

Lab 1

Modélisation et identification des machines dans le domaine fréquentiel

I. Procédure de laboratoire

I. A. Introduction

Dans le laboratoire, vous allez faire marcher le système du moteur en mode boucle ouverte pour calculer expérimentalement son gain DC, K, et constante de temps τ tout en approximant le système boucle ouverte par un modèle de premier ordre ;

$$\frac{\omega_m(s)}{V_m(s)} = \frac{K}{(\tau s + 1)} \quad (1.2)$$

Notez que la réponse d'une telle famille de systèmes à une entrée en échelon de magnitude V_m dans le domaine temporel est :

$$\omega_m(t) = V_m K (1 - e^{-t/\tau}) \quad (1.3)$$

En assumant des conditions initiales nulles.

En pratique, exciter le moteur à partir de l'état de repos en utilisant une entrée en échelon avec une condition initiale de 0 ne donne pas forcément une réponse de premier ordre. Ceci est dû au fait que la dynamique du moteur pour une vitesse proche de 0 est dominée par des éléments non-linéaires (non modélisés). Ainsi, pour que le système réagisse comme un système de premier ordre, il est recommandé de faire marcher le moteur à une vitesse initiale constante non nulle et de là l'exciter par une entrée en échelon d'amplitude Δu tel qu'illustré dans la Fig. 1.

Posons Δy qui représente la variation de la réponse au régime permanent (vitesse du moteur dans ce cas). Le gain DC (K) est la réponse de la sortie du système qui résulte d'une entrée en échelon unitaire. Ainsi,

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u}$$

La constante de temps représente le temps nécessaire pour que la réponse du système atteigne 63% de la sortie totale Δy (voir Fig.1).

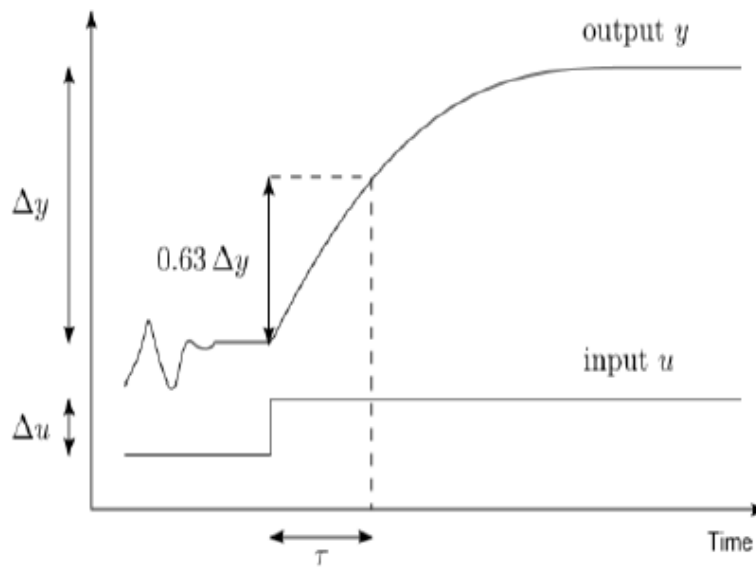


Figure 1 : Réponse en échelon d'un système de premier ordre avec condition initiale non nulle

I.B. Implémentation

Pour réaliser l'expérience, suivez la procédure ci-dessous :

1. Connectez les cartes K-MCK et K-ECS et lancer la carte K-CSP tel que décrit dans le chapitre 1 (Hardware).
2. Téléchargez le firmware de ce laboratoire (fichier Hex) dans la carte K-ECS.
3. Téléchargez le fichier de configuration de ce laboratoire (fichier kcsp) dans la carte K-CSP.
4. Appliquez les réglages montrés dans la Fig. 2 avec le exception suivante : s'assurer de prendre le bon port de communication.

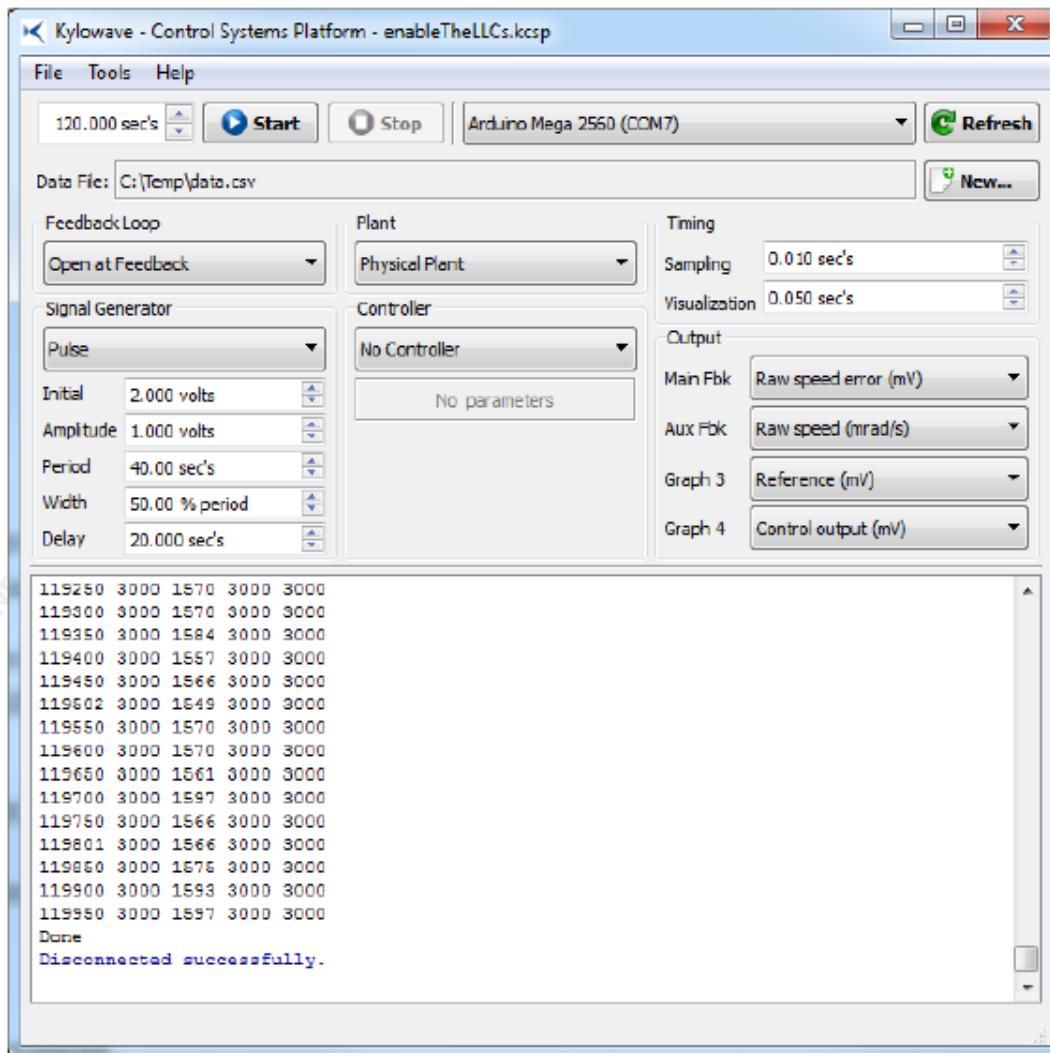


Figure 2 : Réglages de la K-CSP

5. Réalisez l'expérience avec les valeurs indiquées au tableau 1.1 pour l'amplitude et la valeur initiale du signal de référence. Pour des informations sur les propriétés du signal d'impulsion, voir Fig. 2.2.

Enregistrez vos graphiques et copiez les données bruts (fichier csv) dans votre propre support de stockage, tel une clé USB, pour utilisation ultérieure. Il est recommandé de leur donner un nom significatif pour éviter de les confondre avec les fichiers d'autres expériences.

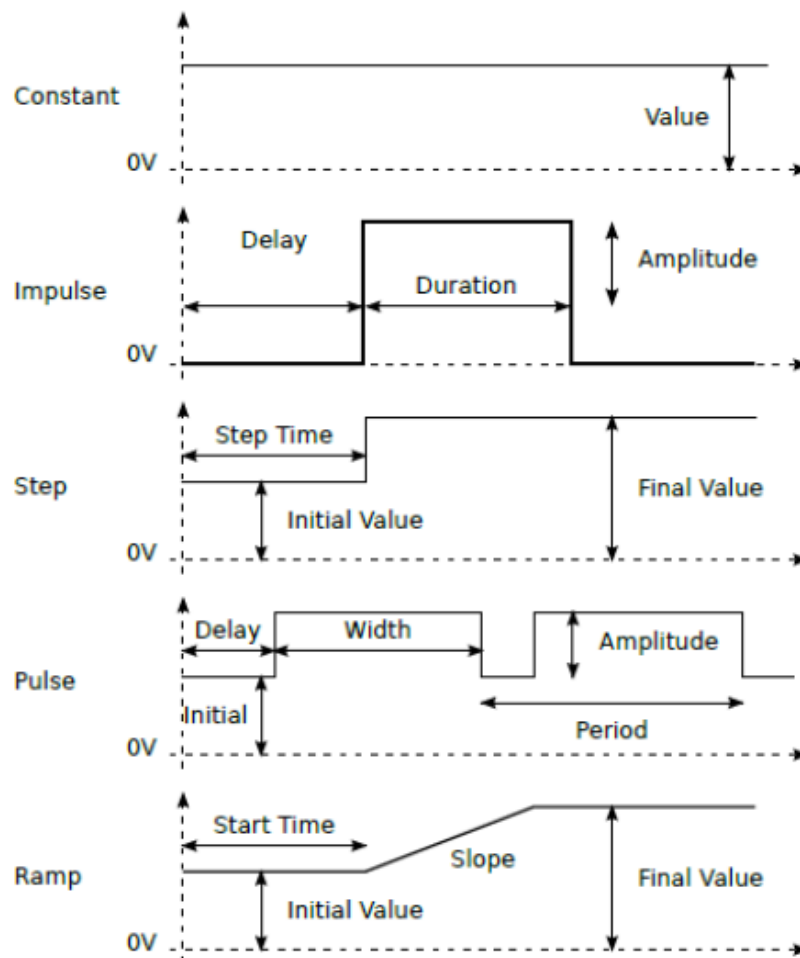


Figure 2.2 : Les signaux qui peuvent être générés automatiquement dans le logiciel

6. En utilisant le graphique ou les données bruts de vitesse, évaluez graphiquement les valeurs de K et τ , aussi précis que possible (utiliser l'outil zoom si nécessaire). Notez les résultats dans les bonnes cases au tableau 1.1. Evitez de travailler sur les quelques premiers cycles du graphique. Les valeurs numériques seront calculées plus tard.

Démonstration (10 pts)

Assurez-vous de démontrer au TA au moins une fois avant de quitter le laboratoire.

Tableau 1.1 : Résultats d'identification du modèle

						Speed			
						Graphically	Numerically		
Initial V_{ref} (V)	Amplitude (V)	ΔV_{Ref} (V)	Initial ω_m (rad/s)	Final ω_m (rad/s)	$\Delta \omega_m$ (rad/s)	K	τ (s)	K	τ (s)
2.0	1.0								
2.0	1.5								
2.0	2.0								
2.0	2.5								
2.0	3.0								
Average:									

II. Rapport de laboratoire

Incluez les éléments suivants dans votre rapport de laboratoire :

1. (4 pts)

Les graphiques de toutes les expériences mentionnées au Tableau 1.1. Assurez-vous qu'ils ont tous des titres.

2. (16 pts)

Une version remplie du tableau 1.1.

En outre, pour chaque expérience, utilisez les données expérimentales brutes que vous avez enregistrés au laboratoire, pour tracer la réponse transitoire du système. Un cycle d'excitation est suffisant pour chaque expérience. **Déplacez les axes s et y pour que le graphique commence à $(0, 0)$.** Les courbes doivent clairement montrer la constante de temps, le temps de stabilisation et la valeur de sortie au régime permanent.

Évaluer numériquement les données de vitesse pour chaque courbe de réponse transitoire afin de trouver les valeurs du gain DC et de la constante de temps.

Pour évaluer numériquement le gain DC avec une plus haute précision, vous devez prendre la moyenne de la sortie au régime permanent. Sur Matlab, par exemple, vous pouvez utiliser l'instruction suivante pour trouver l'index idx correspondant à la constante de temps : $idx = \max(\text{find}((y_{ss} - y) \geq 0.37 * y_{ss}))$ où y_{ss} est la valeur de la sortie au régime permanent et y est un vecteur des échantillons de sortie (i.e. vitesse).

N'oubliez pas de calculer les valeurs moyenne de K et τ dans le tableau 1.1.

3. (10 pts)

Validation du modèle : Pour chaque ligne du tableau 1.1, produire 2 figures :

- i. La première figure montre la réponse du système "idéal" et celui qui est mesuré expérimentalement. Ce dernier est le même que la courbe de réponse transitoire produite auparavant. La réponse idéale du système peut être générée en appliquant la moyenne des valeurs numériques de K et τ à la fonction Matlab `lsim` accompagnée des vecteurs de temps et d'entrée utilisés pour générer la première courbe.
Pour des détails à propos de l'utilisation de la fonction `lsim`, référez-vous au site web : <http://www.mathworks.com/help/control/ref/lsim.html>
- ii. Dans la deuxième figure, incluez l'erreur entre les réponses idéales et mesurées de la première figure.

Analysez la validité de votre modèle.

Dans votre rapport, incluez les réponses aux questions suivantes :

4. (5 pts)

Est-ce que le gain DC ou la constante de temps d'un système de premier ordre dépendent du signal d'entrée ? Justifiez votre réponse théoriquement et soutenez-la avec vos résultats au Tableau 1.1.

5. (5 pts)

Que peut être l'origine des écarts entre la réponse idéale et expérimentale du système de moteur ?

6. (30 pts)

Design d'un système LTI :

Concevez un circuit électrique qui a la même fonction de transfert de premier ordre que le système de moteur identifié ci-dessus (dans son approximation de premier ordre). Il est préférable que l'entrée et la sortie du système soient des tensions (au lieu de courants, par exemple).

Déterminez les caractéristiques suivantes du circuit :

- i. Les valeurs de toutes les composantes du circuit électrique (résistances, condensateurs, etc).

- ii. Les expressions symboliques et numériques de la fonction de transfert du circuit.
- iii. Les expressions symboliques et les valeurs numériques du gain DC et de la constante de temps.

La différence entre les expressions symboliques et numériques est que les symboles des composantes électriques sont remplacés par leurs valeurs numériques dans l'expression numérique.

En utilisant Multisim, simulez le circuit avec des fonctions en échelon aux amplitudes dans le tableau 1.1 et incluez les figures dans votre rapport. Vous trouverez un guide avec plus de détails au site web : <http://www.ni.com/tutorial/12774/en/>. Vous pouvez également chercher des tutoriels sur internet sur comment utiliser Multisim si vous ne l'avez jamais utilisé avant.

Comparez la réponse du circuit et celle du moteur par rapport aux mêmes signaux d'entrée.

Que pensez-vous de la déclaration suivante ? Expliquez votre réponse.

"Deux systèmes avec la même fonction de transfert doivent avoir le même comportement (par rapport aux entrées-sorties) indépendamment de leur nature (électrique, mécanique, chimique, médicale, économique, etc.)."

Soumettez votre fichier Multisim en tant que document séparé de votre rapport pour que le TA puisse exécuter les simulations pour fins de vérification. Ne soumettez pas votre travail sous forme de zip. L'étudiant(e) est responsable de s'assurer que le document Multisim est compatible avec la version Multisim installée aux ordinateurs des laboratoires de la Faculté de Génie. C'est là où le TA exécutera les simulations. Aucun débogage ne sera effectué. Si la simulation ne fonctionne pas, vous n'aurez pas de points.

Attention :

Lorsque vous répondez aux questions du prélab ou du rapport de laboratoire, indiquez toujours le numéro de la question.