



ROBOT ERICC 3

CI5 : Améliorer et prévoir les performances des chaînes fonctionnelles asservies.

À l'issue des TP de ce Centre d'Intérêt, les compétences acquises doivent vous permettre plus particulièrement de :

- Quantifier les performances d'un SLCI : appliquer les critères graphiques pour caractériser la stabilité ;
 - Définir l'intérêt et les limites de la correction d'un système asservi ;
 - Être capable de choisir un correcteur et de régler ses paramètres en fonction du CdC du système étudié ;
 - Mettre en évidence l'influence des corrections standard sur les performances.
-

1 Problématique

On propose ici de régler le correcteur de la chaîne d'asservissement en position de l'axe du lacet du robot 5 axes Ericc.

2 Schéma fonctionnel de l'asservissement de position de l'axe du lacet

Le schéma-bloc de l'asservissement de position de l'axe du lacet est proposé en figure 4.

Hypothèses d'étude :

- le couple résistant C_r perturbateur est supposé constant,
- les valeurs des gains du correcteur PID sont par défaut : $K_p = 1.10^6$, $K_d = 600$ et $K_i = 2.10^5$.

Notations :

- θ_{ca}° : consigne de position de l'axe lacet en degrés ;
- $\theta_{cm\ imp}$: consigne de position de l'arbre du moteur en nombre d'impulsions du codeur ;
- θ_{sa}° : position mesurée de l'axe lacet en degrés ;
- $\theta_{sm\ imp}$: position mesurée de l'arbre du moteur en nombre d'impulsions du codeur.

Caractéristiques des constituants de la chaîne fonctionnelle « axe lacet » :



FIGURE 1 – Chaîne fonctionnelle de l'axe du lacet.

- codeur : il fournit 2000 impulsions par tour de l'arbre du moteur auquel il est accouplé ;
- transmission : $\frac{\omega_{mot}}{\omega_{axe}} = \rho = \frac{1000}{3}$
- temps d'échantillonnage $T_e = 3096 \mu s$
- convertisseur numérique analogique 16 bits fournissant une tension de commande sur une plage de $\pm 10 V$ pour ± 32767 impulsions,
- commande en courant du moteur sur une plage de $[-1, 7 ; +1, 7]A$
- constante de couple du moteur de lacet : $K_m = 0,043 Nm.A^{-1}$
- inertie équivalente ramenée sur l'arbre moteur : $J = 2,09.10^{-5} kg.m^2$
- coefficient de frottement visqueux : $f = 1,17.10^{-4} N.m.s$

Q 1 : Déterminer la forme canonique de la fonction de transfert du correcteur (voir figure 2. Quel est le type de correcteur employé ?

Le moteur est piloté par une commande en courant ; son fonctionnement est régi par les deux équations :

$$C_m(t) = K_m i_m(t) \quad \text{et} \quad J \frac{d\omega}{dt} = C_m(t) - f \cdot \omega(t) - C_r(t)$$

Q 2 : Tracer le schéma blocs de commande du moteur.

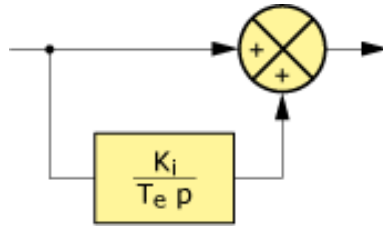


FIGURE 2 – Schema blocs du correcteur d'axe de lacet.

Compléter les trois derniers blocs du schéma-bloc figure 4.

Q 3 : Déterminer :

- * le gain K_{RC} du calculateur
- * le gain K_{CNA} du convertisseur numérique analogique
- * le gain K_l du variateur électronique
- * la valeur maximale de la consigne échelon qui permet de ne pas dépasser la valeur maximale du courant moteur (on notera que le signal renvoyé par les boucles de retour de l'asservissement est nul au début de cette phase de commande d'un échelon de position).

3 Réglage du correcteur

On propose ici d'étudier l'influence de différents réglages de correcteurs sur la stabilité, la précision et la sensibilité à une perturbation de type couple résistant.

Pour permettre l'affichage du courant moteur, une sortie de la grandeur supplémentaire a été ajoutée.

Q 4 : Ouvrir le fichier Scilab "ericc-lacet-1" et vérifier ou compléter les données saisies.

Vérifier la valeur maximale de la consigne échelon qui permet de ne pas dépasser la valeur maximale du courant moteur.

Par la suite, on étudiera le comportement du système avec :

- une consigne de position fixée à $0,4^\circ$;
- la perturbation $C_r = 0,02 \text{ N.m}$ paramétrée pour apparaître au temps $0,5 \text{ s}$;
- une durée d'étude de $1,5 \text{ s}$.

Q 5 : Dans les trois cas suivants, analyser d'une part la stabilité, d'autre part la précision sous l'influence de la perturbation de couple (C_r prenant les valeurs 0 et $0,05 \text{ N.m}$) :

- Cas 1 : pour une correction proportionnelle ($K_p = 1.10^6$) seule ;
- Cas 2 : pour une correction proportionnelle et dérivée ($K_p = 1.10^6$ et $K_d = 600$) ;
- Cas 3 : pour une correction proportionnelle, intégrale et dérivée ($K_p = 1.10^6$, $K_i = 2.10^5$ et $K_d = 600$).

(On pourra présenter les résultats sous forme de tableau).

Indiquer l'effet principal de chaque type de correction.

Conclure quant-à l'utilisation de cet ensemble de trois correcteurs dans leur configuration actuelle, vis à vis des critères de stabilité et de précision sous l'effet d'une perturbation.

Q 6 : Proposer un réglage des paramètres du correcteur permettant d'obtenir une marge de phase de 45° et une marge de gain de 10 dB .

4 Vérification expérimentale des performances du système corrigé

Il s'agit de commander plusieurs échelons de position sur l'axe de lacet (les correcteurs étant successivement activés), et d'analyser l'effet d'une perturbation de couple. *Au cas où la manipulation ne peut pas être effectuée, les copies des courbes à tracer sont données en figures 5, 6 et 7.*

Sur le système, une perturbation de couple provenant des frottements dans la chaîne cinématique existe en permanence. Néanmoins, pour mieux visualiser les effets, on exercera une légère pression manuelle sur le bras du robot pendant son mouvement.

Rappel des conditions d'étude :

- la consigne de position est de $0,4^\circ$;
- la posture initiale du robot est telle que $\theta_2 = 0^\circ$ (épaule), $\theta_3 = -90^\circ$ (coude), $\theta_4 = 0^\circ$ (poignet) qui est la posture dans laquelle a été déterminée l'inertie équivalente.

Q 7 : Placer le robot dans la posture initiale, mettre en place les valeurs de réglage des correcteurs. Lancer des échelons de position avec acquisition des courbes de position, pour chacun des cas d'étude définis précédemment.

5 Confrontation réel – expérience

Q 8 : Comparer les résultats de l'expérimentation avec ceux de la simulation,

- vis à vis de l'effet de la saturation du courant moteur sur la réponse du système réel ;
- vis à vis de l'effet des correcteurs, en particulier dans le cas n°3, lorsque tous les correcteurs sont mis en place.

6 Évolution de la modélisation

Une évolution du modèle est proposée dans le fichier "ericc-lacet-2". On propose ainsi de prendre en compte dans la modélisation, en plus de précédemment :

- la limitation du courant moteur à $1,7A$, par l'utilisation du bloc « satu » ;
- le correcteur intégral prend la forme particulière suivante donnée par la figure 3.

Q 9 : Ouvrir le fichier Scilab "ericc-lacet-2" et vérifier les données saisies.

Identifier le comportement de chacun des blocs « sat » et « rel ». Tracer le graphe du signal « rint ». En déduire que le correcteur intégral n'agit que pour les valeurs de l'écart « eps1 » inférieures à la valeur du paramètre « SI » installé dans les blocs « sat » et « rel ».

Q 10 : Pour une correction proportionnelle intégrale et dérivée par défaut, vérifier par simulation l'effet sur la stabilité et sur la précision, du nouveau correcteur intégral (on analysera simultanément l'effet des deux valeurs $SI = 0$ et $SI = 2000$).

Q 11 : Valider le nouveau modèle par comparaison avec les résultats obtenus expérimentalement.

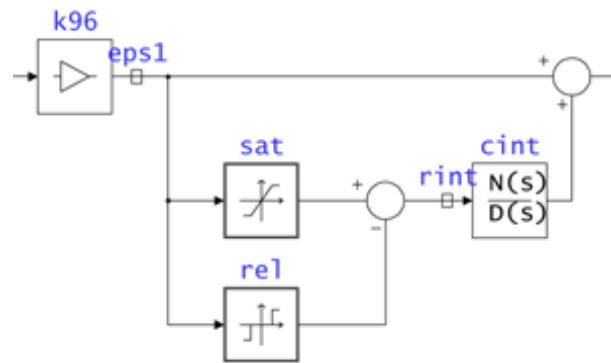


FIGURE 3 – Schéma blocs du correcteur.

Conclure quant aux qualités de ce robot en déplacement en point à point. Critiquer la solution utilisée si des contraintes de précision sur la trajectoire sont imposées.

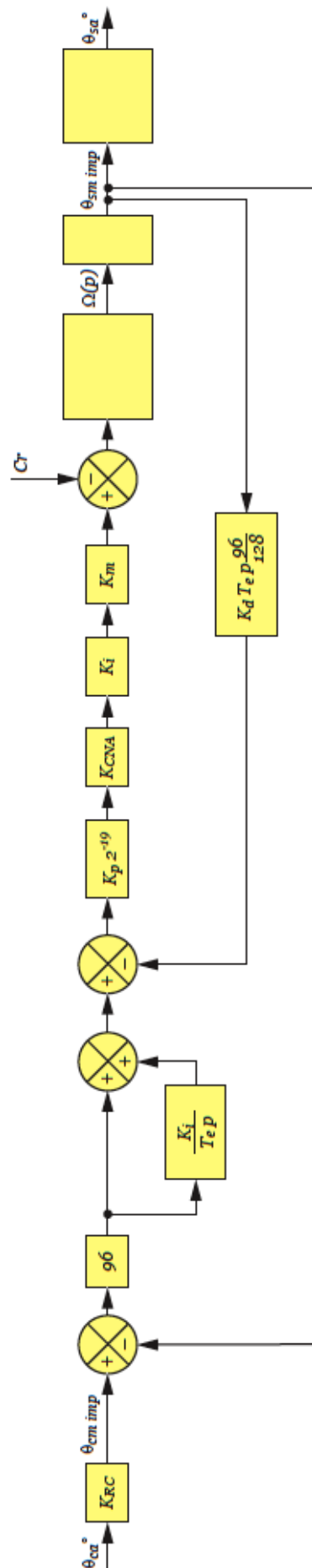


FIGURE 4 – Schéma-bloc de l'asservissement de position de l'axe du lacet.

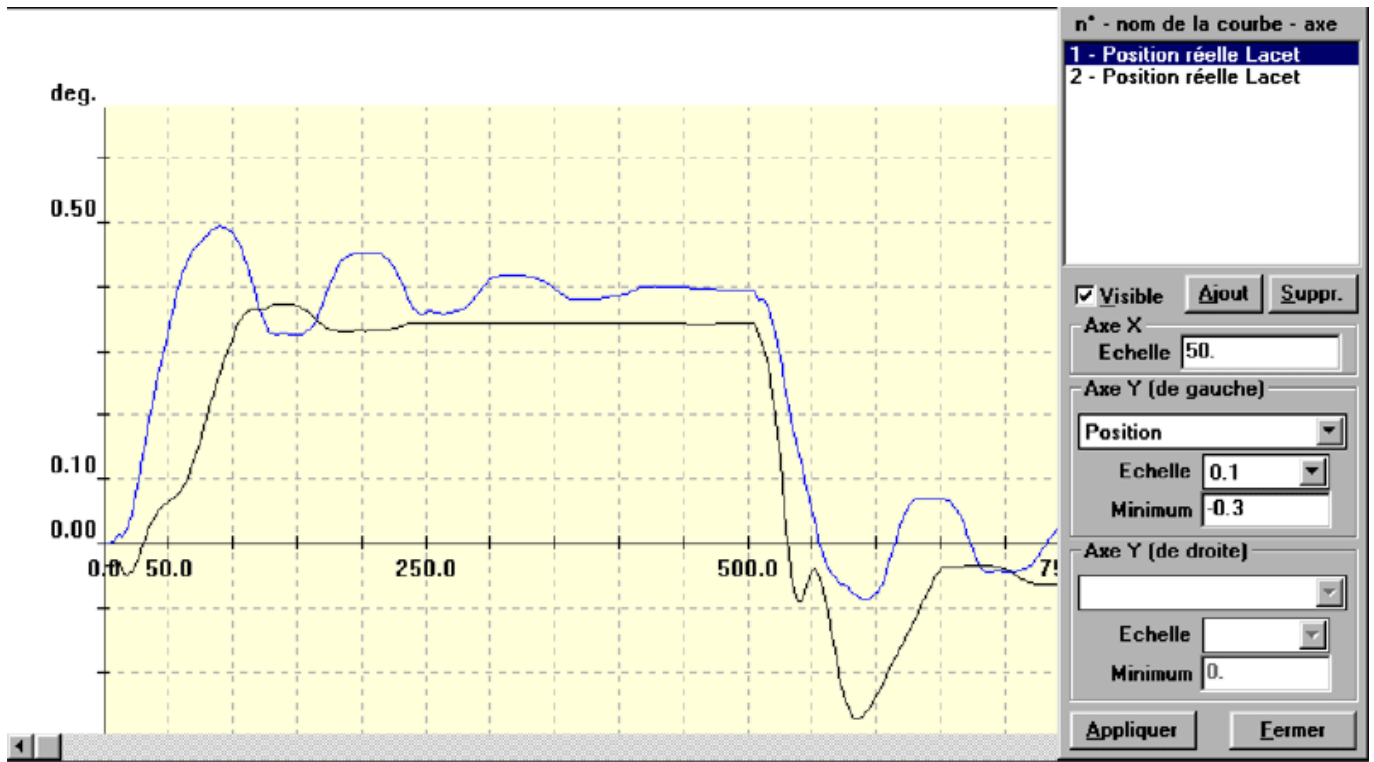


FIGURE 5 – Résultats expérimentaux – cas 1 [courbe bleue : sans perturbation ; noire : avec perturbation].

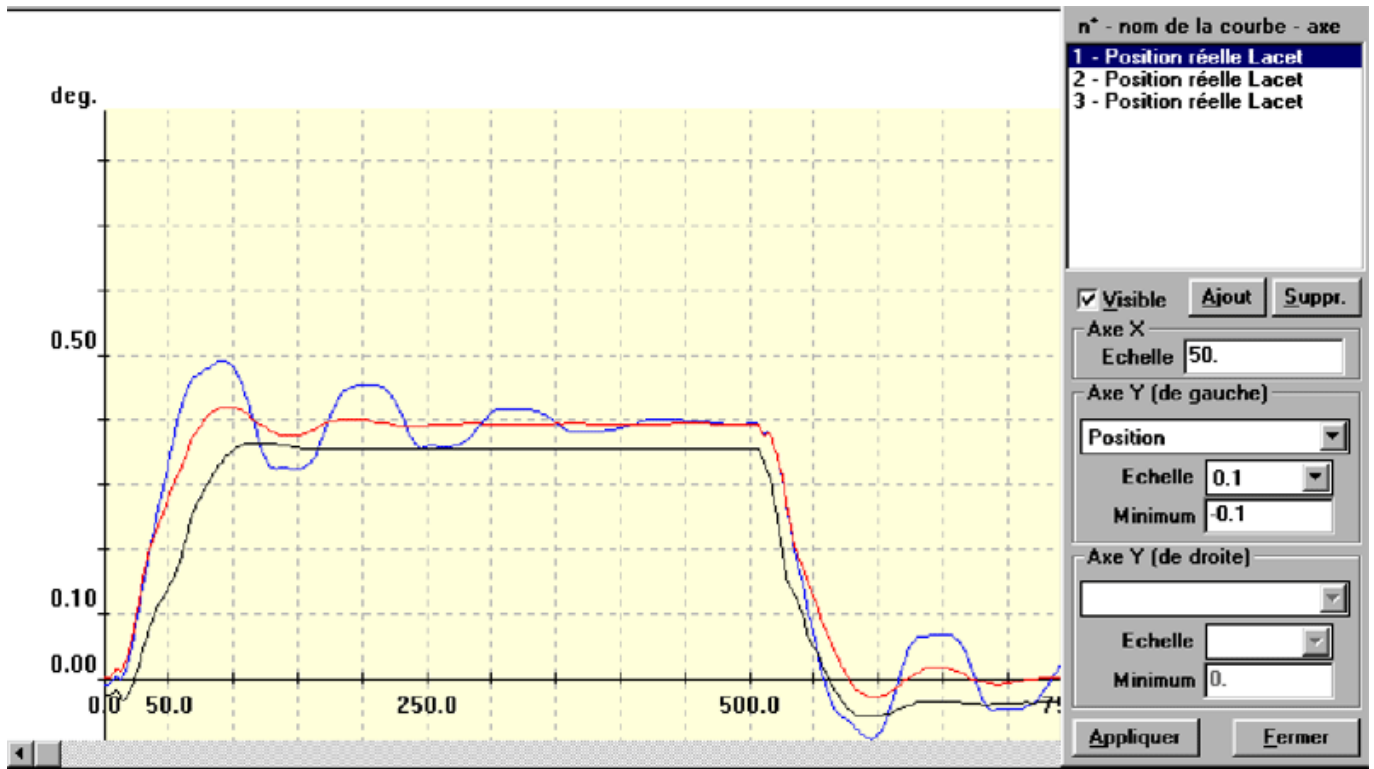


FIGURE 6 – Résultats expérimentaux – cas 2 [courbe bleue : correction P ; rouge : correction PD ; noire : PD avec perturbation].

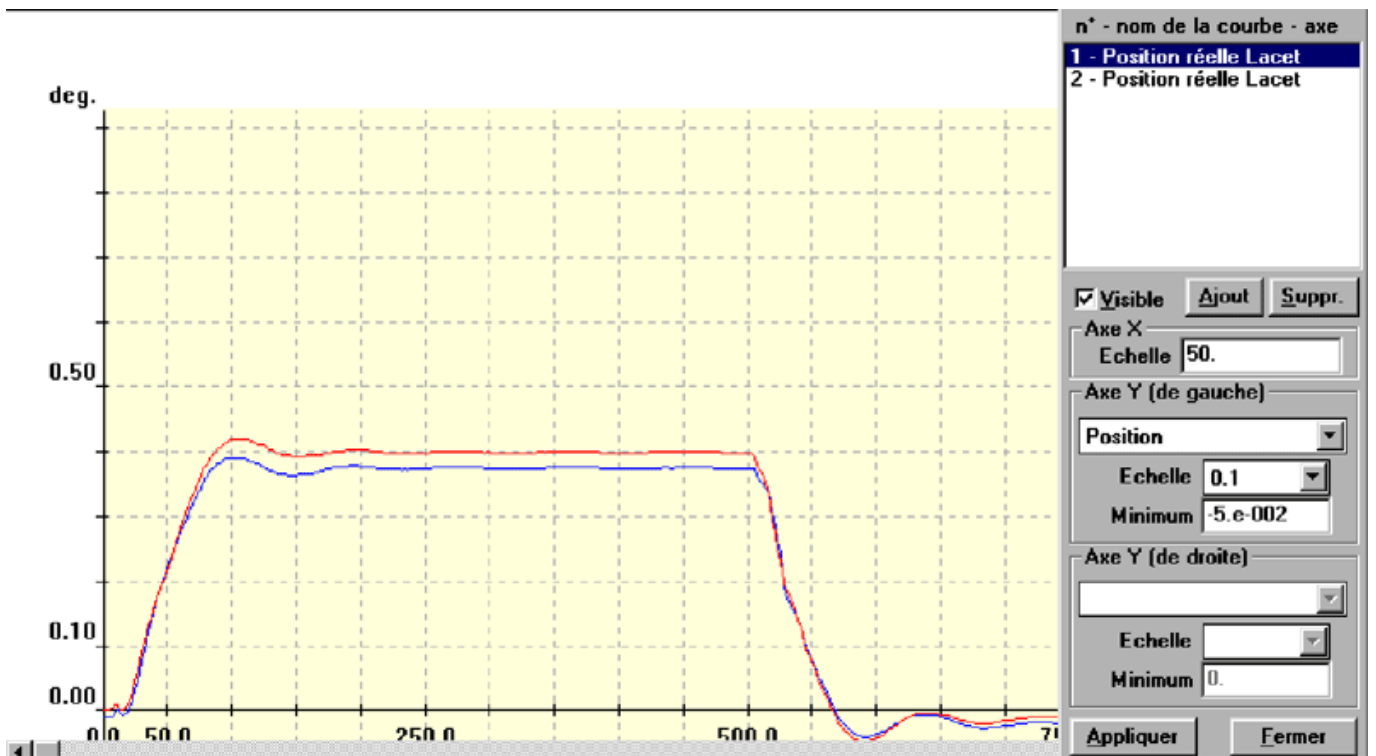


FIGURE 7 – Résultats expérimentaux – cas 3 [courbe bleue : correction PD ; rouge : correction PID].