

5. Commande du système

Calcul du régulateur

Sur la base du modèle identifié, on peut calculer par exemple un régulateur numérique R-S-T (figure 9) en utilisant le placement des pôles avec calibrage des fonctions de sensibilité (à l'aide du logiciel WinREG).

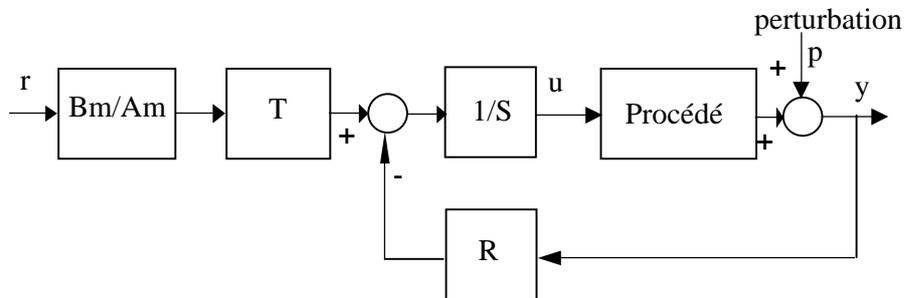


Figure 9. Régulation numérique avec régulateur R-S-T

Les spécifications considérées sont :

- Dynamique de poursuite spécifiée par un système de 2ème ordre avec $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$, $\zeta = 0.95$ (temps de montée de $\approx 430 \text{ ms}$ tenant compte du retard de $1T_e$).

- Dynamique de régulation spécifiée par deux paires de pôles caractérisés par :

pôles dominants : $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$, $\zeta = 0.8$

pôles auxiliaires : $\omega_0 = 20 \text{ rad/s}$, $\zeta = 0.8$

(La deuxième paire de pôles désirés correspond à l'amortissement par contre-réaction du mode de résonance du système).

- Marge de module : $\Delta M > 0.5$

- Marge de retard : $\Delta\tau \geq 30 \text{ ms}$ ($1T_e$)

- Parties fixes dans le régulateur :

($R = R'H_R$, $S = S'H_S$ où H_R et H_S représentent les parties fixes du régulateur)

$H_S = 1 - q^{-1}$ (intégrateur)

$H_R = 1 + q^{-1}$

Le filtre $H_R = 1 + q^{-1}$ assure l'ouverture de la boucle à $0.5f_c$. En l'absence de ce filtre, le module de la fonction de sensibilité perturbation-commande est élevé en hautes fréquences là où le système n'a plus de gain (ceci conduit à une sollicitation importante de l'actionneur sans effet sur la sortie).

Le régulateur calculé est donné dans le Tableau 3 :

REGULATEUR

```

===== Coefficients du Polynôme R(q-1) =====
* R(0) = 20.067925
* R(1) = -31.736896
* R(2) = 0.061012
* R(3) = 29.531548
* R(4) = -19.633321
* R(5) = 2.700964
===== Coefficients du Polynôme S(q-1) =====
* S(0) = 1.000000
* S(1) = -0.208473
* S(2) = -0.424148
* S(3) = -0.367379
===== Coefficients du Polynôme T(q-1) =====
* T(0) = 62.189055
* T(1) = -168.288122
* T(2) = 173.783333
* T(3) = -81.427363
* T(4) = 14.734328
===== Coefficients du Polynôme Bm(q-1) =====
* Bm(0) = 0.037272
* Bm(1) = 0.030819
===== Coefficients du Polynôme Am(q-1) =====
* Am(0) = 1
* Am(1) = -1.497434
* Am(2) = 0.565525
    
```

Tableau 3. Régulateur R-S-T

La figure 10 montre la caractéristique fréquentielle du module de la fonction de sensibilité perturbation-sortie S_{yp} (la fonction de transfert entre p et y - voir figure 9) avec le gabarit correspondant à la marge de module et la marge de gain. La figure 11 montre la caractéristique du module de la fonction sensibilité perturbation-commande S_{up} (la fonction de transfert entre p et u - voir la figure 9).

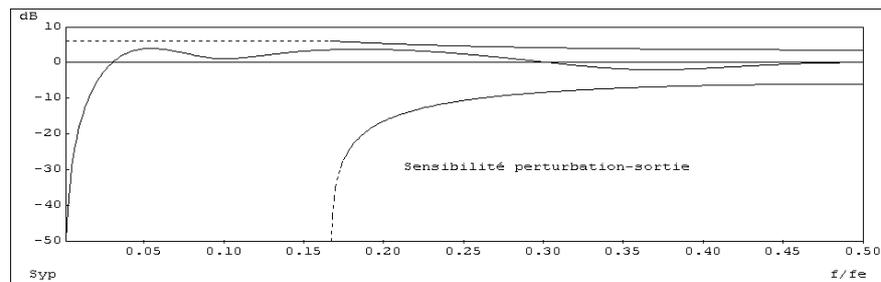


Figure 10. Fonction de sensibilité perturbation-sortie

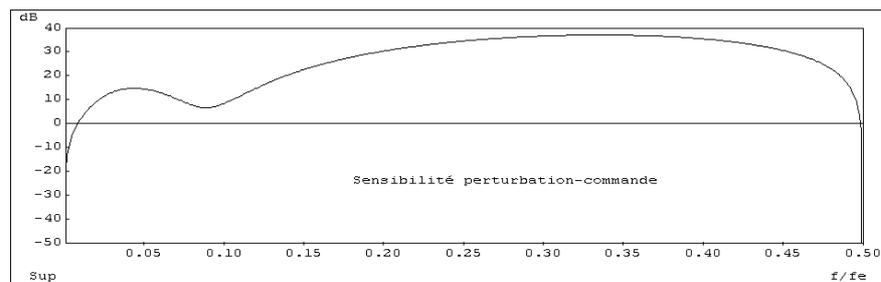


Figure 11. Fonction de sensibilité perturbation-commande

Les marges de robustesse obtenues sont :

Marge de module : 0.633.

Marge de retard : 83 ms.

Remarque : le maximum de la fonction de sensibilité perturbation-commande peut être sensiblement réduit en rajoutant trois pôles auxiliaires réels ($z_1 = z_2 = z_3 \approx 0.25$) dans les pôles désirés pour la boucle fermée.

Mise en œuvre

Le régulateur est mis en œuvre à l'aide du logiciel WinTRAC. La figure 12 illustre la réponse du système réel à des échelons de consigne ainsi que la réponse du système simulé.

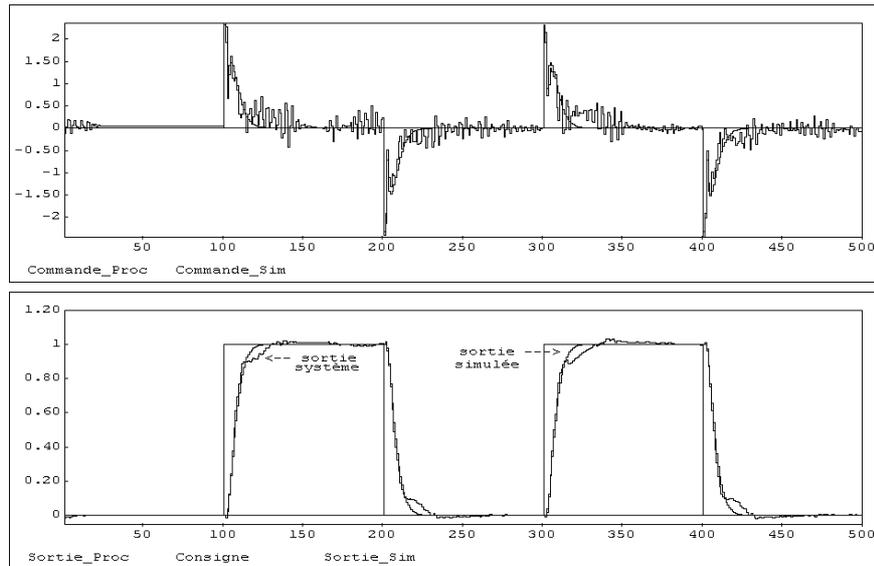


Figure 12. Réponse du système réel et du système simulé à des échelons de consigne (modèle identifié en boucle ouverte)

On constate une bonne cohérence entre les deux réponses, à l'exception de la partie finale du transitoire. Ceci est dû en grande partie à des effets parasites dues aux jeux et aux non linéarités du ressort (son amortissement dépend de l'amplitude).

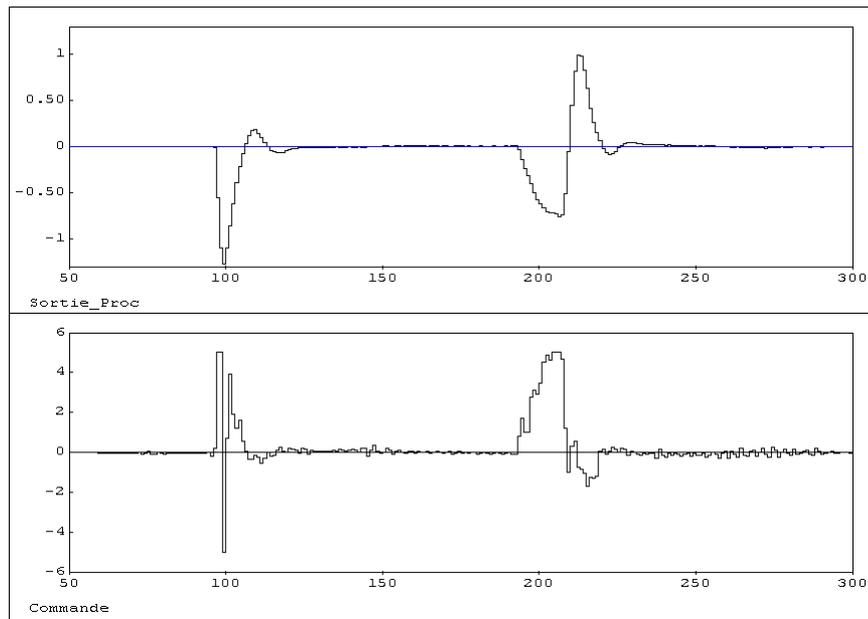


Figure 13. Réponse du système réel à des perturbations

La figure 13 illustre la réponse du système réel à une perturbation impulsionnelle de positions (entre $t \approx 90$ et 130 Te) et à une perturbation de position suivie d'un relâchement brusque (à $t \approx 210$ Te). L'amortissement par rapport à la réponse libre du système avec plate-forme bloquée (figure 5) est significatif.