

Code	DC8 Les systèmes automatiques	Série 9
COMAX		

Problématique	Comment modéliser un système automatique asservi?
----------------------	----------------------------------------------------------

Système	<p>Pour réduire les risques de TMS (Troubles Musculo-squelettiques), certains constructeurs de matériel de manutention proposent des solutions de levage intelligentes qui assistent l'opérateur dans la manipulation de charges lourdes.</p> <p>Principe de fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le système repose sur l'utilisation d'un système de levage motorisé à câble associé à une poignée communicante intégrant le capteur d'effort. La poignée communique en permanence (via une liaison sans fil) l'intention de l'opérateur au système de levage. <p>Celui-ci réagit alors en conséquence et assiste l'opérateur pour qu'il puisse déplacer l'objet manutentionné sans en percevoir son poids.</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 bras Comax.
-------------------	---------------------------------------------------------

Activité 2	Etablir un modèle de comportement et caractériser les performances du système.
-------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Activité 3	Etablir un modèle numérique alimenté par le modèle de connaissance et des essais.
-------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

Activité 1

Responsabilité : Etablir un modèle de connaissance du bras Comax.

Documents	Doc présentation Doc. Réponse Doc. Moteur	systemes/ dans un navigateur web COMAX_A1_DR1 COMAX_A1_DOC
------------------	-------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

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 COMAX_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 COMAX_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 : $\tau_m = \frac{R \cdot J}{k_e \cdot k_t + R \cdot f}$

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

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

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

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

M Masse bras + masses additives. .

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 COMAX_A1_DR1**) pour tenir compte de ces hypothèses.

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

Modélisation de l'asservissement

Q10 Proposer le schéma bloc complet de l'asservissement en position (Compléter le **document réponse COMAX_A1_DR1**).

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

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 et caractériser les performances du système.

Documents	Procédure Fiche outils Doc. Excel	Fiche de mise en service Comax, Identification Modèle du 2nd ordre pseudo-périodique, COMAX_A2_XLS
Conditions de l'essai	<ul style="list-style-type: none"> • Réglages des paramètres du correcteur : $K_i = K_d = 0$, $K_p = 200$, • Position initiale 100 mm, • Consigne : Échelon de position de 200 mm, • 3 masses additives 	
Questions	<p>Q1 Mettre en œuvre un essai indicial de position dans les conditions demandées.</p> <p>Q2 Relever le temps de réponse à 5% (temps pour atteindre 95% du déplacement).</p> <p>Q3 Relever la valeur du premier dépassement.</p> <p>Q4 Relever la période des oscillations.</p> <p>Q5 Relever l'erreur statique (écart entre la position réelle et la position de consigne).</p> <p>Q6 Exporter vos résultats vers COMAX_A2_XLS et tracer la courbe.</p> <p>Q7 A l'aide de la méthode d'identification, compléter les cellules B20, C20 et D20 afin de déterminer automatiquement les valeurs des paramètres (K, z et ω_0) du modèle de comportement, en fonction des cellules C17, D17, E17 et F17.</p>	

Activité 3

Responsabilité : Vous établissez un modèle numérique à l'aide du logiciel Matlab Simulink, en utilisant les résultats du modèle de connaissance (Activité 1) et les essais que vous jugerez nécessaires.

Documents	Doc présentation guide Doc modèle numérique	systemes/ dans un navigateur web Prise en main de Matlab Simulink COMAX_A3_DOC
Conditions de l'essai	<ul style="list-style-type: none"> • Réglages des paramètres du correcteur : $K_i = K_d = 0$, $K_p = 20000$, • Position initiale 100 mm, • Consigne : Échelon de position de 200 mm, • 3 masses additives 	
Questions	<p>Q1 Créer le modèle numérique dans l'outil Matlab-Simulink. Récupérer les valeurs numériques des paramètres auprès de votre camarade chargé du modèle de connaissances.</p> <p>Q2 Simuler la réponse indiciale dans les conditions demandées.</p> <p>Q3 Relever le temps de réponse à 5%.</p> <p>Q4 Relever la valeur du premier dépassement. L'exprimer en %.</p> <p>Q5 Relever l'erreur statique (écart entre la position réelle et la position de consigne).</p> <p>Q6 Proposer un modèle de comportement pour le bras Comax.</p>	