UNIVERSITE 20 Aout 1955 SKIKDA

Master Spécialité : ***Electriotechque***

COURS

Modélisations et simulation des systèmes électrique

CHAPITRE VI ET V :

Généralités sur l'identification

Chapitre 5 : Généralités sur l'identification

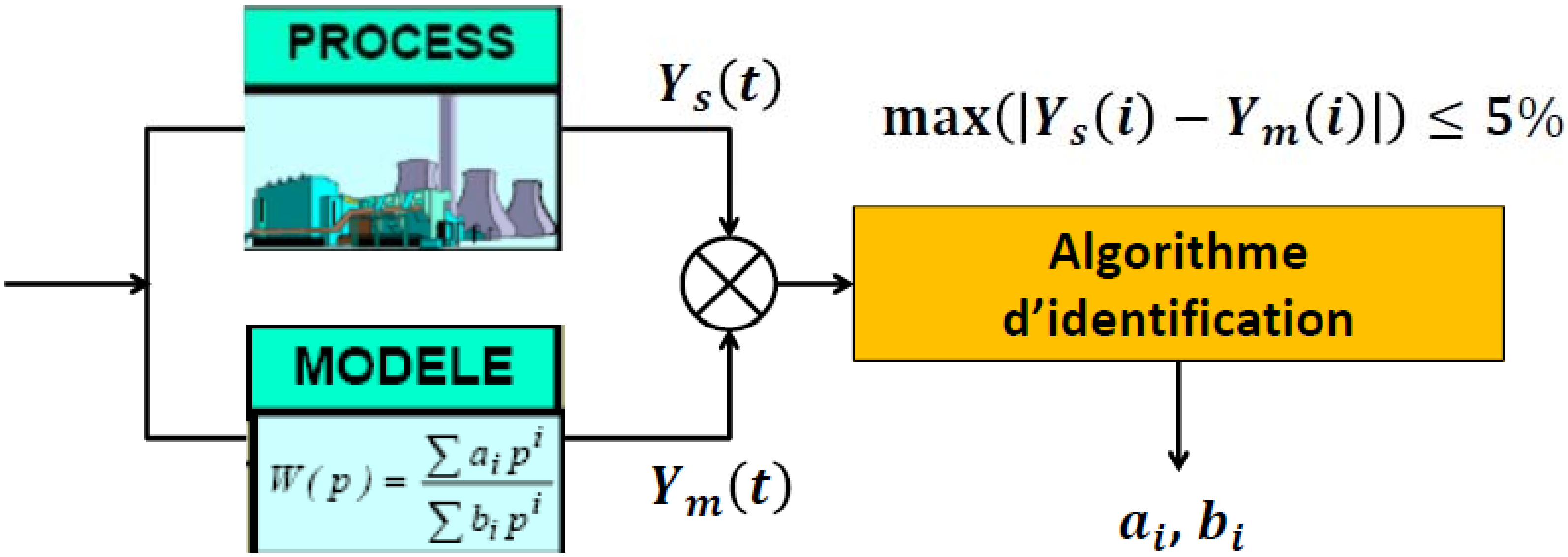
L'identification d'un procédé est définie comme ***la détermination, basée sur la connaissance des entrées et des sorties du procédé, d'un modèle appartenant à une classe spécifiée, équivalente au procédé [ZADEH, 1962]***

L'identification d'un système c'est la détermination de son ***modèle mathématique sur la base des observations*** expérimentales ***entrées-sorties.***

Le traitement mathématique des réponses graphiques du système est appelé **IDENTIFICATION.**

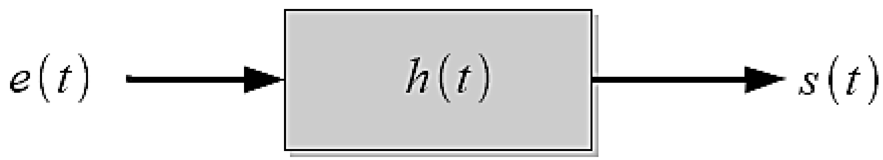
Le modèle obtenu est dit de conduite ou de **représentation.**

Principe de l'identification



– Relation entrée, sortie et système

• La sortie d'un système linéaire est ***le produit de convolution*** entre le signal d'entrée et la réponse impulsionnelle du système.



$$s(t) = e * h = \int_0^t e(\tau) h(t-\tau)\, d\tau$$

• La sortie est caractéristique du système pour des signaux élémentaires tels que *l'impulsion de Dirac, l'échelon ou la Rampe.*

❖Relation entrée, sortie et système

Le signal d'excitation le plus courant est l'échelon L'identification se fait donc à partir de ***la réponse indicielle.***

Remarque : on peut passer de la réponse impulsionnelle à la réponse indicielle par ***intégration [numérique] des mesures***

Si le système présente une intégration dans sa fonction de transfert (pôle nul), il suffit de ***dériver [numériquement] les mesures pour*** obtenir la réponse d'un système équivalent sans intégration.

Exemple:

Exemple du circuit du 1er ordre de la forme :

$$L(p) = \frac{1}{1 + \tau p}$$

La réponse impulsionnelle est $S(p) = 1 \times \frac{1}{1+\tau p}$

D'où : $s(t) = \frac{1}{\tau} e^{-t/\tau}$

L'intégration de la réponse impulsionnelle donne la réponse indicielle :

$$\int s(u)du = \frac{1}{\tau}\left[-\tau e^{-t/\tau}\right] = 1 - e^{-t/\tau}$$

❑Les méthodes de bases

Les méthodes de base sont :

– Graphique,

– Broïda,

– Strecj,

– Réponse harmonique

– Etc …

Ces méthodes renvoient généralement un modèle de ***comportement.***

Pour les systèmes simples, le modèle de comportement correspond au modèle de connaissance.

• Identification des procédés industriels

Introduction

- La fonction de transfert réelle d'un procédé industriel est pratiquement impossible à déterminer.
- Il est alors nécessaire d'utiliser un modèle qui soit le plus représentatif possible de ce procédé.
- *Identifier un procédé*, c'est rechercher à partir d'enregistrements, les paramètres qui caractérisent son modèle.
- Parmi les nombreuses méthodes d'identification existantes, nous utilisons des méthodes simples applicables sans matériel spécial et sans connaissances théoriques particulières.
- On utilise des méthodes d'identification qui permettent de trouver un modèle de comportement traduisant le plus fidèlement le procédé autour d'un point de fonctionnement.
- La connaissance des paramètres caractéristiques d'un procédé peut-être utile en particulier dans les domaines suivants:
  - Réglage des actions dans les boucles de régulation ;
  - Choix des modes de régulation,
  - Modélisation des procédés pour des correcteurs numériques, afin de réaliser des régulations par modèle interne .

Chapitre 6 : Méthodes d’identification graphiques

Paramètres caractéristiques de la réponse d’un procédé:
La connaissance des paramètres caractéristiques d’un procédé aide à la mise au point de la boucle de régulation.

Caractéristiques statiques d’un procédé
La caractéristique statique est la courbe représentative de la grandeur de sortie S en fonction de la grandeur d'entrée E : S = f(E).
Remarque :
Pour tracer cette courbe on prend en compte les valeurs de la sortie, en régime stable, en fonction du signal de commande.

- *Gain statique Si le système est naturellement stable, le gain statique G est le rapport entre la variation de la grandeur d‘e sortie ΔS et la variation de la grandeur d’entrée ΔE.*

$$G=\Delta S/\Delta E$$

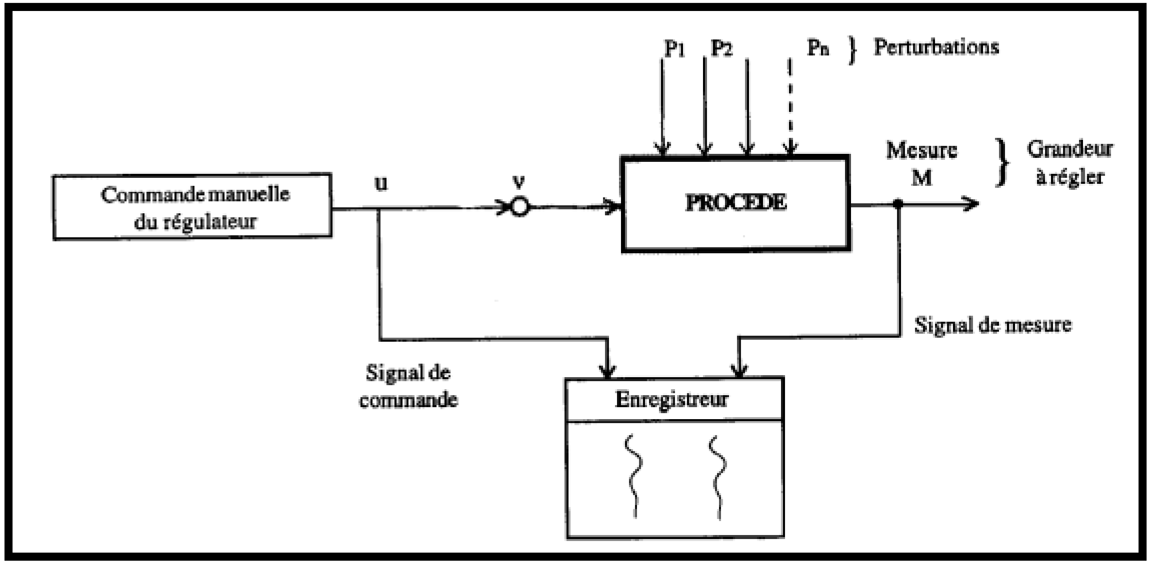
- *Erreur statique*

Si le système est stable, l'erreur statique E est la différence entre la consigne W et la mesure de la valeur réglée X.

$$E = W - X$$

• Méthode d'identification en boucle ouverte

Mode opératoire :



Stabiliser la mesure M(t) au point de fonctionnement choisi ou aux conditions moyennes. Le système pouvant présenter des non-linéarités (voir courbes d'essais statiques), il est important d'analyser au point de fonctionnement futur.

 Régulateur en manuel>>>>>>>>>boucle ouverte.

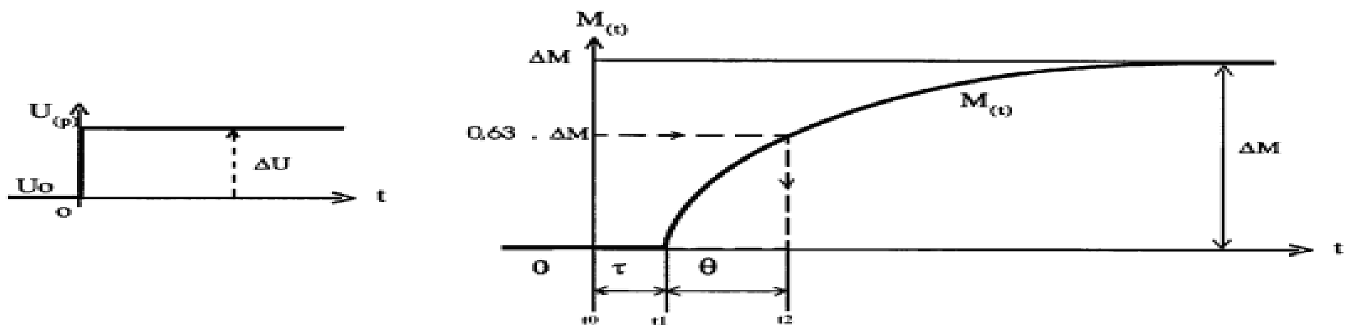
 Faire un échelon ΔU à l'aide de la commande manuelle sur le signal.

 Exploitation graphique de l'enregistrement du signal de mesure M(t).

Procédés naturellement stable : Types de réponses :

Procédé à dominante du premier ordre avec retard :

La fonction de transfert : $$HR(p) = \frac{Gs.e^{-\tau p}}{1+\theta.p}$$



Echelon sur la commande de la vanne ***Réponse de la mesure***

A partir des constructions fournies, on calcule :

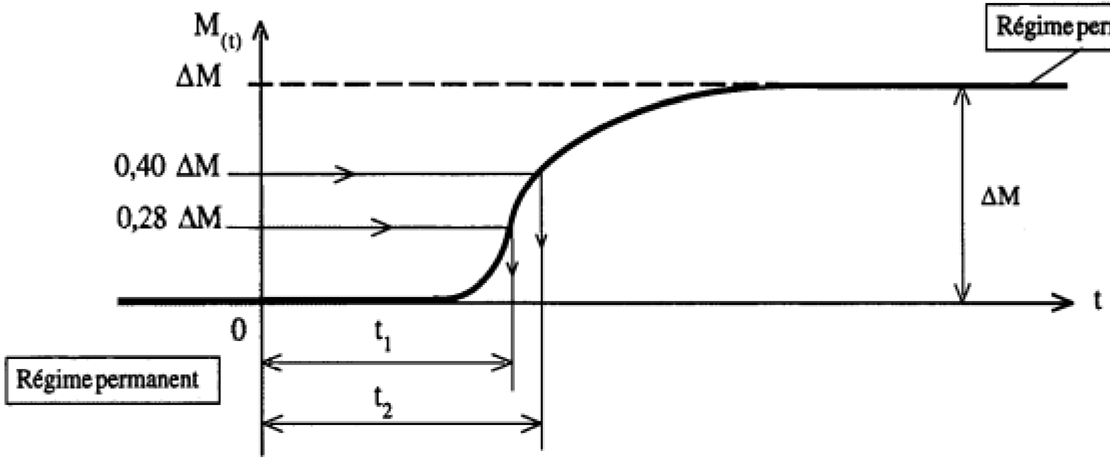
- Le gain statique : $\mathbf{Gs = \Delta M / \Delta U}$;
- Le retard : $\boldsymbol{\tau = t1 - t0}$;
- La constante de temps : $\boldsymbol{\theta = t2 - t1}$.

Chapitre 6 : Méthodes d'identification graphiques

Procédé du nième ordre avec retard :
La figure suivante montre la construction graphique à réaliser, cette construction est basée sur la méthode mise au point par V.BROIDA : recherche des temps t1 et t2 correspondants à 28% et 40% de la variation ΔM.

$$HR(p) = \frac{Gs.e^{-\tau p}}{(1+\theta 1.p)(1+\theta 2.p).....(1+\theta n.p)} = \frac{Gs.e^{-\tau p}}{(1+\theta.p)}$$

Allure générale du signal de mesure



- Le problème d'identification consistera donc à déterminer les paramètres suivants
- θ : Constante du temps (sec.) , τ: Temps de retard pur (sec.)
- Afin de déterminer des valeurs de ces paramètres, Broîda fait correspondre la réponse indicielle à identifier et la fonction de transfert du 1 er ordre affectée d'un retard en deux points t1 et t2 'ordonnées correspondant à 28% et 40% de la valeur finale de la sortie du système.

$$M(t) = \Delta M.(1 - e^{-\frac{t-\tau}{\theta}})$$

Il suit de cette hypothèse, les systèmes d'équation suivants :

$$1 - e^{-\frac{t1-\tau}{\theta}} = 0.28 \Rightarrow e^{-\frac{t1-\tau}{\theta}} = 1 - 0.28 = 0.72 \Rightarrow \quad e^{-\frac{t1}{\theta}}.e^{\frac{\tau}{\theta}} = 0.72$$

$$1 - e^{-\frac{t2-\tau}{\theta}} = 0.40 \Rightarrow e^{-\frac{t2-\tau}{\theta}} = 1 - 0.4 = 0.6 \Rightarrow \quad e^{-\frac{t2}{\theta}}.e^{\frac{\tau}{\theta}} = 0.6$$

D'où

$$\frac{e^{-\frac{t1}{\theta}}.e^{\frac{\tau}{\theta}}}{e^{-\frac{t2}{\theta}}.e^{\frac{\tau}{\theta}}} = \frac{0.72}{0.6} = 1.2 \quad \Rightarrow \frac{e^{-\frac{t1}{\theta}}}{e^{-\frac{t2}{\theta}}} = e^{\frac{-(t1-t2)}{\theta}} = 1.2 \quad \Rightarrow \boxed{\theta = \frac{(t2-t1)}{\ln(1.2)} = 5.5.(t2-t1)}$$

De même

$$1 - e^{-\frac{t1-\tau}{\theta}} = 0.28 \Rightarrow e^{-\frac{t1-\tau}{\theta}} = 1 - 0.28 = 0.72 \Rightarrow \quad e^{-\frac{t1}{\theta}}.e^{\frac{\tau}{\theta}} = 0.72$$

$$\Rightarrow \quad e^{\frac{\tau}{\theta}} = \frac{0.72}{e^{\frac{-t1}{\theta}}} = \frac{0.72}{e^{\frac{t1}{5.5(t1-t2)}}} \Rightarrow$$

$$\frac{\tau}{\theta} = \ln(0.72) - \frac{t1}{5.5(t1-t2)} = -0.328 - \frac{t1}{5.5(t1-t2)} \Rightarrow$$

$$\tau = -0.328.5.5.(t2-t1) + t1 = -1.8.(t2-t1) + t1 = 2.8.t1 - 1.8.t2$$

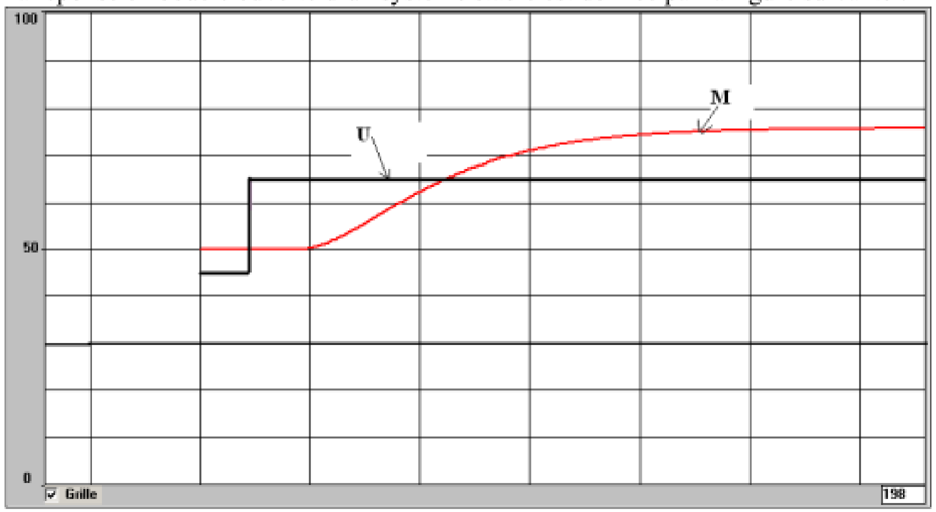
Donc $\boxed{\tau = 2.8.t1 - 1.8.t2}$

• Calcul des paramètres du modèle :

- **Constante de temps**	$\theta = 5{,}5\ (t_2 - t_1)$
- **Temps mort**	$\tau = 2{,}8\ t_1 - 1{,}8\ t_2$
- **Gain statique**	$Gs = \dfrac{\Delta M}{\Delta U}$

Exemple :

La réponse en boucle ouverte d’un système stable est donnée par la figure suivante :



En régime permanent :

ΔU= 20 % ; ΔM= 26 % d’où Gs = 26/20 = 1.3

A **28%** de **ΔM (7.28 %)** correspond **t1 = 50 s**

A **40%** de **ΔM (10.4 %)** correspond **t2 = 56 s**

Les calculs de θ et τ donnent alors :

$$\theta = 5.5(t2-t1) = 5.5.6 = 33\ s$$

$$\tau = 2.8.t1 - 1.8.t2 = 39.2\ s$$

La fonction de transfert du procédé est :

$$HR(p) = \frac{1.3.e^{-39.2\,p}}{(1+33.p)}$$

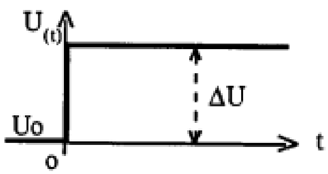
Procédés naturellement instables:

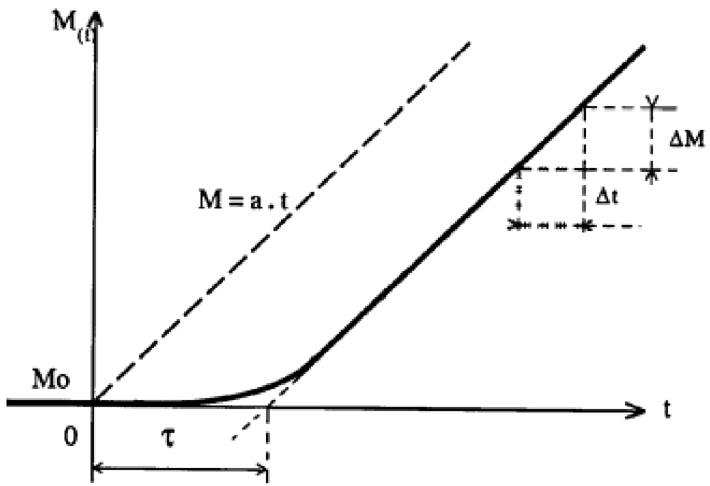
Quelle que soit la méthode employée, les paramètres du modèle du procédé à identifier sont ceux d’un intégrateur pur avec retard : k et τ.

La fonction de transfert de ce modèle est la suivante :

$$HR(p) = \frac{k.e^{-\tau p}}{p.(1+\theta 1.p)(1+\theta 2.p).....(1+\theta n.p)} = \frac{k.e^{-\tau p}}{p}$$

Le temps mort du modèle est déterminé graphiquement





Coefficient d’intégration du procédé : k =ΔM% / (ΔU%.Δt)

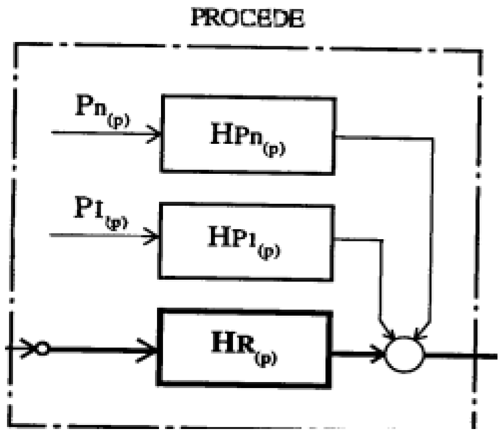
Remarque :

- *Cette méthode d’identification en boucle ouverte doit être utilisée avec précautions, compte-tenu du caractère instable du procédé.*
- *Pour restabiliser le procédé, passer le régulateur en automatique et en proportionnelle seule, avec un gain assurant la stabilité.*

- **Méthode d'identification en boucle fermée**

Procédés naturellement stables

Soit à identifier un système constitué par plusieurs éléments et dont le schéma fonctionnel est



Principe de la méthode:

Procèdent avec identification paramétrique en choisissant à priori un modèle et on cherche par cette méthode, les paramètres de la fonction de transfert du modèle.

- Modèle recherché :

On approximera le procédé à une fonction de transfert du premier ordre avec retard.

$$H(P) = \frac{G_S . e^{-\tau P}}{1 + TP}$$

Donc , on doit déterminer:

Gs: le Gain de boucle critique

T: la Constante du temps

τ : le retard

- **Mode opératoire :**

La méthode d'identification en boucle fermée nécessite <u>deux essais</u> :

-<u>*Premier essai :*</u>

Recherche du gain statique: Gs

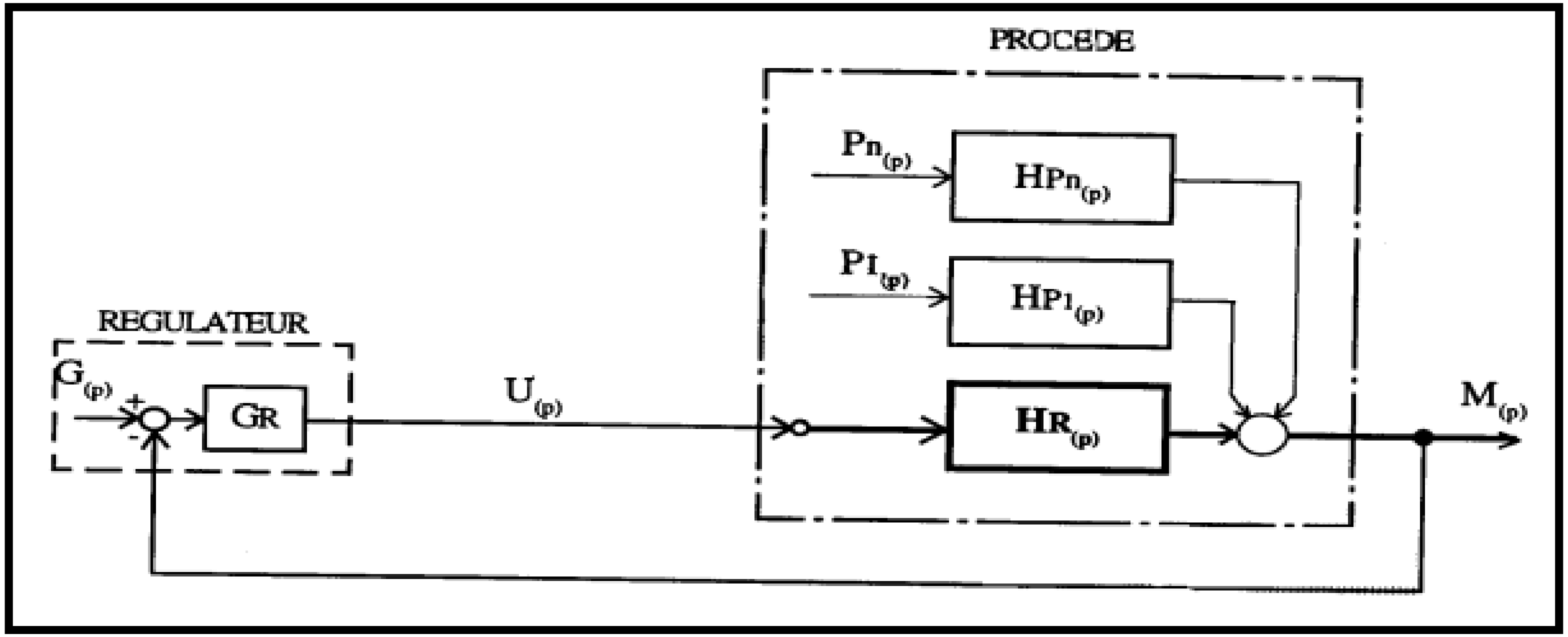
-<u>*Deuxième essai :*</u>

Recherche des paramètres dynamiques: T et τ

- # Mode opératoire :

- ***On réalise d’abord le circuit bouclé suivant:***

Où, Gr: regulateur

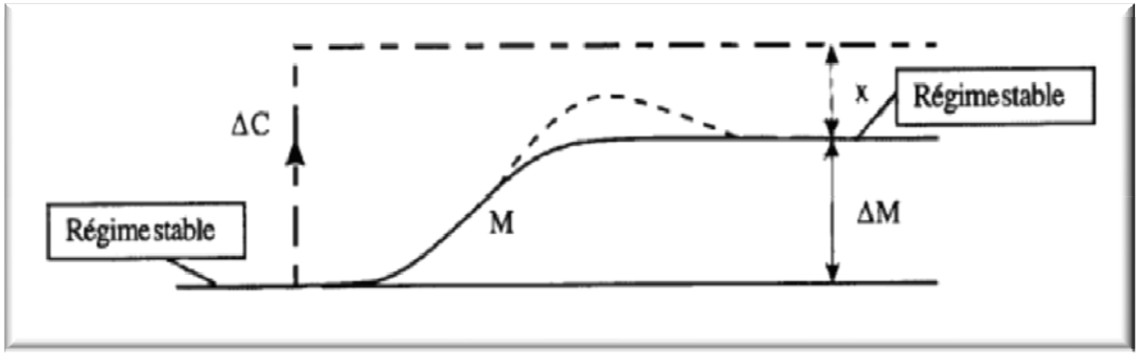


Mode opératoire :

<u>Premier essai :</u> *Recherche du gain statique* Gs

Se placer au point de fonctionnement et stabiliser la mesure.
Egaler la consigne à la mesure (C = M)

- *Le régulateur en automatique et en action proportionnelle seule*
- *Faire un échelon sur la consigne : ΔC*
- *Relever la variation de mesure ΔM et l'écart x (x = C – M)*



❖ *Calculer le gain statique Gs.*

$$\boxed{Gs = \frac{\Delta M}{x.\,GR}}$$

• Mode opératoire :

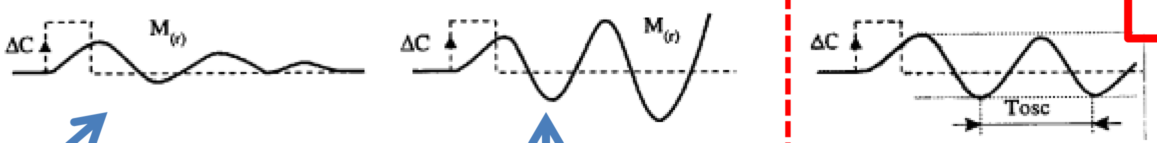
-Deuxième essai

Rechercher des paramètres dynamiques: T et τ

Au point de fonctionnement

- *Régulateur en automatique et en action proportionnelle seule.*
- *Augmenter progressivement le gain du régulateur en faisant de petits échelons sur la consigne jusqu’à l’obtention du « pompage » régulier de la mesure.*

POMPAGE:



GR trop petit ou BP% trop grand

GR trop grand ou BP% trop petite

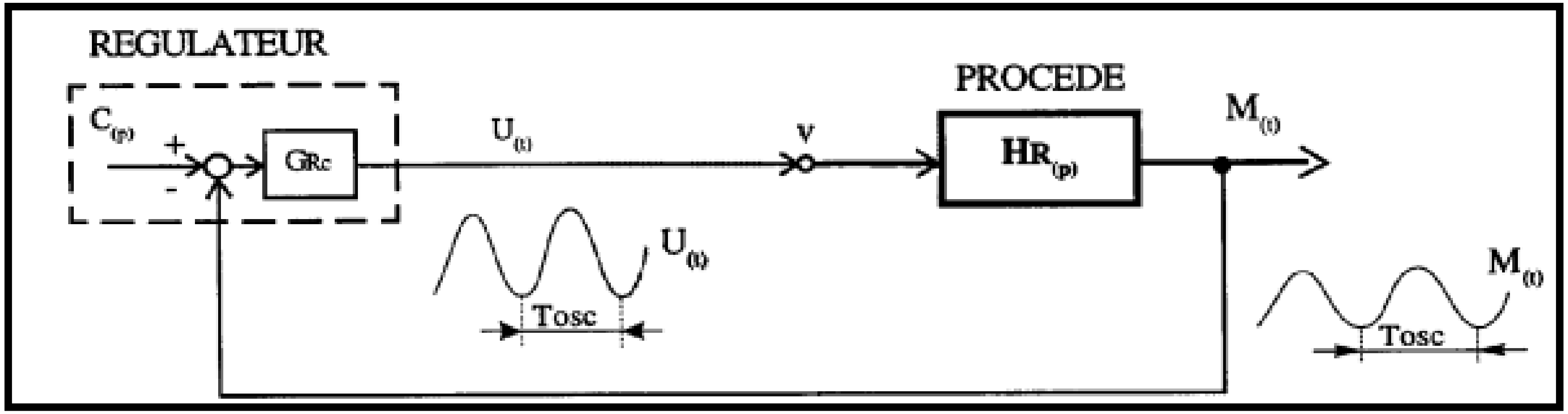
GR correct BP% correcte

AMORTI

INSTABLE

STABLE NON AMORTI

- # Mode opératoire :<u>Deuxième essai</u>



Relever les valeurs qui occasionne le pompage :

- Du gain critique du régulateur (**GRc**)
- Et, la période des oscillations (**Tosc**)

Mode opératoire : Deuxième essai

Calculer le Gain de boucle critique GBc

$$\boxed{GBc = GRc.Gs}$$

- ***Constante de temps du modèle T***

$$\boxed{T = \frac{Tosc}{2.\pi}\sqrt{GBc^2 - 1}}$$

- ***Temps mort ou retard du modèle τ***

$$\tau = \frac{Tosc}{2.\pi}.(1 - \frac{\arctan g(\sqrt{GBc^2 - 1})}{\pi}) \quad \text{Si arc tg est exprimé en radiants}$$

$$\tau = \frac{Tosc}{2.\pi}.(1 - \frac{\arctan g(\sqrt{GBc^2 - 1})}{180}) \quad \text{Si arc tg est exprimé en degrés}$$

Si GBc >>1, on peut appliquer $\tau = \frac{Tosc}{4}$

- **Méthode d'identification en boucle fermée**

Procédés naturellement Instables

- Modèle recherché :

On approximera le procédé à une fonction de transfert intégrateur pur avec retard.

$$H(P) = \frac{k.e^{-\tau P}}{P}$$

- **Méthode d’identification en boucle fermée**

Procédés naturellement Instables

- # Mode opératoire :

Se placer au point de fonctionnement

- Le régulateur en automatique et en action proportionnelle seule

- Augmenter progressivement le gain du régulateur en faisant de petits échelons sur la consigne jusqu’à l’obtention du pompage régulier de la mesure.

- Relever la valeur du gain critique du régulateur (GRc) qui occasionne le pompage et la période des oscillations (Tosc) de la mesure M(t).

Calculer les paramètres *k* et *τ* du modèle

Coefficient d'intégration k

$$k = \frac{2.\pi}{Tosc.GRc}$$

Temps mort ou retard du modèle τ

$$\tau = \frac{Tosc}{4}$$

Méthode de Strejc

Cette méthode peut s'appliquer aux systèmes dont la réponse indicielle ne présente pas de dépassement. On identifie à une fonction de la forme :

$$\boxed{H(p) = \frac{Ke^{-Tp}}{(1-\tau p)^n}}$$

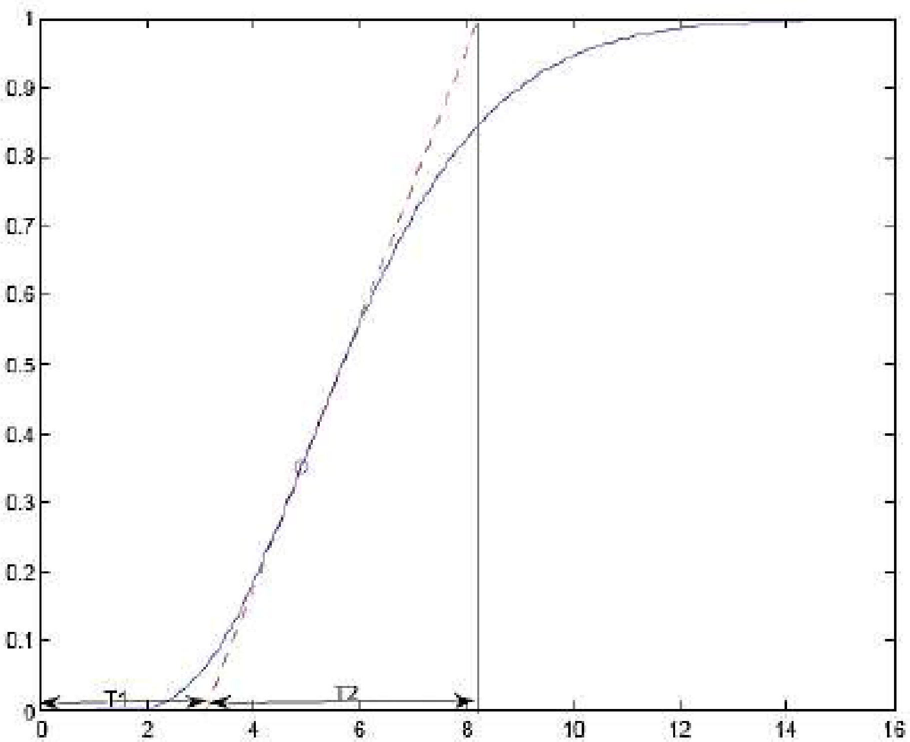
Les paramètres à identifier sont donc :

1. le gain statique *K*,
2. le retard T,
3. la constante de temps τ
4. et l'ordre n.

Méthode de Strejc

- Le gain statique est mesuré directement par la valeur finale de la sortie. Celle-ci vaut $K.E_0$ où E_0 est l'amplitude de l'échelon d'entrée.
- On trace la tangente au point d'inflexion ***I*** pour déterminer deux valeurs : ***T1*** et ***T2***.
- Relever ***T1*** et ***T2*** en déduire l'ordre ***n*** en utilisant le tableau 1. Entre deux lignes du tableau, on choisit la valeur de n la plus petite.
- Déterminer la constante de temps à partir de $T2/_{\tau}$ du tableau.
- Déterminer le retard ***T*** quand il existe à partir de la différence entre la valeur de ***T1*** mesurée et celle donnée par la colonne $\frac{T1}{\tau}$ du tableau.

Méthode de Strejc



n	$\frac{T_1}{\tau}$	$\frac{T_2}{\tau}$	$\frac{T_1}{T_2}$
1	0	1	0
2	0,28	2,72	0,1
3	0,8	3,7	0,22
4	1,42	4,46	0,32
5	2,10	5,12	0,41
6	2,81	5,70	0,49

Tableau 1