TRAVAUX PRATIQUES S2I

Analyse de l'architecture et des performances de la boucle collaborative

Performances globales
Architecture – Chaîne d'énergie et d'information

COMPETENCES VISEES

- Analyser les architectures fonctionnelle et structurelle
  - Repérer et identifier les constituants de la chaine d'énergie réalisant les fonctions agir, alimenter, convertir, moduler, transmettre, stocker
  - Repérer et identifier les constituants de la chaine d'information réalisant les fonctions acquérir, coder, communiquer, mémoriser, restituer, traiter
  - Repérer les constituants dédiés aux fonctions d'un système
  - Identifier la structure d'un système asservi : chaine directe, capteur, commande, consigne, comparateur, correcteur
  - Identifier les liens entre la chaine d'énergie et la chaine d'information
- Interpréter tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système
- Coder une information
- Déterminer la loi entrée - sortie géométrique d'une chaine cinématique
- Réaliser un schéma cinématique
- Mettre en évidence l'influence des paramètres sur les performances du système

PRE-REQUIS

- Cahier des charges
- Architectures fonctionnelle et structurelle : diagrammes de blocs
- Chaine d'information et d'énergie : diagrammes de blocs internes et paramétrique
- Codeur incrémental : principe de fonctionnement
- Loi entrée sortie cinématique
- Schéma cinématique

SITUATION DANS LA PROGRESSION

Premier semestre, Deuxième année

SUJET DU TP

- Analyse des exigences de la boucle collaborative du coMax et validation des performances
- Analyse de l'architecture de la boucle collaborative
- Analyse et modélisation des transmetteurs et du capteur de la boucle de vitesse interne
- Analyse des performances de la boucle de vitesse interne

MATERIEL MIS EN OEUVRE

- Bras de Robot collaboratif CoMax
- Interface IHM du bras CoMax
- EMP CoMax

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 :

- Analyser les performances de la boucle collaborative,
- Proposer le schéma des chaines d'énergie et d'information de l'asservissement en vitesse de la motorisation et repérer les différents constituants,
- Analyser la contribution des masses additionnelles sur la boucle de vitesse,
- Analyser le rôle du gain proportionnel KP du correcteur de vitesse,
- Proposer un schéma cinématique,
- Evaluer le rapport de transmission de la chaîne cinématique
- Etudier la précision de la chaîne d'acquisition
- Conclure quant aux réglages possibles pour satisfaire les exigences de la boucle collaborative.

A. ANALYSE DES EXIGENCES DE LA BOUCLE COLLABORATIVE DU COMAX ET VALIDATION DES PERFORMANCES

▶ ACTIVITE 1 : Analyser les performances de la commande collaborative

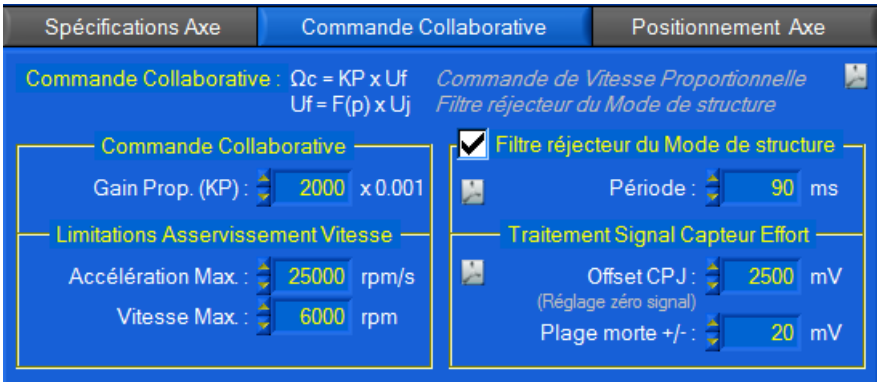
- Démarrer l'EMP CoMax en cliquant sur  et parcourir le menu « Le Contexte ».
- L'interface CoMAX étant lancée, cliquer sur Connexion puis sur Activation (boutons de sélection en haut à gauche de l'écran). L'axe se positionne par défaut en position Basse.
- En cliquant sur l'icône , commander l'axe en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

Question 1 : Tester le comportement de l'axe lors d'une action sur la poignée.

L'intention de l'utilisateur est détectée grâce à un capteur d'effort supposé linéaire dont la sensibilité est de 500 mV pour 5 N.

- En cliquant sur l'icône , faire apparaître l'onglet concernant la commande collaborative.

Dans l'écran de paramétrage de la commande collaborative, modifier la valeur du gain KP, et tester le comportement de l'axe avec un gain de 500, de 1500 et de 2500.



Question 2 : Sur quelle performance (stabilité, rapidité ou précision) du comportement agit-on en modifiant la valeur de KP ?

- Revenir à un gain KP de 2000 puis supprimer le Filtre réjecteur du Mode de structure (décocher la case).

Question 3 : Sur quelle performance (stabilité, rapidité ou précision) du comportement agit-on avec ce filtre réjecteur ?

- Revenir aux paramètres de réglages de base (KP de 2000 et présence du filtre réjecteur).
- Placer alors 4 masses supplémentaires de 1 kg sur le support de masse et tester à nouveau le comportement collaboratif.

Question 4 : 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 ?

B. ANALYSE DE L'ARCHITECTURE DE LA BOUCLE COLLABORATIVE DU COMAX

▶ ACTIVITE 2 : Identifier la nature de l'asservissement mis en place dans la boucle collaborative

- Dans le menu général de l'EMP, cliquer sur *Le Produit* et sur *Synoptique Cmde Collaborative*.

Le diagramme de définition de blocs (langage SysML) de l'ensemble du CoMax muni de ses fonctions didactiques est fourni dans le document ressources.

Explication pour la lecture SysML : le principal lien existant entre des blocs est le lien de composition qui indique qu'un bloc est composé (au sens structurel) d'autres éléments ; le losange noir du lien indique l'élément supérieur, l'autre côté du lien (avec ou sans flèche) indique l'élément inférieur.

Le diagramme de blocs internes (langage SysML) spécifique à la boucle collaborative est aussi fourni dans le document ressources. Les blocs de couleur rouge font partie de la chaine d'énergie et ceux de couleur bleue font partie de la chaine d'information.

- La frontière de l'étude n'englobe pas l'utilisateur, conformément aux différents diagrammes SysML fournis. L'utilisateur transmet donc un effort sur la poignée. En négligeant les seuils de sensibilité, dès qu'un effort est détecté, la commande collaborative met en mouvement la motorisation afin d'annuler l'effort transmis par l'utilisateur.

Question 5 : Indiquer alors la nature de la consigne du système asservi.

- Dans la suite du TP, nous étudierons uniquement l'asservissement mis en place dans la motorisation, dans le cadre de la commande collaborative. La poignée instrumentée et l'interface sont hors de la frontière de l'étude.

Question 6 : Quelle est la consigne de l'asservissement mis en place dans la motorisation ?

▶ ACTIVITE 3 : Proposer le schéma des chaines d'énergie et d'information de l'asservissement en vitesse de la motorisation et repérer les différents constituants

La consigne de l'asservissement étudié désormais est donc la vitesse de rotation du moteur à courant continu, consigne qui est en fait la sortie du bloc *Commande collaborative*.

Question 7 : 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 8 : Repérer les différents constituants de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information sur ce schéma et localiser les sur le système, en vous aidant du synoptique de l'EMP.

▶ ACTIVITE 4 : Schéma cinématique du robot et rapport de transmission

Question 9 : Quel est le nombre de degrés de liberté du robot collaboratif ? Proposer un schéma cinématique en 3D du robot.

Question 10 : 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.

ACTIVITE 5 : Résolution du codeur incrémental

Le codeur incrémental placé sur l'arbre moteur permet d'accéder à la mesure du déplacement de l'arbre moteur et donc, par comptage pendant une période donnée, à la vitesse de rotation. Nous allons 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.

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 11 : Tracer le signal S1(t) sur le chronogramme du document réponse 3.

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

Question 12 : En utilisant le document réponse 3, 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 puis la vitesse de rotation du moteur.

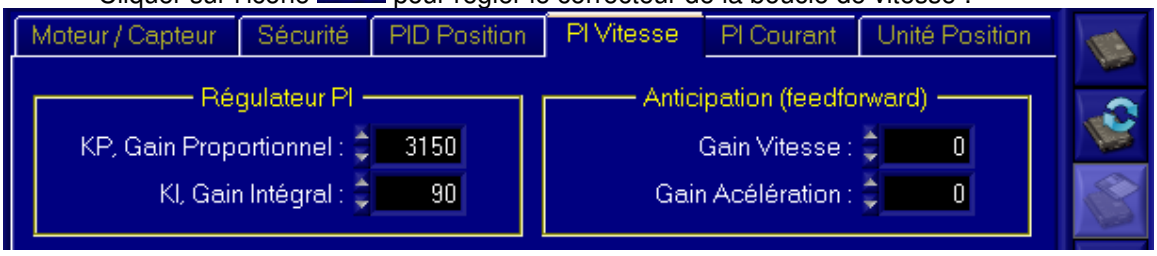
Question 13 : Déterminer le nombre d'impulsions enregistrées pour un tour du moteur. En déduire le plus petit angle de rotation du moteur que le codeur peut détecter. En déduire le plus petit déplacement qui peut être mesuré au niveau de l'axe linéaire.

Question 14 : 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 ?

C. Analyse des performances de la boucle de vitesse interne à la boucle collaborative

▶ ACTIVITE 6 : Analyser la contribution des masses additionnelles sur la boucle de vitesse

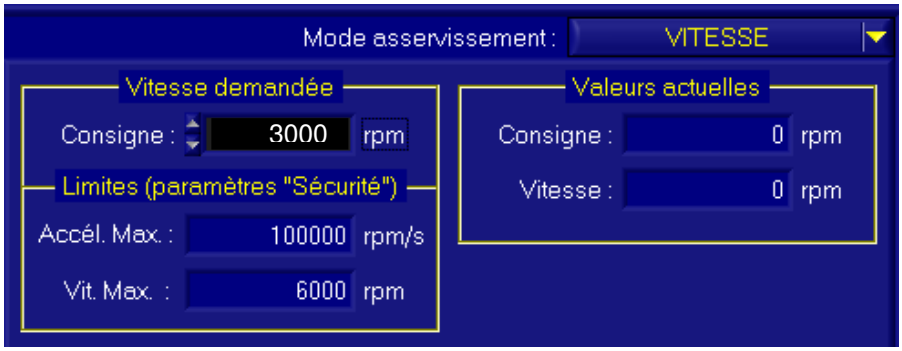
- Dans l'interface Comax, revenir à l'écran de base. En cliquant sur l'icône , positionner l'axe en position *Basse*.
- Cliquer sur l'icône  pour régler le correcteur de la boucle de vitesse :



- Régler le correcteur avec KP=3000 et KI=0, on dit que le correcteur de vitesse est alors uniquement proportionnel.
- Dans l'interface, sélectionner l'icône  puis préparer les acquisitions en cliquant , puis sur l'icône  et sélectionner « Asservissement de Vitesse ».



- Solliciter l'axe non chargé  par une consigne de vitesse de
- 3000 tr/min.



- Réaliser les acquisitions vis-à-vis de cette sollicitation, avec 0 masses, 2 masses et 4 masses sur le support de masses.

Question 15 : Compléter alors le tableau du document réponses 2.

Question 16 : Quelle est essentiellement la performance (Stabilité, Rapidité ou Précision) affectée par l'ajout des masses additionnelles ? Quelle est la cause de cette variation ?

▶ ACTIVITE 7 : Analyser le rôle du gain proportionnel KP du correcteur de vitesse

- En conservant 2 masses additionnelles sur le support de masses, réaliser les mêmes acquisitions mais en réglant KP (correcteur de l'asservissement de vitesse) tel que KP = 1000 et KP = 5000.

Question 17 : Compléter aussi le document réponses 2.

Question 18 : Quelle(s) est (sont) la (les) performance(s) affectée(s) par le réglage du gain KP ?

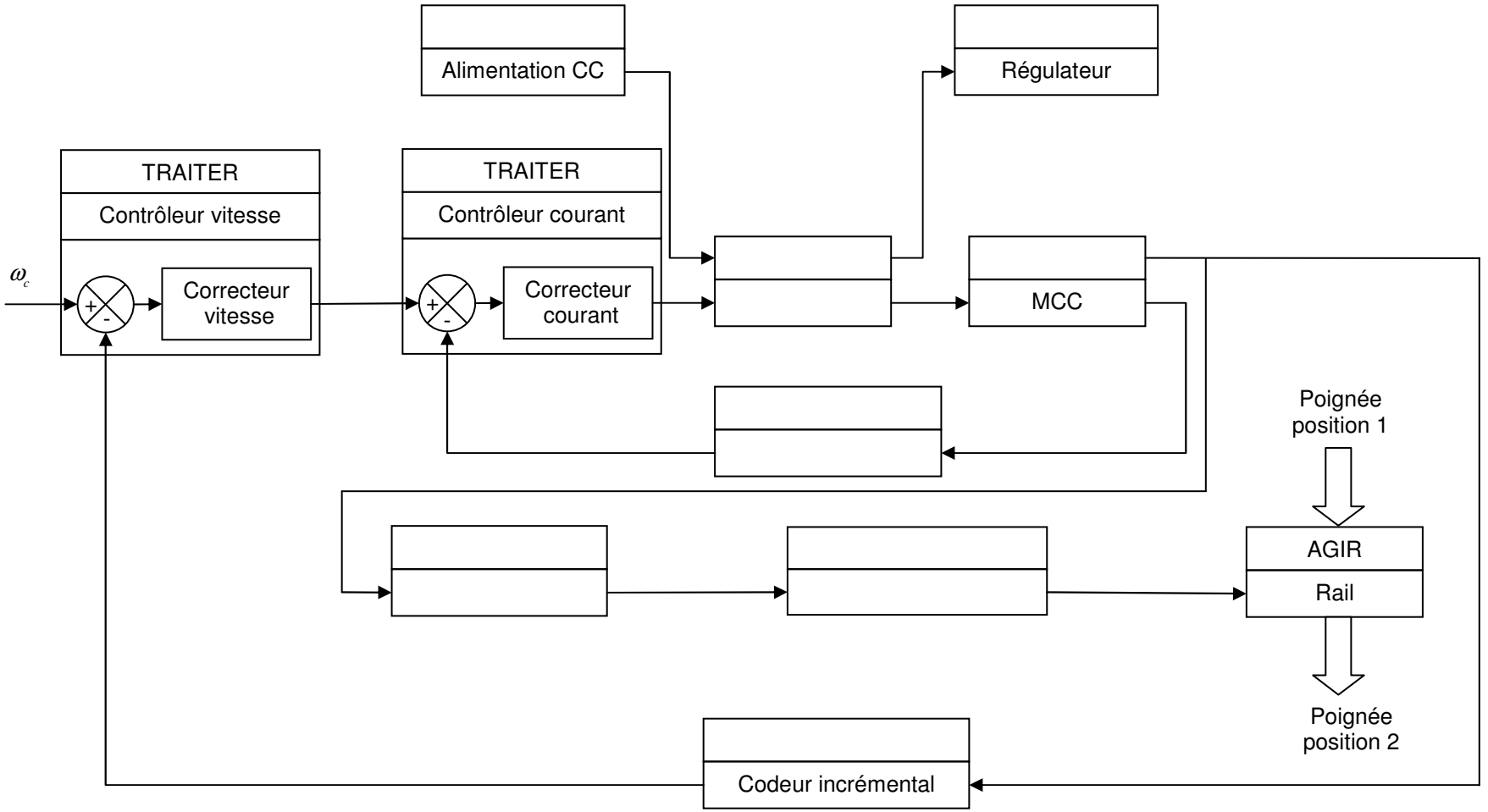
▶ ACTIVITE 8 : Conclusion

Question 19 : Sur quel composant peut-on agir pour modifier les performances de la boucle de vitesse interne à la boucle collaborative ? Ce composant se situe-t-il dans la carte EPOS ou dans l'Interface ?

Question 20 : Sur quel composant peut-on agir pour modifier les performances de l'action collaborative ? Ce composant se situe-t-il dans la carte EPOS ou dans l'Interface ?

Question 21 : A votre avis, le correcteur uniquement proportionnel pour la boucle de vitesse est-il suffisant dans le cadre de l'action collaboratrice souhaitée ?

D. Document réponse 1

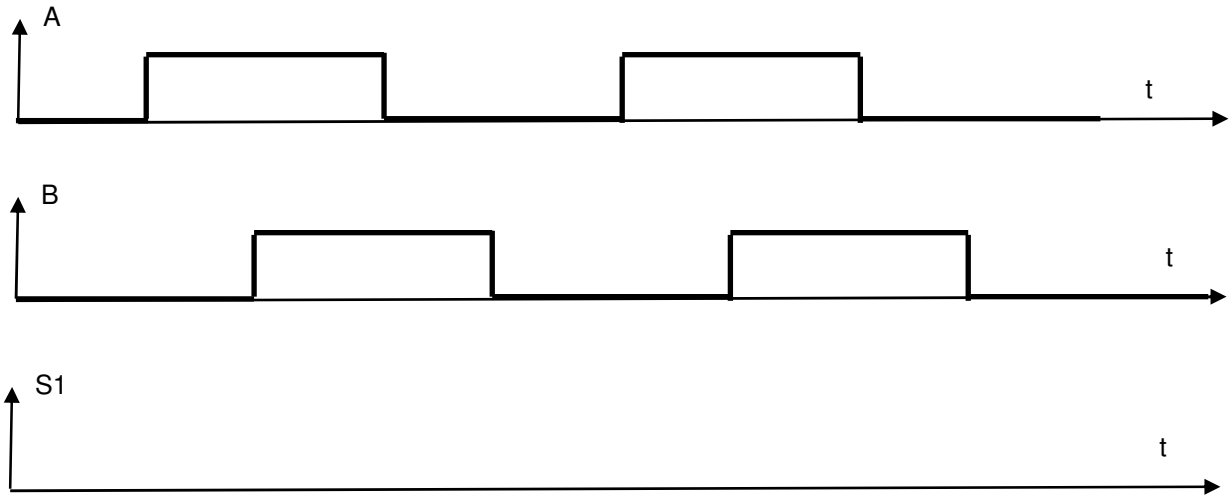


E. Document réponses 2

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

F. Document réponse 3

Rotation sens 1 :



Rotation sens 2 :

