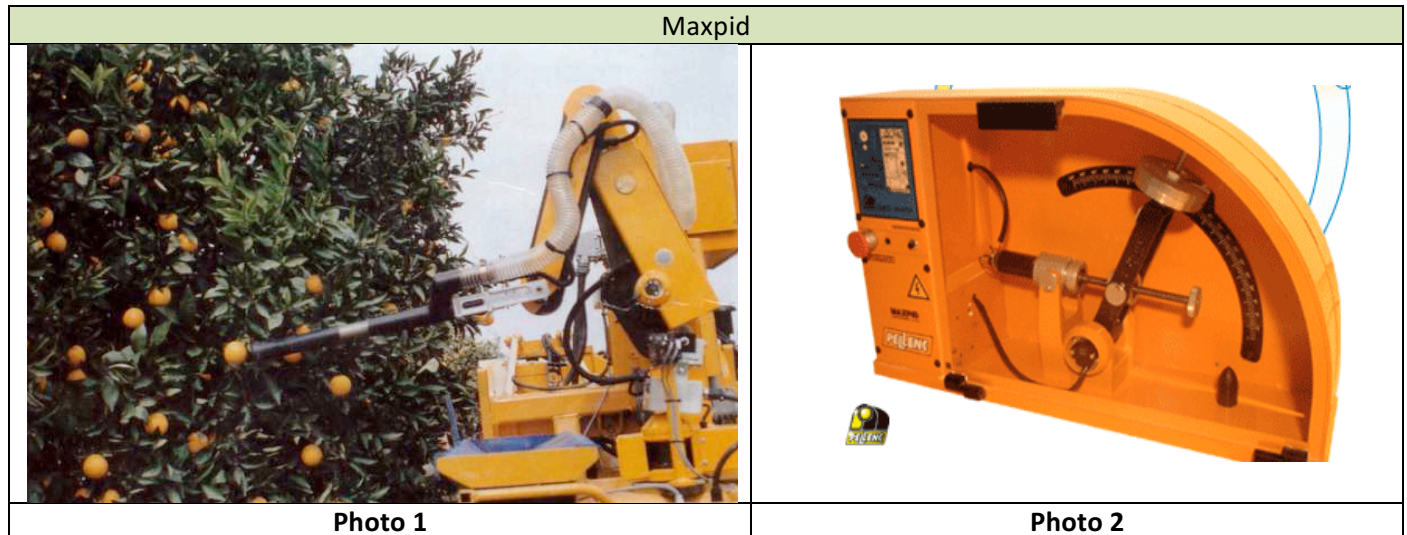


**Objectif du TP : Modélisation et correction d'un système**

**Problème technique** : L'amélioration des **performances** d'un système en termes de **stabilité, précision et rapidité** implique la présence d'un **correcteur** dans la boucle du système asservi.

**Présentation du système** : Le support du TP est un bras de robot extrait d'un robot cueilleur de fruits.

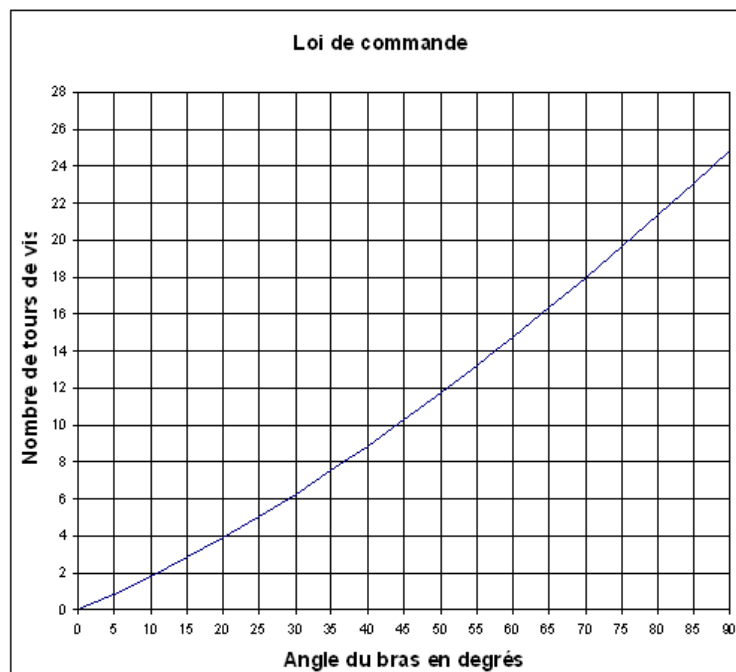


Il est composé d'un bras articulé par rapport à un bâti. Son mouvement est assuré par la rotation d'une vis à billes. Cette vis est animée d'un mouvement de rotation à l'aide d'un moteur électrique à courant continu. Un capteur mesure l'angle d'inclinaison du bras (angle figurant sur le cadran).

**Remarque** : Toutes les manipulations de ce TP se font avec le bras évoluant dans un plan horizontal

## I. Linéarité géométrique

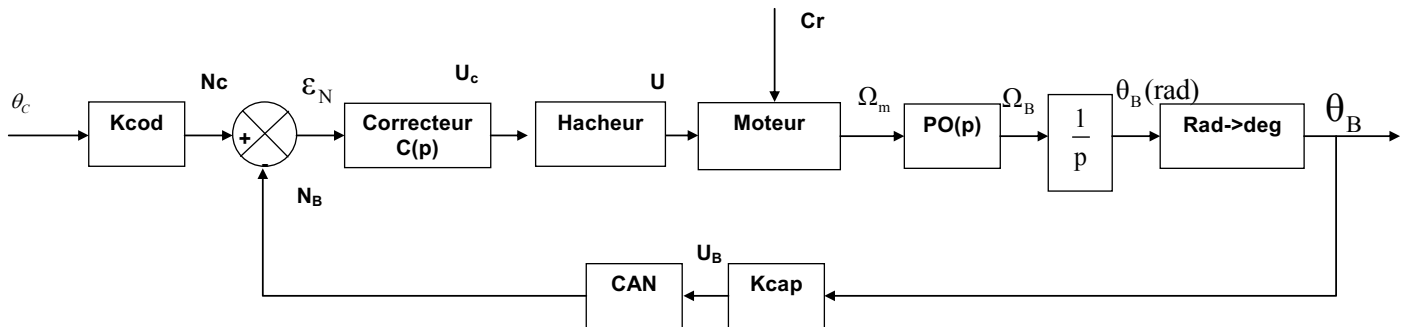
On donne ci-dessous l'évolution entre la rotation de la vis et la rotation du bras.



**Question 1.** En déduire pourquoi on ne considérera que des sollicitations du bras au-delà de 30°.

## II. Modélisation de la chaîne fonctionnelle

Le système est composé d'un correcteur, d'un hacheur, du moteur électrique et de la partie opérative modélisés par le schéma bloc suivant :



avec

### • Les blocs

- $PO(p)$  : la représentation de la partie opérative ;
- Moteur : le moteur à courant continu ;
- Hacheur : ce bloc modélise le fonctionnement du pré-actionneur de commande du moteur ;
- $C(p)$  : le correcteur P.I.D ;
- $K_{cap}$  : représente le gain du capteur potentiométrique de position angulaire du bras ;
- CAN : représente le convertisseur analogique numérique
- $K_{cod}$ , le gain d'adaptation de la consigne angulaire.

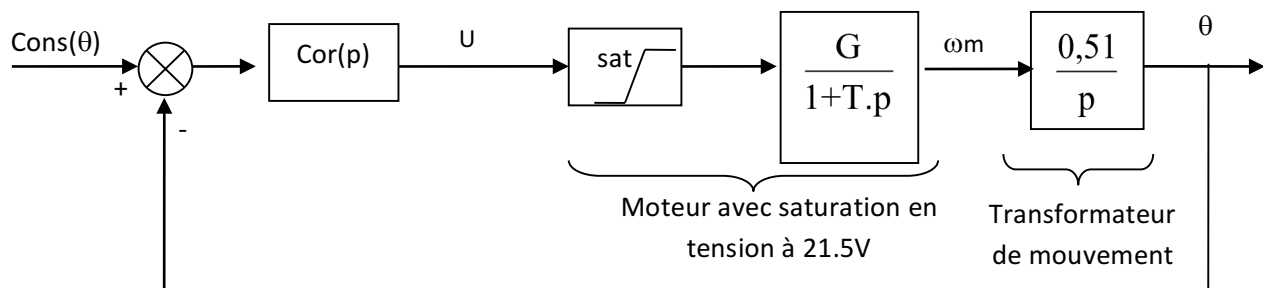
### • les informations

- $\theta_c$  : la consigne angulaire de position du bras (en degré)
- $\theta_B$  : la position angulaire du bras (en degré)
- $N_c$  et  $N_B$  les représentations numériques des deux informations précédentes ;
- $\varepsilon_N$  : l'image numérique de l'erreur angulaire ;
- $\Omega_m$  : la vitesse de l'arbre moteur (rad/s) ;
- $\Omega_B$  : la vitesse angulaire du bras (rad/s) ;
- $Cr$  le couple résistant ramené sur l'arbre moteur (Nm).

### • Loi entrée sortie

La loi d'entrée/sortie du système linéarisée dans le domaine d'étude (entre  $30^\circ$  et  $90^\circ$ ) s'écrit :  $\theta_m = 112 \cdot \theta_B - 19.5$

L'identification et la simplification du schéma aboutit au schéma bloc suivant :



### • Correcteur

Le correcteur a la forme :  $Cor(p) = P(p) + I(p) + D(p)$  avec :

- $Cor(p) = P(p) = 0,04 \cdot K_p$  ;

- $I(p)$  de la forme :  $K_i/p$  ;
- $D(p)$  de la forme :  $K_d p$ .

**Question 2.** Rappeler le modèle du moteur électrique à courant continu et justifier que l'on peut l'approximer à un système du premier ordre.

**Question 3.** Expliquer la présence de l'intégrateur dans la boucle d'asservissement.


**Lancer le logiciel Maxpid en cliquant sur l'icône du bureau. Etablir la connexion avec le robot.**



**Question 4.** Cliquer sur « Travailler avec Maxpid », puis « réponse à une sollicitation », « Echelon ». Faire un essai avec  $K_p=50$ ,  $K_i=0$  et  $K_d=0$  avec une consigne échelon de  $30^\circ$  à partir d'une position de  $30^\circ$ .

**Question 5.** Déterminer l'erreur statique. Comment expliquer qu'elle est non nulle ? Comment modifier le modèle ?

**Question 6.** Lancer MATLAB, puis Simulink en cliquant sur .

**Question 7.** Ouvrir le modèle « maxpid\_sans\_frottement.mdl » (Dans le dossier transfert). Observer le modèle et identifier chacun des blocs avec le schéma bloc. Lancer la simulation en cliquant sur  et visualiser l'évolution temporelle de l'angle du bras. Est-ce conforme à la réalité ?

**Question 8.** Ouvrir le modèle « maxpid\_frottements\_sec » » (Dans le dossier transfert) et visualiser les blocs qui ont changé. Rappeler la définition des frottements secs. Dire en quoi les frottements secs sont une non-linéarité dans le modèle.

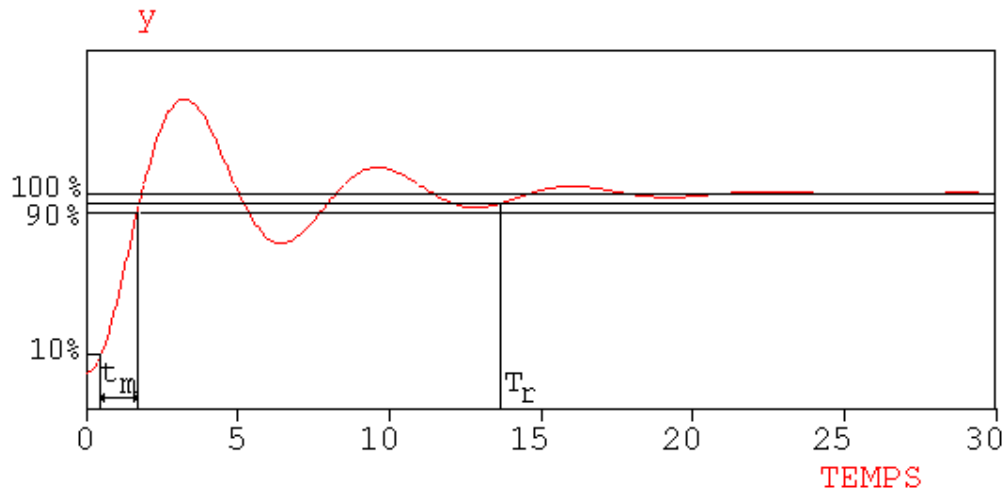
**Question 9.** Lancer la simulation et observer si l'évolution temporelle de la rotation du bras est conforme à la réalité.

### III. Etude de l'influence de la correction proportionnelle

#### 1. Essais

**Question 10.** Faire un essai sur le système réel avec les valeurs de  $K_p=20, 50, 200$  (toujours avec  $K_i=0$  et  $K_d=0$ ) et relever à chaque fois le temps de montée du système, l'erreur statique et le premier dépassement.

**Rappel :** Le **temps de montée**  $t_m$  est l'intervalle de temps séparant les instants auxquels la réponse indicielle vaut 10% et 90% de la valeur finale (ce n'est pas le temps de réponse à 5%). Que constate-t-on ?



## 2. Analyse de la réponse

### a. Influence sur le temps de montée

**Question 11.** Quelle est l'évolution du temps de montée en fonction de  $K_p$  ?

**Question 12.** Quelle est la cause de la faible variation du temps de montée ?

**Question 13.** Dans Simulink, reprendre le modèle « maxpid\_frottements\_sec.mdl ». Double cliquer sur le bloc du correcteur et modifier la valeur du gain proportionnel  $K_p$  avec les valeurs précédentes et relever le temps de montée.

**Question 14.** Effacer le bloc représentant la saturation du moteur électrique et modifier les valeurs de  $K_p$  de la même manière et relever le temps de montée. Conclure. Ne pas oublier de remettre le bloc de saturation.

### b. Influence sur l'erreur statique

**Question 15.** Quelle est l'évolution de l'erreur statique en fonction de  $K_p$  ? Conclure.

### a. Influence sur la stabilité

**Question 16.** Quelle est l'évolution du 1<sup>er</sup> dépassement en fonction de  $K_p$  ? Conclure.

## IV. Etude de l'influence de la correction proportionnelle intégrale

### 1. Essais

**Question 17.** Sur le système réel, régler la valeur de  $K_p=45$  et  $K_d=0$ . Pour des valeurs de  $K_i=0, 5, 10$ , etc ... relever l'erreur statique et le premier dépassement.

**Pour une certaine valeur de  $K_i$  apparaît un phénomène d'oscillations. Par précaution pour le mécanisme, arrêter ce phénomène en positionnant  $K_i$  à 0 dans le menu correspondant.**

### 2. Analyse de la réponse

#### a. Influence sur l'erreur statique

**Question 18.** Quelle est l'évolution de l'erreur statique en fonction de  $K_i$  ? Conclure.

#### b. Influence sur la stabilité

**Question 19.** Quelle est l'évolution du premier dépassement en fonction de  $K_i$  ? Conclure.

## I. Etude de la correction proportionnelle dérivée

### 1. Essais

**Question 20.** Sur le système réel, régler la valeur de  $K_p = 45$  et  $K_i = 0$ . Faire varier progressivement  $K_d$  avec  $K_d = 5$  puis  $K_d = 10$ . Relever à chaque fois la valeur du temps de réponse à 5% et le premier dépassement.

### 2. Analyse de la réponse

#### a. Influence sur la stabilité

**Question 21.** Quelle est l'évolution du premier dépassement en fonction de  $K_d$  ? Conclure.

#### b. Influence sur la rapidité

**Question 22.** Quelle est l'évolution du temps de réponse à 5% en fonction de  $K_d$  ? Conclure.