

# IUT GEII NÎMES

## DUT 2 - Alternance Séance d'Automatique n°9

Yaël Thiaux  
yael.thiaux@iut-nimes.fr

Mercredi 14 Janvier 2015



TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

## Déroulement de la séance (4h)

- 1 **TP** : Simulation de systèmes du second ordre ( $\sim 1h30$ )
- 2 **Pause** ( $\sim 20$  min)
- 3 **TD** : Modélisation de la machine à courant continu ( $\sim 1h$ )
- 4 **TD** : Asservissement de la MCC ( $\sim 40$  min)

TP : Simulation de systèmes du second ordre

Exercice :  
Modélisation de la machine à courant continu

## Déroulement de la séance (4h)

- 1 **TP** : Simulation de systèmes du second ordre ( $\sim 1h30$ )
- 2 Pause ( $\sim 20$  min)
- 3 **TD** : Modélisation de la machine à courant continu ( $\sim 1h$ )
- 4 **TD** : Asservissement de la MCC ( $\sim 40$  min)

## Objectifs de la séance

- 1 Asseoir ses connaissances sur les systèmes du second ordre
- 2 Savoir modéliser la machine à courant continu
- 3 Réaliser un premier asservissement d'un système du second ordre.

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

1 TP : Simulation de systèmes du second ordre

2 Exercice : Modélisation de la machine à courant continu

## TP : Simulation de systèmes du second ordre

Dans cette partie, nous utiliserons le logiciel Scilab. Il s'agit d'un logiciel open source de calcul numérique. Il est disponible gratuitement à l'adresse suivante : <http://www.scilab.org/fr>  
Nous utiliserons l'éditeur graphique XCOS permettant la simulation de systèmes dynamiques.

- 1 Penser à créer un répertoire pour enregistrer tous vos fichiers
- 2 Ouvrir le logiciel SCILAB (accessible depuis votre bureau)
- 3 Ouvrir l'éditeur XCOS depuis le menu Applications
- 4 2 fenêtres apparaissent alors, la première constitue la zone de dessin où seront dessinés les systèmes à simuler. La seconde (Navigateur de palettes) constitue la bibliothèque où se trouvent les différents blocs. Pour réaliser vos schémas, de plus amples informations sont disponibles dans l'Annexe 2.

# TP : Simulation de systèmes du second ordre

Impact du coefficient d'amortissement sur la réponse indicielle

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

# TP : Simulation de systèmes du second ordre

## Impact du coefficient d'amortissement sur la réponse indicielle

Dans un premier temps nous allons nous intéresser à l'allure générale de la réponse indicielle de  $v_s(t)$  en fonction de la valeur du coefficient d'amortissement  $\xi$ . Nous nous trouvons en boucle ouverte. Les valeurs du gain statique et de la pulsation propre sont données :

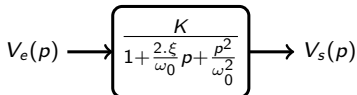
- $K = 1$
- $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$

## TP : Simulation de systèmes du second ordre

### Impact du coefficient d'amortissement sur la réponse indicielle

Dans un premier temps nous allons nous intéresser à l'allure générale de la réponse indicielle de  $v_s(t)$  en fonction de la valeur du coefficient d'amortissement  $\xi$ . Nous nous trouvons en boucle ouverte. Les valeurs du gain statique et de la pulsation propre sont données :

- $K = 1$
- $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$



Système en boucle ouverte

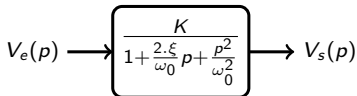


## TP : Simulation de systèmes du second ordre

Impact du coefficient d'amortissement sur la réponse indicielle

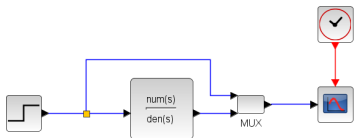
Dans un premier temps nous allons nous intéresser à l'allure générale de la réponse indicielle de  $v_s(t)$  en fonction de la valeur du coefficient d'amortissement  $\xi$ . Nous nous trouvons en boucle ouverte. Les valeurs du gain statique et de la pulsation propre sont données :

- $K = 1$
- $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$



Système en boucle ouverte

Le schéma XCOS du système en boucle ouverte doit ressembler à celui de la figure ci-dessous :

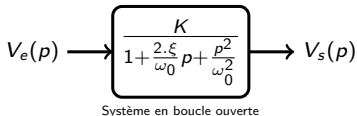


## TP : Simulation de systèmes du second ordre

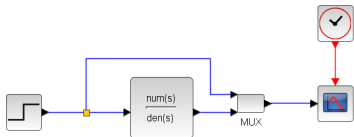
Impact du coefficient d'amortissement sur la réponse indicielle

Dans un premier temps nous allons nous intéresser à l'allure générale de la réponse indicielle de  $v_s(t)$  en fonction de la valeur du coefficient d'amortissement  $\xi$ . Nous nous trouvons en boucle ouverte. Les valeurs du gain statique et de la pulsation propre sont données :

- $K = 1$
- $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$



Le schéma XCOS du système en boucle ouverte doit ressembler à celui de la figure ci-dessous :



Simuler le système pour les valeurs suivantes du coefficient d'amortissement :

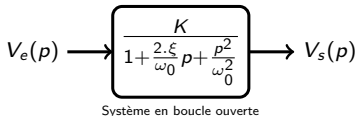
- $\xi = 0,25$
- $\xi = 0,5$
- $\xi = 0,75$
- $\xi = 1$
- $\xi = 1,25$

## TP : Simulation de systèmes du second ordre

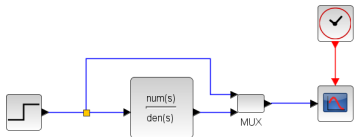
Impact du coefficient d'amortissement sur la réponse indicielle

Dans un premier temps nous allons nous intéresser à l'allure générale de la réponse indicielle de  $v_s(t)$  en fonction de la valeur du coefficient d'amortissement  $\xi$ . Nous nous trouvons en boucle ouverte. Les valeurs du gain statique et de la pulsation propre sont données :

- $K = 1$
- $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$



Le schéma XCOS du système en boucle ouverte doit ressembler à celui de la figure ci-dessous :



Simuler le système pour les valeurs suivantes du coefficient d'amortissement :

- $\xi = 0,25$
- $\xi = 0,5$
- $\xi = 0,75$
- $\xi = 1$
- $\xi = 1,25$

Pour quelles valeurs de  $\xi$  a-t-on un dépassement en sortie ? Combien vaut ce dépassement ?

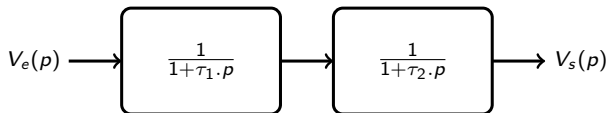
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

Régime apériodique

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

Considérons le système ci-dessous ( $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,8$  s) :



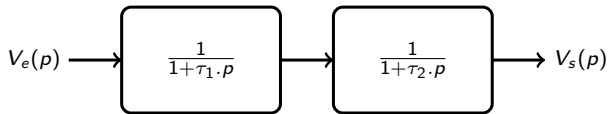
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

Régime apériodique

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

Considérons le système ci-dessous ( $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,8$  s) :



- Identifier de façon théorique les 3 constantes caractéristiques d'un système du second ordre ( $K$ ,  $\xi$  et  $\omega_0$ )

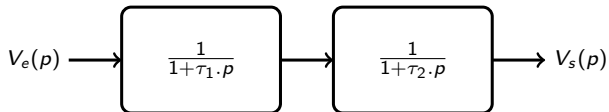
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

Régime apériodique

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

Considérons le système ci-dessous ( $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,8$  s) :

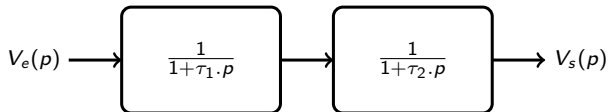


- Identifier de façon théorique les 3 constantes caractéristiques d'un système du second ordre ( $K$ ,  $\xi$  et  $\omega_0$ )
- Simuler la réponse indicielle du système sous XCOS. Existe-t-il un dépassement de la valeur finale de  $v_s(t)$  ? Est-ce logique ?

## TP : Simulation de systèmes du second ordre

Régime apériodique

Considérons le système ci-dessous ( $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,8$  s) :

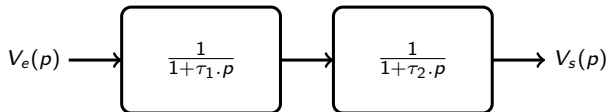


- Identifier de façon théorique les 3 constantes caractéristiques d'un système du second ordre ( $K$ ,  $\xi$  et  $\omega_0$ )
- Simuler la réponse indicielle du système sous XCOS. Existe-t-il un dépassement de la valeur finale de  $v_s(t)$  ? Est-ce logique ?
- Existe-t-il des différences avec la réponse indicielle d'un système du premier ordre ?

## TP : Simulation de systèmes du second ordre

Régime apériodique

Considérons le système ci-dessous ( $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,8$  s) :



- Identifier de façon théorique les 3 constantes caractéristiques d'un système du second ordre ( $K$ ,  $\xi$  et  $\omega_0$ )
- Simuler la réponse indicielle du système sous XCOS. Existe-t-il un dépassement de la valeur finale de  $v_s(t)$ ? Est-ce logique?
- Existe-t-il des différences avec la réponse indicielle d'un système du premier ordre?
- Reprendre l'exemple précédent avec  $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,05$  s.



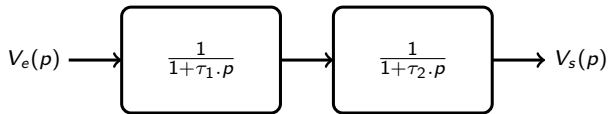
## TP : Simulation de systèmes du second ordre

Régime apériodique

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

Considérons le système ci-dessous ( $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,8$  s) :



- Identifier de façon théorique les 3 constantes caractéristiques d'un système du second ordre ( $K$ ,  $\xi$  et  $\omega_0$ )
- Simuler la réponse indicielle du système sous XCOS. Existe-t-il un dépassement de la valeur finale de  $v_s(t)$  ? Est-ce logique ?
- Existe-t-il des différences avec la réponse indicielle d'un système du premier ordre ?
- Reprendre l'exemple précédent avec  $\tau_1 = 1$  s et  $\tau_2 = 0,05$  s.
- Déterminez graphiquement le temps de réponse du système à 5% près de la valeur en régime permanent. Comparez ce temps de réponse à celui d'un système du premier ordre dont la constante de temps vaut 1 s. Conclure.

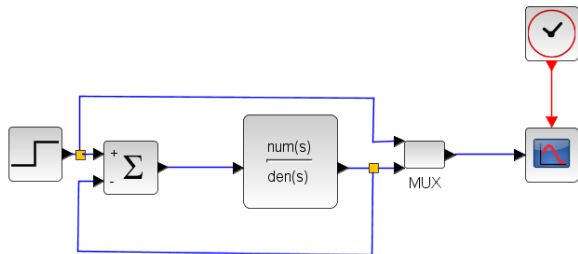
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

## Boucle fermée

TP : Simulation de systèmes du second ordre

Exercice :  
Modélisation de la machine à courant continu

Réalisez sous XCOS le schéma de la figure ci-dessous. On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .



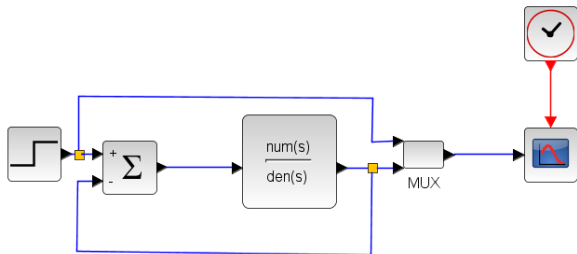
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

## Boucle fermée

TP : Simulation de systèmes du second ordre

Exercice :  
Modélisation de la machine à courant continu

Réalisez sous XCOS le schéma de la figure ci-dessous. On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .



- Comparer sur un même graphique la réponse du système en boucle ouverte et la réponse du système en boucle fermée.

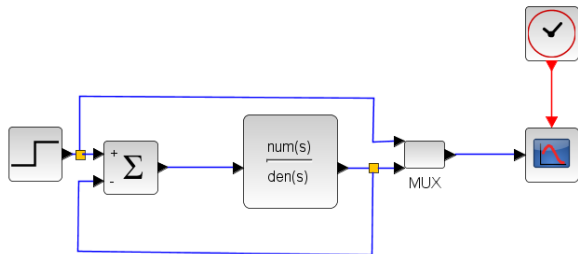
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

## Boucle fermée

TP : Simulation de systèmes du second ordre

Exercice :  
Modélisation de la machine à courant continu

Réalisez sous XCOS le schéma de la figure ci-dessous. On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .



- Comparer sur un même graphique la réponse du système en boucle ouverte et la réponse du système en boucle fermée.
- Conclure sur l'impact de la boucle fermée sur le gain statique, la valeur du premier dépassement et le temps de réponse du système.

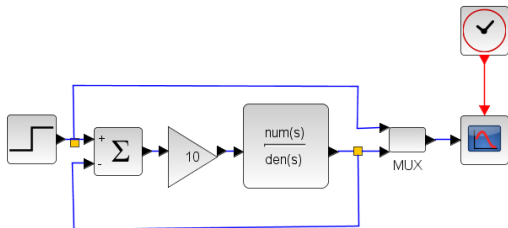
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

## Correction proportionnelle

TP : Simulation de systèmes du second ordre

Exercice :  
Modélisation de la machine à courant continu

On insère dans la boucle fermée un correcteur proportionnel de fonction de transfert :  $C(p) = G$ . On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .



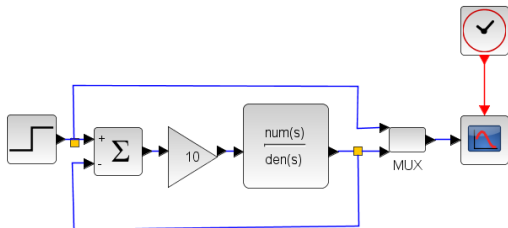
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

## Correction proportionnelle

TP : Simulation de systèmes du second ordre

Exercice :  
Modélisation de la machine à courant continu

On insère dans la boucle fermée un correcteur proportionnel de fonction de transfert :  $C(p) = G$ . On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .

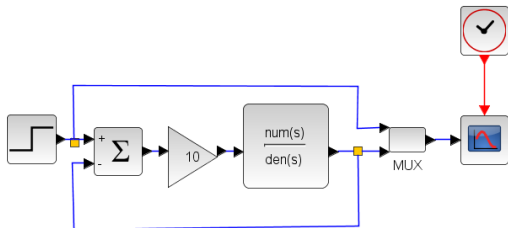


Pour  $G=1$  ;5 puis 10 :

## TP : Simulation de systèmes du second ordre

### Correction proportionnelle

On insère dans la boucle fermée un correcteur proportionnel de fonction de transfert :  $C(p) = G$ . On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .



Pour  $G=1$ ;5 puis 10 :

- Simuler la réponse indicielle du système.

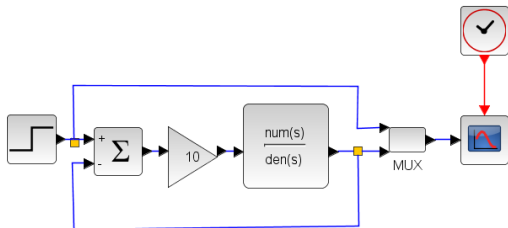
# TP : Simulation de systèmes du second ordre

## Correction proportionnelle

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

On insère dans la boucle fermée un correcteur proportionnel de fonction de transfert :  $C(p) = G$ . On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .



Pour  $G=1$ ;5 puis 10 :

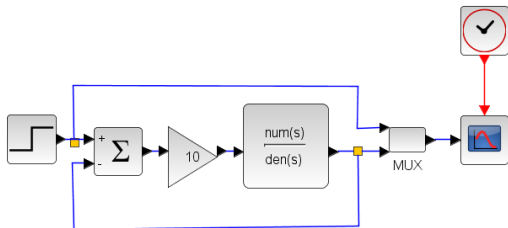
- Simuler la réponse indicielle du système.
- Déterminer le gain statique, la valeur du premier dépassement et le temps de réponse à 5%.



## TP : Simulation de systèmes du second ordre

### Correction proportionnelle

On insère dans la boucle fermée un correcteur proportionnel de fonction de transfert :  $C(p) = G$ . On donne  $K = 1$ ,  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$  et  $\xi = 0,2$ .



Pour  $G=1$ ;5 puis 10 :

- Simuler la réponse indicielle du système.
- Déterminer le gain statique, la valeur du premier dépassement et le temps de réponse à 5%.
- Conclure sur l'intérêt du correcteur proportionnel.

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

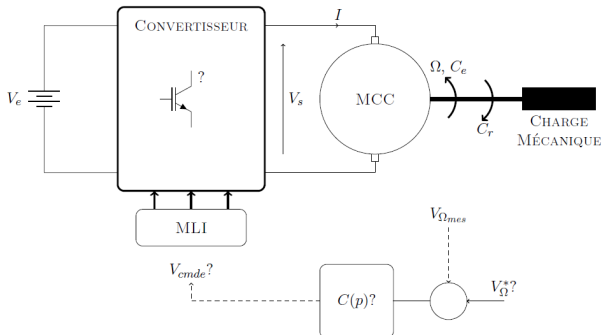
- 1 TP : Simulation de systèmes du second ordre
- 2 Exercice : Modélisation de la machine à courant continu

## Modélisation de la machine à courant continu

TP : Simulation de systèmes du second ordre

Exercice :  
Modélisation de la machine à courant continu

On s'intéresse dans cet exercice à l'asservissement en vitesse d'une machine à courant continu représenté ci-dessous :



Dans un premier temps, nous allons chercher à modéliser uniquement la machine à courant continu. Pour mémoire, l'induit de celle-ci est modélisé par la mise en série d'une résistance  $R$ , d'une inductance  $L$  et d'une f.e.m  $e$  proportionnelle à la vitesse de rotation de la machine.

## Modélisation de la machine à courant continu

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

Le comportement de la MCC est décrit par uniquement 4 équations :

- ④ Proportionnalité entre le courant d'induit  $i(t)$  et le couple électromagnétique de la machine  $C_e(t)$  :

$$C_e(t) = k \times i(t)$$

- ④ Proportionnalité entre la f.e.m  $e(t)$  et la vitesse de rotation de la machine  $\Omega(t)$  :

$$e(t) = k \times \Omega(t)$$

- ④ Loi des mailles de l'induit
- ④ Principe fondamental de la dynamique appliqué à l'arbre moteur :

$$J \times \frac{d\Omega(t)}{dt} = C_e(t) - C_r(t)$$

Avec :

- $J$  : moment d'inertie total ramené sur l'arbre moteur
- $C_e$  : couple moteur
- $C_r$  : couple résistant ( $C_r = f \times \Omega$ )

## Modélisation de la machine à courant continu

- On souhaite asservir la vitesse de rotation  $\Omega$  de la MCC grâce à la tension d'induit ( $v_s(t)$ ). Exprimer chacune des 4 équations dans le domaine de Laplace.
- Identifier les constantes de temps électrique ( $\tau_e$ ) et mécanique ( $\tau_m$ ) du système.
- Définir alors le schéma bloc de la machine à courant continu.
- Définir la fonction de transfert en boucle fermée de cette MCC :

$$FTPF(p) = \frac{\Omega(p)}{V_s(p)}$$

- Identifier alors les expressions du gain statique ( $K$ ), du coefficient d'amortissement ( $\xi$ ) et de la pulsation propre ( $\omega_0$ ).
- Application numérique :

Paramètre	$R(\Omega)$	$L(H)$	$J(kg.m^2)$	$k(Nm/A)$	$f(Nm/(rad/s))$
Valeur	0,5	0,01	0,02	0,24	0.1

Calculer les valeurs numériques du gain statique ( $K$ ), du coefficient d'amortissement ( $\xi$ ), de la pulsation propre ( $\omega_0$ ) ainsi que des constantes de temps électrique ( $\tau_e$ ) et mécanique ( $\tau_m$ ).

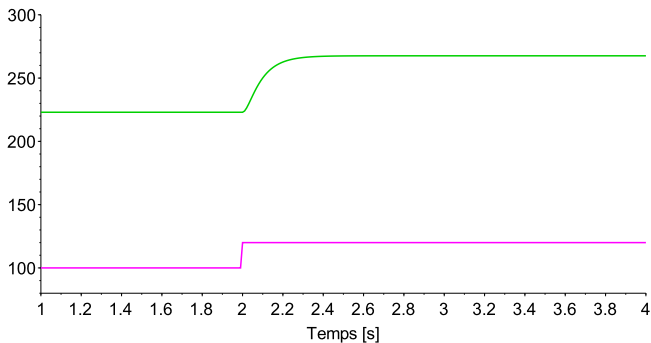
- Tracer alors à l'aide du logiciel SCILAB la réponse en vitesse du moteur à un échelon de tension compris entre 100 V et 120 V de la tension d'entrée.

## Modélisation de la machine à courant continu

Essai indiciel sur la tension d'induit de la MCC en Boucle Ouverte :

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu



- On souhaite désormais asservir la vitesse de rotation de notre MCC. La seule contrainte fixée par le cahier des charges est d'obtenir un **coefficient d'amortissement en boucle fermée** de 0,7. Déterminer le correcteur permettant de réaliser cet asservissement.
- Valider votre solution à l'aide de Scilab. Que valent désormais le gain statique ainsi que la pulsation propre en boucle fermée ?

## Pourquoi choisir un coefficient d'amortissement de 0,7 ?

TP : Simulation de  
systèmes du second  
ordre

Exercice :  
Modélisation de la  
machine à courant  
continu

