

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEM 1.1
M1 AUTOMATIQUES ET
SYSTEMES

Techniques
d'Identification

Crédits: 3

Coefficient: 2

Pr. O. ASSAS

Objectifs de Cours

Ce cours permet de maîtriser les techniques modernes de l'automatique pour l'identification et l'estimation des modèles des systèmes, sur les plans des principes théoriques et de la mise en œuvre pratique à l'aide de nombreux exemples.

Contenu de cours

Chapitre 1. Identification basée sur l'erreur d'équation: méthode de moindre carré.

Chapitre 2. Méthode des variables instrumentales

Chapitre 3. Méthode de l'erreur de prédiction

- Structures sans modèle du bruit
- Structures avec modèle du bruit
- Minimisation de l'erreur de prédiction
- Analyse fréquentielle de l'erreur de prédiction

Contenu de cours

Chapitre 4. Identification boucle fermée

Identification sans excitation externe

Identification avec excitation externe

Chapitre 5. Aspects pratiques de l'identification

Conditionnement des signaux

Choix de la période d'échantillonnage

Choix du signal d'excitation

Estimation de l'ordre

Contenu de cours

Chapitre 4. Identification boucle fermée

Identification sans excitation externe

Identification avec excitation externe

Chapitre 5. Aspects pratiques de l'identification

Conditionnement des signaux

Choix de la période d'échantillonnage

Choix du signal d'excitation

Estimation de l'ordre

Contenu de cours

Chapitre Chapitre 6. Validation du model

Validation par rapport au but escompté

Validation du modèle avec des données
expérimentales

Validation par des méthodes statistiques

Validation par des méthodes Heuristiques

Chapitre 1:

Généralités sur l'identification et ses techniques

Plan du cours

1 Définition .

2 But de l'identification .

3 Les étapes d'identification .

4 Mméthodes d'identification

5 Critères de performance

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

DEFINITION: L'identification consiste à chercher les paramètres de modèles mathématiques d'un système, à partir de données expérimentales et de connaissances disponibles a priori. Ces paramètres peuvent avoir une signification physique, ou ne pas en avoir, comme c'est le cas pour les modèles de comportement.

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

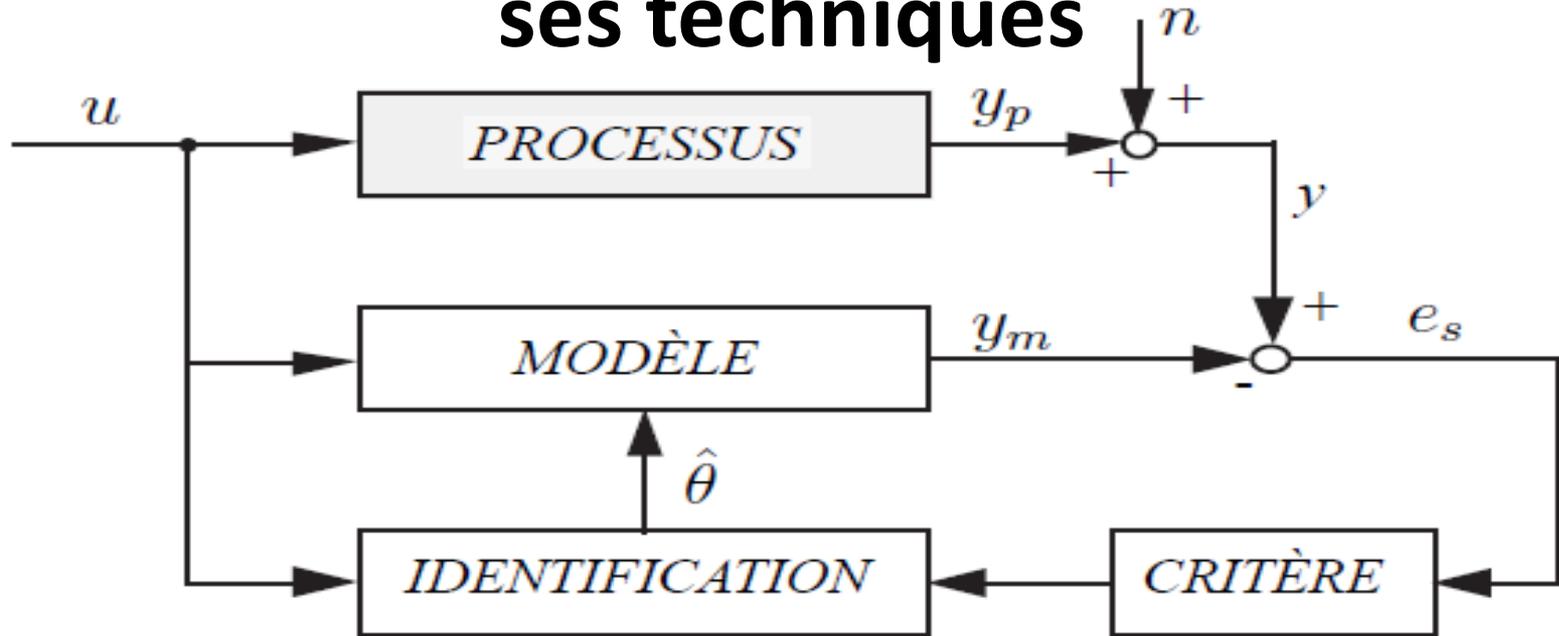


Schéma pour l'identification des paramètres du modèle:

u , entrée (ajustable);

y_p , sortie du processus (non mesurable);

n , bruit (inconnu);

y , sortie bruitée (mesurée);

y_m , sortie du modèle (calculable);

e_s erreur de sortie (calculable);

$\hat{\theta}$, vecteur des paramètres estimés

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

BUT DE L'IDENTIFICATION

L'objectif recherché est de rendre identiques les réponses du processus et du modèle, pour des séquences d'entrée données.

COMMANDE

STABILITE

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

Les étapes d'identification

Acquisition des E/S sous un protocole d'expérimentation

Choix ou estimation de la complexité du modèle

Estimation des paramètres du modèle

Validation du modèle

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

1 Acquisition des entrées-sorties sous un protocole d'expérimentation

deux catégories de signaux de tests :

1 **Les signaux déterministes** tel que l'échelon, la sinusoïde etc. ces signaux sont décrit par une fonction de temps.

2 **Les signaux aléatoires**, complètement décrit par leurs propriétés statistiques une des signaux les plus utilisés pour l'identification est la séquence pseudo aléatoire (SBPA).

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

2 Choix ou estimation de la complexité du modèle

- Le problème typique rencontré est le choix de l'ordre des polynômes (numérateur et dénominateur) de la fonction de transfert,
- ce choix de la complexité peut se faire par une procédure essais/erreur ou par algorithmes qui estiment à partir des données, la complexité des modèles.

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

3 Estimation des paramètres du modèle

- Il s'agit d'estimer les paramètres du modèle de façon à minimiser un critère représentatif.
- La qualité de cette estimation dépendra donc de la méthode choisie, et de l'information contenue dans les données d'entrée-sortie.

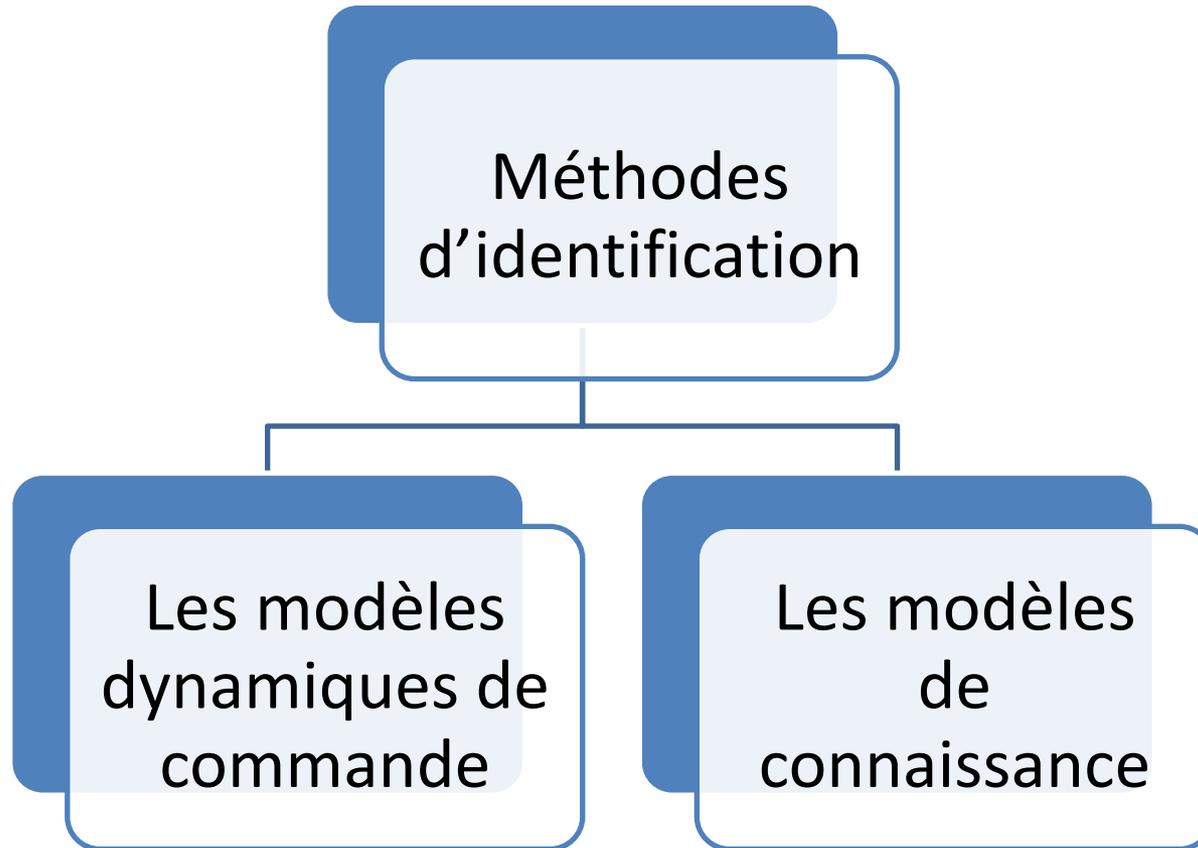
Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

4 Validation du modèle

Elle consiste à accepter ou rejeter le modèle obtenu.

Ainsi pour l'analyse de la validité du modèle, on teste par exemple, le blanchissement de l'erreur d'identification par le calcul de sa fonction d'auto-corrélation.

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques 1



Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

1. Les modèles de connaissance

(basés sur les lois de la physique, de la chimie. . .), donnent une description complète des systèmes et sont utilisés pour la simulation et la conception des procédés. Ce sont souvent des modèles complexes.

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

2. Les modèles dynamiques de commande

qui donnent la relation entre les variations des entrées d'un système et les variations de la sortie, sont utilisés en automatique.

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

Types des modèles dynamiques

Les modèles dynamiques de commande

```
graph TD; A[Les modèles dynamiques de commande] --> B[Modèles non paramétriques (réponse fréquentielle, réponse à un échelon).]; A --> C[Modèles paramétriques (fonction de transfert, équations différentielles).];
```

Modèles non paramétriques
(réponse fréquentielle, réponse à un échelon).

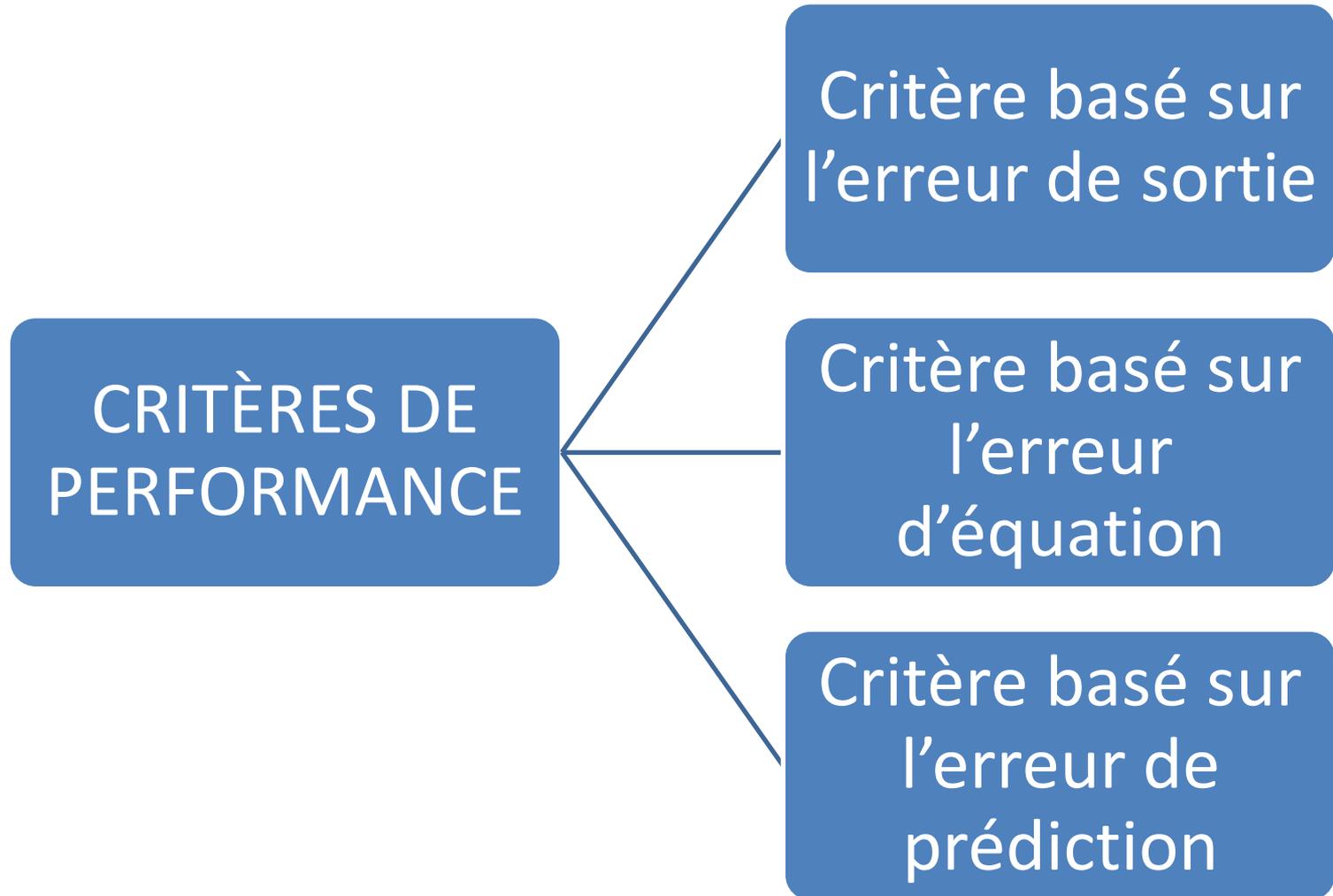
Modèles paramétriques (fonction de transfert, équations différentielles).

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

CRITÈRES DE PERFORMANCE

On utilise le plus souvent un critère quadratique basé sur une mesure de distance (ou erreur) entre les valeurs mesurées et celles prédites à l'aide du modèle.

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques



Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

Critère basé sur l'erreur de sortie

L'erreur de sortie $e_s(k)$ est la différence entre la sortie mesurée $y(k)$ et la sortie du modèle $y_m(k)$ qui résultent de la même excitation $u(k)$,

$$e_s(k) \equiv y(k) - y_m(k) = y_p(k) + n(k) - y_m(k)$$

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

Afin d'exprimer la qualité d'un modèle proposé, on considère la somme des erreurs de sortie quadratiques. Pour déterminer le meilleur modèle, on minimisera ensuite ce critère par rapport au vecteur de paramètres θ : où N représente le nombre de mesures disponibles.

$$\min_{\theta} J(\theta) = \sum_{k=1}^N e_s^2(k)$$

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

Critère basé sur l'erreur d'équation

En général, la sortie mesurée y diffère de y_m , celle du modèle. L'erreur d'équation $e_e(k)$ représente l'erreur dans l'équation (3.19) lorsque la sortie du modèle y_m est remplacée par la sortie mesurée y :

$$e_e(k) \equiv y(k) + a_1 y(k-1) + \dots + a_n y(k-n) \\ - b_0 u(k-d) - b_1 u(k-d-1) - \dots - b_m u(k-d-m)$$

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

La minimisation de l'erreur d'équation quadratique s'écrit:

$$\min_{\theta} J(\theta) = \sum_{k=1}^N e_e^2(k)$$

et constitue un problème de régression linéaire par rapport aux paramètres θ

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

Critère basé sur l'erreur de prédiction

L'erreur de prédiction $\varepsilon(k)$ est la différence entre la sortie mesurée $y(k)$ et la sortie prédite $\hat{y}(k)$. La sortie prédite à l'instant k est calculée à partir de toutes les informations disponibles jusqu'à l'instant $k-1$. Cette sortie peut être présentée comme

$$\hat{y}(k) = \mathcal{F}(\theta, u(k-1), u(k-2), \dots, y(k-1), y(k-2), \dots, \hat{y}(k-1), \hat{y}(k-2), \dots)$$

où F est une fonction à définir ici

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

on peut mentionner que l'erreur de sortie $e_s(k)$ et l'erreur d'équation $e_e(k)$ sont des cas particuliers de l'erreur de prédiction. Si l'on prend la sortie du modèle pour la sortie prédite ($\hat{y}(k) = y_m(k)$) on retrouve le critère de l'erreur de sortie. Dans ce cas la sortie prédite s'écrit:

$$\hat{y}(k) = -a_1\hat{y}(k-1) - \dots - a_n\hat{y}(k-n) + b_0u(k-d) + \dots + b_mu(k-d-m)$$

Chapitre 1: Généralités sur l'identification et ses techniques

L'erreur d'équation dans l'équation peut aussi être écrite comme une erreur de prédiction en choisissant la sortie prédite égale au terme entre crochets de l'équation suivante:

$$\hat{y}(k) = -a_1 y(k-1) - \dots - a_n y(k-n) + b_0 u(k-d) + \dots + b_m u(k-d-m)$$

Avec ce choix on obtient

$$\varepsilon(k) = e_e(k) = y(k) - \hat{y}(k).$$

**Merci pour
votre attention
Questions ????**