

Connaissances	Systèmes asservis
Capacités	Identifier les paramètres à partir d'une réponse indicielle
Activités (1 H)	Simuler les performances du système asservi Régler les coefficients de correction proportionnelle et intégrale

Ressources documentaires	Aucune
Ressources matérielles	Micro-ordinateur avec logiciel Matlab + Simulink

Ce TP a pour objectif simuler l'influence des corrections proportionnelle et intégrale

1. PRÉSENTATION

Pour assurer au robot NAO des performances élevées, le constructeur a choisi d'asservir la position des axes de tangage et de roulis de sa cheville.

De façon à prédire les performances du mécanisme, nous nous proposons ici de constater, par simulation, l'influence des corrections proportionnelle, intégrale et dérivée sur l'asservissement de l'axe de tangage du tibia.



2. SIMULATION DE LA CHEVILLE AVEC ANIMATION

Simulink est une plateforme de modélisation et de simulation de systèmes dynamiques intégrée au logiciel *Matlab*.

☞ Copier, sur votre lecteur personnel, le dossier *TP18* présent dans le répertoire *Documents en consultation* du lecteur classe.

☞ Double cliquer sur le fichier *cheville_animee.mdl* pour l'ouvrir. Régler la commande de la position de tangage à 25°. Lancer la simulation en cliquant sur le bouton ► (*Run*) et visualiser le déplacement du tibia dans la fenêtre *Model for the machine*.

☞ Refaire la simulation avec la commande de la position de roulis réglée à 25°.

✍ Identifier sur la *figure1* l'axe de tangage et l'axe de roulis :

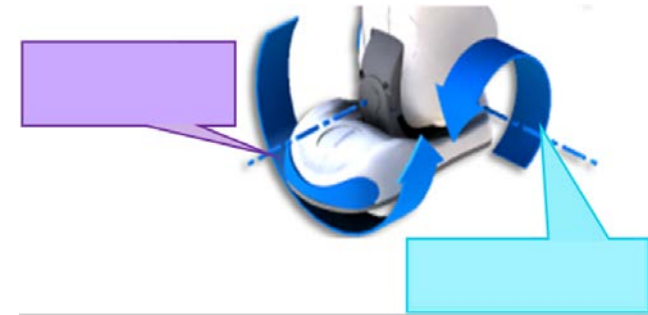


Figure 1

3. SCHÉMA BLOC DE L'ASSERVISSEMENT DE L'AXE DE TANGAGE

La *figure 2* présente le schéma bloc modélisant l'asservissement de l'axe de tangage avec le capteur situé en sortie de réducteur :

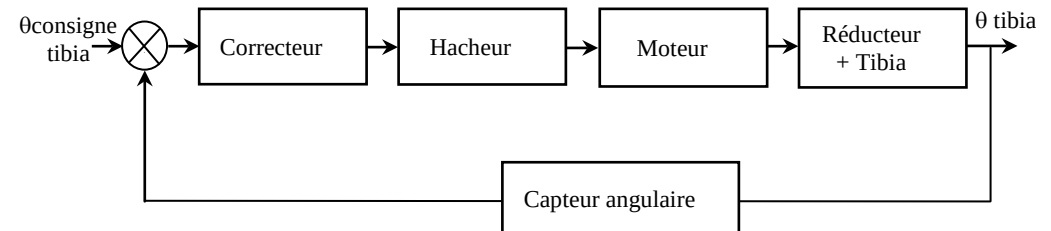


Figure 2 : schéma bloc de l'asservissement de position sur l'axe de tangage

Afin de diminuer le temps de simulation avec *Simulink*, on utilise un modèle simplifié sans la représentation 3D de la cheville. Le modèle de simulation est le suivant :

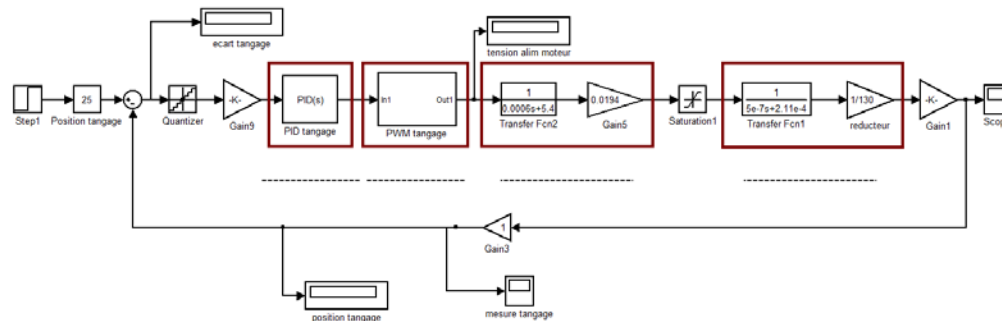


Figure 3 : modèle de simulation de l'asservissement de position sur l'axe de tangage

☞ Identifier et nommer, sur la figure 3, les différents blocs encadrés.

4. INFLUENCE DE LA CORRECTION PROPORTIONNELLE

Pour analyser l'influence de la correction proportionnelle, on observe la réponse du système à une entrée en échelon de position d'amplitude 25° sur l'axe de tangage commandé en boucle fermée avec un coefficient du correcteur proportionnel K_p variable.

4.1. SIMULATION DE L'ASSERVISSEMENT DE POSITION

4.1.1. APPLICATION DE L'ÉCHELON DE POSITION SUR L'AXE DE TANGAGE

☞ Ouvrir le fichier *cheville_schema_bloc_tangage.mdl*.

☞ Sélectionner le bloc *Position tangage*. Appliquer une entrée en échelon de position d'amplitude 25°.

4.1.2. RÉGLAGE DU GAIN DU CORRECTEUR PROPORTIONNEL

☞ Cliquer sur le correcteur. Régler le coefficient du correcteur proportionnel K_p à 50 (K_i et K_d à 0).

4.1.3. VISUALISATION DE LA POSITION DE L'AXE DE TANGAGE

☞ Régler la durée de la simulation à 0,02 s. Lancer la simulation.

☞ Double cliquer sur l'oscilloscope *mesure tangage*. Cliquer sur le bouton *parameters* Dans l'onglet *History*, décocher la case *Limit data points to last*.

☞ Ajuster l'affichage de la courbe en cliquant sur le bouton  (*autoscale*).

☞ Identifier, sur la figure 6 (page 3), la courbe correspondant à $K_p = 50$.

4.2. MESURES DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

4.2.1. PRÉCISION DU SYSTÈME

La précision caractérise l'aptitude d'un système à atteindre la valeur de sortie souhaitée. L'écart (ou erreur) entre la consigne (sortie attendue) et la sortie réelle se caractérise donc de la manière suivante :

$$\varepsilon(t) = e(t) - s(t)$$

On détermine la valeur de ε_s pour $t \rightarrow \infty$ (régime permanent)

☞ À l'aide des curseurs, mesurer la valeur finale v_f (en degrés) atteinte par l'axe de tangage. Calculer l'erreur de position ε_s . Reporter ces valeurs dans le tableau 1 (page 5).

4.2.2. RAPIDITÉ DU SYSTÈME

La rapidité est caractérisée par le temps que met le système à réagir à une brusque variation du signal d'entrée. Cependant, la valeur finale étant le plus souvent atteinte de manière asymptotique, on retient alors comme principal critère d'évaluation de la rapidité d'un système, le temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$). C'est le temps mis par le système pour atteindre sa valeur de régime permanent à $\pm 5\%$ près et y rester.

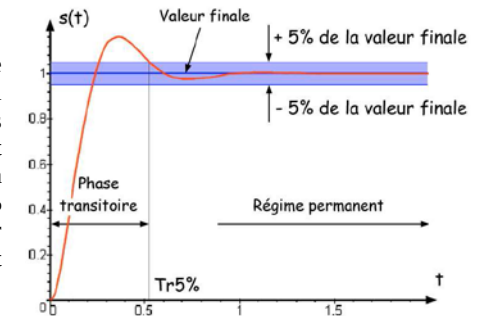


Figure 4

☞ Mesurer le temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$). Reporter cette valeur dans le tableau 1.

4.2.3. DÉPASSEMENT

Le taux de dépassement caractérise l'amplitude maximale des oscillations. Pour un système c'est le premier dépassement qui est le plus important. C'est donc celui qui est pris en compte.

On exprime le dépassement en % :

$$D1 \% = \frac{s(t_1) - s(\infty)}{s(\infty)}$$

Avec :

- $D1$: premier dépassement
- t_1 : instant du premier dépassement
- $s(\infty)$: valeur finale de la sortie.

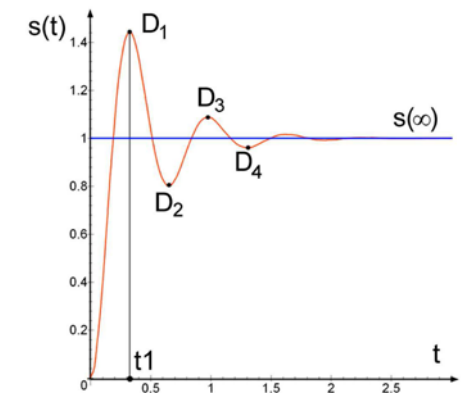
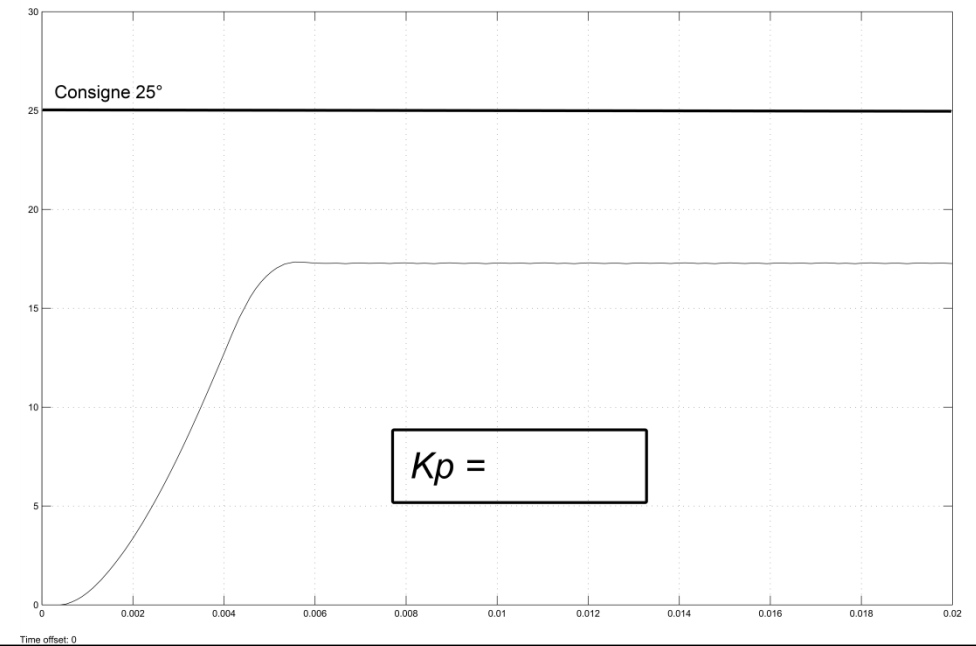
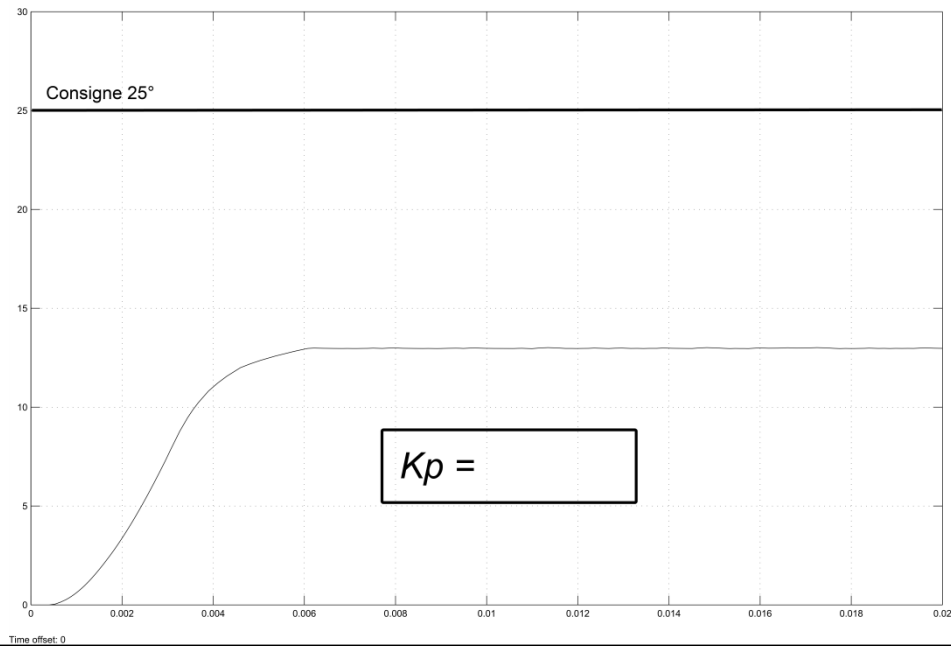
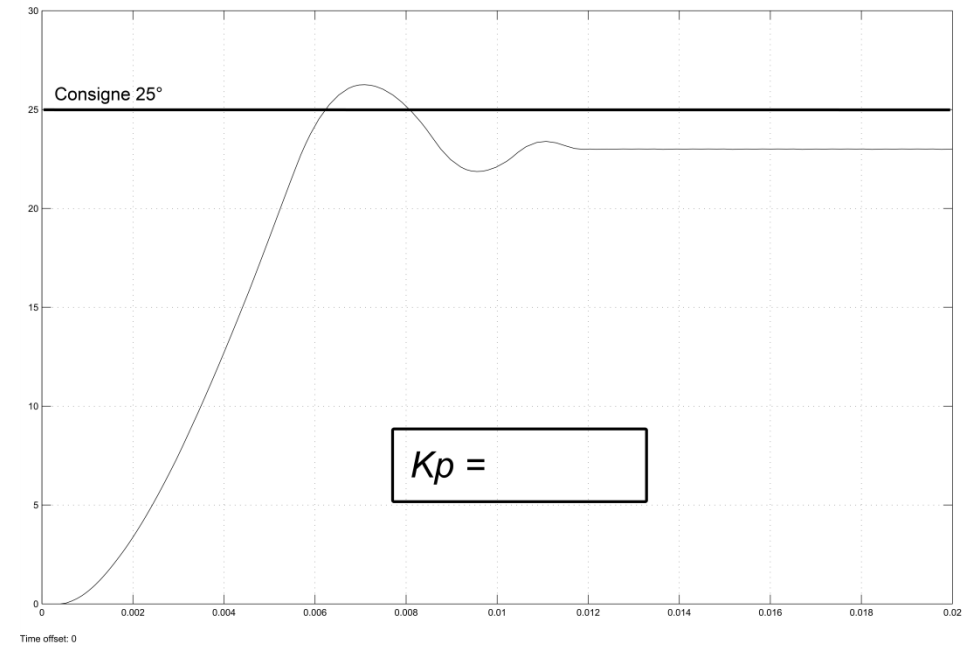
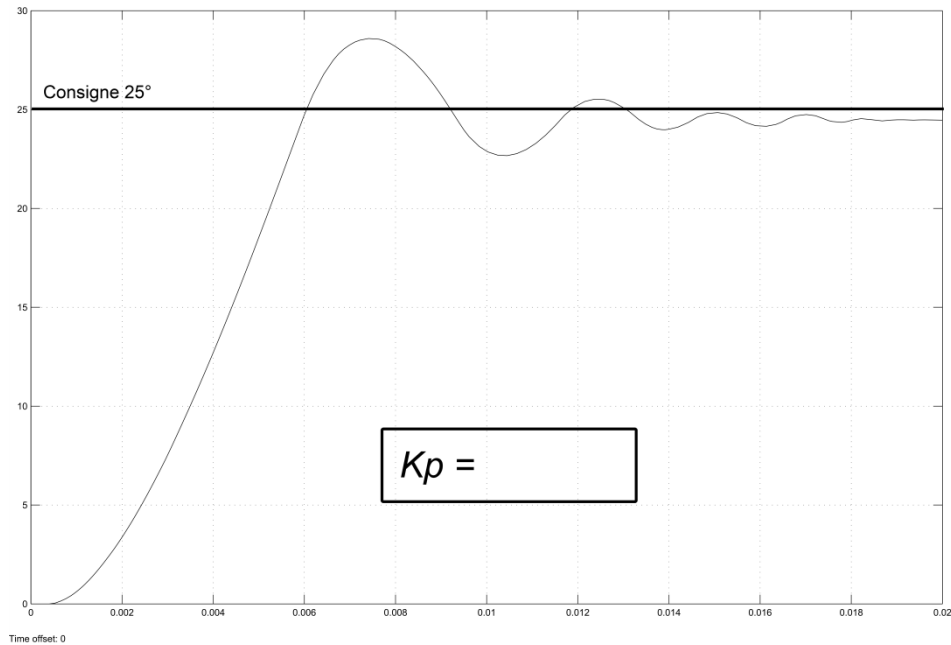


Figure 5

Figure 6 : Réponse du système à une entrée en échelon de position d'amplitude 25°, sur l'axe de tangage commandé en boucle fermée pour différentes valeurs de K_p .



4.3. MODIFICATION DU COEFFICIENT DU CORRECTEUR PROPORTIONNEL

☞ Refaire la simulation avec K_p réglé à 100, 500 et 2000.

- ✎ Pour chaque valeur de K_p :
- mesurer la valeur finale v_f (en degrés) atteinte par l'axe de tangage ;
 - calculer l'erreur de position ε_s ;
 - mesurer la valeur du premier dépassement $D1$ et exprimer cette valeur en %.
 - mesurer le temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$) ;
 - reporter les valeurs dans le tableau 1 (ci-dessous) ;
 - identifier, sur la figure 6 (page 3), la courbe correspondante.

Coefficient de correction proportionnelle K_p	Valeur finale v_f (degrés)	Erreur de position ε_s (degrés)	Dépassement $D1$ %	temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$)
50				
100				
500				
2000				

Tableau 1 : performances du système en fonction du coefficient de correction proportionnelle K_p

4.4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

✎ Lorsque K_p augmente, commenter l'évolution de la rapidité, de la précision et du dépassement :

4.5. OPTIMISATION DU CORRECTEUR PROPORTIONNEL

☞ Effectuer différents essais et ajuster le coefficient de correction proportionnelle K_p pour que la réponse du système soit la plus rapide sans dépassement de la consigne.

✎ Relever la valeur de K_p réglée. Mesurer la valeur finale v_f . Calculer l'erreur de position ε_s . Mesurer le temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$) :

5. INFLUENCE DE LA CORRECTION INTÉGRALE

5.1.1. RÉGLAGE DU GAIN DU CORRECTEUR INTÉGRAL

K_p conserve la valeur réglée au paragraphe précédent et K_d vaut 0.

☞ Cliquer sur le correcteur. Régler le coefficient du correcteur intégral K_i à 700. Régler la durée de la simulation à 3 s. Lancer la simulation en cliquant sur le bouton ►

- ✎ Pour cette valeur de K_i :
- mesurer la valeur finale v_f (en degrés) atteinte par l'axe de tangage ;
 - calculer l'erreur de position ε_s ;
 - mesurer la valeur du premier dépassement $D1$ et exprimer cette valeur en %.
 - mesurer le temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$) ;
 - reporter les valeurs dans le tableau 2 (ci-dessous).

☞ Refaire la manipulation avec K_i réglé à 1500 et 3000.

Coefficient de correction proportionnelle K_i	Valeur finale v_f (degrés)	Erreur de position ε_s (degrés)	Dépassement $D1$ %	temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$)
700				
1500				
3000				

Tableau 2 : performances du système en fonction du coefficient de correction intégrale K_i

5.2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

✎ Lorsque K_i augmente, commenter l'évolution de la rapidité, de la précision et du dépassement :

5.3. OPTIMISATION DU CORRECTEUR

☞ Effectuer différents essais et ajuster les coefficients de correction proportionnelle K_p et intégrale K_i pour que la réponse du système soit la plus rapide sans dépassement de la consigne.

✎ Relever la valeur de K_p et K_i réglées. Mesurer le temps de réponse à 5% ($T_{R5\%}$) :
