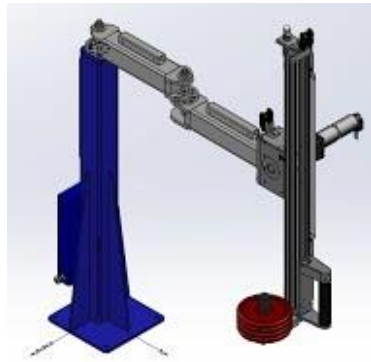


ROBOT COLLABORATIF COMAX



Le système étudié est une partie d'un robot collaboratif. Ayant des domaines d'application très variés d'assistance à l'humain (domaine d'assistance à la personne, domaine médical), le contexte d'utilisation est ici le domaine manufacturier.

Ce type d'équipement permet d'assister l'humain dans les tâches industrielles où il est nécessaire d'appliquer un effort répétitif pendant le travail. Le robot collaboratif est commandé de manière continue et intuitive par l'utilisateur ; pour cette raison, il est dit collaboratif puisque l'humain se trouve déchargé des efforts dans sa tâche.

Cette solution limite les risques des Troubles Musculo Squelettiques (maladies TMS) et l'utilisateur peut alors uniquement se concentrer sur le contrôle du travail à accomplir.

Problématique :

Faire évoluer et valider un modèle dynamique de l'axe asservi en vitesse, afin de vérifier le cahier des charges.

PHASE 1

Manipulation expérimentale au laboratoire (durée : 4h00)

1 PREMIER TEMPS – 45 MINUTES

Au cours de ce premier temps, vous devez réfléchir et proposer une séquence de formation dont le contexte pédagogique est imposé.

- Titre de la séquence : Dimensionner la motorisation d'un système en dynamique.
- Niveau de formation visé : TSI.

<p>Connaissances</p>	<p>Approche énergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puissances développées par les actions mécaniques extérieures à l'ensemble isolé dans son mouvement par rapport à un référentiel galiléen. • Puissances développées à l'intérieur de l'ensemble isolé. • Utilisation du théorème de l'énergie cinétique galiléenne. • Notion de pertes de puissance et rendement global en un point de fonctionnement. • Méthodologie : isolement, bilan des puissances, application du théorème de l'énergie cinétique galiléenne et résolution.
-----------------------------	---

Vous devrez au cours de cette première période

- proposer une progression pédagogique adaptée au niveau de formation;
- préciser la situation de la séquence dans la progression pédagogique annuelle ;
- proposer la trame détaillée de cette séquence (activités, durée, coordination) ;
- identifier les prérequis de la séquence ;
- justifier ses choix de modalité pédagogique et didactique (TP, TD, cours, projet...).

L'ensemble de ces éléments doit être rédigé sur un support de présentation numérique.

2 DEUXIEME TEMPS – DECOUVERTE – MANIPULATION – OBSERVATION – DESCRIPTION

Objectif 1 : S'approprier le fonctionnement du robot Comax

Cette première partie nécessite la lecture préalable des fiche 1 et 2 : « Présentation » et « Mise en service du Comax » et 9 « Description de la commande collaborative »

Activité 1

- ☐ Tester le comportement de l'axe lors d'une action sur la poignée avec 0 ou 4 masses supplémentaires de 1 kg sur le support de masse.
- ☐ Identifier sur le système les différents constituants de la chaîne d'information et de la chaîne d'énergie. Préparer une synthèse orale courte décrivant le fonctionnement du comax.
- ☐ Déterminer le rapport de transmission du système de transformation de mouvement.

3 EXPERIMENTATION ET SIMULATION

Objectif 2 : Mesure de la vitesse du moteur

Réaliser des mesures de vitesse du moteur pour une entrée échelon, afin de quantifier les performances de précision et de rapidité, avec différentes masses additionnelles et différentes valeurs du gain proportionnel. Conclure sur l'intérêt et les limites du correcteur proportionnel.

Activité 2 (Voir fiche 10)

- ☐ Réaliser les acquisitions vis-à-vis de cette sollicitation, avec 0 masses, 2 masses et 4 masses sur le support de masses. Compléter alors le tableau ci-dessous.
- ☐ A quelle valeur le constructeur a-t-il saturé le courant moteur ? Pourquoi saturer le courant ?

- ☐ Quelle est essentiellement la performance (Stabilité, Rapidité ou Précision) affectée par l'ajout des masses additionnelles ? Quelle est la cause de cette variation ?
- ☐ En conservant 2 masses additionnelles sur le support de masses, réaliser les mêmes acquisitions mais en réglant KP (correcteur proportionnel de l'asservissement de vitesse) tel que $K_P = 1000$ et $K_P = 5000$. Compléter aussi le tableau ci-dessus.
- ☐ Quelle(s) est (sont) la (les) performance(s) affectée(s) par le réglage du gain KP ?
- ☐ A votre avis, le correcteur uniquement proportionnel pour la boucle de vitesse est-il suffisant dans le cadre de l'action collaboratrice souhaitée ?

KP	Nombre de masses additionnelles	Valeur finale de la vitesse de rotation du moteur en rpm	Ecart en % en régime permanent sur la vitesse en rpm	Temps de réponse à 5%
3000	0			
3000	2			
3000	4			
1000	2			
5000	2			

Modélisation – Simulation

Objectif 3 : Analyser une modélisation de l'axe asservi en vitesse, en vue de sa validation

Dans ces conditions, le schéma bloc simplifié de l'asservissement de vitesse est fourni sur le document ressource (Fiche 11). On considère dans un premier temps un correcteur de vitesse proportionnel tel que $C_v(p) = K_{pv}$ (et Kivepos = 0, à modifier dans « bouton droit, modifier le contexte » sous Scilab ultérieurement)

Avec le réglage $K_{pvepos} = 3000$, nous avons $K_{pv} = 0,06$.

Le modèle utilisé précédemment est fourni dans le fichier Scilab/xcos nommé « Asservissement de vitesse tp1-2.zcos ».

Activité 3 (Voir fiche 8 pour l'utilisation de Scilab Xcos)

- ☐ Analyser la structure de l'asservissement
- ☐ Sans calcul, préciser à priori si l'écart statique est nul ou pas? Justifier.

Activité 4 : Etude paramétrique Durée : 15 minutes

- ☐ Lancer la simulation en cliquant sur la flèche dans le menu supérieur horizontal, avec la consigne de 3000 rpm. Analyser les résultats.
- ☐ Lancer la simulation, avec la consigne de 3000 rpm. Analyser les résultats relatifs aux différentes valeurs du gain proportionnel : 1000, 3000, 5000. Les saturations de courant et de tension ont-elles eu lieu ?

Diagnostiquer un écart et définir un plan d'action

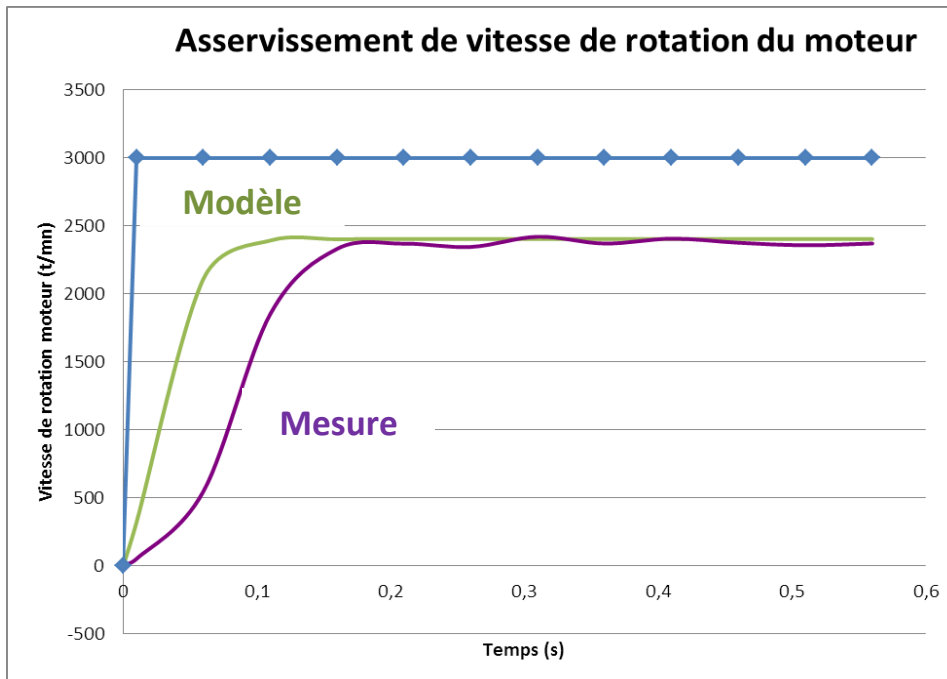
Objectif 4 : Analyser les écarts entre les valeurs issues de la mesure d'une part, et celles issues de la simulation d'autre part, puis prendre des dispositions pour réduire cet écart, faire évoluer et valider le modèles

Activité 5

- ☐ Comparer les courbes expérimentales et les courbes simulées (allures, valeurs finales, saturations, temps de réponse). Les saturations imposées par le constructeur sont en courant : 7.5 A et en tension : 19.4 V.
- ☐ Evaluer le couple à fournir par le moteur. Comparer avec le couple moteur réel.
- ☐ Mettre en place la saturation de courant en donnant aux variables Isatsup et Isatinf respectivement les valeurs 7.5 A et -7.5A dans Modifier le contexte. Conclure.
- ☐ Proposer une manipulation et mesure permettant d'évaluer l'influence du frottement ; Vous disposez d'un capteur d'effort, d'un axe seul et du robot complet pour effectuer des mesures.
- ☐ Réaliser ces mesures. Donner la valeur de l'effort à produire sur l'axe pour vaincre les frottements, en déduire la valeur en couple ramenée sur l'axe du moteur.

on donne la relation entre la vitesse de translation de l'axe et la vitesse de rotation du moteur ($V = K_{\text{tran}} \Omega_m = 1.1 \cdot 10^{-3} \Omega_m$)

- ☐ Justifier la modélisation des frottements secs et en particulier la fonction SIGN utilisée.
 - ☐ Comparer les courbes expérimentales et les courbes simulées (allures, valeurs finales, saturations, temps de réponse) données sur la figure ci-dessous.
- Le modèle peut-il être validé ?



Consigne 3000 t/mn
Kp = 3000
avec saturation (7,5A)
avec frottement
(Cresm=0,04Nm)

Modélisation de l'axe asservi en vitesse

Objectif 5 Modifier la modélisation de l'axe asservi en vitesse, en vue du respect du cahier des charges.

Le cahier des charges de l'asservissement en vitesse, afin d'obtenir les performances souhaitées de la boucle collaborative est le suivant :

Critère de performances	Niveau	Flexibilité
Stabilité	Dépassement < 10% pour Kp < 3000	± 20 %
Rapidité	$t_m < 150$ ms, t_m étant le temps de montée	± 20 %
Précision	Écart en régime permanent nul vis-à-vis d'une consigne constante ou d'une perturbation constante	

Activité 6s

- ☐ Le correcteur proportionnel permet-il de satisfaire le cahier des charges ?
- ☐ Le correcteur choisi par le constructeur est le suivant : $C_v(p) = K_{PV} + \frac{K_{IV}}{p} = K_i \frac{1+T_i p}{T_i p}$.

$$K_{pvepos} = \frac{K_{PV}}{20 \cdot 10^{-6}} = \frac{K_i}{20 \cdot 10^{-6}} \text{ et } K_{ivepos} = \frac{K_{IV}}{5 \cdot 10^{-3}} = \frac{K_i}{5 \cdot 10^{-3} T_i}$$

- ☐ On propose les valeurs suivantes admises pour la suite de l'étude : Kpvepos = 3000 et Kivepos = 90. **Sans calculs, préciser si l'écart statique est nul ou pas? Justifier.**

- ☐ Dans le fichier « Asservissement de vitesse tp1-2.zcos », Modifier « Le Contexte » et affecter les deux valeurs de $K_{pvepos} = 3000$ et $K_{ivepos} = 90$, en supprimant le bloc PARAM_VAR mis en place. **Lancer la simulation, montrer que les performances sont atteintes.** On précise que le temps de montée est le temps pour lequel le système coupe pour la première fois l'asymptote finale.
- ☐ Réaliser un essai d'échelon de vitesse et conclure quant aux performances obtenues.

Synthèse

Objectif 6 : Exposer clairement le travail effectué

Activité 7

- ☐ Proposer un poster présentant une synthèse de votre travail. Sur ce poster devront apparaître les éléments clé abordés précédemment ainsi que la démarche scientifique mise en œuvre pour répondre à la problématique. Les outils de communication nécessaires à sa rédaction sont laissés à votre initiative.

PHASE 2

Préparation de l'exposé (durée : 1h00)

Le candidat prépare et termine la présentation qu'il effectuera devant le jury. Durant cette phase de préparation de l'exposé, le candidat n'a plus accès au système pluri technologique, support de l'activité pratique et aux logiciels de simulation. Le candidat conserve cependant à sa disposition l'ensemble des ressources associées au sujet. Il dispose d'un poste informatique doté des logiciels courants de bureautique et de ses résultats obtenus lors de la phase 1.

PHASE 3

Présentation des travaux (durée : 1h00)

L'exposé oral, d'une durée maximale de 30 minutes, comporte :

- ☐ la présentation de la séquence de formation dont le contexte pédagogique est imposé (durée indicative de 15 minutes) ;
- ☐ la présentation de la pertinence du support par rapport à la séquence pédagogique imposée (5 minutes) ;
- ☐ la présentation de la séance à caractère expérimentale envisagée dans le cadre de la séquence pédagogique exposée (10 minutes).