}$ en m.

Comme l'écart ε_U est nul si $V_c = V$, il vient $\boxed{K_1 = K_{11} . K_{10} . K_9}$ en V.m^{-1}.s

Question 11

En déplaçant la perturbation F_{res} du premier comparateur, il vient :

$$V = \left(V_C - \frac{K_C (1 + T_e p)}{C K_a} \times F_{res}\right) \frac{C K_a K_b H_m}{1 + C K_a K_b H_m}$$

d'où $H_1 = \dfrac{\dfrac{C K_a K_b K_m}{1 + C K_a K_b K_m}}{1 + \dfrac{T_e + T_m}{1 + C K_a K_b K_m} p + \dfrac{T_e . T_m}{1 + C K_a K_b K_m} p^2}$ avec $K_{BO} = C K_a K_b K_m$ on obtient :

$$\boxed{H_1 = \frac{\dfrac{K_{BO}}{1 + K_{BO}}}{1 + \dfrac{T_e + T_m}{1 + K_{BO}} p + \dfrac{T_e . T_m}{1 + K_{BO}} p^2}} \quad \text{et} \quad \boxed{H_2 = \frac{\dfrac{K_c K_b K_m (1 + T_e p)}{1 + K_{BO}}}{1 + \dfrac{T_e + T_m}{1 + K_{BO}} p + \dfrac{T_e . T_m}{1 + K_{BO}} p^2}}$$

or $v_1 = \lim_{t \to +\infty} v_1(t) = \lim_{p \to 0} p V_1(p) = \lim_{p \to 0} H_1(p) V_0$ d'où $\boxed{v_1 = \frac{K_{BO}}{1 + K_{BO}} V_0}$ et de même $\boxed{v_2 = \frac{K_c K_b K_m}{1 + K_{BO}} F_0}$

Question 12

$\left|\frac{v_2}{v_1}\right| = \left|\frac{F_0 K_c K_b K_m}{V_0 C K_a K_b K_m}\right| \leqslant 0{,}1$ d'où la condition C_{pert} : $\boxed{C \geqslant \left|\frac{F_0 K_c}{V_0 K_a 0{,}1}\right| = \frac{4000.0{,}1}{8.1000.0{,}1} = 0{,}05}$

Question 13

La classe de la FTBO est nulle avec un correcteur proportionnel, donc l'erreur de position ne sera pas nulle. Id1.2.3 non respectée

Question 14

La FTBO devient $FTBO = \frac{20\,C}{5\,p(1+0{,}5)} = \frac{4\,C}{p(1+0{,}5)}$ à la pulsation 1/0,5=2 rd.s^{-1} la phase vaut -135°. Il faut donc que le gain en db de la FTBO corrigée s'annule en 2 rd.s^{-1}, ou avant pour que la marge de phase soit plus grande que 45°. C'est à dire il faut que le module en ω=2 rd.s^{-1} soit inférieur ou égal à 1 d'où

$|FTBO(2j)| = \frac{4\,C}{2.\sqrt{1+1}} \leqslant 1$ d'où la condition Cφ : $\boxed{C \leqslant \frac{\sqrt{2}}{2}}$

Question 15

$$\boxed{FTBF = \frac{FTBO}{1+FTBO} = \frac{1}{1+\frac{T_m}{C.K_N}p + \frac{Te.Tm}{C.K_N}p^2}}$$

- Le gain statique vaut 1, logique vu que la FTBO est de classe 1.
- La pulsation propre non amortie vaut $\boxed{\omega_n = \sqrt{\frac{C.K_N}{T_e.T_m}}}$ rd.s^{-1}
- Le coefficient d'amortissement vaut $\boxed{z = \frac{\omega_n}{2}\frac{T_m}{C.K_N} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{T_m}{T_e.C.K_N}}}$

Question 16

Pour minimiser le temps de réponse d'un ordre 2, on prend z=0,7 d'où C_{rapid} : $\boxed{C = \frac{T_m}{4\,T_e K_N 0{,}7^2}}$

Question 17

A.N. $\omega_n = \sqrt{\frac{0{,}25.20}{0{,}5.5}} = \sqrt{2}$ et $z = \frac{\sqrt{2}}{2}\frac{5}{0{,}25.20}$ on lit donc sur l'abaque $t_{5\%}.\omega_n = 3$ d'où :

$t_{5\%}$ = $\boxed{\frac{3}{\sqrt{2}} \approx 2{,}1\,s \leqslant 3s}$ conforme au cahier de charges.

Question 18

$\overrightarrow{AB}+\overrightarrow{BD}+\overrightarrow{DA}=\vec{0}$ ssi $b\vec{y}_7+\lambda\vec{x}_9-d\vec{x}_0-b\vec{x}_0=\vec{0}$ en projetant il vient : $(1):-b.\sin(\theta)+\lambda\cos(\alpha)-d=0$
$(2):-b.\cos(\theta)+\lambda\sin(\alpha)-b=0$

En isolant λ dans ces 2 équations et en les élevant ensuite au carré il vient : $\lambda^2=d^2+b^2\sin^2(\theta)+2\mathrm{d.b}.\sin(\theta)+b^2+b^2\cos^2(\theta)-2\mathrm{b}^2\cos(\theta)$ On considère $\sin(\theta)\sim\theta,\ \cos(\theta)\sim1$ d'où

$$\boxed{\lambda\sim\sqrt{d^2+2\mathrm{d.b}.\theta}\sim d\left(1+\frac{b}{d}\theta\right)}$$

Question 19

En dérivant, on en déduit $\boxed{\dot{\theta}=\frac{\dot{\lambda}}{b}}$

Question 20

- $\overrightarrow{V_{M\,7/0}}=\dfrac{d\,\overrightarrow{AM}}{dt/0}=-u\,\dot{\theta}\vec{x}_7=-u\dfrac{\dot{\lambda}}{b}\vec{x}_7$
- $\overrightarrow{dF}(M)=\Delta P(M)dS\,\vec{x}_7$ si $\dot{\theta}>0$ car on comprime à l'arrière (si $\dot{\theta}<0$ $\overrightarrow{dF}$ change de sens), $\overrightarrow{dF}(M)=\dfrac{1}{2}\rho u^2\dot{\theta}^2 dS\,\vec{x}_7=\dfrac{1}{2}\rho u^2\dfrac{\dot{\lambda}^2}{b^2}dS\,\vec{x}_7$

si $\dot{\theta}>0$, $\overrightarrow{dF}$ est suivant $+\vec{x}_7$ et s'oppose donc à $\overrightarrow{V_{M\,7/0}}$ d'où la puissance négative :

$$\boxed{dP(M)=\overrightarrow{dF}(M).\overrightarrow{V_{M7/0}}=\frac{-1}{2}\rho u^3\frac{\dot{\lambda}^3}{b^3}dS}$$

Question 21

$P_{e\rightarrow7/0}=\int_{M\in S} dP(M)=\dfrac{-1}{2}\rho\dfrac{\dot{\lambda}^3}{b^3}\int_{-l/2}^{l/2}dz\int_0^h u^3du$ on intègre u de 0 à h (plutôt que h/cos(θ)) car θ petit

$P_{e\rightarrow7/0}=\dfrac{-1}{2}\rho\dfrac{\lambda_0^3\omega_B^3}{b^3}\cos^3(\omega_B t).\dfrac{l.h^4}{4}$ cette puissance est maximum si le cos vaut -1 (l'eau est alors motrice, elle pousse dans le même sens que le vérin) et minimum si le cos vaut 1 on en déduit :

$$\boxed{|P_{e\rightarrow7/0}|_{max}=\frac{1}{8b^3}\times\rho\lambda_0^3\omega_B^3.l.h^4}$$

Question 22

On regarde sur le graphe pour chaque fréquence quelle est la plus grande hauteur de houle réalisable. Il faut entourer : 0,15m pour 0,2Hz ; 0,45 m pour 0,4Hz et pour 0,6Hz; 0,25m pour 0,8Hz ; 0,15m pour 1Hz et rien pour 1,2Hz. Le produit maximum est 0,27m.s^{-1}

Question 23

En régime permanent sinusoïdal $\lambda^*(t) = |H(j\omega_H)| a_0 \sin(\omega_{Ht} + \varphi)$ avec :

- la figure 13 donne $20 \log |H(j\omega_H)| = -3 db$ donc d'après l'annexe 1 $|H(j\omega_H)| \simeq 0{,}75$
- $\varphi = Arg(H(j\omega_H))$ non utile ici ...

On en déduit $\lambda^*_0 = 0{,}75 \times 0{,}5 = 0{,}375\, m$

Question 24

On isole 7, BAME :

- Pivot de 7/0 parfait
- action du vérin 8 sur 7 : $P_{8\to7/0} = F_v . V_V$ car c'est une action mécanique de type glisseur
- action de l'eau : $P_{e\to7/0}$ déterminé Q21
- poids, poussée d'Archimède et frottements visqueux négligés

Le T.E.C. s'écrit : $\frac{dEc_{7/0}}{dt} = P_{7\to7/0}$ avec $Ec_{7/0} \approx 0$ car masses et inerties négligées d'où $F_v . V_V = \frac{1}{2} \rho K V_V^3$. Il vient $\boxed{F_v = \frac{1}{2} \rho K V_V^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 1{,}5 \times 2 = 1500\, N}$

Question 25

La surface est par soustraction de l'aire de 2 disques $S_v = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$.

Le rendement est définie par le rapport entre les puissances de sortie et d'entrée donc : $\eta_3 = \frac{F_V V_V}{Q \Delta P}$ avec le débit Q = $S_v . V_v$ donc $\boxed{F_V = \eta_3 . S_V \Delta P = 0{,}8 \times 0{,}01 \times 50.10^5 = 40000\, N}$

Question 26

On a par définition du rendement : $\eta_1 . \eta_2 . \eta_3 = \left| \frac{P_{8\to7/0}}{P_{elec\ théorique}} \right|$ or on l'a vu Q24 : $|P_{8\to7/0}| = |P_{e\to7/0}| \leq 6000\, W$ d'après l'énoncé. Donc il faut que la puissance électrique réelle soit supérieure à :

$$\boxed{P_{elec\,réelle} = \frac{4 \times P_{e\to7/0}}{\eta_1 . \eta_2 . \eta_3} = \frac{4.6000}{0{,}75 . 0{,}5 . 0{,}8} = 80000\, W < 90\, kW}$$

Donc le groupe hydraulique apporte suffisamment de puissance.