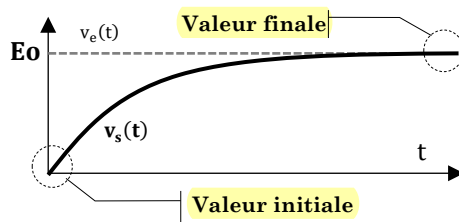


L'automatique, ou asservissement (Qui fonctionne tout seul ou sans intervention humaine), est une discipline de l'ingénierie qui traite de la régulation et du contrôle des systèmes, permettant une réponse automatique aux variations et assurant la stabilité, la précision et l'efficacité des opérations. Il se divise en deux domaines :

- **Automatisme** : commande des systèmes à événements discrets (ascenseurs, feux de circulation).
- **Asservissement** : régulation précise de grandeurs physiques sans intervention humaine (vitesse de rotation, positionnement de robots, contrôle de niveau et de température).

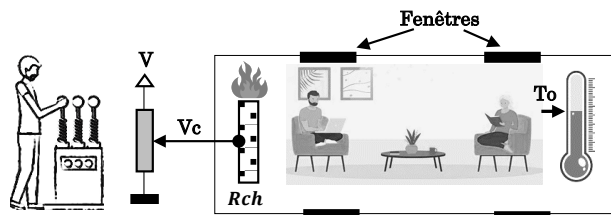
- Théorème de la valeur initiale : $v_i = \lim_{t \rightarrow 0} v_s(t) \rightarrow v_i = \lim_{p \rightarrow +\infty} p \cdot V_s(p)$
- Théorème de la valeur finale : $v_f = \lim_{t \rightarrow +\infty} v_s(t) \rightarrow v_f = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot V_s(p)$



Structure de la commande d'un système asservi

❖ Situation problème : Contrôle de la température d'une chambre

L'homme joue le rôle de la "partie commande".



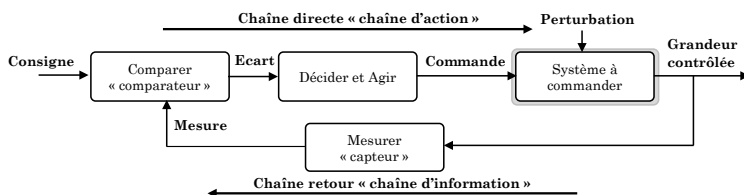
➤ Les tâches de l'homme

- L'homme mesure la température (avec un thermomètre).
- Il compare la température mesurée à la consigne To.
- Il agit selon l'écart observé :
 - Met Vc à zéro quand la température atteint To.
 - Réagit et corrige en cas de perturbation (ouverture fenêtres).

L'examen de cet exemple met en évidence les fonctions suivantes :

- **Mesure** : température par thermomètre.
- **Transmission** : lecture visuelle vers le cerveau.
- **Comparaison** : température mesurée comparée à To.
- **Régulation** : ajustement de la tension selon l'écart observé.
- **Action** : réglage manuel du potentiomètre.

À partir de cette exemple, la structure d'un système asservi



À partir du schéma d'asservissement, on distingue :

1. Organes :

- **Comparateur** : élabore l'écart (consigne – mesure).
- **Régulateur** : composant « intelligent », génère la commande à partir de l'erreur.
- **Actionneur** : organe fournissant l'énergie au système (moteur, vanne...).
- **Capteur** : mesure la grandeur contrôlée, transmet l'information au régulateur (rapidité et précision essentielles).

2. Informations :

- **Consigne (référence)** : grandeur d'entrée à suivre par le système.
- **Sortie** : grandeur physique effectivement contrôlée.
- **Mesure** : image de la grandeur contrôlée, issue du capteur.
- **Perturbation** : phénomène externe modifiant l'état du système (sortie).
- **Écart (erreur)** : différence entre consigne et mesure.
- **Commande** : signal issu du régulateur, destiné à l'actionneur.

Rappel : La transformée de Laplace

❖ Présentation

La transformée de Laplace est un outil essentiel pour l'analyse des systèmes linéaires continus. Elle remplace la variable temps t par une variable complexe p, transformant les équations différentielles en équations algébriques, ce qui simplifie leur résolution et permet d'étudier le comportement fréquentiel des systèmes physiques.

Soit f(t) une fonction causale définie sur ℝ, à valeurs dans C ou ℝ. Sa transformée de Laplace, notée F(p) = ℒ [f(t)], est définie par :

$$F(p) = \int_0^{+\infty} f(x) e^{-pt} dt$$

Remarque : Une fonction est dite causale si elle est définie sur ℝ et si elle est nulle pour tout t < 0. Autrement dit, son support est inclus dans l'intervalle [0, +∞[.

❖ Transformée de Laplace des fonctions usuelles

1. Fonction échelon unité u(t)

$$\begin{cases} u(t) = 1 & \text{si } t \geq 0 \\ u(t) = 0 & \text{si } t < 0 \end{cases} \rightarrow \text{On a : } U(p) = \int_0^{+\infty} 1 e^{-pt} dt \rightarrow U(p) = \frac{1}{p}$$

2. Echelon d'amplitude : e(t) = E . u(t) → E(p) = E . U(p)

$$\begin{cases} u(t) = E & \text{si } t \geq 0 \\ u(t) = 0 & \text{si } t < 0 \end{cases} \rightarrow U(p) = \frac{E}{p}$$

3. Fonction puissance

$$f(t) = t^n, n \in \mathbb{N}^* \rightarrow F(p) = \frac{n!}{p^{n+1}}$$

Cas de fonction rampe : r(t) = a . t → R(p) = a . $\frac{1}{p^2}$

4. Fonction exponentielle

$$g(t) = e^{at} \rightarrow G(p) = \frac{1}{p + a}$$

❖ Quelques propriétés de la transformée de Laplace

	Domaine temporel	Domaine de Laplace
Grandeur	f(t)	F(p)
Dérivée premier	$\frac{df(t)}{dt}$	p . F(p) (*)
Dérivée deuxième	$\frac{d^2 f(t)}{dt^2}$	p ² . F(p) (*)
Intégration	$\int f(t) dt$	$\frac{1}{p} \cdot F(p)$ (*)

(*) **Remarque** : Pour les dérivées et les intégrales, on considère généralement des conditions initiales nulles (C.I. = 0). Il est également à noter que les grandeurs exprimées dans le domaine de Laplace sont notées en majuscules.

Exemple :

Pour la machine (MCC), l'équation électrique : $R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + e(t) = u(t)$

Sa transformée de Laplace : $R I(p) + L \cdot p \cdot I(p) + E(p) = U(p)$

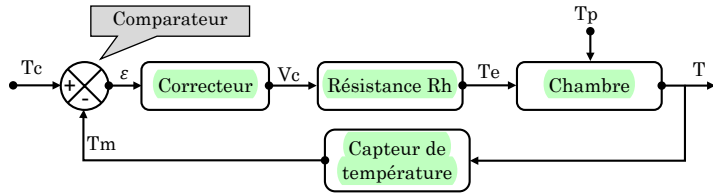
❖ Théorème de la valeur initiale et la valeur finale

Les théorèmes de la valeur initiale et finale permettent de déterminer les comportements initial et final d'un système à partir de sa transformée de Laplace, facilitant l'analyse des systèmes dynamiques.

Qualités d'un système asservi

Tout système asservi ou régulé doit posséder des performances. Celles-ci peuvent être résumées en trois points : la précision, la stabilité et la rapidité.

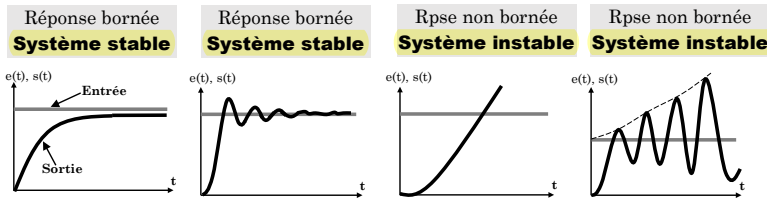
Pour l'exemple précédents, le schéma bloc d'asservissement est :



- Tc : Température souhaitée (consigne)
- Te : Température fournit par Rh
- Tp : Température de perturbation (ouverture des fenêtres)
- T : Température réelle (sortie)
- Tm : Température mesurée par le capteur
- Vc : Tension de commande
- ε : L'écart entre consigne et la sortie

1 - Stabilité

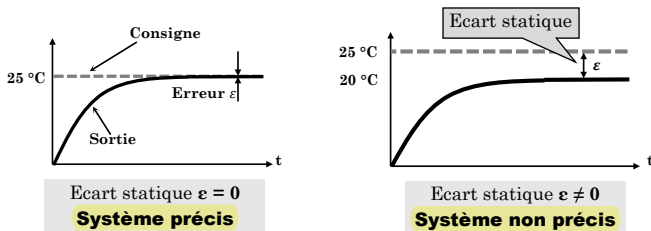
On dit qu'un asservissement est stable si pour une consigne bornée en amplitude, tous les autres signaux sont aussi bornés en amplitude.



Remarque : Un système asservi fonctionne en boucle fermée avec contre-réaction (feedback). Son instabilité, due à un mauvais dimensionnement, le rend inutilisable. Vérifier la stabilité avant mise en marche est donc essentiel.

2 - Précision

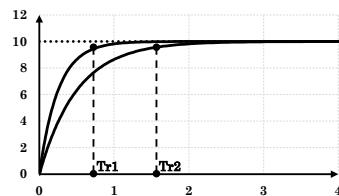
Un système est précis dans une boucle d'asservissement ou de régulation si la sortie suit fidèlement la consigne, avec un écart minimal. La précision est également évaluée en fonction des perturbations affectant cet écart dans une boucle de régulation



3 - La rapidité.

La rapidité est évaluée par le temps de réponse. Celui-ci est défini comme étant la durée pendant laquelle la réponse évolue d'un état stabilisé à un autre.

Le système asservi dont la réponse est S1 est plus rapide que l'asservissement dont la réponse est S2.



Performances évaluées pour un système asservis

Pour évaluer les qualités d'un asservissement, il est nécessaire d'analyser les performances suivantes :

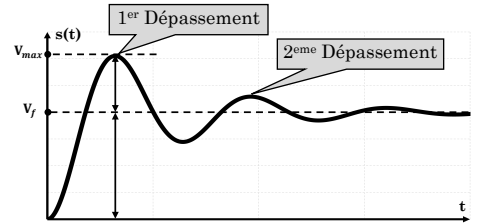
- Le temps de réponse ;
- Le temps de montée ;
- Le dépassement ;
- Les écarts statique (déjà abordé)

❖ Dépassement

Un système très rapide peut entraîner un dépassement en régime transitoire. Dans ce cas, le système présente des oscillations avant de se stabiliser à sa valeur finale.

On définit le premier dépassement par :

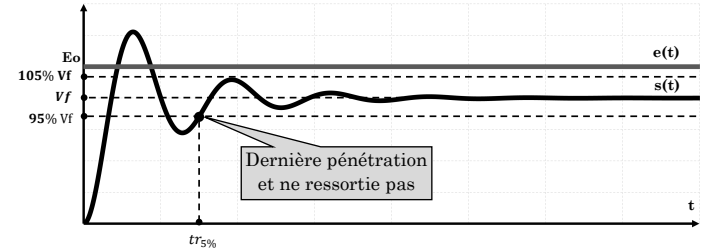
$$D1\% = \frac{v_{max} - V_f}{V_f} \cdot 100$$



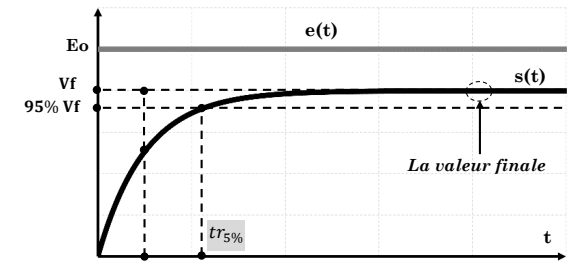
❖ Temps de réponse à 5%

Le temps de réponse est mesuré à l'instant où la réponse pénètre pour la première fois dans la zone comprise entre 95 % et 105 %, sans en ressortir par la suite.

Système oscillatoire :



Système non oscillatoire :

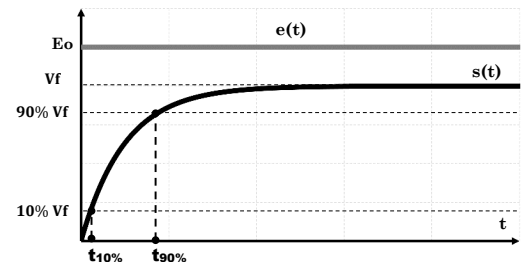


❖ Temps de montée

C'est la durée nécessaire pour que la réponse d'un système passe d'une valeur initiale à une valeur proche de sa valeur finale (typiquement entre 10% et 90% de cette valeur finale).

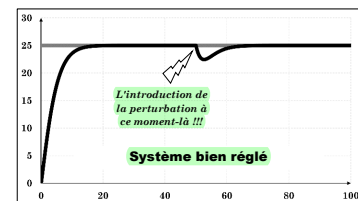
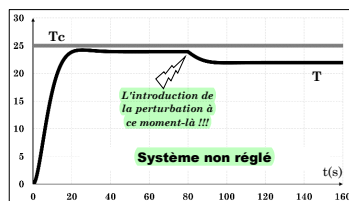
D'où :

$$T_m = t_{90\%} - t_{10\%}$$



Effet de régulation de système

C'est la capacité d'un système à maintenir une grandeur contrôlée constante en annulant ou réduisant automatiquement les effets des perturbations externes.



Déférence entre l'asservissement et la régulation

Asservissement : système dont la consigne est variable ; la sortie doit la suivre fidèlement avec rapidité, stabilité et précision, principalement en régime transitoire.

Régulation : système dont la consigne est constante ou varie par paliers ; la sortie doit rester égale à cette consigne malgré les perturbations, principalement en régime permanent