

## Modélisation d'un axe asservi d'un robot cueilleur de pommes

### Problématique

Le bras asservi Maxpid est issu d'un robot cueilleur de pommes. Il permet, après détection d'un fruit par un système optique, de placer précisément un dispositif de cueillette en contact avec le fruit.

La précision du positionnement du dispositif de cueillette est fondamental pour ne pas faire tomber le fruit. Il est également nécessaire, vu le grand nombre de fruits à cueillir, de déplacer très rapidement le bras de cueillette. La mise en place d'une loi de commande permettant ces performances nécessite de bien connaître l'ensemble du système Maxpid.



**L'objectif du travail proposé est de mettre en place un modèle de l'axe asservi Maxpid pour pouvoir ensuite développer une commande précise et rapide (dans un autre TP).**

### Organisation de la séance

**A la fin de la séance, vous devez obtenir une courbe qui représente l'évolution de la position du bras en réponse à un échelon de consigne qui soit proche de celle obtenue expérimentalement.**

Les objectifs de la séance sont :

- Mettre en place un modèle du système à partir de son architecture
- Utiliser des modèles de connaissances pour déterminer les caractéristiques de certains constituants
- Réaliser quelques expérimentations et en déduire des modèles de comportement
- Lancer une simulation et valider le modèle puis répondre à la problématique.

Sur votre PC, lancer le logiciel Scilab puis le module Xcos . Dans la fenêtre sans titre, cliquer sur Fichier/Ouvrir et sélectionner le fichier « modele\_maxpid\_vide.zcos ».

Ce modèle contient l'ensemble des constituants du maxpid utiles vis à vis de la fonction positionner le bras. Chaque composant nécessite un paramétrage. La plupart des blocs sont déjà renseignés. Les seuls blocs non paramétrés sont ceux que vous déterminez dans le tp.

Pour renseigner les valeurs manquantes, il suffit de faire un clic droit sur le fond d'écran et cliquer sur Modifier le contexte puis mettre des valeurs différentes de 1 pour les quelques constantes déterminées dans les autres parties ou de modifier directement les paramètres de chaque bloc concerné en double cliquant sur les blocs.

Afin de ne pas faire intervenir les actions de pesanteur, toutes les manipulations seront effectuées alors que le Maxpid est position horizontal, c'est à dire couché sur la table.

Une fois que vous aurez répondu à toutes les questions du TP, il vous suffira de renseigner les valeurs numériques des constantes dans les blocs étudiés et lancer une simulation en cliquant sur le bouton .

### Partie A - Expérimentations, modèles de comportement

#### Manipulation n° 1 - Petits déplacements autour de 20°

**Si le Maxpid n'est pas en position horizontale, couchez-le délicatement sur la table en faisant attention aux câbles et connections.**

**Vérifier que le système est allumé (sinon appuyer sur le bouton situé sur le côté gauche du Maxpid).**

Sur l'ordinateur, lancer le logiciel de pilotage et de mesure en exécutant « Maxpid ». Dans le menu , sélectionner « Travailler avec Maxpid » : .  
Sélectionner ensuite « Réponse à une sollicitation ».

La zone consigne permet de choisir l'amplitude de l'échelon de consigne :

La *fenêtre centrale* permet de choisir les signaux à visualiser :

- la consigne
- la position angulaire du bras
- la tension d'alimentation du moteur (*commande*)
- le courant moteur (*courant*)
- la vitesse de rotation du bras (*vitesse axe*, pour l'afficher, il est nécessaire d'afficher également la position du bras)
- la vitesse de rotation du moteur (*moteur*).

La zone « *Réglage acquisition* » permet de choisir la durée de l'acquisition (la fixer entre 1 et 2s si se n'est pas le cas). Le plan d'évolution et la masse n'ont pas d'influence sur la mesure.

Positionner le bras à 90°. Activer la visualisation de la vitesse du moteur, de la position du bras, de la commande et de la vitesse du bras.

Lancer un essai avec un échelon de consigne de 10°

La vitesse de rotation du bras  $\omega(t)$  dépend de la vitesse de rotation du moteur  $\omega_m(t)$  ainsi que de la position dans laquelle se trouve le mécanisme. Cependant, pour des petites variations, le rapport  $\frac{\omega(t)}{\omega_m(t)}$  peut être considéré comme constant.

*A partir de l'essai précédent, déterminer le rapport  $k_{ciné}$  entre les vitesses de rotation du bras et du moteur*

*Renseigner les valeurs du bloc représentant la chaîne cinématique dans le logiciel Xcos en double cliquant sur ce bloc.*

La tension d'alimentation du moteur est générée par la carte de commande à partir de l'écart entre la consigne et la position réelle du bras. Cet écart est ensuite amplifié. Cependant, il ne peut pas dépasser une valeur limite  $U_{max}$  ni descendre en dessous de la valeur  $-U_{max}$

*Comment désigne-t-on ce phénomène ? Identifier le et déterminer la valeur  $U_{max}$  à partir de l'essai précédent.*

*Ce phénomène est modélisé dans Xcos par le bloc . Renseigner les paramètres de ce bloc en double cliquant dessus.*

## Partie B - Détermination de constantes par modèle de connaissance

Le comportement du moteur à courant continu du Maxpid régi par les équations suivantes :

$u(t) = R_m i(t) + L_m \frac{di(t)}{dt} + k \omega_m(t)$  où  $u(t)$  est la tension aux bornes de celui-ci et  $i(t)$  l'intensité le parcourant, tandis que  $\omega_m(t)$  est la vitesse angulaire de l'axe moteur.  $R_m$ ,  $L_m$  et  $k$  sont des constantes caractéristiques du moteur.

Le couple moteur est donné par  $C_m = k i(t)$ . Il s'exprime en Newton.mètre. Les constantes du moteur sont données dans la documentation constructeur, reproduite en dernière page de ce TP.

**A partir de la documentation du constructeur, et, si nécessaire en vous aidant d'une analyse dimensionnelle, déterminer les valeurs numériques (en unité SI) de  $R_m$ ,  $L_m$  et  $k$ .**

L'équation de dynamique du bras Maxpid est la suivante :  $J \frac{d\omega_m}{dt} + f \omega_m = C_m - C_r$  où  $J$  est appelée l'inertie équivalente,  $f$  est un coefficient de frottement visqueux et  $C_r$  un couple résistant dû aux frottements secs.

L'analyse du régime transitoire de l'essai n°1 permettrait de déterminer  $J$  qui dépend du mécanisme mais également des masses additionnelles que l'on peut fixer sur le bras.

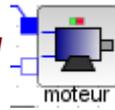
On prendra donc les valeurs suivantes :

$J = 5 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  lorsque qu'aucune masse additionnelle n'est fixée sur le bras.

On ajoutera  $0,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  pour chaque masse supplémentaire.

Dans un premier temps, les frottements seront négligés. On considérera donc que  $f = 0$  et  $C_r = 0$

**Renseigner les valeurs du bloc représentant le moteur du Maxpid dans le logiciel Xcos en double cliquant sur ce bloc ou en faisant un clic droit sur le fond de l'écran puis modifier le contexte.**



## Partie C - Élaboration du schéma-bloc acausal du Maxpid

Dans cette partie, vous allez devoir finir de mettre en place le schéma-bloc en reliant les blocs correctement.

**Rappel :** deux connecteurs n'ayant pas la même forme et pas la même couleur (peu importe s'il est plein ou vide) ne peuvent pas être reliés ensemble (sous peine d'un message d'erreur incompréhensible lors de la simulation !).

Attention : si vous reliez mal les blocs entre eux, la simulation ne se fera pas (message d'erreur).

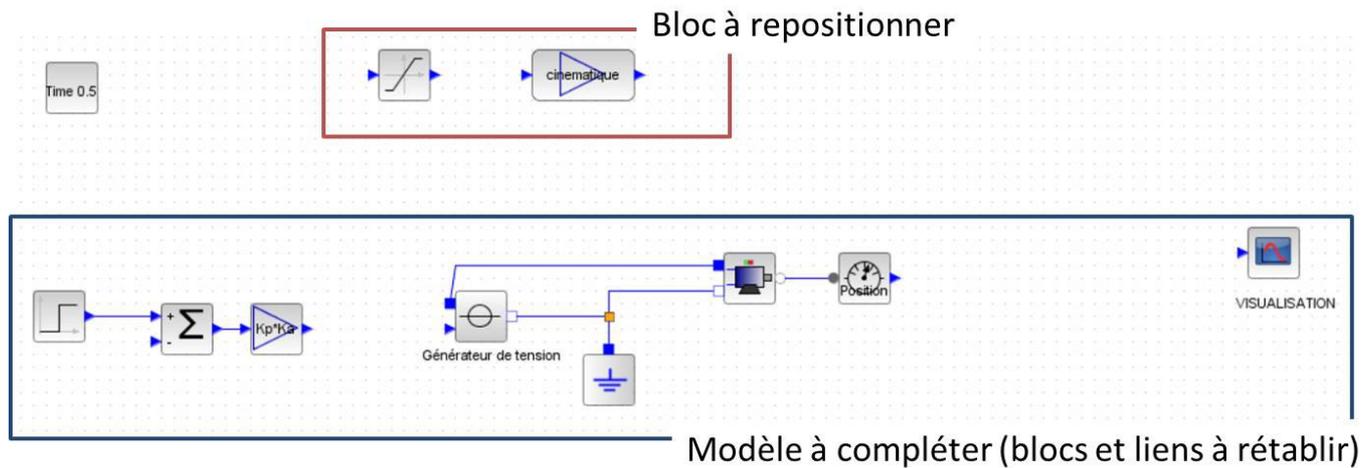
La désignation des différents blocs intervenant dans le modèle acausal de la cordeuse est décrite dans le schéma-bloc. Ce modèle acausal est très proche de la représentation par chaînes d'énergie et d'information.

Le fonctionnement du Maxpid est rappelé ici :

L'utilisateur rentre une consigne de déplacement. L'écart entre la consigne et la position réelle du bras (mesuré par un capteur potentiométrique) est traité et amplifié par la carte de commande qui délivre alors la tension d'alimentation du moteur. La rotation du moteur est transformé en rotation du bras par l'ensemble de la chaîne cinématique.

**A partir de la description précédente, identifier les différents éléments sur le système Maxpid et proposer un schéma des chaînes fonctionnelles d'énergie et d'information.**

**Dans le logiciel Xcos, déplacer les blocs et les relier entre eux de manière cohérente (respecter les couleurs des connecteurs peu importe s'ils sont pleins ou vides).**



*Vous pouvez ajouter si nécessaire des scopes pour visualiser les différents signaux.*

*En comparant les résultats de cette simulation et d'une expérience, montrer que ce modèle est peu satisfaisant.*

## Partie D - Amélioration du modèle : prise en compte du frottement

Afin d'améliorer le modèle, l'objectif de cette partie est de prendre en compte les frottements qui ont été négligés dans la partie B.

Le modèle dynamique du Maxpid peut se mettre sous la forme  $J \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_{frot}(t)$  où  $C_{frot}(t) = C_r + f \omega_m(t)$  et représente les frottements « vus » par le moteur.

Il est possible de déterminer expérimentalement le couple résistant  $C_r$  et le coefficient de frottement visqueux  $f$ .

### Manipulation n°2 - Commande en trapèze de vitesse

Dans le logiciel de pilotage du Maxpid, choisir « Trapèze de vitesse » dans la zone sollicitation.

Ce type de sollicitation permet d'obtenir une vitesse du bras qui augmente linéairement, puis reste constante avec de décroître linéairement. Les paramètres sont réglables en cliquant sur le bouton .



Paramètres du trapèze de vitesse

Activer la visualisation de la vitesse du moteur et du courant moteur puis lancer un 1<sup>er</sup> essai avec les paramètres par défaut.

Au cours de cet essai, on peut identifier au moins un instant où le terme  $\frac{d\omega_m(t)}{dt}$  s'annule.

Que devient alors l'équation  $J \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_{frot}(t)$  ?

Rappel : pour un moteur à courant continu le couple moteur peut être estimé à l'aide du courant car  $C_m = k i(t)$ .

A partir de quelques essais avec des sollicitations en trapèze de différents paramètres, tracer la caractéristique du couple de frottement  $C_{frot}$  en fonction de la vitesse de rotation du moteur.

Estimer alors le couple résistant  $C_r$  et le coefficient de frottement visqueux  $f$ .

Modifier alors le schéma Xcos pour tenir compte des frottements en intercalant entre le moteur et son

capteur de position un bloc  que vous trouverez dans la palette (Vue / Navigateur de palettes) SIMM/Mecanique/Rotation 1D/ Basique/ Rotationnel friction.

Renseigner les paramètres de ce bloc.

## Synthèse

Après avoir renseigné les différentes constantes dans le schéma-bloc complet et lancer une simulation, comparer expérimentalement et en simulation le déplacement du bras pour une consigne en échelon de 15°. Le modèle ainsi obtenu permettra de régler la loi de commande afin d'obtenir un positionnement précis et rapide du bras si ce n'est pas encore le cas.

*Annexe - Documentation du moteur du Maxpid (moteur 118778)*