

Bras de robot Maxpid : identification temporelle de la fonction de transfert



Introduction et présentation importante : modèles de comportement et connaissance

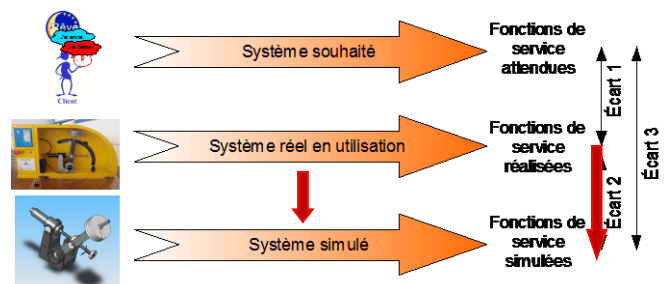
Modéliser un système c'est proposer une représentation **simplifiée** de ce système et qui s'en rapproche suffisamment pour pouvoir l'étudier. **Il existe deux types de modèles.**

- **Le modèle physique** (ou modèle de connaissance) : il vous est familier car il est réalisé **grâce aux lois physiques** qui régissent son comportement (loi des mailles, loi des nœuds, PFD, champ des vitesses...). Par exemple c'est ce que nous faisons quand on modélise le comportement du moteur à courant continu par application de la loi des mailles aux composants électriques fondamentaux qui le modélisent, puis du PFD à son rotor.
- **Le modèle de comportement** : il est réalisé par **observation du système réel**. Il est souvent utilisé pour modéliser les systèmes complexes multiphysiques pour lesquels la résolution du problème posé par l'application des lois physiques est difficile voire impossible. Dans ce cas on observe le comportement global du **système réel**, par manipulation en laboratoire, et on **choisit un modèle de comportement**, qu'on quantifie ensuite.

Si l'objectif de l'identification est de déterminer une fonction de transfert, on rappelle que vous connaissez six modèles fondamentaux de caractérisation des systèmes linéaires : proportionnel, intégral, 1^{er} ordre, 2^{ème} ordre (pour un 2^{ème} ordre : trois comportements possibles).

**MODELISER C'EST CHOISIR.
CHOISIR C'EST JUSTIFIER.**

Durée : 2h00



Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

Lire tout le sujet (« Travail au laboratoire »)



Répondre aux questions suivantes :

- a. Rappeler la fonction de transfert d'un système du 1^{er} ordre. Donnez le nom de chaque variable et leur unité.
- b. Rappelez l'expression de $T_{r5\%}$ et de la valeur finale S_f . Rappelez la valeur de la sortie $s(t)$ atteinte à $t = \tau$.
- c. Rappeler la fonction de transfert d'un système du 2^{ème} ordre. Donnez le nom de chaque variable et leur unité.
- d. Pour un régime pseudo périodique rappelez la définition du dépassement et du dépassement relatif. Donnez l'expression du dépassement relatif.
- e. Donnez l'expression de la pulsation propre en fonction de la pulsation propre du système non amorti.

TRAVAIL AU LABORATOIRE

AVERTISSEMENT

VOUS DEVEZ DEPLACER TOUT DOCUMENT NUMERIQUE MODIFIABLE DANS UN DOSSIER PERSONNEL AVANT OUVERTURE ET MODIFICATION.

Votre travail comportera trois parties :

- PARTIE 1 : identification de deux fonctions de transfert de Maxpid selon deux réglages de correction PID
- PARTIE 2 : comparaison de la réponse expérimentale avec la réponse identifiée par superposition des courbes avec Python.
- PARTIE 3 : Identification du moteur seul de Maxpid

PARTIE 1 : Identification du système complet asservi

1. Identification : modèle de comportement

- Identification de Maxpid **avec trois masses fixées en bout de bras** (appelez le professeur pour la fixation).
- Maxpid **posé sur la table** en situation **horizontale**.
- Ouvrir le logiciel applicatif Maxpid : « *Travailler avec Maxpid / Réponse à sollicitation* ».
- Consigne échelon à imposer : **environ 80°** (environ de 5° à 85°)
- Durée d'acquisition : **2000 ms... A ADAPTER POUR BIEN VOIR LA COURBE !**
- Courbes à afficher : la position consigne et la position du bras

Maxpid à identifier dans deux configurations de correction (PID) différentes :

Configuration	Correction PID		
	Correction Proportionnelle	Correction Intégrale	Correction Dérivée
1	Kp=5	Ki=0	Kd=0
2	Kp=70	Ki=15	Kd=0

Utiliser le diaporama fourni « **Identification des systèmes - Méthode** » qui va vous aider dans cette tâche.

Faire une copie d'écran de chaque réponse pour comparaison ultérieure avec la simulation.

Vous avez deux identifications à effectuer, donc deux fonctions de transfert à déterminer : $H_1(p)$, $H_2(p)$.

PARTIE 2 : Comparaison modèle/réel pour le système complet

→ **Un étudiant par PC** : dans cette partie chaque étudiant est sur son propre PC de la zone « informatique » du labo.

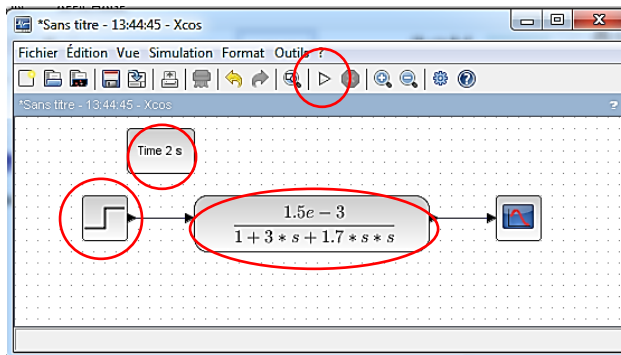
2. Comparaison réel ↔ modèle

Simulation du modèle de comportement



Sur un PC de la partie « informatique » du labo, pas sur le PC qui pilote Maxpid : ouvrir le document Scilab « *Simul-Maxpid* ».

Modifier la fonction de transfert en double cliquant sur le bloc : saisissez la FT calculée. Lancer la simulation. Observer la courbe. Comparer visuellement avec la courbe « réelle » issue de l'expérimentation.



Faire ceci pour les deux essais.

Observez pour chaque courbe : la courbe expérimentale et la courbe simulée.

Décrivez les différences s'il y en a : comparer qualitativement l'allure des courbes.

Comparaison quantitative rigoureuse des courbes

Pour chacune des deux identifications i : vous allez afficher la courbe réelle et la courbe simulée sur le même graphique avec un code Python.

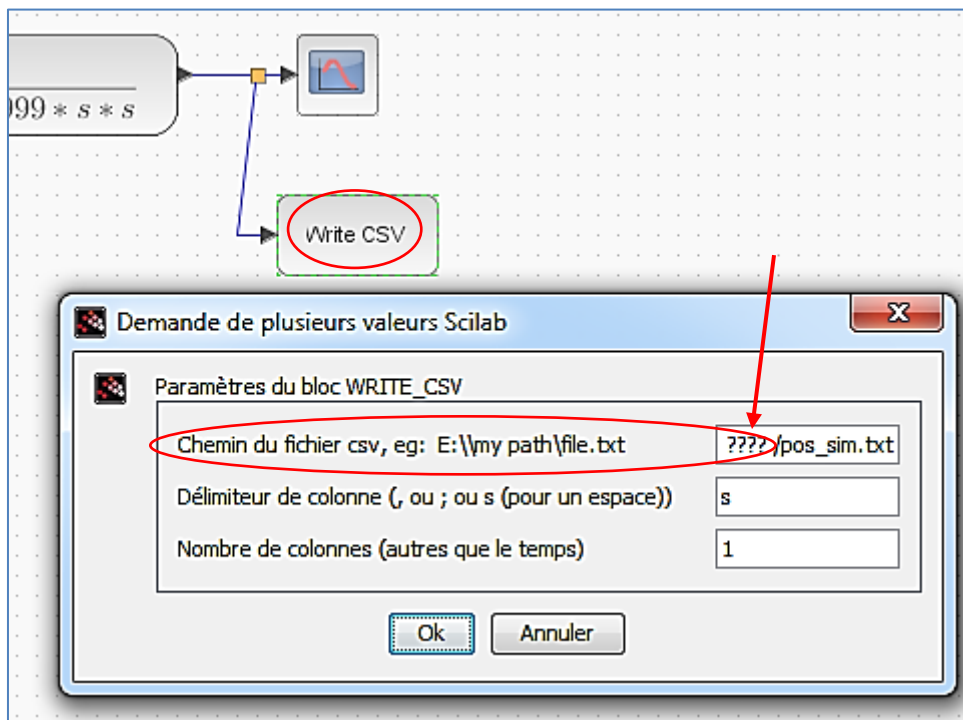


Il est possible de sauvegarder les données acquises lors d'un essai sur Maxpid et dont vous voyez les courbes (angle bras, tension, intensité, vitesses) sur un fichier « .txt ».

Pour vous faire gagner du temps, le fichier avec toutes les données de l'essai n°2, avec réglage PID $K_p=70$, $K_i=15$, $K_d=0$ a déjà été extrait et est disponible : « *essai-PID-70-15-0.txt* ». Il est prêt pour récupération des données dans un code Python.

Il ne reste plus qu'à récupérer les données issues de votre simulation Scilab de l'essai n°2.

1. Le fichier de la position simulée s'appellera « *pos_sim.txt* »
2. Double-clic sur bloc « Write CSV » : saisissez le chemin du dossier personnel dans lequel vous travaillez actuellement.



3. Lancer à nouveau la simulation : le fichier texte est créé dans votre dossier perso. Les données de position du bras sont écrites dans « *pos_sim.txt* ». Allez voir.

Il n'y a plus qu'à afficher les deux courbes de l'angle du bras (simulée et expérimentale) avec Python à partir des deux fichiers texte.

Ouvrir le fichier Python « *Identif_comparaison_sim-exp* ». Ce code va vous permettre d'afficher les deux courbes, expérimentale et simulée, sur la même figure pour pouvoir comparer les modèles expérimental et simulé.

4. Saisir le chemin d'accès à vos fichiers.

```

6 import numpy as np
7 import os
8
9 import math as ma
10
11 #####
12 # chemin d'accès aux fichiers à définir
13 os.chdir(r".....CHEMIN A SAISIR.....") #Chemin d'accès aux fichier à saisir
14
15
16
17 ## Données issues de l'experimentation réglage PID 70-15-0
18 # Ouvrir le fichier des points mesurés sur un essai
19 fichier = open("essai-K-70-15-0.txt", "r")

```

5. Vérifier que les fichiers indiqués correspondent aux noms des fichiers de données expérimentales et simulées... on sait jamais !

```

## Données issues de l'experimentation réglage PID 70-15-0
# Ouvrir le fichier des points mesurés sur un essai
fichier = open("essai-K-70-15-0.txt", "r")
# Lire la première ligne : nom des variables et unités
variable1 = fichier.readline().rstrip('\n\r').split()

47 ## Données issues de la simulation
48 # Ouvrir le fichier texte issu de scilab
49 fichier2 = open("pos_sim.txt", "r")
50 # Lire la première ligne : nom des variables et unités

```

6. Une p'tite question sur le code :
- Rôle de la multiplication par 1000 ci-contre ?

```

63 # Créer de la liste des points
64 temps2.append(1000*float(donnees[0]))
65 position2.append(float(donnees[1]))

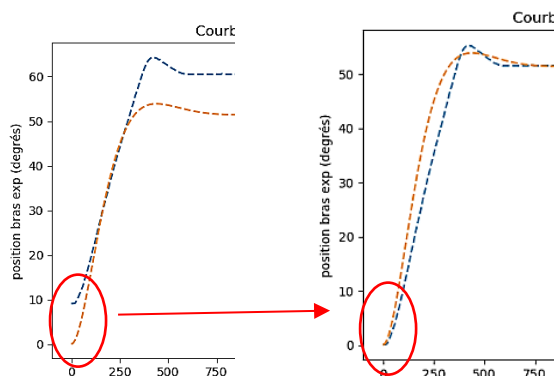
```

7. Lancer le code, les courbes s'affichent : VOTRE identification et la courbe REELLE.
8. Ajuster la courbe expérimentale pour que l'angle du bras à $t=0s$ soit le même que celui de la simulation en renseignant la variable « *thetaBras0* » (ci-dessous).

```

28 #Offset en y, angle bras experimental en ° (si on ppart pas de 0° quoi !)
29 thetaBras0=0 #VALEUR A AJUSTER APRES UN PREMIER AFFICHAGE DES COURBES
30

```



9. Lancer à nouveau le code.
10. Comparer quantitativement : Dr_1 , $Tr_{5\%}$, ε_s .

PARTIE 3 : Identification du moteur seul

3. Identification : modèle de comportement du moteur

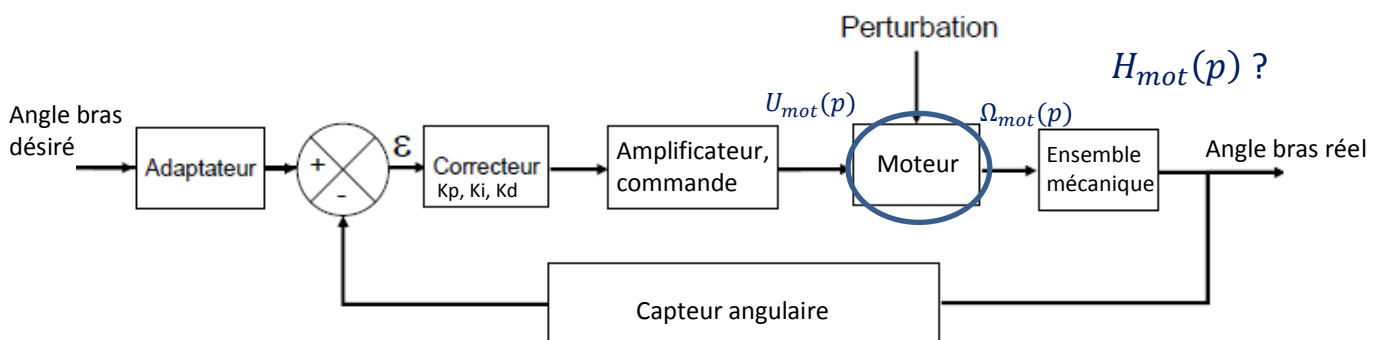
Dans cette partie on se propose d'identifier le moteur de Maxpid seul. Il faut donc déterminer sa fonction de transfert $H_{mot}(p) = \frac{\Omega_{mot}(p)}{U_{mot}(p)}$.

Le problème évident est qu'on n'a pas le moteur disponible seul, sorti de son contexte mécanique pour réaliser des essais indépendamment du système Maxpid complet.

Le principal problème à résoudre est donc l'envoi d'une consigne de tension échelon $U_{mot}(p) = U_0 \cdot u(t)$ aux bornes du moteur.

En effet, à cause de l'asservissement, la tension moteur $u_{mot}(t)$ varie constamment car elle permet de piloter au mieux la position du bras pour obtenir l'angle désiré (annulation de l'écart comparateur).

- Visualisation du problème de la « non maîtrise » de $u_{mot}(t)$: pour les réglages de PID (30, 0, 0), lancez Maxpid et regardez/mémorisez la courbe de la tension d'alimentation du moteur.
- Faites un réglage de PID (150, 0, 0), lancez Maxpid et regardez à nouveau la courbe de tension moteur : quelle est la forme de la courbe $u_{mot}(t)$ dans les premiers instants ?
- Pour quelle raison ce phénomène de **saturation** de la tension apparait-il ? Pour quelle raison apparait-il au début de l'expérience et plus à la fin ? Pour quelle raison apparait-il quand on augmente le gain proportionnel K_p du correcteur ?



- Vous disposez maintenant, grâce à cette astuce (=provoquer la saturation de la tension d'alimentation du moteur), d'un échelon de tension aux bornes du moteur CC. Identifiez le moteur. Ecrire $H_{mot}(p)$ identifiée.

4. Modèle de connaissance (ou modèle physique)

La fonction de transfert d'un moteur CC conséquence des quatre équations bien connues (loi des mailles de l'induit, deux couplages électromécaniques, PFD au rotor) est :

$$H_{mot_th}(p) = \frac{\Omega_{mot}(p)}{U_{mot}(p)} = \frac{K_t}{LJ_{eq}p^2 + (RJ_{eq} + Lf)p + K_tK_e + Rf}$$

L	Inductance de l'induit (H)	Kt	Constante de couple (Nm/A)
Jeq	Moment d'inertie ensemble mécanique rapporté au rotor	Ke	Constante de fem (Vs/rad)
f	Coefficient de frottement visqueux (Ns/rad)		

Par expérience et habitude on sait que, pour un petit moteur, l'influence de l'inductance L est négligeable sur son comportement indiciel. On peut donc considérer L nulle dans la fonction de transfert.

De même la quantité Rf peut être négligée par rapport à K_eK_t .

- Simplifier la fonction de transfert $H_{mot_th}(p)$ et la mettre sous forme canonique.
- Relever les valeurs de K_e, K_t, R dans le document constructeur en annexe. Attention à K_e : le constructeur donne la « constante de vitesse » K'_e qui est l'inverse de la constante de f.e.m. K_e qui nous intéresse. Attention aux unités !
- Que remarquez-vous au sujet de K_e et K_t ?
- Modèle de connaissance : déterminer la fonction de transfert $H_{mot_th}(p)$. La valeur de J_{eq} , délicate à déterminer, peut être prise égale à $10^{-4} kg.m^2$.

5. Comparaison des modèles

- Comparer les caractéristiques des modèles de comportement et de connaissance : calcul de l'écart relatif pour la constante de temps et pour le gain statique.
- Sur Scilab tracez votre modèle de connaissance. Comparez.
- Grâce à Python affichez les deux réponses indicielles. Comparez.



FIN DU SUJET