**Identification du comportement d’un système**

**Prédiction de la stabilité**

***CONTROL’X***

**TP**

**PSI**★

**Cycle 1**

**Modéliser les systèmes asservis dans le but de prévoir leur comportement**



# Présentation

## Objectifs

Les objectifs de ces deux séances de TP sont :

* analyser le système;
* identifier le comportement fréquentiel et temporel du système
* prédire les limites de la stabilité

## Contexte pédagogique

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Modéliser :**   * Mod 2 : Proposer un modèle de connaissance et de comportement * Mod 3 : Valider un modèle. |

## Évaluation des écarts

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Au cours de ce TP on se préoccupera d’analyser les écarts entre les performances mesurées et les performances simulées.**  **Problématique : comment identifier le comportement d’un SLCI ?** |

# Présentation du système réel

## Le robot Ericc3

Le Robot Ericc3 est un robot qui présente un caractère anthropomorphique. Il est constitué de 5 axes asservis en position. On s'intéresse ici uniquement à l'asservissement autour de l'axe de lacet.

On considérera deux configurations :

|  |  |
| --- | --- |
| Configuration 1 : bras replié  C:\Users\pt_ptsi\Documents\GitHub\TP_sujets\TP_simulation\ericc3\images\conf1.png  ; ;  , | Configuration 2 : bras dépliéC:\Users\pt_ptsi\Documents\GitHub\TP_sujets\TP_simulation\ericc3\images\conf2.png  ; ;  , |

## Analyse structurelle du robot

1. Réaliser la chaine fonctionnelle décrivant la chaine cinématique « axe de lacet ».

# Analyse du modèle Simmechanics

|  |
| --- |
| **Activité 1 : ouvrir un modèle**   * Copier le dossier "modele\_simscape" sur votre espace perso. * Placer le chemin d'accès de ce dossier dans la barre d'adresse Matlab. * Dans Matlab ouvrir le fichier "ericc3\_DataFile.m" et l'exécuter. *On note dans le workspace la création d'un objet appelé smiData qui contient l'ensemble des variables mécaniques nécessaires au calcul.* * Lancer Simulink et ouvrir le fichier ericc3\_simmechanics.slx. * Exécuter le programme, observer le résultat de la simulation et expliquer ce comportement. |

~~On observe que le robot s'anime selon toutes ses mobilités. Il va falloir maintenant imposer des commandes asservies aux niveaux des axes et pour cela modéliser les moteurs.~~

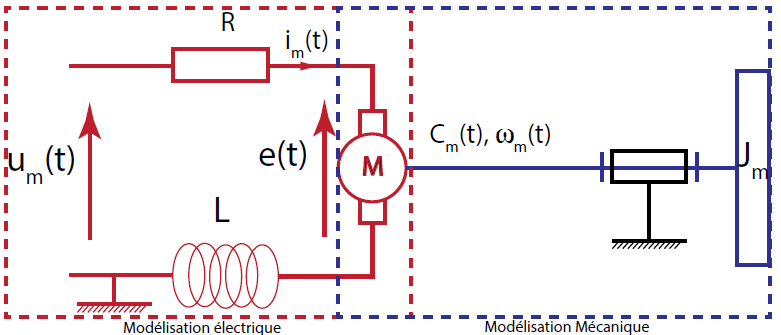
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Activité 2 : modifier un modèle**   * Modifier alors le fichier ericc3\_simmechanics.slx pour obtenir le bras dans sa configuration 2 tout en laissant la possibilité de commander la liaison entre la **chaise et le bâti.**  |  |  | | --- | --- | | On peut bloquer des rotations en modifiant les blocs intitulés « Revolute » (liaisons pivot).   * « Actuation » permet de préciser les grandeurs imposées (*torque signifie couple en Anglais*). * « Sensing » permet de préciser les grandeurs mesurées. |  | |

# Construction du modèle du moteur à courant continu

|  |  |
| --- | --- |
| Le moteur à courant continu du robot est caractérisé par les paramètres suivants :   * : la constante de couple ; * K\_e : la constante de force contre électromotrice (fcem) ; * : la résistance de l'induit ; * : l'inductance de l'induit ; * : Inertie de l'arbre moteur ; | On note :   * : la tension appliquée aux bornes de l'induit ; * : tension de force contre-électromotrice ; * : le courant absorbé par l'induit ; * : la vitesse angulaire de l'arbre ; * : le couple moteur. |

Les équations temporelles décrivant le fonctionnement d'un moteur à courant continu seul sont données ci-dessous :

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |



Les données numériques nécessaires à la réalisation du modèle sont déclarées dans le fichier : **data\_modele\_ericc.m**".

## Construction du modèle électrique

\begin{itemize}

\item On modélisera ici le comportement donné par l'équation \ref{eq\_elec} en utilisant ici les blocs situés dans la bibliothèque : "Simscape$\to$Foundation Library$\to$Electrical" :

\begin{itemize}

\item La tension $U\_m(t)$ sera imposé par un bloc \textbf{"Controlled Voltage Source"} (catégorie : "Electrical Sources").

\item L'intensité pourra être mesurée par un bloc \textbf{"Current sensor"} (catégorie : "Electrical Sensors").

\item Les autres composants se trouveront dans la catérgorie "Electrical Elements".

\end{itemize}

\item Pour imposer la tension $u\_m(t)$ (échelon) et pour visualiser l'intensité $i\_m(t)$ (scope), il faut utiliser des blocs qui permettent de passer de grandeurs {causales} à \textbf{acausales} ("Simulink - PS converter") et inversement ("PS- Simulink Converter") situés dans la catégorie "Simscape$\to$Utilities".

\end{itemize}

1. Dans Simulink, réaliser le schéma électrique de la motorisation du robot sans la conversion électromécanique.}

## Construction du modèle mécanique

\begin{itemize}

\item On modélisera ici le comportement donné par l'équation \ref{eq\_meca} en utilisant ici les blocs situés dans la bibliothèque : "Simscape$\to$Foundation Library$\to$Mechanical" :

\begin{itemize}

\item On modélisera une inertie en rotation par rapport à une référence de mouvement de rotation à l'aide de blocs situé dans "Rotational Elements".

\item Pour visualiser la rotation du moteur il faut utiliser un bloc "Ideal Rotational Motion Sensor" (catégorie "Mechanical sensor")couplé à un bloc qui permet de passer de grandeurs {acausales} à \textbf{causales} ("PS- Simulink Converter") situés dans la catégorie "Simscape$\to$Utilities" qu'on raccordera au port noté "W".

\end{itemize}

\end{itemize}

1. Dans Simulink, réaliser le schéma mécanique de la motorisation du robot sans la conversion électromécanique.}

## \subsubsection{Construction complète de la modélisation électromécanique du moteur (acausal)}

\begin{itemize}

\item On modélisera ici le comportement donné par les équations \ref{eq\_elec\_meca1} et \ref{eq\_elec\_meca2}.

\begin{itemize}

\item Le convertisseur électromécanique d'un moteur à courant continu se modélise à l'aide du bloc "Rotational

Electromechanical

Converter" situé dans la catégorie "Simsape$\to$Power Systems$\to$Simscape Components$\&$ Machines$\to$ Rotational

Electromechanical

Converter.

\end{itemize}

\end{itemize}

1. Raccorder les deux schémas électrique et mécanique définis précédemment à l'aide du bloc de conversion électromécanique. Il faudra utiliser un bloc "Solver Configuration" présent dans Simscape$\to$Utilities à connecter au flux électrique.}
2. Réaliser la simulation consistant à imposer un échelon de tension au moteur ($5V$) et à visualiser la réponse en vitesse de rotation du moteur.}

## \subsubsection{Comparaison avec un modèle causal (sous forme de schéma bloc).}

A l'aide des équations \ref{eq\_meca}, \ref{eq\_elec}, \ref{eq\_elec\_meca1} et \ref{eq\_elec\_meca2}, construire le schéma bloc décrivant la modélisation causale du moteur. (On prendra en entrée $u\_m(t)$ et en sortie $\omega\_m(t)$)}

Réaliser la simulation sur $0,1s$ et comparer les résultats donnés pour la vitesse de rotation du moteur ainsi que le courant.}

# \subsection{Construction du modèle du robot Ericc3}

On donne le schéma bloc global du système :

\begin{center}

\includegraphics[width=1.0\textwidth]{images/schema\_bloc\_ericc\_acausal.pdf}

\end{center}

\begin{itemize}

\item L'angle de consigne de lacet se note : \textbf{$\theta\_c(p)$}.

\item La vitesse de rotation à la sortie du moteur se note \textbf{$\theta\_m(p)$}.

\item La vitesse de rotation à la sortie du réducteur se note \textbf{$\theta\_r(p)$}.

\item Le système comporte un correcteur PID (Proportionnel Intégral Dérivé). Ici n'est représenté que le correcteur Proportionnel (de gain \textbf{$K\_p$}) et Intégrale (de gain \textbf{$K\_i$}). Dans l'étude on n'étudiera que l'influence de $K\_p$. Ainsi on prendra $K\_i=0$.

\item Après une conversion numérique analogique, on modélise le moteur avec un \textbf{variateur} (de constante \textbf{$K\_v$}) qui permet d'imposer au moteur un courant $I\_m(p)$

\item On note $C\_m(p)$ le couple délivré par le moteur.

\item Le frottement visqueux est modélisé par le coefficient \textbf{$f\_v$}.

\item Le \textbf{système de réduction} de vitesse de fonction de transfert \textbf{$K\_r$} est composé

\begin{itemize}

\item d'un réducteur poulie-courroie ;

\item d'un réducteur Harmonic Drive de rapport de réduction $1/100$

\end{itemize}

\end{itemize}

\begin{center}

\begin{tabular}{cc}

\includegraphics[width=0.45\textwidth]{images/poulie\_courroie.png}

&

\includegraphics[width=0.45\textwidth]{images/harmonic\_drive.png}

\end{tabular}

\end{center}

1. Déterminer le rapport de réduction $K\_r$ du système.}

La chaine retour est composé d'un \textbf{capteur de position} qui mesure directement l'angle à la sortie du moteur. C'est un codeur incrémental et on prendra comme gain $1$.

1. Compléter le schéma bloc "modele$\\_$ericc$\\_$complet$\\_$eleve.slx" pour modéliser le système asservi en boucle fermée.

}

1. Lancer la simulation et analyser les résultats.}
2. Conclure quant aux avantages et inconvénients des deux méthodes de modélisation employées.}

# \subsection{Analyse temporelle des performances du robot}

## \subsubsection{Comparaison des performances simulées entre les modèles causal et acausal}

L'étude portera sur les \textbf{configurations 1 et 2} (bras en partie replié et déplié).

Modifier le programme pour tenir compte des configurations 1 et 2.}

Exécuter la simulation sur une durée de $2.5s$ et observer le résultat en double cliquant sur le Scope.}

## \subsubsection{Comparaison des performances simulées et expérimentales}

le schéma bloc "modele$\\_$ericc$\\_$complet$\\_$eleve.slx" comporte une partie permettant de tracer le résultat expérimental.

\begin{center}

\begin{tabular}{|c|c|c|}

\hline

$K\_p$ & Configuration & Nom du fichier de donnée \\

\hline

$10^6$ & $1$ & conf1$\\_$1e6.csv\\

\hline

$10^6$ & $2$ & conf2$\\_$1e6.csv\\

\hline

$10^5$ & $1$ & conf1$\\_$1e5.csv\\

\hline

$10^5$ & $2$ & conf2$\\_$1e5.csv\\

\hline

\end{tabular}

\end{center}

1. Mettre en place des simulations pour comparer les essais expérimentaux et numériques.}
2. Déterminer l’énergie cinétique de l’ensemble 7 par rapport à 0 en fonction de et de puis l’énergie cinétique de l’ensemble 6 par rapport à 0 en fonction de, , et . En déduire l’énergie cinétique ainsi que l’inertie équivalente aux solides 6 et 7 (notée ) ramenée sur l’arbre 7.

Par extension on pourrait