	Cours REGULATION	Auto
	NOTIONS SUR LES SYSTEMES ASSERVIS	1/9 1° B.T.S.
Date :		

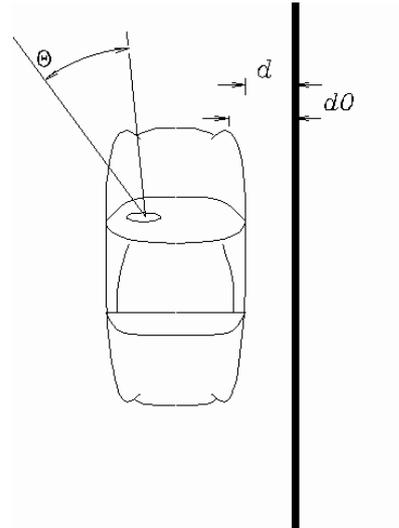
I. Présentation

1. Structure d'un système asservi

L'objectif d'un système automatisé étant de remplacer l'homme dans une tâche, nous allons pour établir la structure d'un système automatisé commencer par étudier le fonctionnement d'un système dans lequel l'homme est la " partie commande " .

Exemple : conducteur au volant d'un véhicule :

Le conducteur doit suivre la route ; pour cela:
 Il observe la route et son environnement et évalue la distance qui sépare son véhicule du bord de la route.
 Il détermine en fonction du contexte l'angle qu'il doit donner au volant pour suivre la route.
 Il agit sur le volant (donc sur le système) ; puis de nouveau il recommence son observation pendant toute la durée du déplacement.
 Si un coup de vent dévie le véhicule, après avoir observé et mesuré l'écart il agit pour s'opposer à cette perturbation.



2. Schéma de structure

a. Les éléments de base

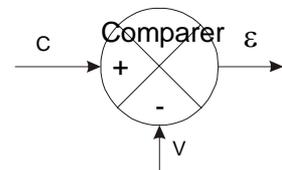
- rectangle : représente un élément ou un groupe d'éléments du système et son action associée



- flèche : représente une grandeur physique en entrée ou en sortie d'un élément.

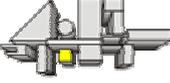


- comparateur : effectue une opération entre deux grandeurs.



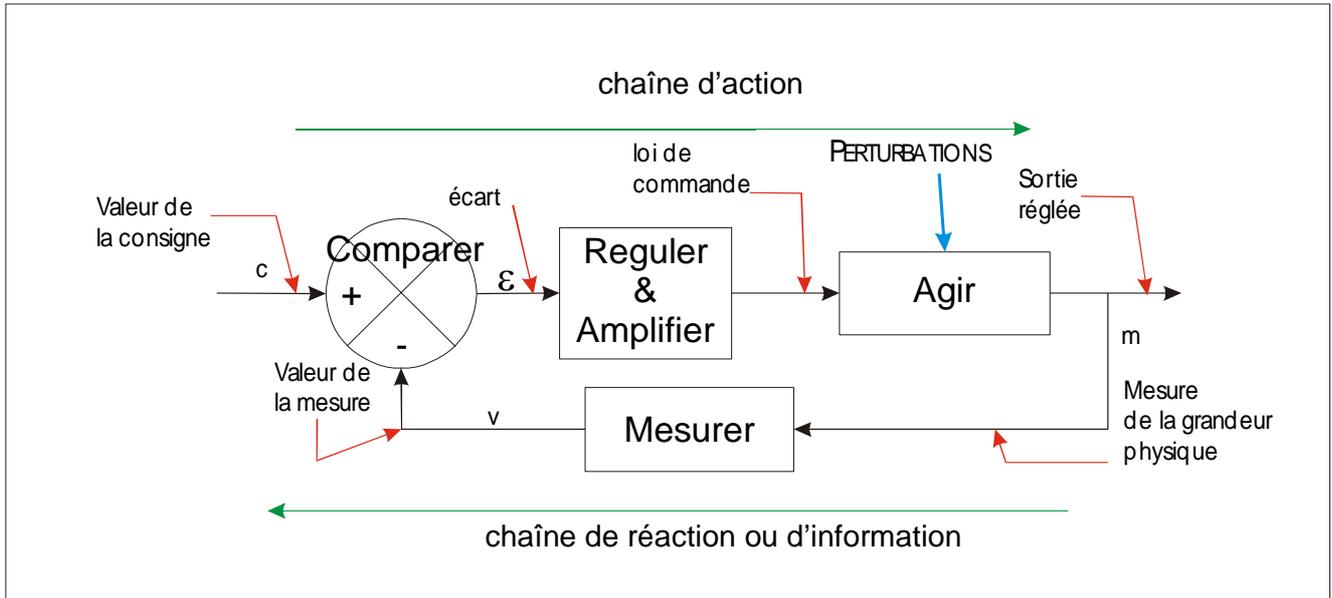
- branchement : représente un prélèvement d'information.



	Cours REGULATION	Auto
	NOTIONS SUR LES SYSTEMES ASSERVIS	2/9
Date :		1° B.T.S.

b. Structure type d'un asservissement

On peut donc définir la structure par le schéma suivant



Nous retrouvons la même structure dans les systèmes asservis.

Cette structure fait intervenir deux chaînes, une chaîne d'action et une chaîne d'information.

Ce type de système est appelé aussi système bouclé.

3. Constituants

a. Partie commande ou régulateur :

Le régulateur se compose d'un comparateur qui détermine l'écart entre la consigne et la mesure et d'un correcteur qui élabore à partir du signal d'erreur l'ordre de commande.

– Actionneur :

C'est l'organe d'action qui apporte l'énergie au système pour produire l'effet souhaité.

Il est en général associé à un pré-actionneur qui permet d'adapter l'ordre (basse puissance) et l'énergie.

– Capteur :

Le capteur prélève sur le système la grandeur réglée (information physique) et la transforme en un signal compréhensible par le régulateur. La précision et la rapidité sont deux caractéristiques importantes du capteur.

b. Informations

– Entrée Consigne (c) :

La consigne, est l'entrée d'action, c'est la grandeur réglante du système.

– Sortie réglée ou régulée (S) :

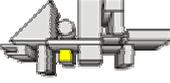
La sortie réglée représente le phénomène physique que doit régler le système, c'est la raison d'être du système.

– Perturbation :

On appelle perturbation tout phénomène physique intervenant sur le système qui modifie l'état de la sortie. Un système asservi doit pouvoir maintenir la sortie à son niveau indépendamment des perturbations.

– Écart, erreur (ϵ) :

On appelle écart ou erreur, la différence entre la consigne et la sortie. Cette mesure ne peut être réalisée que sur des grandeurs comparables, on la réalisera donc en général entre la consigne et la mesure de la sortie.

	Cours REGULATION	Auto
	NOTIONS SUR LES SYSTEMES ASSERVIS	3/9
Date :		1° B.T.S.

II. Asservissement et régulation

1. Asservissement

On appelle asservissement un système asservi dont la sortie doit suivre le plus fidèlement possible la consigne (consigne variable).

Ex: suivi de trajectoire

2. Régulation:

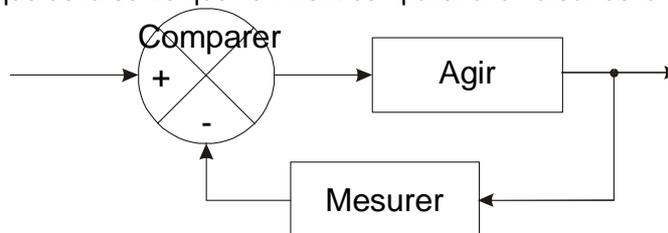
On appelle régulation un système asservi qui doit maintenir constante la sortie conformément à la consigne (constante) indépendamment des perturbations.

Ex: Régulation de température

III. Les différents types de contrôle

1. La régulation en boucle fermée :

c'est une commande asservie comme elle a été représentée plus haut, on mesure donc une image de la grandeur physique de la sortie que l'on vient comparer à la valeur de la consigne.



2. La régulation en boucle ouverte :

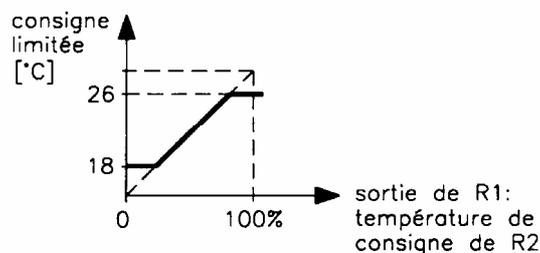
Ce n'est pas à proprement parlé une commande asservie en effet la chaîne de réaction est inexistante, on est donc plus proche d'une commande logique. Ce terme est cependant employé couramment.

Il peut être utile dans certains cas de couper la boucle de retour de l'information pour observer le comportement de l'installation.



Ces lois de correspondances sont très fréquemment des lois affines, mais l'on peut bien sûr imaginer d'autres solutions et entre autre des portions de droites successives.

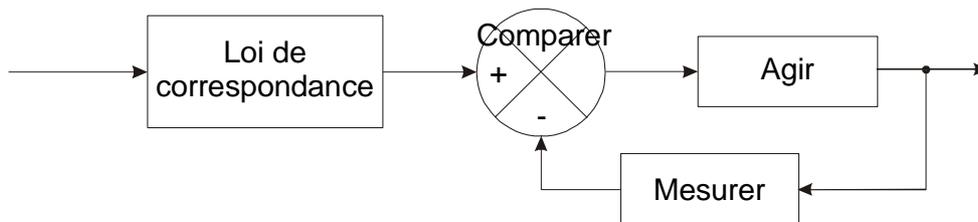
Exemple de loi de correspondance :



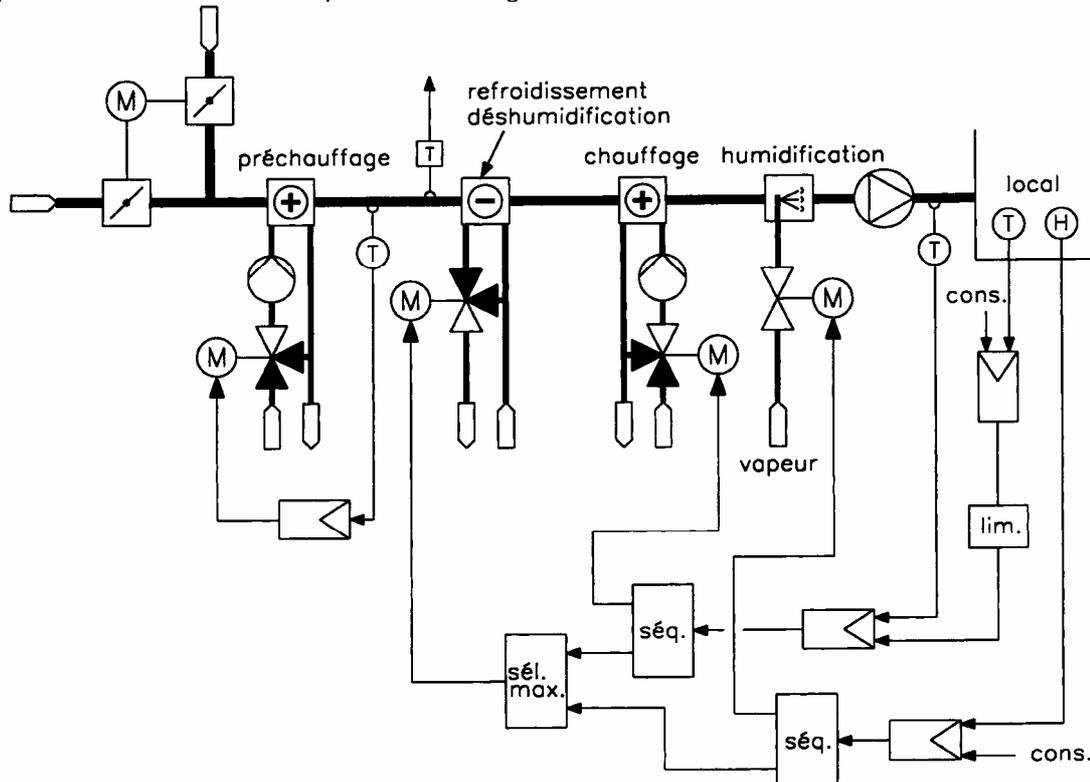
La régulation en cascade de la température d'air soufflé et de la température ambiante ne doit pas provoquer de température d'air soufflé incompatible avec le confort.

3. Association de boucle de régulation

La régulation en boucle ouverte se rencontre souvent associée à une boucle fermée. Ces boucles ouvertes ont des temps de réponses très courts vis-à-vis des temps de réponses de la boucle fermée. Dans ces conditions, ces boucles ouvertes permettent ainsi d'obtenir un prééclage de la grandeur réglée, et améliore le comportement et la rapidité de la boucle fermée. Ces associations de boucles se rencontrent aussi bien dans les installations de chauffage que dans les installations de climatisation ou de froid.



Tous les autres types d'association de boucles sont envisageables. Plus les imbrications sont nombreuses et complexes, et plus le système est difficile à paramétrer et moins il est aisé de prévoir les réactions et les qualités de la régulation.



Exemple d'installation de conditionnement d'air à régulation directe de l'humidité.

IV. Comportement statique et dynamique des systèmes à régler.

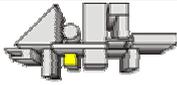
1. Précision

La précision est caractérisée par l'écart entre la consigne et la sortie.

2. Précision statique

on appelle précision statique, l'écart entre la sortie et l'entrée lorsque le système est stabilisé ($t \rightarrow +\infty$).

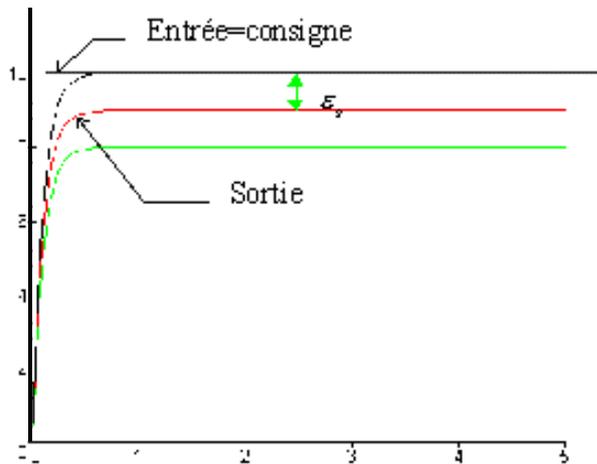
On parle d'erreur indicielle ou d'erreur de trainage.



Date :

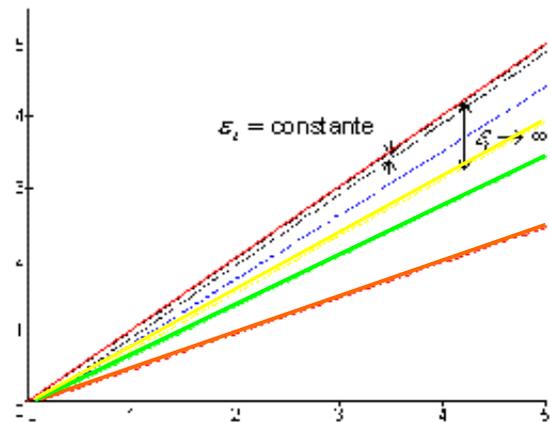
Erreur indicielle:

Dans le cas où la consigne est constante (échelon) on définit l'erreur indicielle comme la différence entre la sortie demandée et la sortie obtenue. L'erreur peut être constante, nulle ou tendre vers l'infini.



Erreur de traînage

Si la consigne est une rampe $e(t) = a.t$, on note l'erreur de traînage l'écart entre la droite de consigne et la sortie, cette erreur peut être nulle, constante ou tendre vers l'infini.

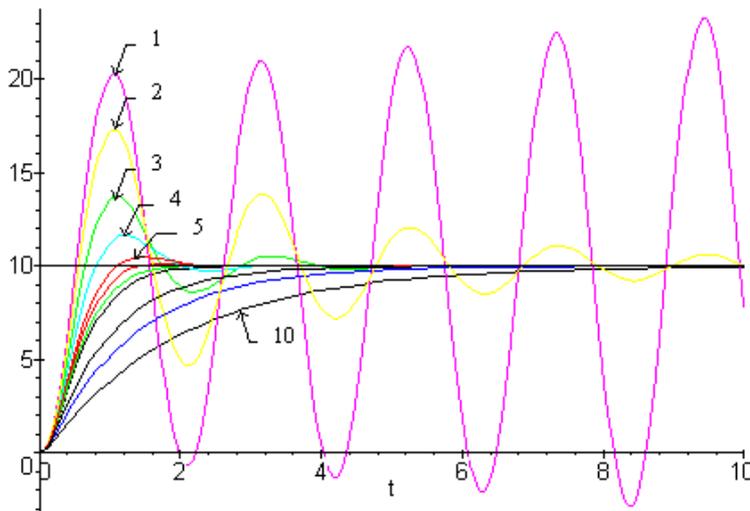


3. Précision dynamique :

La précision dynamique est l'écart entre la sortie et l'entrée pendant l'évolution du signal.

4. Stabilité

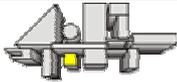
On dit qu'un système est stable si pour une entrée constante, la sortie reste constante quelles que soient les perturbations.



Les courbes 1 à 10 représentent la réponse d'un système. Les courbes de 2 à 10 sont caractéristiques de la réponse d'un système stable, pour une entrée constante, la sortie évolue vers une sortie constante.

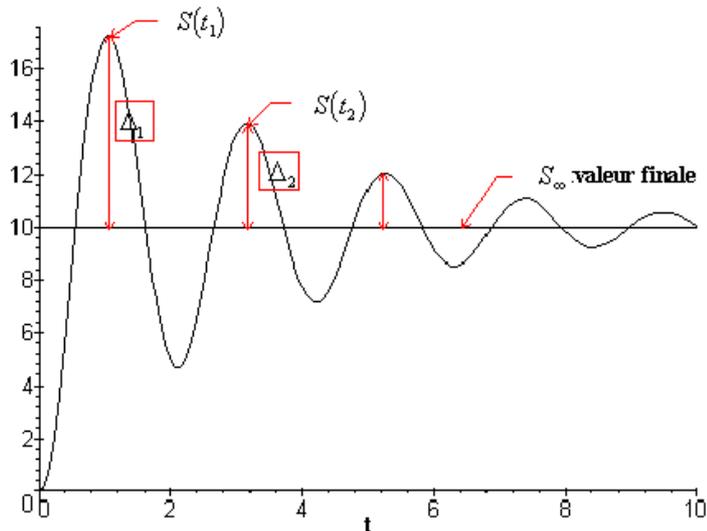
La courbe 1 est caractéristique d'un système instable, la sortie diverge.

On s'aperçoit en comparant les réponses 2 à 10 que le critère strict de stabilité n'est pas un critère judicieux de réglage d'un système asservi. En effet, est-il envisageable qu'un système atteigne sa position définitive après un grand nombre d'oscillations ?



Date :

5. Dépassement



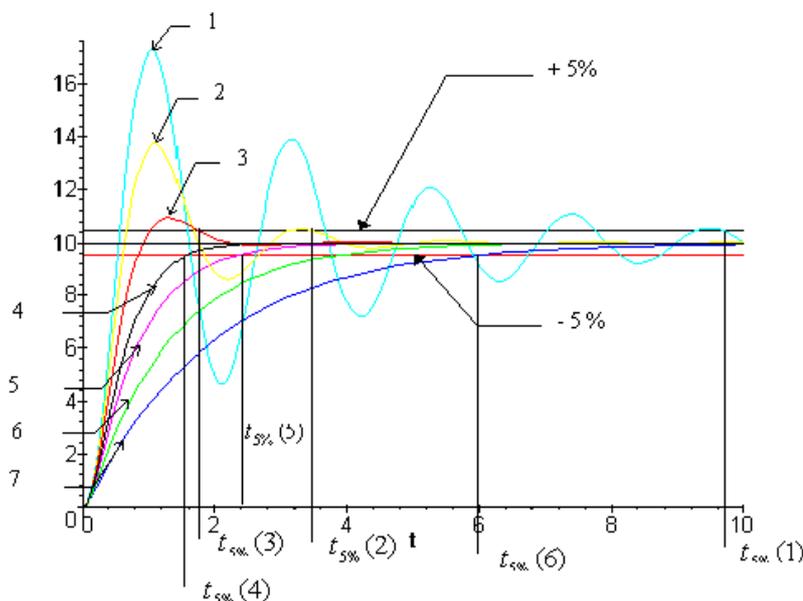
Un critère efficient de la stabilité est le dépassement. Ce critère permet de définir la notion de stabilité relative.

Le dépassement est mesuré par le taux de dépassement. On définit le premier dépassement par

$$D_1\% = \frac{S(t_1) - S_\infty}{S_\infty} = \frac{\Delta_1}{S_\infty}$$

avec S_∞ , la valeur finale de la sortie et $s(t_1)$ a valeur de la sortie à l'instant du premier dépassement. On définit de même le deuxième dépassement.

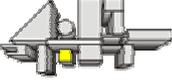
6. Rapidité



La rapidité caractérise le temps mis par le système pour que la sortie atteigne sa nouvelle valeur.

On définit, pour caractériser la rapidité, le temps de réponse à 5% ($t_{5\%}$), c'est le temps mis par le système pour atteindre sa valeur finale à 5% près

La détermination du temps de réponse à 5% sur les courbes de réponses ci-contre montre que la sortie 4 à le temps de réponse le plus faible, la courbe 1 est la plus lente.

	Cours REGULATION	Auto
	NOTIONS SUR LES SYSTEMES ASSERVIS	7/9
Date :		1° B.T.S.

V. Notion de constante de temps et de degré de difficulté d'une boucle

1. Un concept de comportement dynamique, la constante de temps

Prenons comme exemple un détecteur de température soumis à une variation brutale de température de l'eau dans laquelle il est plongé ; une sonde dans une canalisation.

La masse de la sonde plongée dans l'eau présente une certaine capacité calorifique.

$$C = mc_p$$

C : capacité calorifique [J/K]

m : masse [kg]

c_p : chaleur massique [J/kg K] La chaleur échangée entre l'eau et la sonde dépend de la résistance thermique entre elles : R [K/W] et de l'écart de température ($T_e - T_s$) [K] à un moment donné. La puissance échangée est donc :

$$P = \frac{T_e - T_s}{R} \text{ [W]}$$

A l'instant où la variation brutale de température est réalisée, la vitesse de montée de la température de la sonde est :

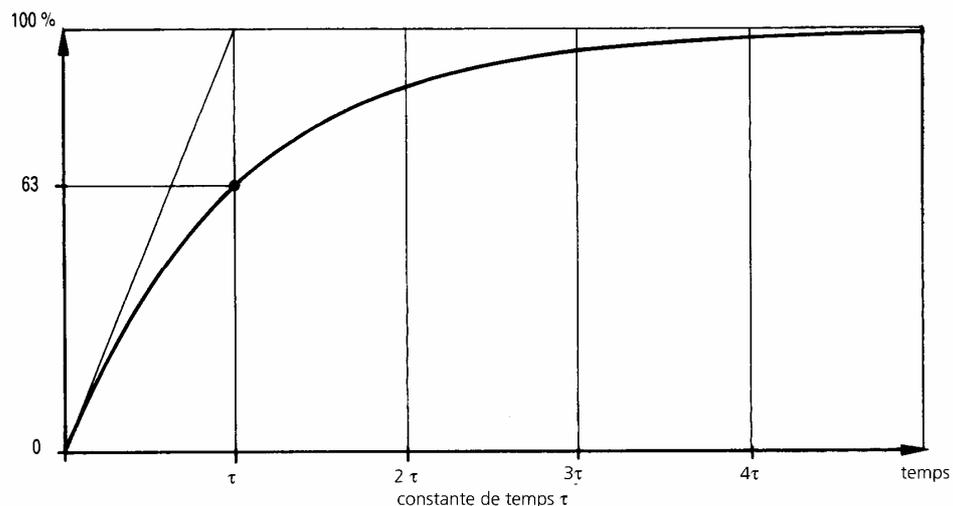
$$\frac{\Delta T_s}{\Delta t} = \frac{P}{C} = \frac{T_e - T_s}{RC} \text{ en degrés par seconde}$$

Au cours des moments qui suivent, T_s monte et $T_e - T_s$ diminue; la puissance échangée se réduit et la vitesse de montée de T_s diminue.

On obtient une réponse de la température de la sonde qui évolue selon une courbe exponentielle. Elle dépend de la résistance thermique R et de la capacité thermique C. Ce produit RC est appelé la constante de temps (τ). Elle est donnée en secondes pour les unités utilisées. Cette constante de temps peut être connue en traçant la droite qui correspond à la pente maximale, à l'origine de l'échelon. Au bout de la constante de temps, la température a évolué de 63 % de la variation totale.

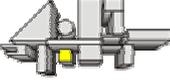
(Cette valeur provient de la courbe exponentielle: $0,63 = 1 - \frac{1}{e}$ avec $e = 2,718$.)

Notons qu'au bout d'un temps égal à trois fois la constante de temps, 95 % de la variation est parcouru et qu'il faut attendre cinq fois la constante de temps pour obtenir 99,3 % de la variation totale.



Un autre exemple simple est celui d'un ballon d'eau chaude réchauffé par un échangeur intérieur. Dans le cas où on réalise au primaire une montée brusque de sa température, la température du ballon monte en fonction d'une constante de temps $\tau = RC$.

La réalité physique est cependant parfois différente, à cause de la stratification ou des mouvements convectifs de l'eau dans la ballon.

	Cours REGULATION	Auto
	NOTIONS SUR LES SYSTEMES ASSERVIS	8/9
Date :		1° B.T.S.

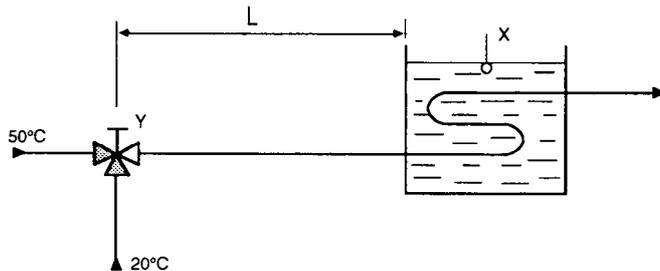
Le temps mis par une réponse pour atteindre 63 % de la variation totale se désigne temps de réponse à 63 % (t_r), ce temps est égal à la constante de temps.

2. Degré de difficulté d'une boucle

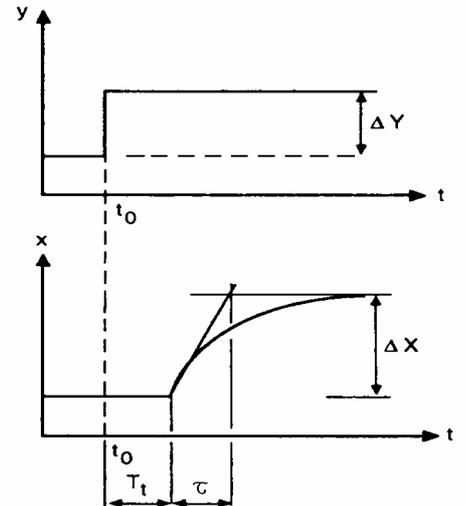
a. La boucle à un accumulateur.

C'est le cas décrit ci-dessus, et la courbe de réponse à une variation instantanée de la valeur d'entrée correspond à la courbe de la page précédente.

b. La boucle à un accumulateur avec temps mort.



Il s'agit d'une installation identique à celle de la page précédente qui comporte une longueur de tuyauterie entre la source de chaleur et le ballon à réchauffer. Cette distance supplémentaire induit un temps de transport de la chaleur. On appelle ce décalage un temps mort que l'on note T_t .



c. La boucle à plusieurs accumulateurs.

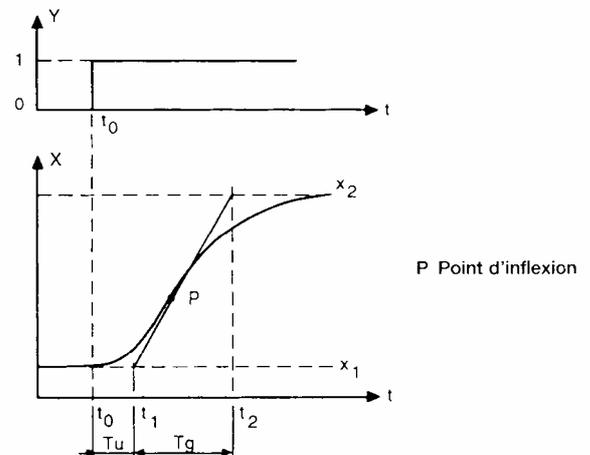
Ce type de boucle se rencontre dans la plupart des installations de chauffage, celle-ci comprend par exemple la chaudière avec sa masse métallique, le volume d'eau de l'installation, les radiateurs et le local à chauffer.

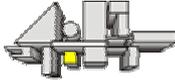
Quand au temps t_0 la chaudière est mise en fonctionnement, la montée en température du local est lente, puis la variation de la température par rapport au temps augmente jusqu'à atteindre un maximum puis diminue. Ce point où il y a inversion de la variation est appelé point d'inflexion P. Celui-ci est toujours situé dans la partie inférieure de l'écart entre la valeur finale x_2 et la valeur initiale x_1 .

Plus le nombre d'accumulateurs est élevé plus la courbe a une croissance plate. En pratique, les boucles de régulation d'ordre élevée (qui ont de nombreux accumulateurs) sont suffisamment bien définies par le temps de retard T_u et le temps d'équilibrage T_g .

Pour cela on trace une tangente au point d'inflexion : elle coupe les horizontales x_1 et x_2 .

Si on appelle t_1 le point d'intersection de la tangente avec x_1 et t_2 celui avec x_2 , on a $t_1 - t_0 = T_u$, temps de retard, et $t_2 - t_1 = T_g$, temps d'équilibrage.





Date :

d. Degré de difficulté d'une boucle.

La possibilité de réglage d'une boucle revêt une importance particulière, elle est exprimée par le « degré de difficulté ». Dans le cas d'une boucle à un seul accumulateur avec temps mort T_t sur la constante de temps τ . Et dans le cas d'une boucle à plusieurs accumulateurs, c'est le rapport du temps de retard T_u sur le temps d'équilibrage T_g .

Degré de difficulté $\lambda = \frac{T_t}{\tau}$ ou $\frac{T_u}{T_g}$

Plus λ est important et plus la boucle est difficile à régler. En conséquence il faut essayer de diminuer au maximum les temps morts ou les temps de retard.

La figure ci-contre représente la zone des boucles réglables. Celle-ci repose sur les deux grandeurs : T_g ou T_t et λ . Sur cette figure « b » représente une boucle facile à régler et « a » une boucle difficile à régler.

