

## Proposition de corrigé

Concours : ICNA

Année : 2017

Filière : -

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

**Question 1. Réponse C**

Il s'agit d'une chaîne ouverte constituée de six solides et cinq liaisons pivot en série.

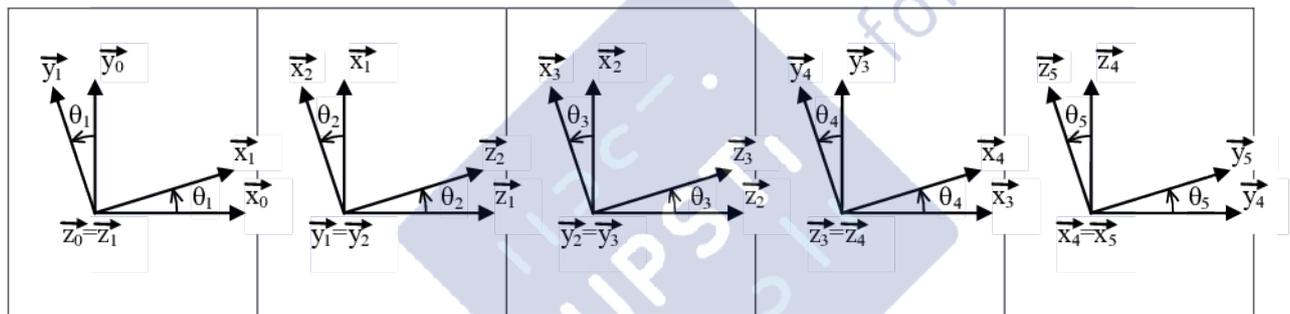
**Question 2. Réponse D.**

$$\{V_{5/3}\} = \{V_{5/4}\} + \{V_{4/3}\} = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_5 \vec{x}_4 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C + \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_4 \vec{z}_4 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_5 \vec{x}_4 + \dot{\theta}_4 \vec{z}_4 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C$$

C'est une rotule à doigt (cardan) de centre C, de rotation sur  $\vec{y}_4$  bloquée.

On peut également la définir comme étant de centre C, de rainure dans le plan  $(C, \vec{x}_4, \vec{y}_4)$  et de doigt suivant  $\vec{x}_4$ . Les plans  $(C, \vec{x}_4, \vec{y}_4)$  et  $(C, \vec{x}_3, \vec{y}_3)$  étant identiques, la réponse D est correcte.

**Question 3. Réponse E.**



$$\begin{aligned} \vec{O}_0\vec{G} \cdot \vec{x}_0 &= (a\vec{z}_0 + b\vec{x}_1 + c\vec{x}_2 + d\vec{x}_3 + e\vec{x}_4 + f\vec{x}_4 + h\vec{z}_5) \cdot \vec{x}_0 \\ \vec{z}_0 \cdot \vec{x}_0 &= 0 \quad \vec{x}_1 \cdot \vec{x}_0 = \cos \theta_1 \quad \vec{x}_2 \cdot \vec{x}_0 = \cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2 \\ \vec{x}_3 \cdot \vec{x}_0 &= \cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2 \cdot \cos \theta_3 - \sin \theta_3 \cdot \cos \theta_1 \cdot \sin \theta_2 = \cos \theta_1 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3) \\ \vec{x}_4 \cdot \vec{x}_0 &= \cos \theta_4 \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3) - \sin \theta_4 \cdot \sin \theta_1 \\ \vec{z}_5 \cdot \vec{x}_0 &= \cos \theta_5 \cdot (\cos \theta_3 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cos \theta_1 + \sin \theta_3 \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2) - \sin \theta_5 \cdot (-\cos \theta_4 \cdot \sin \theta_1 - \sin \theta_4 \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3)) \\ &= \cos \theta_5 \cdot \cos \theta_1 \cdot \sin(\theta_2 + \theta_3) + \sin \theta_5 \cdot (\cos \theta_4 \cdot \sin \theta_1 + \sin \theta_4 \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{O}_0\vec{G} \cdot \vec{x}_0 &= b \cdot \cos \theta_1 + c \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2 + d \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3) + (e + f) \cdot (\cos \theta_4 \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3) - \sin \theta_4 \cdot \sin \theta_1) \\ &+ h \cdot (\cos \theta_5 \cdot \cos \theta_1 \cdot \sin(\theta_2 + \theta_3) + \sin \theta_5 \cdot (\cos \theta_4 \cdot \sin \theta_1 + \sin \theta_4 \cdot \cos \theta_1 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3))) \end{aligned}$$

Remarque : le terme  $-\sin \theta_4 \cdot \sin \theta_1$  étant absent de toutes les propositions, le calcul pouvait s'arrêter à  $\vec{x}_4 \cdot \vec{x}_0$ .

**Question 4. Réponse E.**

Les axes 1, 4 et 5 sont bloqués avec un paramètre angulaire nul. La trajectoire du point G de 5 par rapport à 0 est un segment de droite de direction  $\vec{x}_0$  si  $\vec{V}(G, 5/0) \cdot \vec{z}_0 = 0$

$$\overrightarrow{V(G,5/0)} = \frac{d(\overrightarrow{AG})}{dt} \Big|_0 \quad \text{car A est un point fixe de 0 selon les conditions relatives à cette question.}$$

$$\overrightarrow{V(G,5/0)} = \frac{d(c\vec{x}_2 + (d+e+f)\vec{x}_3 + h\vec{z}_5)}{dt} \Big|_0 = -c\dot{\theta}_2\vec{z}_2 - (d+e+f).(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)\vec{z}_3 + h.(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)\vec{x}_3$$

$$\overrightarrow{V(G,5/0)}.\vec{z}_0 = -c\dot{\theta}_2 \cos\theta_2 - (d+e+f).(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)(\cos\theta_3.\cos\theta_2 - \sin\theta_3.\sin\theta_2) + h.(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)(\cos\theta_3.\sin\theta_2 + \sin\theta_3.\cos\theta_2)$$

$$\overrightarrow{V(G,5/0)}.\vec{z}_0 = 0 \Rightarrow -c\dot{\theta}_2 \cos\theta_2 + (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)[h.\sin(\theta_3 + \theta_2) - (d+e+f).\cos(\theta_3 + \theta_2)] = 0$$

### Question 5. Réponse E.

$$\overrightarrow{V(G,5/0)} = \frac{d(c\vec{x}_2 + (d+e+f)\vec{x}_3 + h\vec{z}_5)}{dt} \Big|_0 = -c\dot{\theta}_2\vec{z}_2 - (d+e+f).(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)\vec{z}_3 + h.(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)\vec{x}_3$$

$$\overrightarrow{V(G,5/0)}.\vec{x}_0 = c.\dot{\theta}_2.\sin\theta_2 + (d+e+f).(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3).\sin(\theta_2 + \theta_3) + h.(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3).\cos(\theta_2 + \theta_3)$$

### Question 6. Réponse C.

L'axe 1 est bloqué avec un paramètre angulaire nul. A est toujours un point fixe de 0.

Dans les conditions de l'étude :

$$\overrightarrow{V(G,5/0)} = \frac{d(c\vec{x}_2 + d\vec{x}_3 + (e+f)\vec{x}_4 + h\vec{z}_5)}{dt} \Big|_0 = -c.\dot{\theta}_2.\vec{z}_2 - d.(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3).\vec{z}_3 + (e+f).(\dot{\theta}_4.\vec{y}_4 - (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3).\cos\theta_4.\vec{z}_4) + h.(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3).(\cos\theta_5.\vec{x}_3 - \sin\theta_5.\sin\theta_4.\vec{z}_4) - h.\dot{\theta}_5.\vec{y}_5 + h.\sin\theta_5.\dot{\theta}_4.\vec{x}_4$$

### Question 7. Réponse B.

Dans les conditions de l'étude :

$$\overrightarrow{V(G,5/0)} = -c.\dot{\theta}_2.\vec{z}_2 - d.\dot{\theta}_2.\vec{z}_3 - (e+f).\dot{\theta}_2.\vec{z}_4 + h.\dot{\theta}_2.\vec{x}_3$$

$$\overrightarrow{\Gamma(G,5/0)} = \frac{d(-c.\dot{\theta}_2.\vec{z}_2 - d.\dot{\theta}_2.\vec{z}_3 - (e+f).\dot{\theta}_2.\vec{z}_4 + h.\dot{\theta}_2.\vec{x}_3)}{dt} \Big|_0 = -c.\dot{\theta}_2^2.\vec{x}_2 - (d+e+f).\dot{\theta}_2^2.\vec{x}_2 - h.\dot{\theta}_2^2.\vec{z}_2$$

### Question 8. Réponse E.

$$\|\overrightarrow{\Gamma(G,5/0)}\| = \sqrt{(c+d+e+f)^2 + h^2}.\dot{\theta}_2^2 = \sqrt{4,1^2 + 0,2^2}.1,45^2 = 8,63 \text{ m/s}^2$$

Il faudrait  $3,5^* \cdot g$  en Mode 3 soit  $29,43 \text{ m/s}^2$ .

### Question 9. Réponse D.

Il faudrait isoler 2 et écrire le théorème du moment dynamique en O en projection sur  $\vec{y}_1$  pour déterminer la loi de mouvement dans la liaison entre 2 et 1.

Il est dit dans l'énoncé que  $\dot{\beta}$  est constant. On peut le considérer comme paramètre. Le mouvement de la nacelle 2 passe donc par la connaissance de  $\alpha$ , donc par l'écriture du théorème du moment dynamique, appliqué en O à l'ensemble E, en projection sur l'axe  $\vec{x}_1$ .

### Question 10. Réponse D.

$$(m_1 + m_2).\overrightarrow{OG_E} = m_1.\overrightarrow{OG_1} + m_2.\overrightarrow{OG_2} \text{ soit } \overrightarrow{OG_E} = \frac{m_1.l_1.\vec{y}_1 + m_2.l_2.\vec{y}_1}{m_1 + m_2}$$

**Question 11. Réponse E.**

$$\overline{\Omega(2/0)} = \overline{\Omega(2/1)} + \overline{\Omega(1/0)} = \dot{\beta}\vec{y}_1 + \dot{\alpha}\vec{x}_1$$

**Question 12. Réponse B.**

$$\overline{\Gamma(G_E/0)} = \left. \frac{d\overline{V(G_E/0)}}{dt} \right|_0 = \left. \frac{d(a_E \dot{\alpha} \vec{z}_1)}{dt} \right|_0 = a_E \ddot{\alpha} \vec{z}_1 - a_E \dot{\alpha}^2 \vec{y}_1$$

**Question 13. Réponse D.**

Les produits d'inertie D et F étant nuls, on peut supposer que l'hypothèse du plan de symétrie ( $G_1, \vec{x}_1, \vec{z}_1$ ) a été formulée.

**Question 14. Réponse D.**

$$\overline{I(1,0)} = \overline{I(1,G_1)} + \begin{pmatrix} m_1 l_1^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_1 l_1^2 \end{pmatrix}_{B_1} \quad \text{d'après le théorème de Huygens car } \overline{OG_1} \Big|_{B_1} \begin{pmatrix} 0 \\ l_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

**Question 15. Réponse E.**

$$\begin{aligned} \overline{\sigma(O,1/0)} &= \overline{I(1,0)} \cdot \overline{\Omega(1/0)} + m_1 \overline{OG_1} \wedge \overline{V(0,1/0)} \\ \overline{\sigma(O,1/0)} &= \begin{pmatrix} A'_1 & 0 & -E'_1 \\ 0 & B'_1 & 0 \\ -E'_1 & 0 & C'_1 \end{pmatrix}_{B_1} \cdot \begin{pmatrix} \dot{\alpha} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{B_1} \quad \text{car } \overline{V(0,1/0)} = \vec{0} \\ \overline{\sigma(O,1/0)} &= A'_1 \dot{\alpha} \vec{x}_1 - E'_1 \dot{\alpha} \vec{z}_1 \end{aligned}$$

**Question 16. Réponse E.**

$$\begin{aligned} \overline{\sigma(O,2/0)} &= \overline{I(2,0)} \cdot \overline{\Omega(2/0)} + m_2 \overline{OG_2} \wedge \overline{V(0,2/0)} \\ \overline{\sigma(O,2/0)} &= \begin{pmatrix} A_2 \cos^2 \beta + C_2 \sin^2 \beta & 0 & \cos \beta \sin \beta (C_2 - A_2) \\ 0 & B_2 & 0 \\ \cos \beta \sin \beta (C_2 - A_2) & 0 & A_2 \sin^2 \beta + C_2 \cos^2 \beta \end{pmatrix}_{B_1} \cdot \begin{pmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{\beta} \\ 0 \end{pmatrix}_{B_1} \\ \text{car } \overline{V(0,2/0)} &= \overline{V(0,2/1)} + \overline{V(0,1/0)} = \vec{0} + \vec{0} \\ \overline{\sigma(O,2/0)} &= (A_2 \cos^2 \beta + C_2 \sin^2 \beta) \dot{\alpha} \vec{x}_1 + B_2 \dot{\beta} \vec{y}_1 + \cos \beta \sin \beta (C_2 - A_2) \dot{\alpha} \vec{z}_1 \end{aligned}$$

**Question 17. Réponse E.**

$$\{C_{E/0}\} = \left\{ \frac{(m_1 + m_2) \overline{V(G_E, E/0)}}{\overline{\sigma(O,1/0)} + \overline{\sigma(O,2/0)}} \right\}_o = \left\{ \frac{(m_1 + m_2) a_E \dot{\alpha} \vec{z}_1}{(A'_1 + A_2 \cos^2 \beta + C_2 \sin^2 \beta) \dot{\alpha} \vec{x}_1 + B_2 \dot{\beta} \vec{y}_1 + (-E'_1 + A_2 \sin^2 \beta + C_2 \cos^2 \beta) \dot{\alpha} \vec{z}_1} \right\}_o$$

**Question 18. Réponse B.**

$$\{D_{E/0}\} = \left\{ \frac{(m_1 + m_2) \overline{\Gamma(G_E, E/0)}}{\overline{\delta(O,1/0)} + \overline{\delta(O,2/0)}} \right\}_o = \left\{ \frac{(m_1 + m_2) a_E (\ddot{\alpha} \vec{z}_1 - \dot{\alpha}^2 \vec{y}_1)}{\overline{\delta(O,1/0)} + \overline{\delta(O,2/0)}} \right\}_o$$

### Question 19. Réponse E.

Actions extérieures à E :

- Action de 0 sur E en O.
- Action de l'actionneur en O.
- Action de la pesanteur sur E.

### Question 20. Réponse A.

Le théorème du moment dynamique appliqué à E, en O, projeté sur l'axe  $\vec{x}_1$ , donne l'équation de la réponse A.

### Question 21. Réponses A et D.

Le terme en  $\dot{\alpha} \cdot \dot{\beta}$  est caractéristique de l'effet gyroscopique, qui est un effet dynamique.

### Question 22. Réponses A et D.

On pourrait même considérer que l'usure prématurée dans la liaison entre 0 et 1 implique des mouvements parasites non seulement du bras mais également de la nacelle liée à ce bras.

### Question 23. Réponse C.

$$p_j(t) = R \cdot i_d^2(t) + R \cdot i_q^2(t) = R \cdot (i_d^2(t) + i_q^2(t))$$

### Question 24. Réponse A.

Le couple moteur est indépendant de  $i_d(t)$ . Le rendement du moteur sera donc d'autant plus grand que  $i_d^2(t)$  est faible, donc  $i_d(t)$  proche de 0.

### Question 25. Réponse B.

On souhaite réguler  $i_d(t)$  à 0 pour maximiser le rendement et asservir  $i_q(t)$  en poursuite pour obtenir le couple moteur souhaité.

### Question 26. Réponse A.

Avec  $i_d(t)$  nul et l'équation de  $v_q(t)$  fournie, l'analogie avec le mcc classique donne  $k_e = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \Phi_f$

### Question 27. Réponse D (ou E).

$$I_q(p) = \frac{V_q(p) - k_e \cdot \Omega(p)}{R + L \cdot p} \text{ avec } \Omega(p) = \frac{C_{em}(p) - C_r(p)}{f + J \cdot p}$$

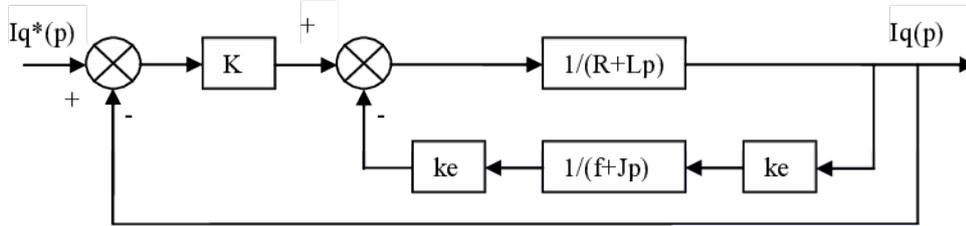
$C_r(p)$  n'apparaissant dans aucune des propositions, la réponse E pourrait être la bonne.

$$\text{Si on considère } C_r(p) \text{ nul, } I_q(p) = \frac{V_q(p) - k_e \cdot \frac{k_e \cdot I_q(p)}{f + J \cdot p}}{R + L \cdot p} \text{ soit}$$

$$I_q(p) \left( 1 + \frac{k_e^2}{(f + J \cdot p) \cdot (R + L \cdot p)} \right) = \frac{V_q(p)}{R + L \cdot p}$$

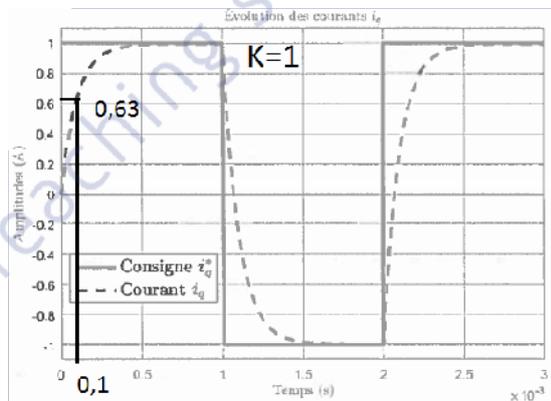
$$\left. \frac{I_q(p)}{V_q(p)} \right|_{c_r(p)=0} = \frac{(f + J.p)}{(f + J.p).(R + L.p) + k_e^2} = \frac{f}{k_e^2 + R.f} \cdot \frac{1 + \frac{J}{f}.p}{1 + \frac{R.J + L.f}{k_e^2 + R.f}.p + \frac{L.J}{k_e^2 + R.f}.p^2}$$

Question 28. Réponse E.



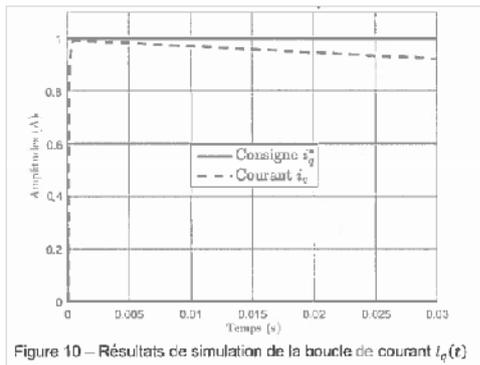
$$\frac{I_q(p)}{I_q^*(p)} = \frac{K \cdot \frac{1}{R + Lp}}{1 + \frac{k_e^2}{(R + Lp).(f + Jp)}} = \frac{K \cdot \frac{(R + Lp).(f + Jp)}{R + Lp}}{k_e^2 + (R + Lp).(f + Jp)} = \frac{K \cdot \frac{f + Jp}{k_e^2 + (R + Lp).(f + Jp)}}{1 + K \cdot \frac{1}{R + Lp}} = \frac{K \cdot \frac{f + Jp}{k_e^2 + (R + Lp).(f + Jp)}}{1 + K \cdot \frac{R + Lp}{k_e^2 + (R + Lp).(f + Jp)}} = \frac{K \cdot \frac{f + Jp}{k_e^2 + (R + Lp).(f + Jp)}}{1 + K \cdot \frac{f + Jp}{k_e^2 + (R + Lp).(f + Jp)}} = \frac{K \cdot (f + Jp)}{k_e^2 + (R + Lp).(f + Jp) + K.(f + Jp)} = \frac{K.f.(1 + \frac{J}{f}.p)}{k_e^2 + R.f + K.f} = \frac{I_q(p)}{I_q^*(p)} = \frac{1}{1 + \frac{R.J + L.f + K.J}{k_e^2 + R.f + K.f}.p + \frac{L.J}{k_e^2 + R.f + K.f}.p^2}$$

Question 29. Réponse E.



La réponse indicielle est assimilable à celle d'un modèle du premier ordre de gain statique unitaire et de constante de temps 0,0001 seconde.

## Question 30. Réponse C



$$Ri_q(p) + L \cdot \frac{di_q(t)}{dt} = V_q(t) - k_e \cdot \omega(t)$$

La décroissance du courant peut s'expliquer par l'augmentation de la vitesse.

## Question 31. Réponse D.

$$C_{em}(p) = k_e \cdot I_q^*(p)$$

## Question 32. Réponse C.

$$C_v(p) = \frac{I_q^*(p)}{\varepsilon(p)} = K_c + \frac{K_I}{p} = \frac{K_c \cdot p + K_I}{p}$$

## Question 33. Réponse A.

C'est la forme la plus classique d'un correcteur proportionnel intégral.

## Question 34. Réponse D.

Le produit de l'inverse d'un premier ordre et d'un intégrateur donne les diagrammes asymptotiques de la figure D.

## Question 35. Réponse B.

$$FTBO(p) = \frac{mesure(p)}{\varepsilon(p)} = k_v \cdot \frac{1}{J \cdot p + f} \cdot A(p) \cdot C_v(p) = \frac{k_v \cdot k_e (K_c \cdot p + K_I)}{p (J \cdot p + f)}$$

## Question 36. Réponse B.

Ordre 2 car le dénominateur de la FTBO est de degré 2. Classe 1 car ce dénominateur comporte un intégrateur.

## Question 37. Réponse B.

L'intégrateur améliore la précision en permettant d'avoir par exemple une erreur statique indicielle nulle.

## Question 38. Réponse D.

L'argument de  $FTBO(j\omega_{0dB})$  doit valoir  $-135^\circ$  pour vérifier le critère marge de phase, avec

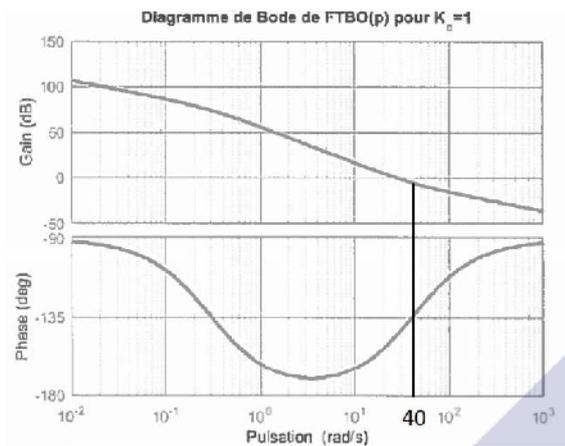
$\omega_{0dB} = 40 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  pour vérifier le critère rapidité.

$$\arg(FTBO(j\omega_{0dB})) = -\pi/2 + \arg\left(\frac{K_I + j\omega_{0dB}}{f + J \cdot j\omega_{0dB}}\right) = -\pi/2 + \text{atan}\left(\frac{\omega_{0dB}}{K_I}\right) - \text{atan}\left(\frac{J \cdot \omega_{0dB}}{f}\right)$$

$$\arg(FTBO(j\omega)) = -3\pi/4 \Rightarrow \operatorname{atan}\left(\frac{\omega_{0dB}}{K_I}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{J.\omega_{0dB}}{f}\right) = -\pi/4$$

$$\text{Soit : } \operatorname{atan}\left(\frac{\omega_{0dB}}{K_I}\right) = -\pi/4 + \operatorname{atan}\left(\frac{J.\omega_{0dB}}{f}\right) \text{ et donc : } K_I = \frac{\omega_{0dB}}{\tan\left(-\pi/4 + \operatorname{atan}\left(\frac{J.\omega_{0dB}}{f}\right)\right)}$$

### Question 39. Réponse B.



Le texte n'est pas très clair : « une valeur adaptée pour satisfaire la marge de phase le critère rapidité » ???

Si on retient que pour  $\omega = 40 \text{ rad.s}^{-1}$ , le gain est négatif, il faut remonter la courbe de gain pour avoir  $\omega_{0dB} = 40 \text{ rad.s}^{-1}$ .

Et pour cela, il faut  $K_C > 1$ .

Remarque : On pourrait imaginer  $K_C < 1$  et une marge de phase de  $45^\circ$ , mais avec

$\omega_{0dB} = 0,3 \text{ rad.s}^{-1}$ , ce qui ne serait pas cohérent avec le critère rapidité ( $\omega_{0dB} = 40 \text{ rad.s}^{-1}$ ).

### Question 40. Réponse C.

La classe unitaire implique que l'erreur statique indicielle est nulle et que l'erreur de trainage vaut  $\frac{a}{K_{BO}}$  où  $a$  est la pente et  $K_{BO}$  le gain statique de la FTBO. Ici, on veut  $\frac{10}{K_{BO}} < 0.01$  avec

$$K_{BO} = \frac{k_c.K_I}{f}$$

On a donc :  $10.f / K_I.k_c < 0.01$  soit  $\frac{f}{K_I.k_c} < \frac{1}{1000}$  et donc  $K_I > \frac{1000.f}{k_c}$

### Question 41. Réponse C.

La tendance au mouvement du disque est décrite dans le sens horaire, l'action de freinage est donc dans l'autre sens. Cela implique une action mécanique tangentielle suivant  $\vec{e}_\theta$  en K.

**Question 42. Réponse A.**

L'action mécanique locale est définie par le torseur :

$$\left\{ \begin{array}{l} -p.ds.\vec{z} + f.p.ds.\vec{e}_\theta \\ \vec{OK} \wedge (-p.ds.\vec{z} + f.p.ds.\vec{e}_\theta) \end{array} \right\}_O = \left\{ \begin{array}{l} -p.ds.\vec{z} + f.p.ds.\vec{e}_\theta \\ r.\vec{e}_r \wedge (-p.ds.\vec{z} + f.p.ds.\vec{e}_\theta) \end{array} \right\}_O = \left\{ \begin{array}{l} -p.ds.\vec{z} + f.p.ds.\vec{e}_\theta \\ p.r.ds.\vec{e}_\theta + f.p.r.ds.\vec{z} \end{array} \right\}_O$$

**Question 43. Réponse B.**

Le couple de freinage est défini par la projection sur l'axe  $\vec{z}$  de l'intégrale double :

$$\int_S (p.r.ds.\vec{e}_\theta + f.p.r.ds.\vec{z})$$

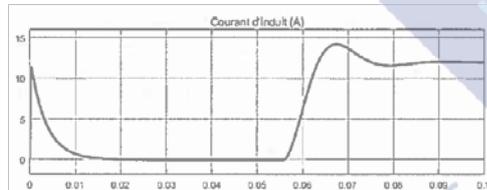
$$\text{Soit } C_f = \int_S f.p.r.ds.\vec{z} = f.p. \int_S r.r.d\theta.dr.\vec{z} = f.p. \int_{r_1}^{r_2} r^2 dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta.\vec{z} = f.p. \frac{r_2^3 - r_1^3}{3} . (\theta_2 - \theta_1) . \vec{z}$$

**Question 44. Réponse D.**

La résistance R et l'inductance L de l'induit figurant dans le carré en traits continus correspondent au circuit électrique de l'actionneur.

**Question 45. Réponse C.**

Le réducteur de vitesse et le dispositif vis-écrou figurant dans le carré en traits discontinus correspondent au dispositif de transmission de mouvement.

**Question 46. Réponse E.**

La loi  $i(t)$  montre à  $t=0^+$  un pic de courant témoignant d'une constante de temps électrique inférieure à la milliseconde.

**Question 47. Réponse A.****Page 22, question 47**

Au lieu de : « L'intervalle de temps compris entre 0 et 0,57 s correspond à »

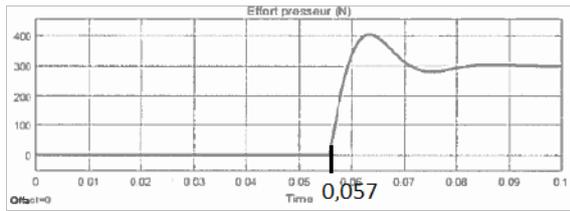
Lire : « L'intervalle de temps compris entre 0 et 0,057 s correspond à »

Un déplacement sans effort correspond aux jeux mécaniques dans le frein, donc à un fonctionnement à vide de l'actionneur.

**Question 48. Réponse C.****Page 22, question 48**

Au lieu de : A l'instant  $t = 0,57s$

Lire : A l'instant  $t = 0,057s$



A  $t=0,057$  s, les garnitures viennent d'entrer en contact avec le disque, l'actionneur est déjà en rotation.

#### Question 49. Réponse A.

La grandeur de commande pour régler l'effort presseur est le rapport cyclique du modulateur d'énergie (hacheur série).

#### Question 50. Réponse B.

|   |                         |
|---|-------------------------|
| $D_1^{\circ} = \frac{400 - 300}{300} \times 100 = 33\%$ | $t_{r5\%} \approx 70ms$ |
|---|-------------------------|

Le cahier des charges relatif au dispositif de génération de l'effort presseur n'est pas validé car le critère de stabilité est satisfait ( $D_1^{\circ} < 40\%$ ), mais celui lié à la rapidité ne l'est pas, à cause des jeux dans le mécanisme. ( $t_{r5\%} > 40ms$ ).

