

SLCI – Modélisation et performances des systèmes asservis

Automatique linéaire

Objectifs

Définir un modèle de connaissance d'un système asservi sous la forme d'un schéma-bloc

Déterminer les fonctions de transfert globales afin de prévoir les performances en poursuite et en régulation du système

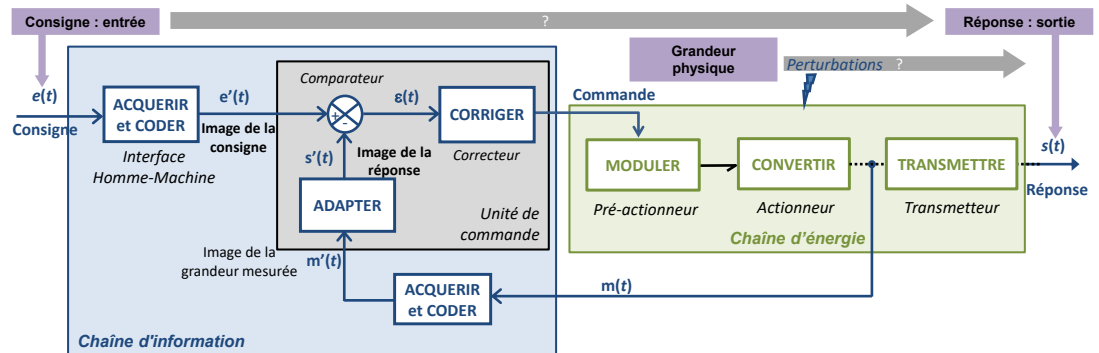
Sommaire

I	Objectif	3
II	Modéliser et prévoir les performances en poursuite d'un système asservi	3
II.1	Composants d'un schéma-bloc : bloc, sommateur et point de prélèvement	3
II.2	Schéma-bloc générique d'un asservissement et relation entre IHM et capteur	4
	<i>Schéma-bloc générique</i>	4
	<i>Schéma-bloc avec mesure indirecte de la réponse et relation entre IHM et capteur</i>	4
	<i>Modèle à action proportionnelle des capteurs, pré-actionneurs et transmetteurs linéaires</i>	5
	<i>Limites du modèle</i>	5
	<i>Modélisation des transmetteurs non linéaires</i>	6
	<i>Relation accélération / vitesse / déplacement</i>	6
II.3	Synthétiser le comportement	7
	<i>Blocs en série</i>	7
	<i>Blocs en parallèle</i>	7
	<i>Boucle fermée</i>	7
	<i>avec retour unitaire</i>	7
	<i>avec chaîne directe unitaire</i>	7
	<i>Démarche de synthèse</i>	8
II.4	Performance de précision en poursuite d'un système asservi et stable	9
	<i>Erreur statique</i>	9
	<i>Erreur de trainage</i>	9
III	Modéliser et prévoir les performances en poursuite et en régulation d'un système asservi	10
III.1	Performances en régulation, rappels	10
III.2	Schéma-bloc générique d'un système asservi avec perturbation	11
	<i>Principe</i>	11
	<i>Exemples d'équations à plusieurs entrées</i>	11
III.3	Synthèse d'un système à plusieurs entrées : théorème de superposition	12
	<i>Théorème de superposition (rappel)</i>	12
	<i>Modification des signes du sommateur</i>	12
	<i>Sommateur avec une entrée nulle</i>	13

I Objectif

L'objectif est de modéliser en **SLCI** un système asservi afin d'en **prévoir les performances**. Il s'agit donc de trouver les fonctions de transfert reliant la réponse à la consigne ou à une perturbation à partir de **modèles de connaissance** ou de **comportement des composants**.

Le modèle doit ainsi permettre d'évaluer les **performances en poursuite et en régulation**.



II Modéliser et prévoir les performances en poursuite d'un système asservi

Les **performances en poursuite** de l'asservissement sont les performances associées aux **variations de la consigne**.

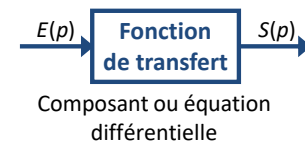
Le modèle utilisé est celui des SLCI : modèle linéaire continu invariant. Il est représenté dans le domaine de Laplace par un schéma-bloc représentatif de la structure de l'asservissement et des équations régissant son comportement.

Pour caractériser le comportement en poursuite, les perturbations sont supposées constantes et donc nulles.

II.1 Composants d'un schéma-bloc : bloc, sommateur et point de prélèvement

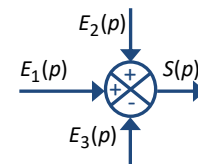
Les trois éléments de base d'un schéma-bloc sont :

- le **bloc** qui représente, dans le **domaine de Laplace**, le modèle d'un **composant**, une partie de ce modèle, ou une **équation mathématique** ;

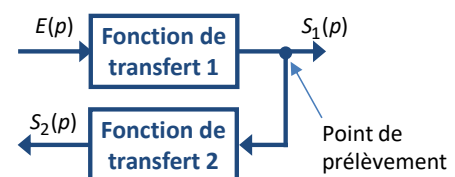


- le **soustracteur** ou **sommateur** qui comporte plusieurs entrées mais une seule sortie ;

$$\text{ici : } S(p) = E_1(p) + E_2(p) - E_3(p)$$



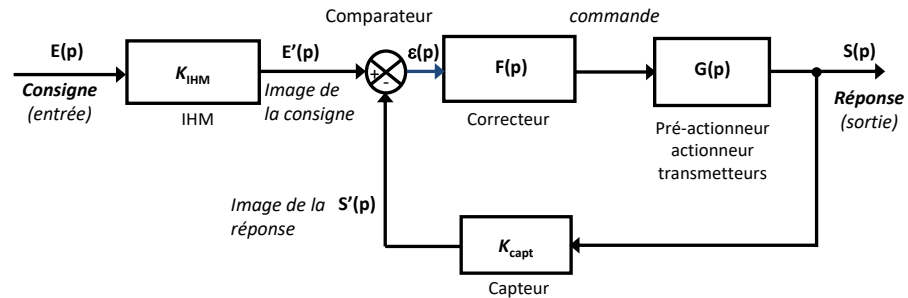
- le **point de prélèvement** qui prélève, sans la modifier, une grandeur en un point.



II.2 Schéma-bloc générique d'un asservissement et relation entre IHM et capteur

Schéma-bloc générique

La structure typique d'un schéma-bloc sans perturbation associé à un asservissement est la suivante :



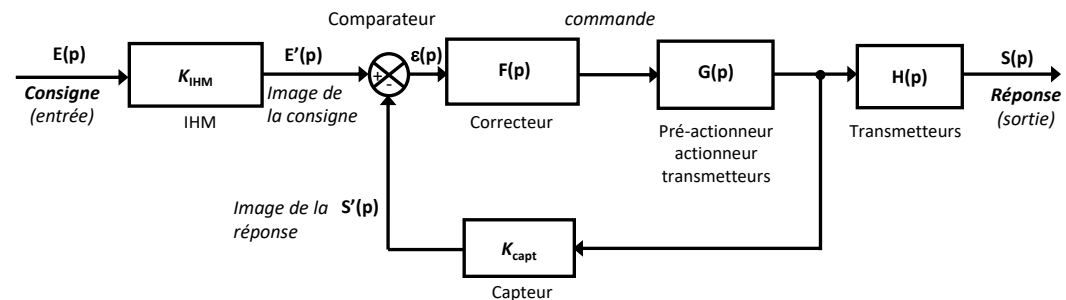
Les principaux composants de l'asservissement sont modélisés généralement ainsi :

- **IHM et capteur**⁽¹⁾ par des **gains purs** : $e'(t) = K_{IHM} e(t)$ et $s'(t) = K_{capt} s(t)$ avec, si le **capteur mesure directement la réponse** (cf. plus loin) $K_{IHM} = K_{capt}$ afin que l'image de l'erreur $\varepsilon(t)$ soit nulle lorsque l'erreur est nulle ;
- le **comparateur** par un **soustracteur** : $\varepsilon(t) = e'(t) - s'(t)$
- le **correcteur** par une combinaison linéaire d'un **gain pur**, d'un **intégrateur** et d'un **dérivateur** : $c(t) = K_p \varepsilon(t) + K_i \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + K_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$
- le **pré-actionneur** par un gain-pur.

Schéma-bloc avec mesure indirecte de la réponse et relation entre IHM et capteur

La fonction « ADAPTER » effectuée par l'unité de commande est **intégrée au gain du capteur ou de l'IHM** lorsque la mesure de la réponse est indirecte.

Le schéma, sans perturbation est typiquement le suivant :



L'image de l'erreur en sortie de comparateur est $\varepsilon(p) = E'(p) - S'(p) = K_{IHM} E(p) - \frac{K_{capt}}{H(p)} S(p)$.

Soit $\varepsilon(p) = \left(K_{IHM} - \frac{K_{capt}}{H(p)} \right) E(p)$ si l'erreur est nulle ($S(p) = E(p)$). Pour toute valeur de consigne, l'image de l'erreur

doit être nulle si l'erreur est nulle d'où : $K_{IHM} - \frac{K_{capt}}{H(p)} = 0$.

(1) Un capteur peut aussi être modélisé par un filtre passe bas, c'est-à-dire un premier ordre. Cf. 2^{ème} année. Dans ce cas, l'égalité porte sur les gains statiques.

(1) En général il s'agit d'une valeur numérique (entier ou flottant), proportionnelle à la consigne ou à la réponse ; plus rarement une tension.

Pour toute valeur de la consigne, l'image de l'erreur $\varepsilon(p) = K_{IHM} E(p) - \frac{K_{capt}}{H(p)} S(p)$ doit être nulle lorsque l'erreur est nulle, d'où : $K_{IHM} = \frac{K_{capt}}{H(p)}$

Les images⁽¹⁾ de la consigne et de la réponse doivent être proportionnelles, respectivement, à la consigne et à la réponse, avec le même coefficient de proportionnalité.

Modèle à action proportionnelle des capteurs, pré-actionneurs et transmetteurs linéaires

Capteurs, pré-actionneurs (qui ne fonctionnent pas en tout ou rien) et **transmetteurs linéaires** sont généralement modélisés par des gains purs.

Mais il existe des contre exemples dans lesquelles les régimes transitoires sont pris en compte.

Exemple de composant et exemples de caractéristiques	Gain exprimé en S.I.
Capteur de position incrémental : 2000 incréments par tours	$K = \frac{2000}{2\pi} = 318,3 \text{ inc/rad}$
Capteur de vitesse : 5 V pour 1000 tr/mn	$K = \frac{5}{1000 \frac{2\pi}{60}} = 47,75 \cdot 10^{-3} \text{ V/(rad/s)}$
Hacheur ou variateur : Entrée numérique codée sur 10 bits entre -512 et 511 pour une tension de sortie $\pm 10 \text{ V}$	$K = 10 / 511 \approx 19,6 \cdot 10^{-3} \text{ V/val}$ (val pour valeur)
Amplificateur de courant : Entrée entre $\pm 10 \text{ V}$ et sortie entre $\pm 2 \text{ A}$	$K = 2 / 10 = 0,2 \text{ A/V}$
Réducteur : De rapport de transmission $i = 2$	$K = \frac{1}{i}$ (car $i > 1$ ici)
Système vis écrou de pas p : Entrée sur la vis, sortie sur l'écrou	$K = \frac{p}{2\pi} \text{ m/rad}$

Limites du modèle

Pas de saturation : si un amplificateur de courant est prévu pour fournir 2 A maximum pour une entrée de 10 V, le modèle permet aussi d'obtenir 20 A sous 100 V ou 200 A sous 1000 V. Il n'y a pas de saturation des valeurs d'entrée ou de sortie car il n'y a pas de limites aux valeurs des grandeurs temporelles.

En pratique, il convient de vérifier que les grandeurs restent dans le domaine d'utilisation des composants.

Numériquement, il est possible d'ajouter des blocs de saturation, de comportement non linéaire, permettant de prendre en compte ces limites.

Modèle linéaire : en plus de la saturation, de nombreux composants ont un comportement intrinsèquement non linéaire, en particulier les transmetteurs. Dans ce cas, le modèle est linéarisé autour d'un point de fonctionnement et son domaine de validité est réduit. Exemple ci-dessous pour les transmetteurs non linéaires.

Modélisation des transmetteurs non linéaires

L'étude des transmetteurs non linéaires permet, par fermeture géométrique de déterminer une relation $s = f(e)$, non linéaire, dans laquelle le temps n'intervient pas.

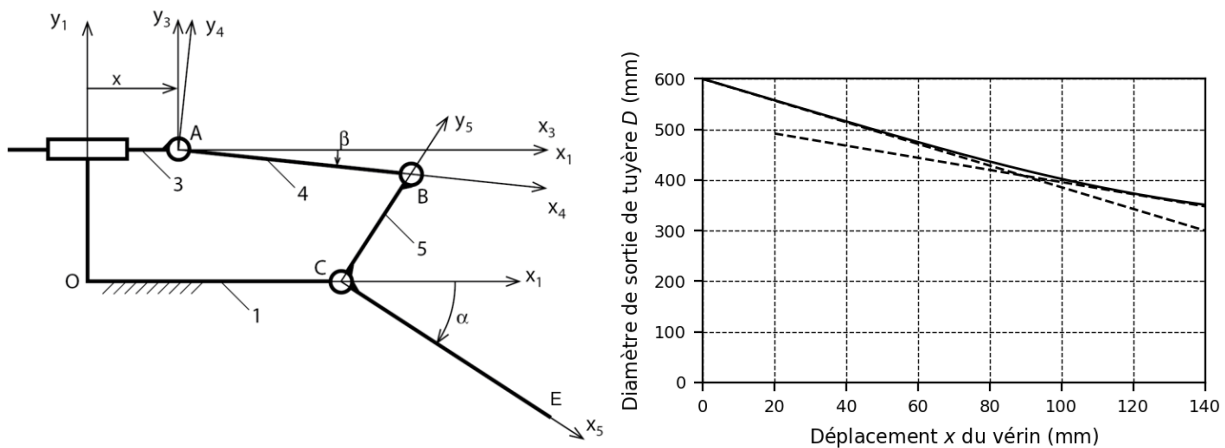
En SLCI, la seule fonction linéaire indépendante du temps, est le gain pur, équation différentielle d'ordre 0.

Exemple : tuyère à ouverture variable

Dans cet exemple, l'entrée est le paramètre de position $x(t)$ de la liaison glissière. Le paramètre de sortie du transmetteur est le diamètre $d(t)$ de la tuyère, lié à l'angle $\alpha(t)$. Par fermeture géométrique, on obtient la

relation $\alpha(x) = -\arccos\left(\frac{2h^2 + x^2 - 2\ell x}{2h\sqrt{(\ell-x)^2 + h^2}}\right) + \arctan\left(\frac{\ell-x}{h}\right)$, visiblement non linéaire. La relation entre $\alpha(t)$ et le

diamètre $d(t)$ s'écrit $d = D_0 + 2L \sin \alpha$. Le tracé de la courbe est donné ci-dessous.



On remarque que sur le domaine 0-60 mm, la courbe peut être linéarisée avec une erreur inférieure à 5% par une droite de pente $\frac{\Delta D}{\Delta x} \approx \frac{475-600}{60-0} \approx -2,1$ m/m. Sur ce domaine, dans les conditions de Heaviside, le transmetteur est modélisé par un gain pur $K = -2,1$ m/m.

Sur le domaine 100-140 mm, on prendra plutôt $K = \frac{\Delta D}{\Delta x} \approx \frac{350-400}{140-100} \approx -1,25$ m/m.

Un **modèle linéaire** d'un système associé à une **équation non linéaire, indépendante du temps**, est un modèle à action proportionnelle, un **gain pur**.

Le gain est la **pente de la droite affine** approchant la courbe. Il est associé à un **domaine de validité**.

Relation accélération / vitesse / déplacement

Si $x(t)$, $v(t)$ et $a(t)$ représentent respectivement la position, la vitesse et l'accélération d'un solide en

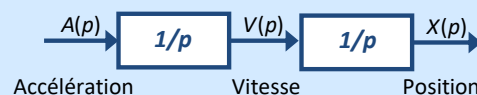
translation, les grandeurs sont reliées par les relations $a(t) = \frac{dv(t)}{dt}$ et $v(t) = \frac{dx(t)}{dt}$.

D'où, dans le domaine de Laplace avec les conditions de Heaviside : $A(p) = p V(p)$ et $V(p) = p X(p)$.

(1) cette intégration ne correspond à aucun composant physique.

Il faut intégrer, et non dériver. La dérivation ne respecte pas les règles de causalité.

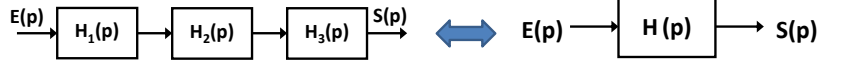
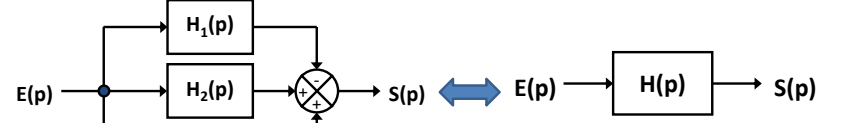
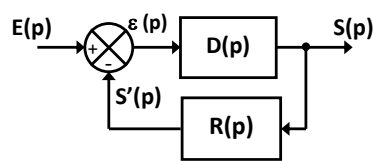
On passe de l'**accélération** $a(t)$ à la **position** $x(t)$ par intégrations successives :



II.3 Synthétiser le comportement

Le schéma bloc des systèmes asservis est une représentation qui se généralise à l'ensemble des SLCl.

Synthétiser le comportement d'un SLCI consiste à déterminer, dans le **domaine de Laplace**, la fonction de transfert équivalente au schéma-bloc entre **la réponse et une entrée** (ou les différentes entrées, consigne et perturbations pour un asservissement).

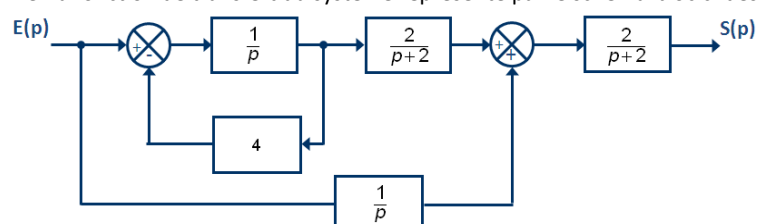
<u>Blocs en série</u>	 $H(p) = H_1(p) H_2(p) H_3(p)$ La fonction de transfert équivalente de blocs en série est égale au produit des fonctions de transfert de chacun des blocs.
<u>Blocs en parallèle</u>	 $H(p) = -H_1(p) + H_2(p) + H_3(p)$ La fonction de transfert équivalente de blocs en parallèle est égale à la somme des fonctions de transfert de chacun des blocs.
<u>Boucle fermée</u> <u>avec retour unitaire</u> <u>avec chaîne directe unitaire</u>	 Formule de Black $H(p) = \frac{D(p)}{1 + D(p) R(p)}$ <i>D(p) : FT de la chaîne directe</i> <i>R(p) : FT de la chaîne de retour</i> Retour unitaire : $\boxed{R(p) = 1}$ d'où : $H(p) = \frac{D(p)}{1 + D(p)}$ Chaîne directe unitaire : $\boxed{D(p) = 1}$ d'où : $H(p) = \frac{1}{1 + R(p)}$

Démonstration pour la boucle fermée :

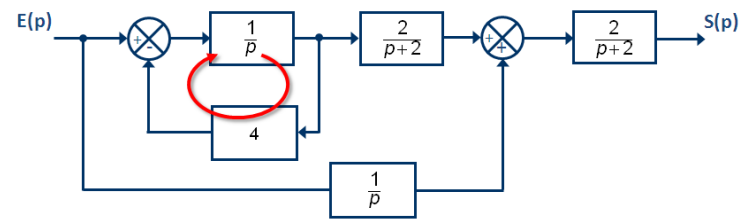
$$S(p) = D(p) \varepsilon(p) = D(p) [E(p) - S'(p)] = D(p) [E(p) - R(p) S(p)] = D(p) E(p) - D(p) R(p) S(p)$$

d'où, $S(p)[1 + D(p)R(p)] = D(p)E(p)$ et, finalement, $S(p) = \frac{D(p)}{1 + D(p)R(p)} E(p)$.

Exemple : déterminer la fonction de transfert du système représenté par le schéma-bloc ci-dessous :



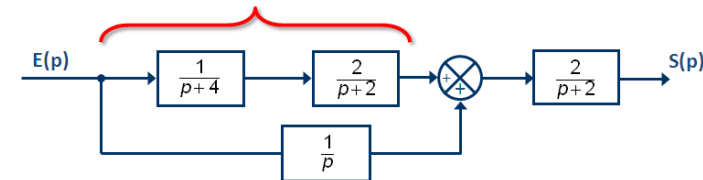
Q1 - Simplification 1 : boucle fermée



$$H_1(p) = \frac{1/p}{1 + \frac{4}{p}} = \frac{1}{p+4}$$

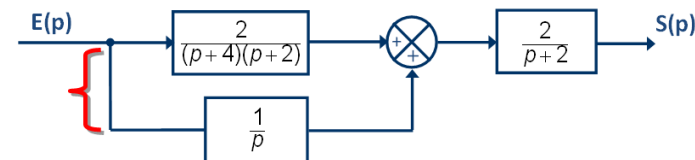
Simplification de la boucle interne et multiplication du numérateur et du dénominateur par le **dénominateur du dénominateur**.

Q2 - Simplification 2 : blocs en série



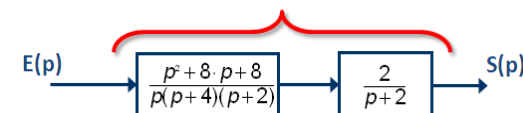
$$H_2(p) = \frac{1}{p+4} \times \frac{2}{p+2} = \frac{2}{(p+4)(p+2)}$$

Q3 - Simplification 3 : Blocs en parallèle



$$H_3(p) = \frac{2}{(p+4)(p+2)} + \frac{1}{p} = \frac{p^2 + 8p + 8}{p(p+4)(p+2)}$$

Q4 - Simplification 4 : Blocs en série



$$H(p) = \frac{p^2 + 8p + 8}{p(p+4)(p+2)} \times \frac{2}{(p+2)} = \frac{2(p^2 + 8p + 8)}{p(p+4)(p+2)^2}$$

Q5 - Mettre sous forme canonique

Par développement et factorisation des termes de plus petits degrés : $H(p) = \frac{1}{p} \frac{1 + p + \frac{p^2}{8}}{1 + \frac{5}{4}p + \frac{1}{2}p^2 + \frac{p^3}{16}}$

Classe 1, gain statique unitaire, 4^{ème} ordre.

Démarche de synthèse

Démarche de synthèse (si les boucles ne sont pas couplées).

Partir des boucles internes (sans confondre les sommateurs utilisés dans une boucle fermée et ceux utilisés avec des blocs en parallèle) :

- identifier la **chaîne directe** et la **chaîne de retour** de la boucle interne et vérifier les signes du soustracteur (+ l'entrée – le retour) ;
- utiliser la **formule de Black** pour **poser** la fonction de transfert de la boucle ;
- **simplifier** sans développer ;
- **multiplier** dénominateur et numérateur **par le dénominateur du dénominateur**, sans développer ;
- **simplifier** sans développer ;
- recommencer afin d'obtenir la fonction de transfert du système complet ;
- **simplifier, développer** ;
- mettre sous **forme canonique**.

II.4 Performance de précision en poursuite d'un système asservi et stable

À partir de la fonction de transfert reliant la réponse à la consigne, on obtient les résultats suivants.

Erreur statique

Un système asservi doit être stable, donc de classe inférieure ou égale à 0. De plus, pour une consigne en échelon, la valeur finale ne doit pas tendre vers 0 : il ne doit pas comprendre un dérivateur, la classe ne doit pas être négative.

Le modèle en **poursuite** d'un système **asservi** doit être **de classe 0** et stable.

Pour une consigne en échelon d'amplitude E_0 , le théorème de la valeur finale donne comme variation finale $\Delta s(+\infty) = K E_0$. Avec $\Delta e_c(+\infty) = E_0$, l'erreur statique s'écrit :

$$e_{\text{pour}} = \Delta e_c(+\infty) - \Delta s(+\infty) = E_0 - K E_0 = E_0(1 - K).$$

Le modèle d'un système **asservi stable**, donc de classe 0, présente une **erreur statique nulle** si et seulement si son **gain statique est unitaire** ($K = 1$, sans dimension).

sinon, l'**erreur statique** vaut :

$$e_{\text{pour}} = E_0(1 - K)$$

et l'erreur statique **relative** :

$$e_{\text{pour}\%} = 1 - K$$

Erreur de trainage

Pour un système **asservi stable**, donc sans dérivateur, l'erreur de **trainage**, pour une consigne en **rampe** de pente V_0 , est déterminée par le **théorème de la valeur finale appliqué à l'erreur** :

avec $E_c(p) = \frac{V_0}{p^2}$:

$$\begin{aligned} e_{\text{pour}}(+\infty) &= \lim_{t \rightarrow +\infty} (\Delta e_c(t) - \Delta s(t)) \\ &= \lim_{p \rightarrow 0} p(E_c(p) - S(p)) \\ &= \lim_{p \rightarrow 0^+} p E_c(p)(1 - H(p)) \end{aligned}$$

Exemple : soit $H(p)$ la fonction de transfert d'un système asservi avec $H(p) = \frac{1}{1 + a p + b p^2}$, a et b constantes supérieures à 0.

Le modèle est stable, de classe 0 (sans dérivateur). Le gain statique vaut 1 : l'erreur statique est nulle.

Pour une consigne en rampe et les conditions de Heaviside :

$$\begin{aligned} e_{\text{pour}}(+\infty) &= \lim_{t \rightarrow +\infty} (\Delta e_c(t) - \Delta s(t)) = \lim_{t \rightarrow +\infty} (e_c(t) - s(t)) = \lim_{p \rightarrow 0^+} p E_c(p)(1 - H(p)) \\ &= \lim_{p \rightarrow 0^+} p \frac{V_0}{p^2} \left(1 - \frac{1}{1 + a p + b p^2} \right) = \lim_{p \rightarrow 0^+} \frac{V_0}{p} \left(\frac{1 + a p + b p^2 - 1}{1 + a p + b p^2} \right) \\ &= \lim_{p \rightarrow 0^+} \frac{V_0}{p} \left(\frac{a p + b p^2}{1 + a p + b p^2} \right) = \lim_{p \rightarrow 0^+} V_0 \left(\frac{a + b p}{1 + a p + b p^2} \right) = a V_0 \end{aligned}$$

L'erreur de trainage pour une rampe de pente V_0 est $a V_0$ ⁽¹⁾.

On retrouve dans le domaine de Laplace la relation d'intégration entre l'échelon et la rampe.

(1) Si le gain statique est différent de 1, la deuxième simplification par p n'est plus possible. L'erreur tend alors vers $+\infty$. Il n'y a pas de régime permanent.

III Modéliser et prévoir les performances en poursuite et en régulation d'un système asservi

III.1 Performances en régulation, rappels

Dans un système asservi, on appelle perturbation une grandeur qui vient modifier le comportement du système.

Les **performances en régulation** d'un asservissement sont évaluées pour une **consigne constante**. Elles caractérisent l'évolution de la réponse liée aux variations des grandeurs physiques associées aux **perturbations**.

Les **perturbations** sont modélisées par des **entrées** distinctes de la consigne.

Considérons une perturbation en échelon d'amplitude P_0 .

Notons $\Delta s(+\infty)$ la variation finale induite par la perturbation. L'erreur statique en régulation, définie pour une perturbation en échelon s'écrit : $e_{reg} = -\Delta s(+\infty)$.

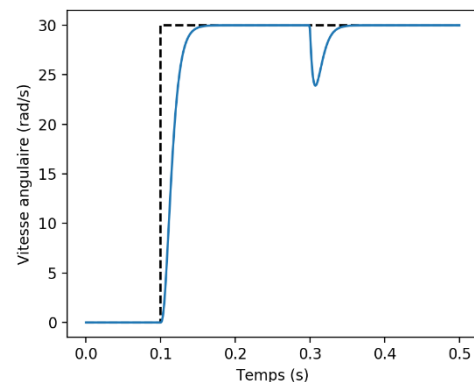
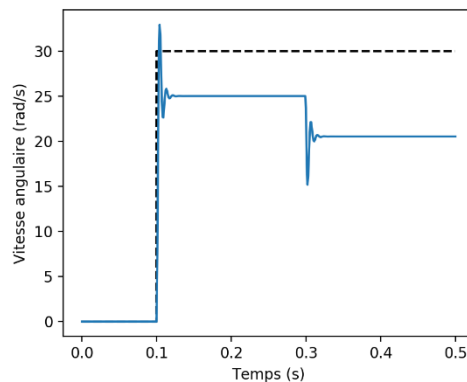
- si $\Delta s(+\infty) = 0$, le système est dit **insensible à la perturbation**,
- sinon, le système est **sensible à la perturbation**.

Exemple : les résultats ci-dessous représentent l'évolution de la vitesse angulaire d'un moteur asservi en vitesse. L'échelon de consigne est de 30 rad/s et débute à 0,1 s. L'échelon de perturbation, un couple résistant, débute à 0,3 s.

Sur la courbe de gauche, la perturbation induit une modification de la valeur finale : le système est sensible à la perturbation.

Sur la courbe de droite, la perturbation n'induit pas de modification de la valeur finale : le système est insensible à la perturbation.

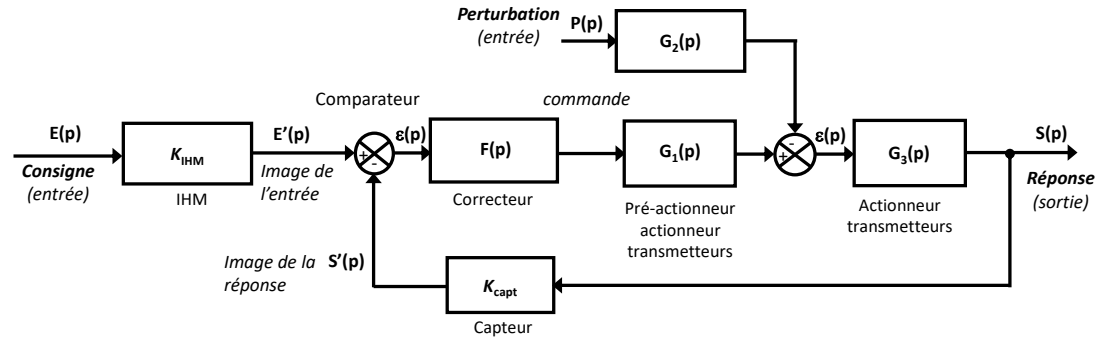
Les différences de comportement en régulation (mais aussi en poursuite) sont liées à l'utilisation de correcteurs différents (à action proportionnelle à gauche, à action intégrale à droite).



III.2 Schéma-bloc générique d'un système asservi avec perturbation

Principe

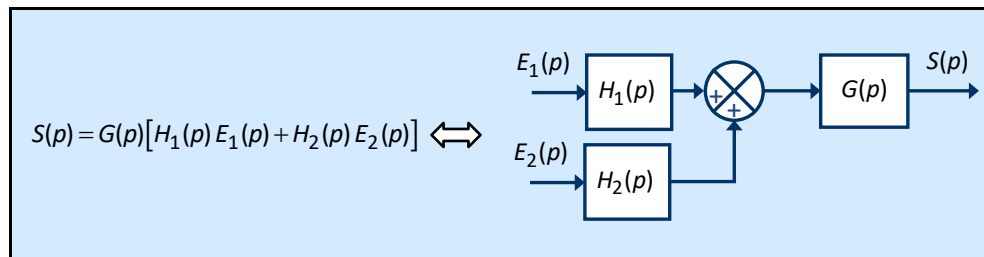
Dans un modèle SLCI, la **perturbation** est une **entrée** qui vient modifier la chaîne directe au travers d'un **sommateur**.



Exemples d'équations à plusieurs entrées

Lorsque l'équation comprend **plusieurs entrées**, le **schéma-bloc** est construit à partir de l'équation, dans le domaine de Laplace, donnant **la sortie en fonction des entrées, sans développer**.

Si $E_1(p)$ et $E_2(p)$ sont les entrées, $S(p)$ la sortie, on obtient généralement une équation, dans le domaine de Laplace, de la forme : $S(p) = G(p)[H_1(p)E_1(p) + H_2(p)E_2(p)]$. Noter la fonction de transfert $G(p)$ en facteur. Le schéma-bloc est alors le suivant :



Exemple d'équation à modéliser	Dynamique de l'axe d'un moteur $c_r(t)$ est un couple résistant. f est un coefficient de frottement visqueux.	Fonctionnement d'un répartiteur de puissance à train d'engrenages épicycloïdal
Équation temporelle	$c_m(t) - c_r(t) - f \omega(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt}$	$\omega_{e1}(t) - \lambda \omega_{e2}(t) + (\lambda - 1) \omega_s(t) = 0$
Sortie	$\omega(t)$	$\omega_s(t)$
Transformée en Laplace	$C_m(p) - C_r(p) - f \Omega(p) = Jp \Omega(p)$ soit $\Omega(p) = \frac{1}{f + Jp} [C_m(p) - C_r(p)]$	$\Omega_{e1}(p) - \lambda \Omega_{e2}(p) + (\lambda - 1) \Omega_s(p) = 0$ soit $\Omega_s(p) = \frac{1}{1 - \lambda} [\Omega_{e1}(p) - \lambda \Omega_{e2}(p)]$
Schéma-bloc		

III.3 Synthèse d'un système à plusieurs entrées : théorème de superposition

Théorème de superposition (rappel)

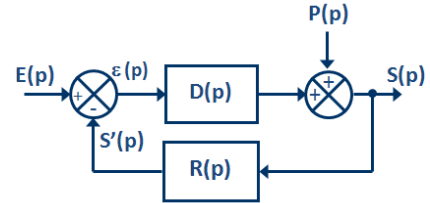
D'après le théorème de superposition, si un système comprend n entrées, il y a n fonctions de transfert à déterminer.

Considérons un système à 2 entrées, $E(p)$ et $P(p)$.

$$H_1(p) = \left. \frac{S(p)}{E(p)} \right|_{P(p)=0} \text{ est calculée avec } P(p)=0$$

$$H_2(p) = \left. \frac{S(p)}{P(p)} \right|_{E(p)=0} \text{ es calculée avec } E(p)=0$$

$$\text{et } S(p) = H_1(p) E(p) + H_2(p) P(p)$$



Faire attention aux signes des comparateurs (sommateur ou soustracteur) et adapter les règles vues précédemment !

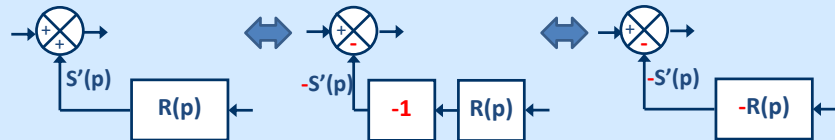
Ne pas confondre une boucle avec des blocs en parallèles !

Modification des signes du sommateur

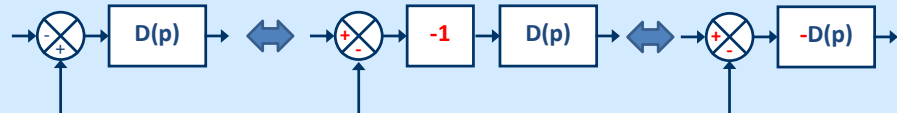
Afin d'appliquer directement la relation des boucles fermées, il peut être nécessaire de modifier les signes dans les sommateurs.

Modification des signes d'un sommateur :

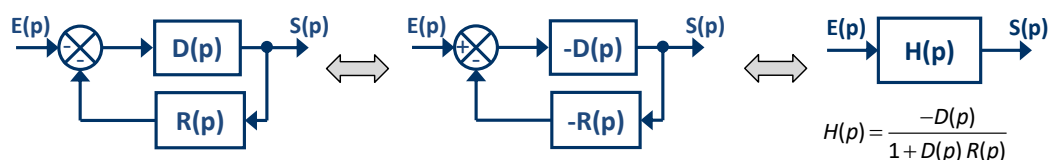
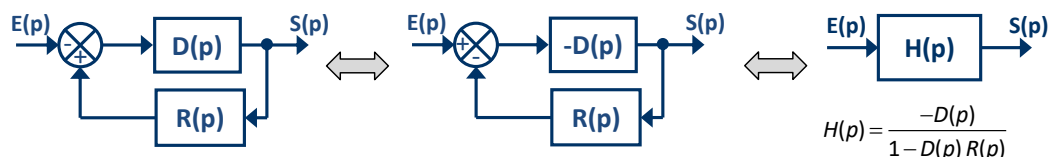
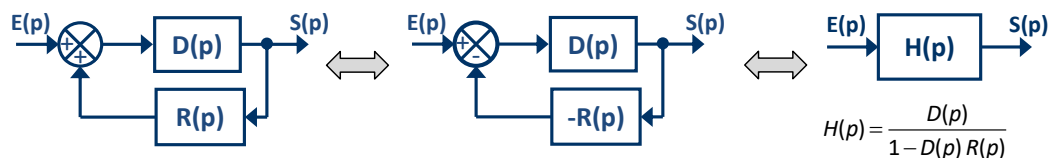
- en **multipliant par -1 une branche entrante**, on change **un signe** :



- en **multipliant par -1 la sortie**, on change **tous les signes** :



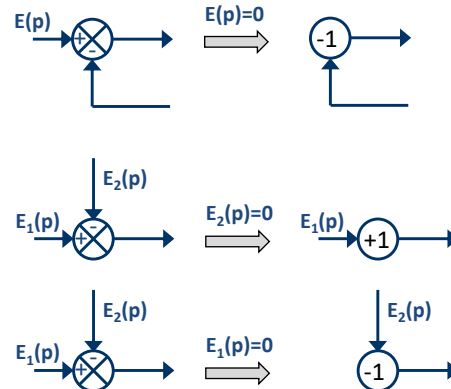
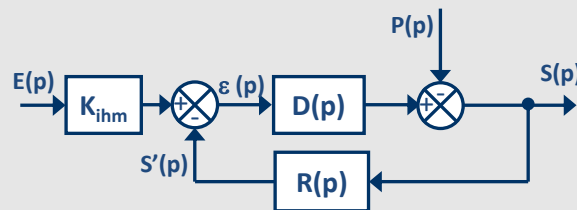
Exemples pour la fonction de transfert en boucle fermée :



Sommateur avec une entrée nulle

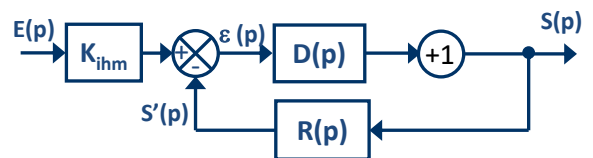
Si un sommateur à 2 entrées possède **une entrée nulle**, il peut être remplacé par un **gain unitaire de signe** correspondant à l'entrée restante.

Exemples :

**Application 1 :** déterminer la réponse du système représenté par le schéma-bloc ci-dessous.1^{er} cas : $P(p)=0$

Le schéma-bloc devient :

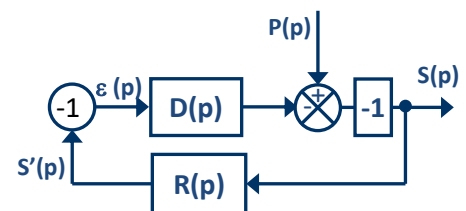
$$\text{Donc } \left. \frac{S(p)}{E(p)} \right|_{P(p)=0} = K_{ihm} \frac{D(p)}{1 + D(p)R(p)}$$

2^{ème} cas : $E(p)=0$

Le schéma-bloc devient :

La chaîne directe est vaut -1 La chaîne de retour vaut $-D(p)R(p)$

$$\text{Donc } \left. \frac{S(p)}{P(p)} \right|_{E(p)=0} = \frac{-1}{1 + D(p)R(p)}$$



$$\text{Le théorème de superposition donne : } S(p) = \frac{K_{ihm} D(p)}{1 + D(p)R(p)} E(p) - \frac{1}{1 + D(p)R(p)} P(p)$$

Les résultats sur la stabilité et les valeurs finales (cas des classes 0 et théorème de la valeur finale) s'appliquent aux différentes fonctions de transferts et à la réponse $S(p)$.

Savoirs

Je connais :

- ☐ les règles d'association et de simplification des schémas-blocs
- ☐ la relation entre le gain de l'IHM, du capteur et des gains entre le point de prélèvement et la réponse
- ☐ les conditions pour que le modèle d'un système asservi 0 soit précis
- ☐ la transformée d'un échelon et d'une rampe
- ☐ le théorème de superposition

Savoir-faire

Je sais :

- ☐ déterminer les fonctions de transfert d'un capteur, pré-actionneur, transmetteur linéaire
- ☐ déterminer, par linéarisation, le gain et le domaine de validité d'un transmetteur non linéaire
- ☐ déterminer le gain d'une IHM en fonction de celui du capteur
- ☐ représenter la structure d'un SLCI asservi à l'aide d'un schéma-bloc
- ☐ déterminer les fonctions de transfert d'un SLCI pour les différentes entrées (consigne et perturbation)
- ☐ simplifier / synthétiser un schéma-bloc pour déterminer les fonctions de transfert en régulation et perturbation
- ☐ prévoir la valeur finale, l'erreur statique et l'erreur de régulation pour une entrée en échelon ou en rampe à partir du théorème de la valeur finale