

Code NAO	DC8 Les systèmes automatiques	Série 9
Problématique	Comment modéliser un système automatique asservi ?	
Système	<p>Robot Humanoïde NAO</p> <p>NAO est un robot humanoïde de 58cm conçu par Aldebaran Robotics, une entreprise parisienne (revendue en 2015 à un groupe japonais). Déjà produit à près d'un millier d'exemplaires, NAO fait figure de référence dans le monde de la robotique mobile. Il est notamment utilisé pour la coupe du monde de robotique. NAO est au cœur de nombreuses recherches préfigurant les applications de la robotique mobile : jeux multimédias, aide à l'apprentissage, assistance aux personnes handicapées, interventions en milieu extrême, surveillance de lieux...</p>	
		
Préambule	<p>Le modèle d'un système automatique asservi peut prendre deux formes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un modèle de connaissances : on connaît par exemple tous les paramètres du moteur (résistance, inductance, constante de couplage) et de sa charge (inertie, frottement, couple résistant ...) et on prédétermine ainsi son comportement à grâce à l'étude de la fonction de transfert du système. • un modèle de comportement (ou d'expérience) : A l'aide de relevés d'essais effectués dans des conditions particulières (essai indiciel par exemple), on détermine (par identification) le gain statique, l'ordre du système, sa constante de temps ... <p>Enfin, l'utilisation d'un outil numérique de simulation permet de valider le modèle de comportement en le confrontant au système réel.</p>	
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Etablir un modèle de comportement d'un SA (système automatique asservi) • Etablir un modèle de connaissance d'un SA • Décrire un SA sous forme de schéma-blocs • Calculer la fonction de transfert d'un SA en BO (Boucle Ouverte) • Calculer la fonction de transfert d'un SA en BF (Boucle Fermée) • Caractériser la Rapidité d'un SA • Caractériser la Précision d'un SA • Choisir et Régler un correcteur afin de respecter le cahier des charges 	
Activité 1	Etablir un modèle de connaissance du poignet droit.	
Activité 2	Etablir un modèle de comportement du poignet droit et caractériser les performances du système.	
Activité 3	Etablir un modèle numérique du poignet droit alimenté par le modèle de connaissance et des essais.	

Activité 1

Responsabilité : Etablir un modèle de connaissance du poignet droit.

Documents

Doc. Réponse

NAO_A1_DR1

Questions

Modélisation du comportement dynamique du moteur

Q1 Après avoir rappelé les équations de la machine à courant continu, proposer le schéma bloc classiquement retenu pour la modélisation d'un moteur à courant continu sur **document réponse NAO_A1_DR1**.

On fera apparaître sur le schéma (dans l'espace de Laplace) les grandeurs :

- Tension de commande : $u_m(t)$
- Intensité : $i(t)$
- Couple électromagnétique : $C_m(t)$
- Couple résistant : $C_r(t)$
- Vitesse angulaire de l'arbre moteur : $\omega_m(t)$

Les paramètres de la machine à courant continu sont :

- coefficient de frottement visqueux : f en $Nm.s/rad$
- Inertie équivalente ramenée à l'axe du moteur : J
- Résistance du moteur : R
- Inductance du moteur : L
- constante de f.e.m : k_e
- constante de couple : k_c

Q2 Montrer que le schéma précédent peut se réduire sous la forme proposée dans le **document réponse NAO_A1_DR1**.

Q3 Ecrire, dans le domaine de Laplace et sous forme canonique, la fonction de transfert : $H_{m(p)} = \frac{\Omega_{m(p)}}{U_{m(p)}}$

On définit les constantes de temps suivantes :

- Constante de temps électrique : $\tau_e = \frac{L}{R}$
- Constante de temps mécanique : $\tau_m = \frac{R.J}{k_e.k_t + R.f}$

Q4 Montrer que l'expression de $H_{m(p)}$ peut s'écrire sous la forme :

$$H_{m(p)} = \frac{\frac{k_t}{k_e.k_t + R.f}}{1 + (\tau_m + \alpha.\tau_e).p + \tau_m.\tau_e.p^2} \text{ avec } \alpha = \frac{R.f}{k_e.k_t + R.f}$$

Q5 Relever la valeur numérique des constantes k_e et k_c à partir de la documentation et montrer qu'elles sont égales.

On note $k = k_e = k_c$

On estime, d'après les expérimentations, le coefficient de frottement visqueux : $f = 6.10^{-6} Nm.s/rad$

On calcule l'inertie équivalente ramenée à l'arbre moteur de la façon suivante : $J = J_{rotor} + \frac{J_{main}}{r^2}$

J_{rotor} inertie de l'arbre moteur, donnée dans la documentation du moteur.

J_{main} inertie de la main, donnée par le constructeur Aldebaran (en lien sur la documentation du NAO dimensions, inerties...). L'inertie de la main selon l'axe X est le terme I_{xx} de la matrice $[I_o(S)]_R$.

r indice de réduction.

Q6 Calculer la valeur numérique de l'inertie J ramenée à l'arbre moteur.

Q7 Calculer et comparer la valeur numérique des constantes de temps τ_m et τ_e .

Q8 Modifier la représentation schéma-blocs (**document réponse NAO_A1_DR1**) pour tenir compte de ces hypothèses.

Q9 En déduire que la fonction de transfert $H_{m(p)}$ peut s'écrire $H_{m(p)} = \frac{k}{k^2 + R.f} \frac{1}{(1 + \tau_m.p)}$

Modélisation de l'asservissement

Q10 Proposer le schéma bloc complet de l'asservissement en position (Compléter le **document réponse NAO_A1_DR1**). On ajoutera au système un gain pur $K.r (=506,1)$ pour le correcteur et un gain pur $k_h (=10,31)$ pour le hacheur avant la commande moteur.

Q11 Ecrire, dans le domaine de Laplace et sous forme canonique, la fonction de transfert : $H_{BF(p)} = \frac{\theta_s(p)}{\theta_e(p)}$

Q12 Ecrire la fonction de transfert sous forme numérique.

Q13 Conclure sur le comportement du système (erreur statique, temps de réponse, stabilité).

Activité 2

Responsabilité : Etablir un modèle de comportement du poignet droit et caractériser les performances du système.

Documents	Procédure Doc. Réponse Fichier Choregraph	Mise en service NAO_A2_DR1 NAO_A2_CRG
Questions	<p>Étude de la commande du poignet droit</p> <p>Q1 Positionner le robot Nao à genoux (position crunch de la librairie « Position »). Ouvrez grâce à Choregraphe, le fichier NAO_A2_CRG. Le robot exécutera la séquence de mouvements suivants : Position : 0rad → -1,5rad → 0rad</p> <p>Q2 Réaliser les expérimentations nécessaires pour remplir le tableau du document réponse NAO_A2_DR1 en faisant varier le coefficient de vitesse (fractionMaxSpeed=0,1 ou 0,5 ou 1) en éditant le script de la fonction.</p> <p>La box "Ecrire Cvs" enregistre les données capteurs dans un fichier logs.csv dans la mémoire du robot. Une fois le programme terminé, cliquer sur "Connection" puis "File Transfert". Le login est nao et pour le mot de passe, appeler un professeur. Choisissez "logs.csv" puis cliquer sur "Download" pour enregistrer le fichier sur l'ordinateur.</p> <p>Q3 Mettre en forme les relevés sous Excel.</p>	

Activité 3

Responsabilité : Etablir un modèle numérique du poignet droit alimenté par le modèle de connaissance et des essais.

Documents	Doc présentation guide modèle matlab	systemes/ dans un navigateur web Prise en main de Matlab Simulink NAO_A3_DOC
Questions	<p>Q1 Localiser les différents éléments qui vont intervenir dans la modélisation numérique de la commande de la table. (Modèle Matlab NAO_A3_DOC)</p> <p>Les modèles sont un gain pur $K.r (=506,1)$ pour le correcteur et un gain pur $k_h (=10,31)$ pour le hacheur.</p> <p>Q2 Dessiner la structure qui décrit l'asservissement en position du poignet sous forme de schéma-blocs à l'aide de Simulink.</p> <p>Q3 Compléter le modèle numérique à partir des valeurs issues de l'activité 1 et des données constructeur.</p> <p>Q4 Simuler la réponse indicielle dans les conditions de l'activité 2.</p> <p>Q5 Caractériser la réponse du système (précision, temps de réponse, ordre du système,...).</p>	