

**Date** : 21 Novembre 2017

**Durée** : 1 heure 15''

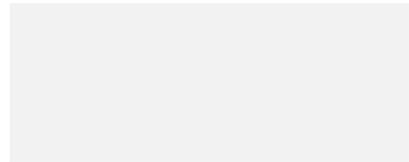
# Examen Blanc

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

SCIPER \_\_\_\_\_

Signature :



**Attendez le début de l'épreuve avant de tourner la page. Ce document est imprimé recto-verso, il contient 8 pages. Ne pas dégrafer.**

- Posez votre carte d'étudiant sur la table.
- Les seuls documents autorisés sont 3 pages A4 recto-verso de notes personnelles.
- L'utilisation d'une calculatrice et de tout outil électronique est interdite pendant l'épreuve.
- Pour les questions à choix multiple, on comptera :
  - +2 points si la réponse est correcte,
  - 0 point si la question n'est pas répondue, s'il y a plusieurs croix ou si la réponse est incorrecte.
- Pour les questions de type vrai-faux, on comptera :
  - +1 point si la réponse est correcte,
  - 0 point si la question n'est pas répondue, s'il y a plusieurs croix ou si la réponse est incorrecte.
- Utilisez un crayon papier et gomez proprement si nécessaire.
- Si une question est erronée, l'enseignant se réserve le droit de l'annuler.
- Répondez aux questions libres directement sur les feuilles de la donnée de l'examen
- Respectez les consignes suivantes pour marquer vos choix sur **vosre feuille de réponse** :

 oui | ja | sì | yes



 non | nein | non | no



### Exercice 1. Questions Vrai ou Faux (15 pts)

Merci de cocher  V ou  F sur votre feuille de réponse.

- 1.1 | Un robot sériel est une structure à chaîne cinématique fermée.
- 1.2 | En général, un robot angulaire est plus précis qu'un robot cartésien.
- 1.3 | En général, un robot parallèle est plus rigide qu'un robot sériel.
- 1.4 | La matrice Jacobienne d'un robot représente son modèle géométrique.
- 1.5 | Un codeur incrémental n'a pas besoin d'initialisation
- 1.6 | Le couple électromagnétique d'un moteur à courant continu est toujours proportionnel au courant d'entrée du moteur.
- 1.7 | Un moteur pas à pas est plus facile à commander qu'un moteur à courant continu à balais
- 1.8 | Le modèle dynamique d'un robot met en relation les positions articulaires avec les couples articulaires.
- 1.9 | Les pertes énergétiques d'un moteur à CC ne dépendent pas du profil de positionnement choisi.
- 1.10 | Les éléments de la matrice Jacobienne d'un robot ne sont pas toujours constants.
- 1.11 | Un robot redondant possède plus de degrés de liberté que de moteurs.
- 1.12 | La matrice Jacobienne d'un robot met en relation la force appliquée au niveau de l'outil avec les couples articulaires.
- 1.13 | La matrice Jacobienne d'un robot met en relation la position au niveau de l'outil avec les positions articulaires.
- 1.14 | La matrice Jacobienne d'un robot met en relation les positions articulaires avec les couples articulaires.
- 1.15 | Un capteur de position potentiométrique est un capteur de position absolu-

## Exercice 2

L'axe moteur de la deuxième rotation d'un robot SCARA est réalisé par la combinaison d'un moteur et d'un réducteur.

**2.1** En considérant la construction d'un tel axe, le capteur accouplé au moteur est un encodeur incrémental de 1000 périodes quadrature. La meilleure résolution possible au niveau de la charge est de

- (A)  $0.09^\circ$                       (B)  $0.0005^\circ$                       (C)  $0.002^\circ$                       (D)  $0.008^\circ$

**2.2** La fréquence d'échantillonnage du contrôle est de 2 kHz et la vitesse angulaire est calculée grâce à une dérivation sur une période d'échantillonnage. La résolution de la vitesse est de :

- (A)  $4^\circ/\text{sec}$                       (B)  $1^\circ/\text{sec}$                       (C)  $180^\circ/\text{sec}$                       (D)  $16^\circ/\text{sec}$

**2.3** On désire réaliser le même robot avec un actionnement direct. Un capteur absolu de 20 bits est utilisé. La résolution au niveau de la charge est de

- (A)  $\sim(0.36 \times 10^{-3})^\circ$                       (B)  $\sim(90 \times 10^{-6})^\circ$                       (C)  $\sim(1.44 \times 10^{-3})^\circ$                       (D)  $\sim(2 \times 10^{-6})^\circ$

**2.4** La fréquence d'échantillonnage du contrôle est de 1 kHz avec cet encodeur de 20 bits. La vitesse angulaire est calculée grâce à une dérivation sur une période d'échantillonnage. La résolution de la vitesse est de :

- (A)  $\sim 0.36^\circ/\text{sec}$                       (B)  $\sim 1.44^\circ/\text{sec}$                       (C)  $\sim(2 \times 10^{-3})^\circ/\text{sec}$                       (D)  $(90 \times 10^{-3})^\circ/\text{sec}$

## Exercice 3

Nous désirons contrôler les axes d'une machine cartésienne à 3 degrés de liberté en translation. Le vecteur de la gravitation est donné par  $[g] = [0, 0, -g_0]'$  dans le référentiel de base du robot ( $g_0 = 9.8 \text{ m/s}^2$ ).

**3.a** Ecrire le modèle géométrique direct et déduire la matrice Jacobienne de ce robot (2.5 pt)

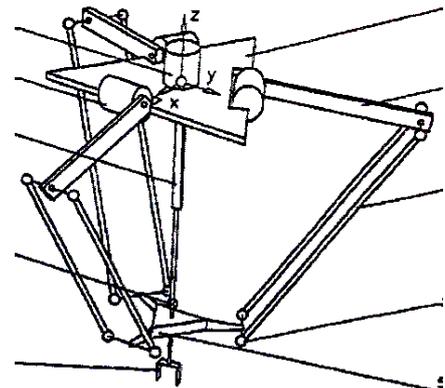
Les axes de la structure sont pilotés par des moteurs linéaires (actionnement direct). Les masses totales rapportées à chaque moteur linéaire sont  $m_x$ ,  $m_y$  et  $m_z$ . Les coefficients de viscosité pour chaque axe sont respectivement  $kv_x$ ,  $kv_y$  et  $kv_z$ . Le frottement sec n'est pas considéré.

3.d Donnez l'expression du modèle dynamique inverse de l'axe X (1 pt)

3.e Donnez l'expression du modèle dynamique inverse de l'axe Z (2 pts)

**Exercice 4**

Le robot Delta 4 est une structure Delta à 4 degrés de liberté pour les opérations de prise et dépose (ref dessin).  $\{x, y, z\}$  est le référentiel de base de ce robot.  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  et  $\theta_z$  sont les rotations respectives par rapport à chacun de axes de ce repère.



4.a Ecrire le vecteur  $[X]$  des coordonnées opérationnelles de ce robot (1 pt)

$X = [ \dots\dots\dots , \dots\dots\dots, \dots\dots\dots, \dots\dots\dots ]$

4.b Ecrire le vecteur  $[q]$  des coordonnées généralisées de ce robot et décrire à quoi elles correspondent (2 pts)

$q = [ \dots\dots\dots , \dots\dots\dots, \dots\dots\dots, \dots\dots\dots ]$

--	--	--	--

4.c Représentez le schéma cinématique en deux dimensions du Delta 4 afin de pouvoir calculer la mobilité du robot (4 pts)

4.1 La relation  $q = \phi(X)$  correspond à :

- (A) Modèle géométrique direct
- (B) Modèle géométrique inverse
- (C) Matrice Jacobienne inverse
- (D) à aucun modèle précédent

4.2 Cette structure dispose de combien de boucles cinématiques ?

- (A) 4
- (B) 5
- (C) 6
- (D) 7

4.3 La mobilité de ce robot est égale à :

- (A) 4
- (B) 9
- (C) 10
- (D) 11

4.4 Cette structure - :

- (A) est-hyper guidée
- (B) dispose de mobilités internes
- (C) est redondante
- (D) Aucune des situations précédentes

### Exercice 5

Nous opérons deux rotations successives 1) une rotation de  $90^\circ$  autour de l'axe x puis 2) Une rotation de  $90^\circ$  autour de l'axe z. Quels sont l'axe et l'angle correspondants à un tel changement d'orientation ?

5.1 L'axe correspondant est :

- (A)  $[1, 1, 1]'$
- (B)  $[1, -1, 1]'$
- (C)  $[1, 1, -1]'$
- (D)  $[-1, 1, 1]'$

5.2 L'angle correspondant est :

- (A)  $90^\circ$
- (B)  $120^\circ$
- (C)  $60^\circ$
- (D)  $-120^\circ$

Même question que 6.1 et 6.2 si nous opérons les rotations précédentes dans l'ordre inverse

5.3 L'axe correspondant est :

- (A)  $[1, -1, 1]'$
- (B)  $[-1, -1, -1]'$
- (C)  $[1, 1, -1]'$
- (D)  $[-1, 1, 1]'$

5.4 L'angle correspondant est :

- (A)  $90^\circ$
- (B)  $120^\circ$
- (C)  $60^\circ$
- (D)  $-120^\circ$

5.5 Quelle est la matrice homogène qui correspond à une translation de longueur 2 en direction de z suivie d'une rotation de 60° autour de l'axe [0, 1, 0] (question compte 4 pts)

$$\begin{array}{cccc}
 \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sqrt{3} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{3} & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} & \left| \right. & \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sqrt{3} & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{3} & 2\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} & \left| \right. & \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & \sqrt{3} & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ -\sqrt{3} & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} & \left| \right. & \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & \sqrt{3} & 2\sqrt{3} \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ -\sqrt{3} & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \\
 \text{(A)} & & \text{(B)} & & \text{(C)} & & \text{(D)}
 \end{array}$$