CLASSE DE PROBLÈMES SLCI-2

MODÉLISER LES SYSTÈMES LINÉAIRES CONTINUS INVARIANTS

ÉTABLIR DES MODÈLES DE CONNAISSANCE ET DE COMPORTEMENT

IDENTIFIER ET CARACTÉRISER LE SYSTÈME

SIMULER LA MODÉLISATION ET COMPARER DONNÉES SIMULÉES ET DONNÉES EXPÉRIMENTALES

EXPÉRIMENTER - MODÉLISER - SIMULER - ANALYSER

L'ingénierie système a permis de mettre en place les structures des systèmes sous forme de chaînes fonctionnelles. Afin de prévoir le comportement du système, il s'agit d'être capable de proposer un modèle reliant l'entrée et la sortie.

Le but de ce Tp est de mettre en place des modèles de connaissance et de comportement pour relier les grandeurs de pilotage (consignes) aux grandeurs de sorties à partir d'expérience et de la structure du système décrite sous forme de chaîne fonctionnelle.

Afin de tester la validité du modèle, ce dernier doit être simulé et comparer aux données expérimentales.

1 Rappels

1.1 Modèles de connaissance et modèle de comportement

DÉFINITION: Modèle de connaissance

Modèle obtenu à partir de lois physiques. Cette modélisation est analytique et possède un sens physique fort.

DÉFINITION: Modèle de comportement

Modèle dans lequel le sous-système est remplacé par une boîte noire. Le comportement réel est identifié au mieux à partir de résultats expérimentaux.

1.2 Premier ordre

DÉFINITION: Système du premier ordre

On appelle système du premier ordre d'entrée $e(t)$ et de sortie $s(t)$, un système régi par une équation différentielle de type:

$$\tau.\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} + s(t) = \frac{S(p)}{E(p)} = K.e(t) \qquad \boxed{H(p) = \frac{K}{1+\tau.p}}$$

1.3 Deuxième ordre

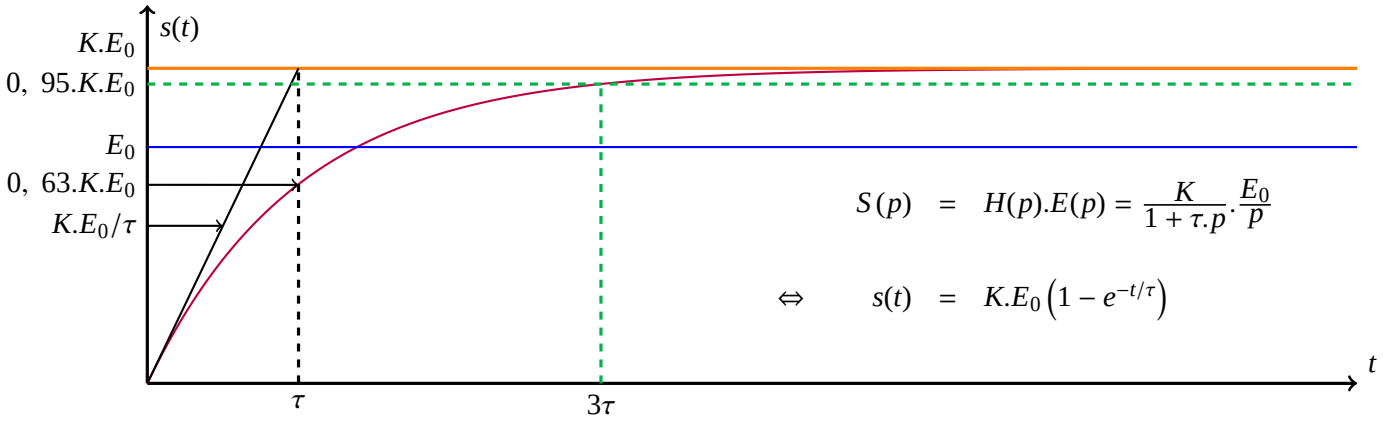
DÉFINITION: Système du second ordre

On appelle système du second ordre d'entrée $e(t)$ et de sortie $s(t)$ un système régi par une équation différentielle de type:

$$\frac{1}{\omega_0^2}.\frac{\mathrm{d}^2 s}{\mathrm{d}t^2} + \frac{2.\xi}{\omega_0}.\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} + s(t) = K.e(t) \qquad \boxed{H(p) = \frac{S(p)}{E(p)} = \frac{K}{1 + \frac{2.\xi}{\omega_0}.p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}}$$

1.4 Réponses temporelles

1.4.1 Réponse indicielle d'un système du premier ordre



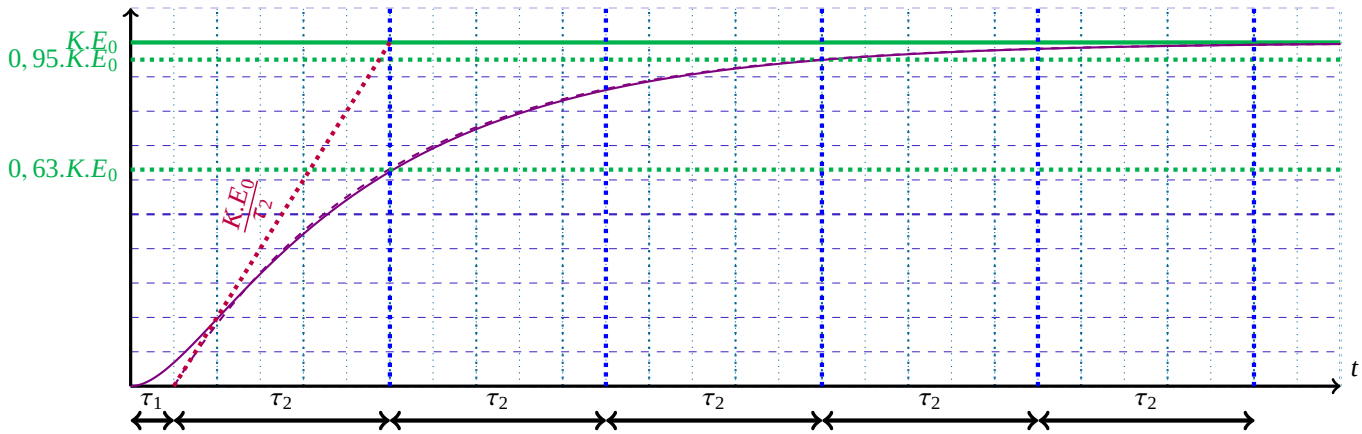
1.4.2 Réponse indicielle d'un système du second ordre

- **Régime apériodique** $\xi > 1$
  L'équation caractéristique présente deux racines réelles p_1 et p_2:

$$\boxed{p_1 = -\xi.\omega_0 - \omega_0.\sqrt{\xi^2-1} \qquad \text{et} \qquad p_2 = -\xi.\omega_0 + \omega_0.\sqrt{\xi^2-1}}$$

  On introduit alors les valeurs τ_1 et τ_2 telles que $\tau_1 = -p_1^{-1}$ et $\tau_2 = -p_2^{-1}$ qui conduisent alors à l'expression suivante:

$$\boxed{s(t) = K.E_0.\left(1 + \frac{1}{\tau_2-\tau_1}.\left(\tau_1.e^{-t/\tau_1} - \tau_2.e^{-t/\tau_2}\right)\right)}$$



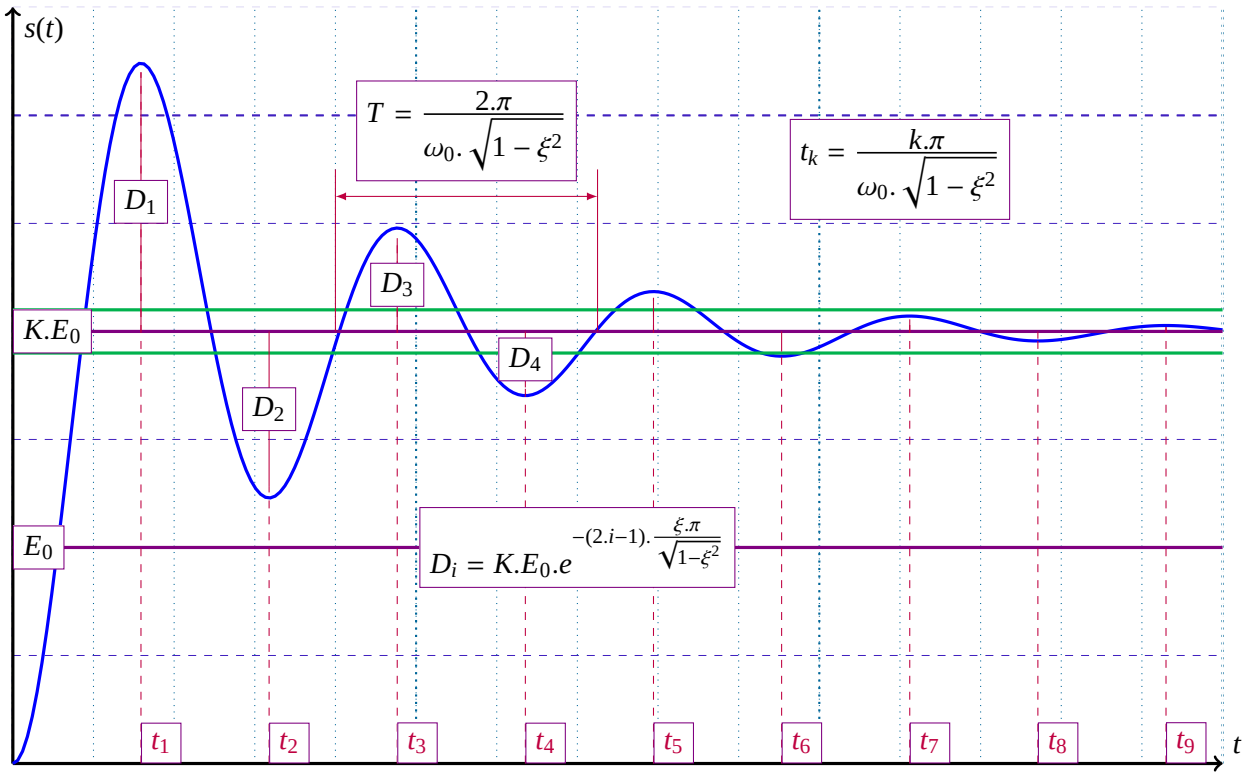
- **Régime apériodique critique** $\xi = 1$
  L'équation caractéristique présente une racine double $p_0 = -\omega_0$. Posons $\tau = \omega_0^{-1}$

$$\boxed{S(p) = \frac{1}{p}.\frac{K.E_0}{(1+\tau.p)^2} \qquad \Rightarrow \qquad s(t) = K.E_0.\left[1 - \left(1+\frac{t}{\tau}\right).e^{-t/\tau}\right]}$$

- **Régime pseudopériodique** $\xi < 1$

L'équation caractéristique présente deux racines complexes conjuguées z et $\overline{z}$: $z = -\xi.\omega_0 \pm j.\overbrace{\left(\omega_0.\sqrt{1-\xi^2}\right)}^{\omega_p}$

$$\boxed{s(t) = K.E_0.\left[1 - \frac{e^{-\xi.\omega_0.t}}{\sqrt{1-\xi^2}}\sin\left(\omega_0.\sqrt{1-\xi^2}.t + \arctan\left(\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}\right)\right)\right]}$$



2 Activité

2.1 Expériences

La première étape consiste à solliciter le système pour en avoir une idée : premier ordre, second ordre, retard pur… ?

Q - 1 : *Obtenir une réponse indicielle ou la réponse du système à un échelon idoine.*

Les expériences permettront de recaler le modèle après simulations.

2.2 Modélisation

Dans la partie modélisation, la sortie est reliée à l'entrée par des blocs constituant un mélange entre la chaîne d'information et la chaîne d'énergie.

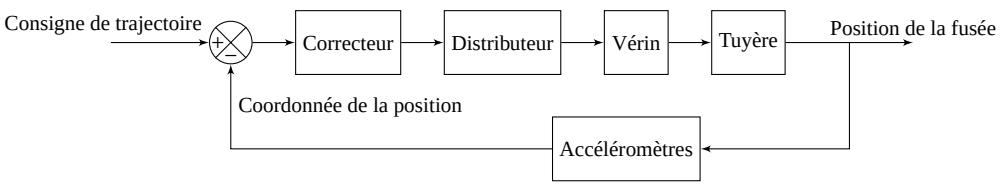


Schéma bloc global du système d'orientation de la fusée.

Q - 2 : *Avec la vision schéma bloc (et non pas diagramme de blocs internes (**ibd**)), construire le schéma bloc reliant la consigne d'entrée à la sortie.*

Vient ensuite l'étude du système avec les modèles de connaissances et de comportement permettant d'établir par une équation différentielle à coefficients constants, une relation entre la consigne et la sortie. Ces équations passées dans le domaine de Laplace permettent d'exprimer, de façon linéaire les relations entre entrée et sortie de bloc:

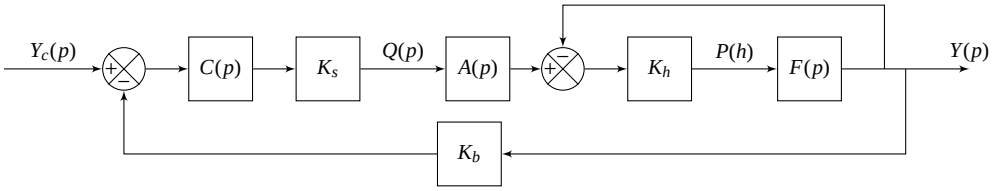


Schéma bloc du pilotage d'un des servo-verins.

2.3 Identification et caractérisation

Les courbes expérimentales obtenues permettent d'avoir une idée du comportement global (ou partiel suivant la partie analysée) du système.

Q - 3 : *A partir du document joint en annexe, déterminer les caractéristiques du système :* (K, τ) *pour un premier ordre ;* (K, ξ, ω_0) *pour un second ordre.*

2.4 Simulation et recalage du modèle.

Après la phase de modélisation, puis d'identification des paramètres du système, la phase de simulation permet de tester le modèle.

Q - 4 : *Construire le schéma bloc du système sous Scilab puis le simuler numériquement.*

Q - 5 : *Comparer les résultats expérimentaux et les simulations numériques*

Q - 6 : *Ajuster le modèle si besoin. Conclure*