TRAVAUX PRATIQUES S2I

Etude des performances cinématique de l'asservissement en position de l'axe

Modélisation Résolution de la chaîne d'acquisition et loi en trapèze

COMPETENCES VISEES

- Identifier la nature des flux échangés (matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude
- Interpréter tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système
- Coder une information
- Décrire et compléter un algorithme représenté sous forme graphique
- Proposer une modélisation des liaisons avec une définition précise de leurs caractéristiques géométriques
- Déterminer la loi entrée - sortie géométrique d'une chaine cinématique
- Prévoir l'allure de la réponse attendue
- Lire et décoder un diagramme
- Réaliser un schéma cinématique

PRE-REQUIS

- Chaine d'information et d'énergie : diagrammes de blocs internes et paramétrique
- Codeur incrémental : principe de fonctionnement
- Solide indéformable : définition, référentiel, repère, équivalence solide/référentiel, degrés de liberté
- Liaisons : torseur cinématique des liaisons normalisées
- Loi entrée sortie cinématique
- Schéma cinématique

SITUATION DANS LA PROGRESSION

Deuxième semestre, Première année

SUJET DU TP

- Schéma cinématique du bras collaboratif
- Rapport de transmission
- Résolution du codeur incrémental dans le cadre de l'asservissement de position
- Application à la loi en trapèze

MATERIEL MIS EN OEUVRE

- Bras de Robot collaboratif CoMax ;
- Interface IHM du bras CoMax ;
- EMP CoMax
- Logiciel Scilab

PRESENTATION DU SYSTEME

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.



Le diagramme des exigences du robot Collaboratif de la société SAPELEM est fourni dans le dossier ressources.

Le robot CoMax reprend les fonctions du robot collaboratif SAPELEM, tout en les complétant pour une approche didactique. Son diagramme des exigences est fourni dans le dossier ressources.

Objectifs du TP

Ce TP vise à :

- Mettre en œuvre le bras collaboratif et s'intéresser à l'asservissement de position
- Proposer un schéma cinématique du bras collaboratif
- Evaluer le rapport de transmission de la chaîne cinématique
- Etudier la précision de la chaîne d'acquisition (résolution du codeur incrémental et prise d'origine)
- Valider le modèle de l'asservissement de position et l'appliquer lorsque la consigne est une loi en trapèze de vitesse

A. Mise en œuvre du système et structure de l'asservissement de position

▶ ACTIVITE 1 : Mise en œuvre du système

- Démarrer l'EMP CoMax en cliquant sur  et parcourir le menu « *Le Produit* ».
- L'interface CoMAX étant lancée, cliquer sur Connexion puis sur Activation (boutons de sélection en haut à gauche de l'écran). L'axe se positionne par défaut en position Basse.
- En cliquant sur l'icône , commander l'axe en position *Inter*

Question 1 : Activer la commande collaborative en cliquant sur le bouton de sélection « collaboration » en haut à gauche de l'écran. Tester le comportement de l'axe lors d'une action sur la poignée.

- Placer alors 4 masses supplémentaires de 1 kg sur le support de masse et tester à nouveau le comportement collaboratif.

Question 2 : L'ajout de masses additionnelles influe-t-il sur les performances de la boucle collaborative du robot ? La sensation ressentie par l'utilisateur est-elle modifiée ?

- Enlever les masses additionnelles mises en place sur le support de masses.

▶ ACTIVITE 2 : Schéma cinématique du robot

Question 3 : Quel est le nombre de degrés de liberté du robot collaboratif ? Proposer un schéma cinématique en 3D du robot.

▶ ACTIVITE 3 : Performances de l'asservissement de position

Les objectifs de ce TP sont d'analyser les performances et la structure de l'asservissement de position, qui est mis en œuvre par exemple lors du positionnement de l'axe dans les positions *Basse*, *Inter* et *Haute* en cliquant, dans le menu de base de l'interface, sur l'icône .
Le cahier des charges attendu pour cet asservissement est le suivant :

Permettre à l'opérateur de positionner l'outil	Stabilité	Pas de dépassement	
	Précision de positionnement	Écart en régime permanent nul pour une consigne en échelon	
	Rapidité	Temps de réponse à 5% de 0,1 s	Maxi

- Dans le menu de base, sélectionner l'icône « Acquisition axe »  puis préparer les acquisitions, en cliquant sur l'icône , puis sur l'icône  (paramètres par défaut) et sélectionner « Asservissement de Position » .

Question 4 : Solliciter l'axe  par un échelon de position de valeur 30 mm (vers le haut), en l'absence de masses additionnelles, en partant de la position *Inter*.

- On cliquera sur l'icône  afin de mettre l'échelle de position à droite et celle de courant à gauche (ou cliquer sur ).



Question 5 : Comparer les performances obtenues (Dépassement, Rapidité et Précision) à celle du cahier des charges. On fera un nouvel essai avec un échelon de -30 mm (vers le bas).

Nous verrons en fin de TP que la sollicitation en trapèze des vitesses permet de respecter l'exigence de dépassement qui figure dans le cahier des charges.

▶ ACTIVITE 4 : Proposer le schéma des chaines d'énergie et d'information de l'asservissement en position de la motorisation et repérer les différents constituants

La consigne de l'asservissement étudié désormais est la position souhaitée de l'axe.

Question 6 : A l'aide du diagramme de blocs internes fourni, remplir le schéma du document réponse 1 en indiquant pour chaque bloc, dans la partie supérieure, la fonction générique du constituant (*agir, alimenter, convertir, moduler, transmettre, stocker, acquérir, coder, communiquer, mémoriser, restituer, traiter*), puis, dans la partie inférieure, le nom du constituant proprement dit.

Question 7 : Localiser les différents constituants de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information de ce schéma sur le système, en vous aidant de la description des composants qui figure dans l'EMP.

B. Validation du modèle de l'asservissement de position

▶ ACTIVITE 5 : Détermination des paramètres cinématiques du modèle

Le modèle utilisé précédemment est fourni dans le fichier Scilab/xcos nommé « Asservissement de position tp1-4.zcos ».

- Démarrer Scilab en cliquant sur l'icône .
- Lorsque la fenêtre de commande apparaît, taper « xcos » ou cliquer sur .
- Dans la fenêtre graphique qui apparaît, sélectionner Ouvrir dans le Menu Fichier et sélectionner le fichier « Asservissement de position tp1-4.zcos ».
- La variable de Laplace dans Scilab est notée « s ». Les blocs  permettent de tracer des réponses temporelles.
- Le bloc 

permet de tracer les réponses temporelles. Il suffit de double cliquer dessus pour modifier les paramètres de simulation.
- Il suffit, pour lancer les simulations, de cliquer sur  (Simulation).

Question 8 : **Repérer les différents constituants de l'asservissement de position sur ce fichier de simulation. Quelles sont les différences par rapport au schéma Chaine d'Energie / Chaine d'Information de la question 6 ?**

Question 9 : **A l'aide de la documentation du motoréducteur (accessible dans l'EMP dans le Menu le Produit et Architecture Système par exemple), déterminer la valeur du rapport de transmission K_{tran} défini par $K_{tran} = \frac{v}{\omega_m}$ en unité SI.**

- Vous devez cliquer avec le bouton droit sur le fond d'écran Scilab et choisir « Modifier le contexte » pour vérifier les valeurs mises en place dans les différents paramètres.

Question 10 : **En cliquant sur « Modifier le contexte », renseigner la valeur du paramètre K_{tran} dans le contexte.**

▶ ACTIVITE 6 : Résolution du codeur incrémental et prise d'origine

Le schéma du fichier de simulation ne correspond pas à l'implantation physique exacte du codeur incrémental. En effet, ce dernier est placé au niveau de l'arbre moteur. De plus, le fichier de simulation suppose que le codeur incrémental est parfait, c'est-à-dire que la mesure de position est exacte, ce qui n'est pas le cas en raison de la technologie utilisée. Nous allons donc analyser la précision que l'on peut atteindre à l'aide du codeur incrémental ainsi que la prise d'origine nécessaire dans le cadre de l'asservissement de position.

Question 11 : **Un codeur incrémental réalise-t-il une mesure de déplacement ou de position ? Expliquer brièvement son principe de fonctionnement.**

Le codeur utilisé possède 500 impulsions par piste (voir documentation constructeur, au niveau du Motoréducteur).
Nous allons voir comment il est possible :

- De détecter le sens de rotation
- D'augmenter par 4 la résolution (on parle alors de comptage par 4).

Les deux voies A et B sont décalées d'1/4 de période. Ainsi, dans un sens de rotation (noté sens 1) et à vitesse constante, nous obtenons par exemple le chronogramme d'évolution des voies A et B du document réponse 2. On définit le signal impulsionnel de sortie S1 par :

$$S1 = (\uparrow A).\overline{B} + (\uparrow B).A + (\downarrow A).B + (\downarrow B).\overline{A}$$

Question 12 : **Tracer le signal S1(t) sur le chronogramme du document réponse.**

On souhaite déterminer le signal logique S2(t) lors d'une rotation du moteur dans l'autre sens.

Question 13 : **En utilisant le document réponse 2, proposer l'expression de S2(t)**

Il est alors possible d'associer à ces deux signaux impulsionnels un compteur, permettant de compter le nombre d'impulsions et d'en déduire le déplacement angulaire de l'arbre moteur.

Question 14 : **Déterminer le nombre d'impulsions enregistrées pour un tour du moteur. En déduire le plus petit angle de rotation du moteur que le codeur peut détecter. En déduire le plus petit déplacement qui peut être mesuré au niveau de l'axe linéaire.**

Question 15 : **Dans le menu principal de l'Interface, cliquer sur l'icône**  **et sélectionner l'onglet « Spécifications Axe ». Valider alors la valeur que vous avez déterminée. À quoi correspond la variable « qc » qui apparaît dans l'Interface ?**

Afin de réaliser des mesures de position, il est nécessaire d'initialiser le codeur incrémental.

Question 16 : **À partir de la lecture du diagramme d'états de l'Interface et du diagramme d'activités de la Prise d'Origine (langage SysML) dans le dossier ressource, déterminer à quel moment est effectuée la prise d'origine du codeur incrémental. Quels sont alors les blocs du diagramme de définition de blocs qui participent à cette prise d'origine ?**

▶ ACTIVITE 7 : Validation du modèle de l'asservissement de position

Question 17 : **Lancer la simulation sous Scilab, et comparer les courbes simulées et mesurées, au niveau de l'intensité moteur et de la position. Renouveler cette comparaison lorsque dc=-0.030 m (Modifier le Contexte pour changer cette valeur).**

Le modèle de l'asservissement de position étant validé, nous allons maintenant nous intéresser à un type de consigne permettant de limiter le dépassement, afin de satisfaire le cahier des charges.

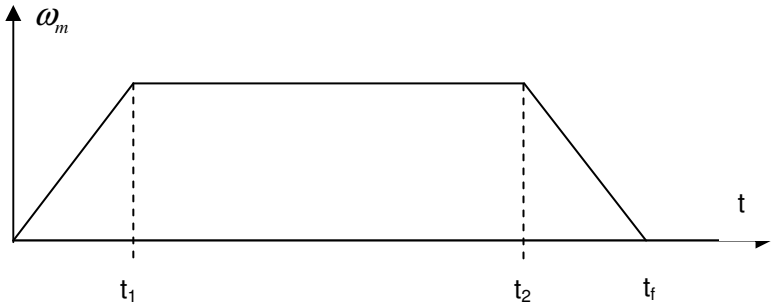
C. Intérêt de la commande en trapèze des vitesses

▶ ACTIVITE 8 : Paramètres cinématiques de la loi en trapèze

Le constructeur fournit les données suivantes pour la consigne en profil de position :

- Vitesse maximale au niveau du moteur $\omega_{m\max} = 5000 \text{ tr.min}^{-1}$
- Accélération maximale au niveau du moteur $\dot{\omega}_{m\max} = 20000 \text{ tr.min}^{-1}.\text{s}^{-1}$

La consigne en profil de position est déduite du trapèze en vitesse ci-dessous :



On souhaite effectuer un déplacement de 250 mm.

Question 18 : **Tracer l'allure de la loi de consigne du profil de position et déterminer les valeurs des différents instants t_1, t_2, t_f .**

▶ ACTIVITE 9 : Validation du comportement par simulation

Le modèle utilisé précédemment est fourni dans le fichier Scilab/xcos nommé « Asservissement de position profil tp1-4.zcos ».

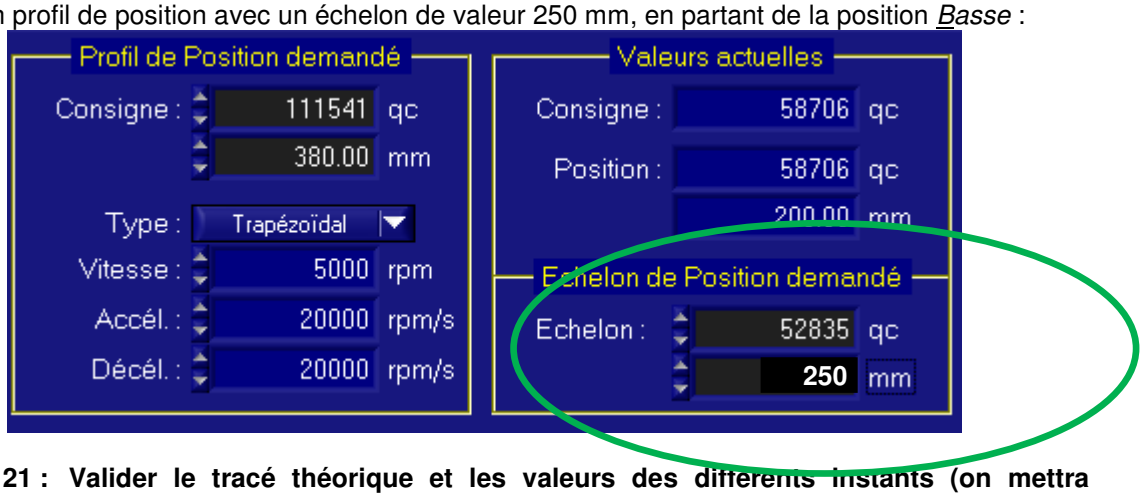
- Dans xcos, ouvrir dans le Menu Fichier et sélectionner le fichier « Asservissement de position profil tp1-4.zcos ».

Question 19 : **En modifiant Le Contexte, renseigner les valeurs de t_1, t_2 que vous avez déterminées précédemment.**

Question 20 : **Lancer la simulation et valider les courbes et les performances obtenues par simulation. Quels sont les avantages de la consigne en profil de position ?**

▶ ACTIVITE 10 : Mesures et validation des performances sur le système réel

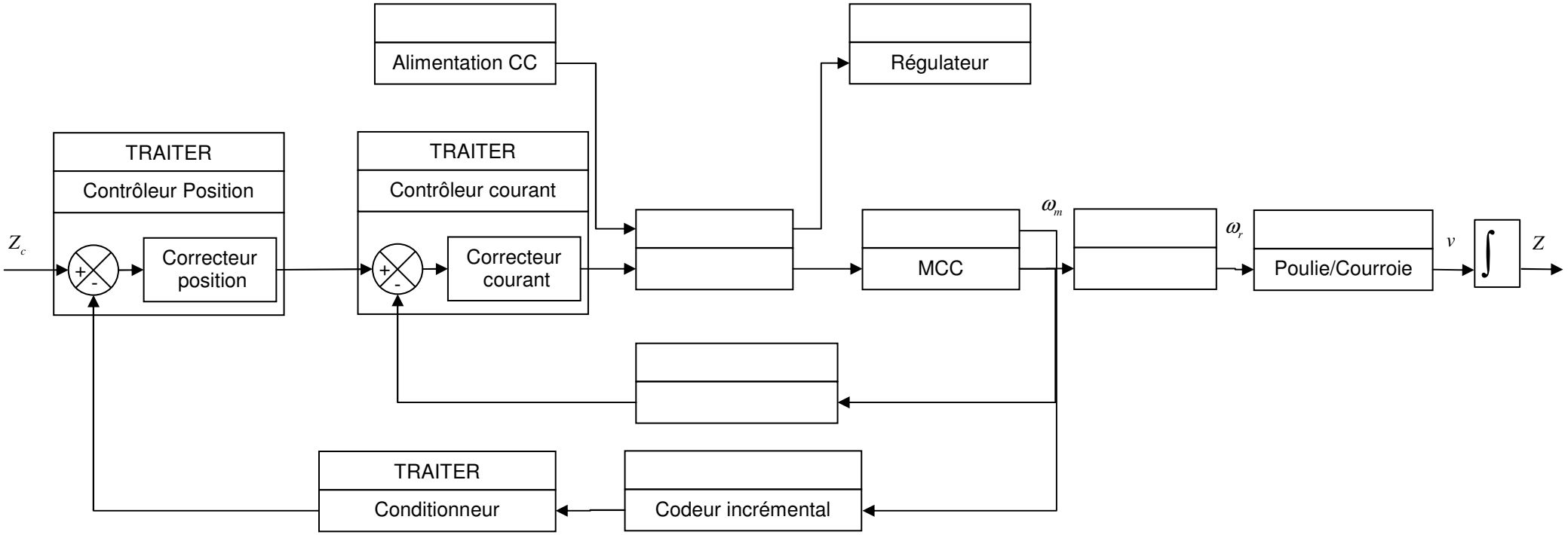
- Dans l'interface, sélectionner l'icône « Acquisition axe »  puis sélectionner l'acquisition de la consigne de vitesse et de position (icône ). Solliciter l'axe  par une consigne en profil de position avec un échelon de valeur 250 mm, en partant de la position *Basse* :



Question 21 : Valider le tracé théorique et les valeurs des différents instants (on mettra l'échelle de vitesse à gauche et l'échelle de position à droite en cliquant sur l'icône ).

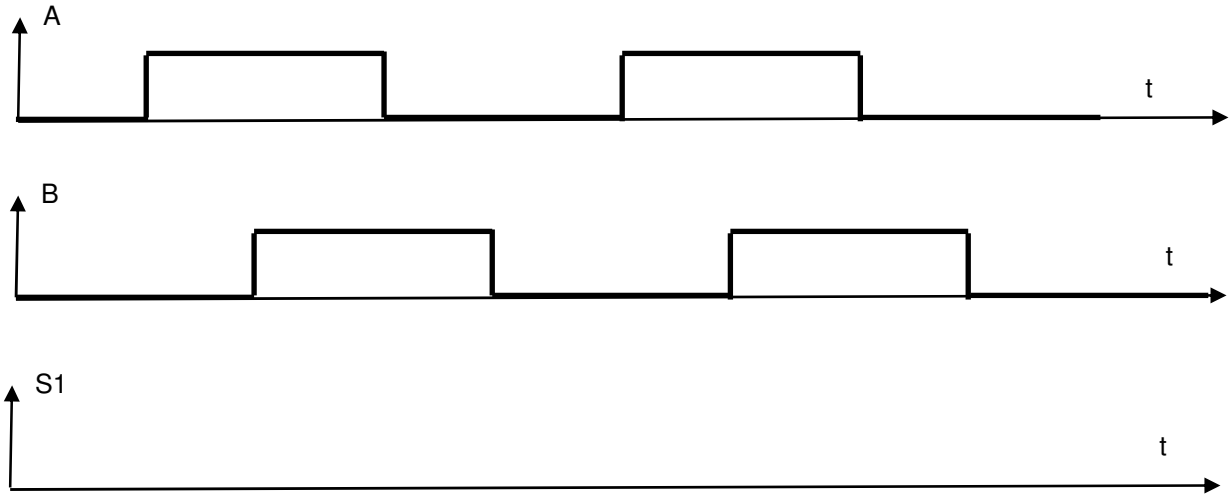
Question 22 : Valider les performances obtenues dans le cahier des charges.

D. Document réponse 1



A. Document réponse 2

Rotation sens 1 :



Rotation sens 2 :

