Chapitre 6

Identification des systèmes

6.1 Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons supposé que la fonction de transfert du système à réguler ou à asservir était connue. Le but de ce chapitre est de présenter quelques méthodes permettant de déterminer cette fonction de transfert.

Identifier un système, c'est déterminer, à partir des connaissances et des mesures disponibles, la relation de cause à effet qui existe entre ses grandeurs d'entrée et de sortie.

Les objectifs de cette identification sont multiples :

— permettre la prédiction du comportement du système pour toute situation dans laquelle il pourra se trouver (ceci peut être réalisé à l'aide de simulations).

— déterminer des lois de commande (en calculant un correcteur).

— surveiller le comportement du système (diagnostic).

La détermination du modèle ou de la relation qui lie les entrées aux sorties peut se faire de deux manières :

— théoriquement : à partir d'une connaissance a priori du système (connaissance phénomènologique du processus). Le modèle obtenu est dit **modèle de connaissance**.

— expérimentalement : on considère alors le système à identifier comme une *boîte noire* et, en observant ses signaux d'entrée et de sortie, on cherche à établir le modèle mathématique qui décrit au mieux le comportement du système. Le modèle obtenu est dit **modèle de représentation**.

On est amené très souvent à combiner ces deux méthodes.

L'objectif de l'identification des systèmes est la détermination des paramètres du modèle à partir de la connaissance expérimentale des entrées et des sorties.

6.2 Présentation du problème

On cherche donc à donner une représentation mathématique à un processus réel (appelé objet). Ce processus est accessible au travers de ses manifestations extérieures (entrées-sorties). Identifier un système réel c'est déterminer un autre système : le modèle. Dans tous les cas, le modèle sera une image approximative du système réel.

6.2.1 Procédure générale d'identification

On peut distinguer plusieurs étapes dans l'élaboration d'un modèle. La procédure générale de l'identification d'un système est présentée par le schéma de la figure 6.1 : en fonction des objectifs de l'identification et à partir des connaissances a priori et des mesures, on obtient un modèle du système, qu'il convient de valider (en comparant, par exemple, les réponses du système et du modèle).

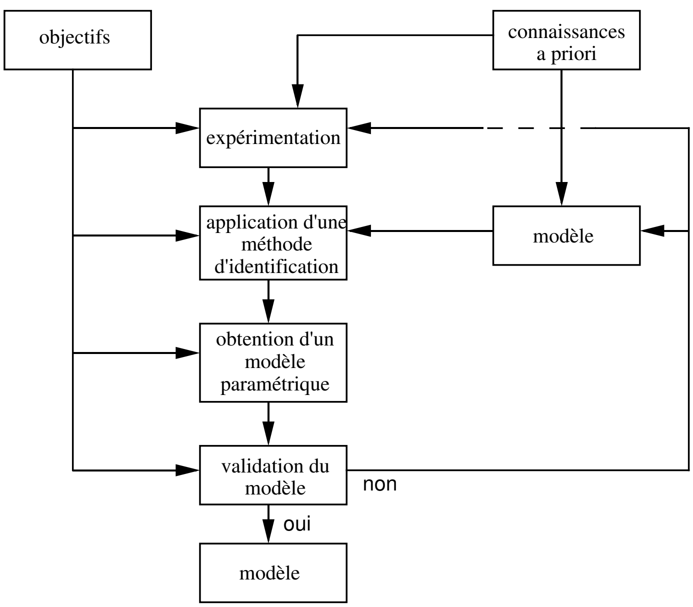

FIGURE 6.1 – Procédure générale d'identification

6.2.2 Quelques exemples

6.2.2.1 Circuit R-C

Considérons le cas d'un circuit électrique élémentaire, présenté aux chapitres 1 et 2, dont le schéma est représenté par la figure 6.2, et qui est constitué d'une résistance et d'un condensateur.

La grandeur d'entrée est la tension $u(t)$ appliquée à ce circuit, et la grandeur de sortie est la tension $y(t)$ relevée aux bornes du condensateur.

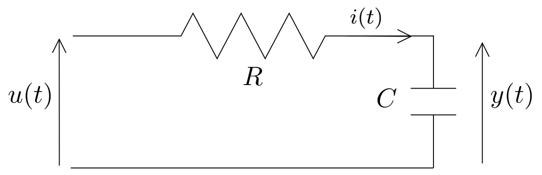

FIGURE 6.2 – Circuit RC

Les équations électriques qui régissent ce circuit sont :

$$\begin{cases} u(t) = Ri(t) + y(t) \\ C\frac{dy}{dt} = i(t) \end{cases} \tag{6.1}$$

Les équations 6.1 permettent d'obtenir un modèle de connaissance du système de la figure 6.2, en effet en appliquant la transformée de Laplace à ces équations, avec conditions initiales nulles, on obtient

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{1+\tau s} \tag{6.2}$$

avec $\tau = RC$ constante de temps du circuit.

L'identification de ce système peut se faire en excitant le circuit, par exemple par un échelon. Ici l'identification se réduit à la détermination d'un seul paramètre (τ).

6.2.2.2 Moteur à courant continu

On considère un moteur à courant continu, présenté au chapitre 1, commandé par l'induit, représenté par la figure 6.3.

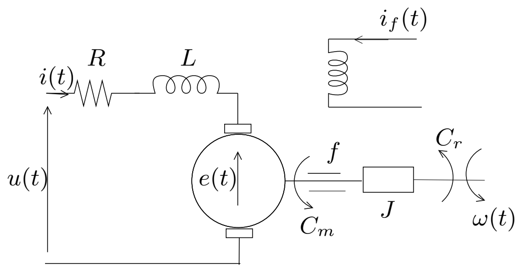

FIGURE 6.3 – Moteur à courant continu

Le modèle de connaissance de ce système s'obtient en écrivant les équations électromécaniques suivantes :

$$u(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} + e(t) \tag{6.3}$$

avec :
$e(t) = k\omega(t) =$ force électromotrice

$$J\frac{d\omega(t)}{dt} = C_m - C_r - C_f \tag{6.4}$$

avec :
$C_m = ki(t) =$ couple moteur
$C_f = f\omega(t) =$ couple de frottements
$C_r =$ couple résistant

Le modèle mathématique, obtenu en combinant les équations 6.3 et 6.4, peut s'écrire

$$\alpha\omega(t) + \beta\frac{d\omega(t)}{dt} + \frac{d^2\omega(t)}{dt^2} + \gamma C_r(t) + \delta\frac{dC_r(t)}{dt} = k_2u(t) \tag{6.5}$$

6.2.3 Différents types de représentation

Il existe deux représentations des systèmes linéaires invariants :

— **Représentation non paramétrique** : il s'agit de la représentation du comportement d'un système à l'aide d'un diagramme fréquentiel (Bode, Nyquist,Black) ou d'une réponse temporelle (indicielle,...).

— **Représentation paramétrique** : il s'agit d'une représentation mathématique, définie par un nombre fini de coefficients (fonction de transfert, équation différentielle,...).

6.3 Méthodes temporelles

Ces méthodes sont basées sur l'interprétation de réponses temporelles du système à identifier.

6.3.1 Systèmes du premier ordre

6.3.1.1 Systèmes de fonction de transfert $G(s) = \frac{K}{1+\tau s}$

La réponse indicielle (à un échelon unitaire) d'un tel système est donnée par l'équation :

$$y(t) = K\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \tag{6.6}$$

et représentée par la figure 6.4.

— Le gain statique K est déterminé par le régime permanent, c'est à dire par l'asymptote à la courbe de réponse indicielle en l'infini.

— La constante de temps τ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine, avec l'asymptote horizontale. C'est aussi l'abscisse du point d'ordonnée $0.632K$.

Ces résultats sont démontrés dans le chapitre consacré aux systèmes du premier ordre.

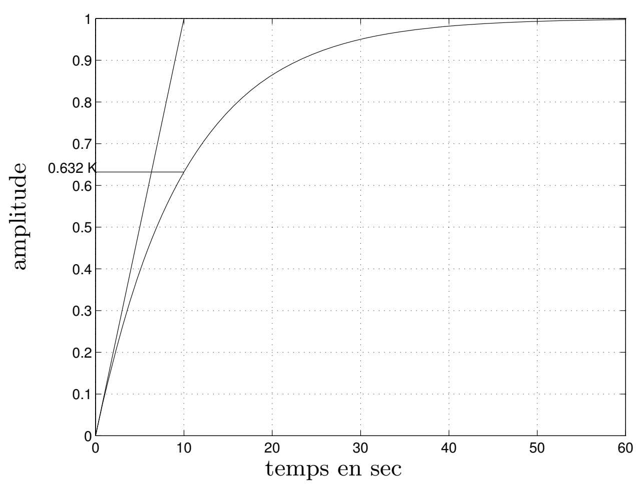

FIGURE 6.4 – Réponse indicielle de $G(s) = \frac{K}{1+\tau s}$

6.3.1.2 Systèmes de fonction de transfert $G(s) = \frac{K\tau s}{1+\tau s}$

La réponse indicielle (échelon unitaire) d'un tel système est donnée par l'équation 6.7, et représentée par la figure 6.5.

$$y(t) = Ke^{-\frac{t}{\tau}} \tag{6.7}$$

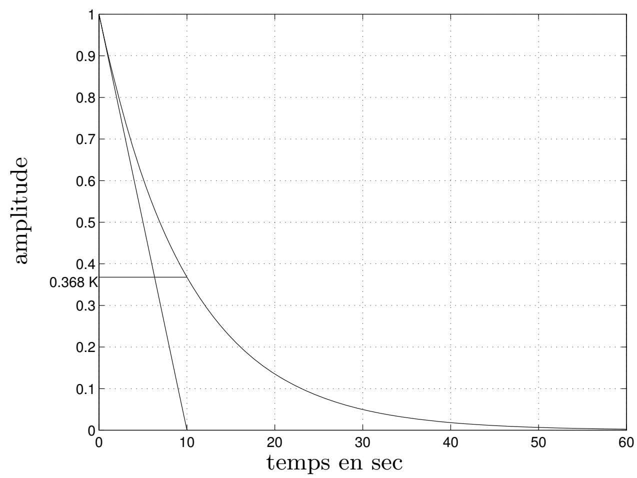

FIGURE 6.5 – Réponse indicielle de $G(s) = \frac{K\tau s}{1+\tau s}$ avec $K = 1$

- Le gain statique K est déterminé par l'abscisse à l'origine.
- La constante de temps τ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente au point $(0, 1)$ avec l'axe des temps. C'est aussi l'abscisse du point d'ordonnée $0.368K$.

6.3.1.3 Systèmes à avance de phase

Il s'agit des systèmes dont la fonction de transfert est : $G(s) = \frac{K(1+a\tau s)}{1+\tau s}$ avec $a > 1$.

La réponse indicielle d'un tel système est donnée par :

$$y(t) = K\left[1 + (a-1)e^{-\frac{t}{\tau}}\right] \tag{6.8}$$

et représentée par la figure 6.6.