Chapitre IV : Schémas blocs et algèbre de diagrammes

IV.1 Schémas blocs

Les schémas fonctionnels constituent une représentation graphique abrégée de systèmes physiques, indiquant les relations fonctionnelles existant entre leurs éléments. Ceci permet d'évaluer quelle est la contribution de chacun de ces éléments au comportement d'ensemble du système.

IV.1.1 Définition des schémas blocs (ou schémas fonctionnels) : les rôles des blocs sont fonction des différents éléments de la boucle de régulation. Ils sont reliés entre eux par des flèches annotées et représentant les signaux qui y circulent. Ces blocs sont indépendants de la nature du signal à réguler.

IV.1.2 Simplification – Réduction

Quand on établit le schéma-blocs d'une installation, on obtient souvent une structure complexe. On peut, grâce aux quelques règles qui suivent, simplifier ces diagrammes.

Règle 1 : série

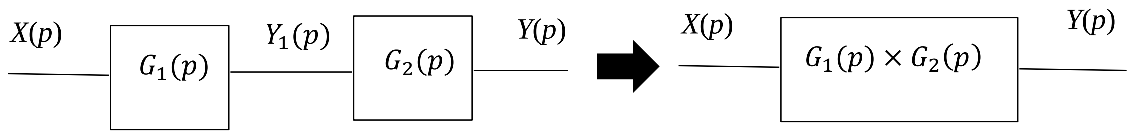


Figure IV.1 : Association en série

On peut écrire :

$$\begin{cases} Y(p) = Y_1(p) \times G_2(p) \\ Y_1(p) = X(p) \times G_1(p) \end{cases}$$

Donc :

$$G(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = G_1(p) \times G_2(p)$$

Règle 2 : parallèle

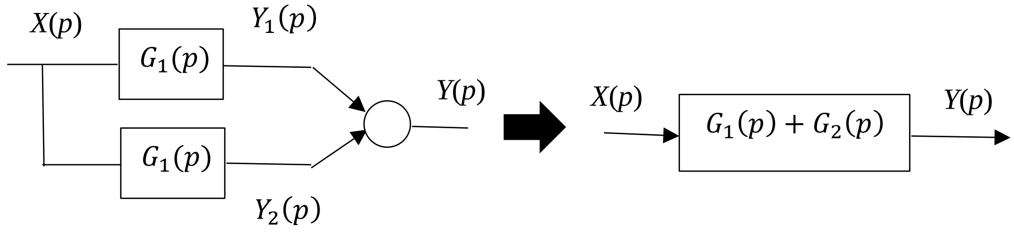


Figure IV.2 : Association en parallèle

On peut écrire :

$$\begin{cases} Y(p) = Y_1(p) + Y_2(p) \\ Y_1(p) = X(p) \times G_1(p) \\ Y_2(p) = X(p) \times G_2(p) \end{cases}$$

Donc :

$$\frac{Y(p)}{X(p)} = G_1(p) + G_2(p)$$

Règle 3 : boucle fermée

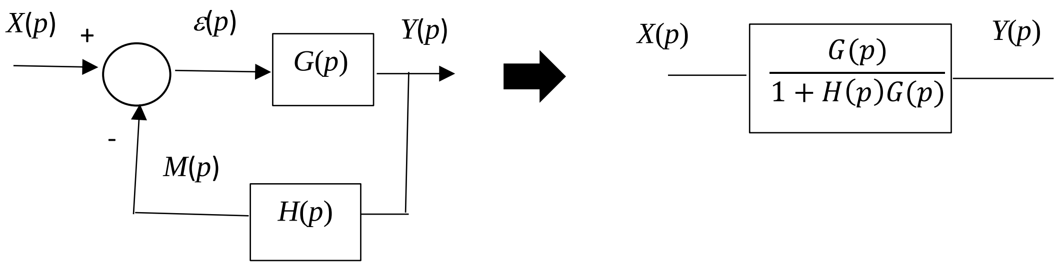


Figure IV.3 : Boucle fermée

On peut écrire :

$$\begin{cases} Y(p) = \varepsilon(p) \times G(p) \\ \varepsilon(p) = X(p) - M(p) \\ M(p) = H(p) \times Y(p) \end{cases}$$

Donc :

$$Y(p) = [X(p) - H(p)Y(p)] \times G(p)$$

Alors : $\frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{G(p)}{1+H(p)\times G(p)}$

On montre de la même manière les équivalences entre les schéma-blocs suivants :

Règle 4 : Déplacement d'un point de prélèvement arrière

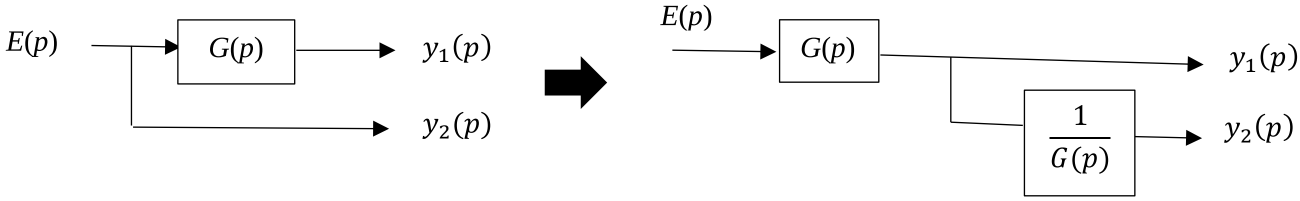


Figure IV.4 : Lien arrière

Règle 5 : Déplacement d'un point de prélèvement avant

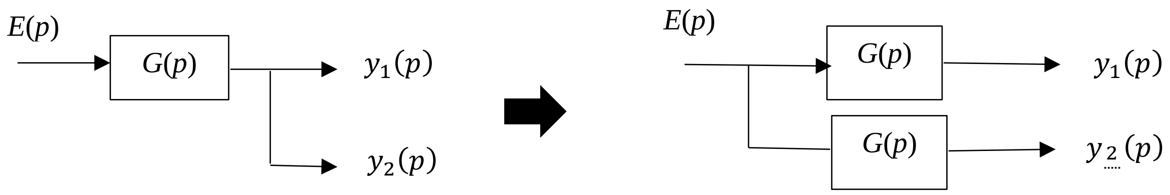
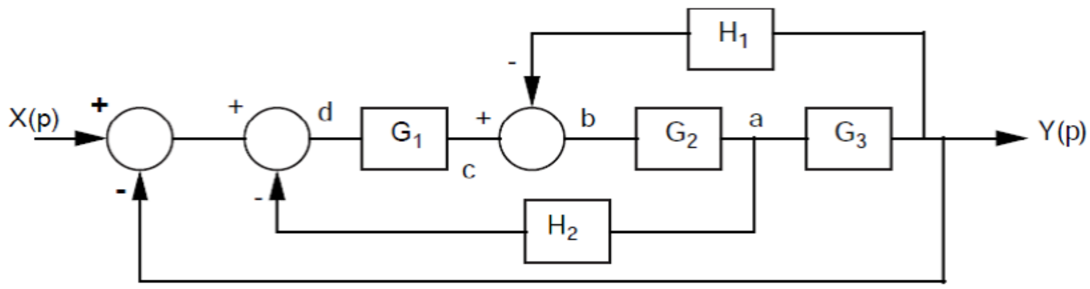


Figure IV.5 : Lien avant

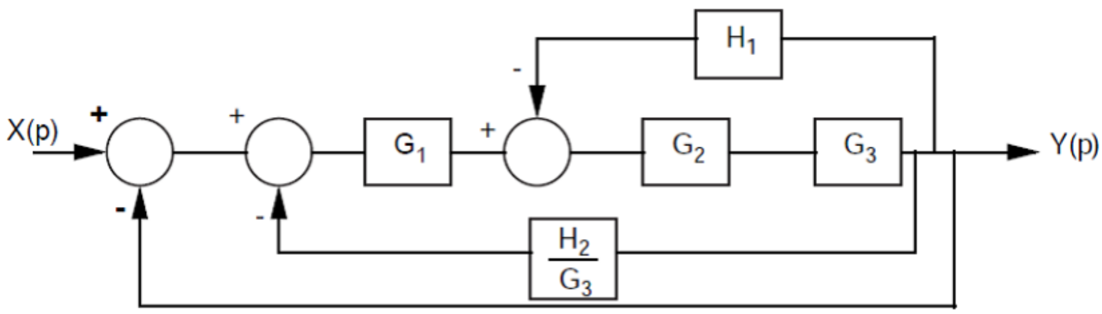
En pratique, on simplifiera toujours en premier lieu les boucles les plus internes (les plus imbriquées).

Exemple

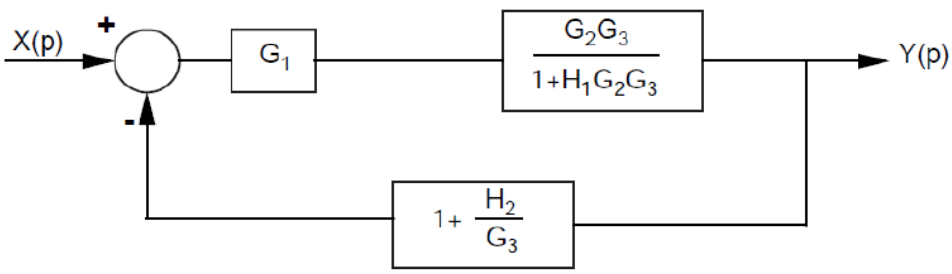
Simplifier le schéma bloc du système suivant :



Première étape de simplification



Deuxième étape de simplification



Ce qui permet d'écrire :

$$\frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{G_1(p)G_2(p)G_3(p)}{1 + H_1(p)G_2(p)G_3(p) + H_2(p)G_1(p)G_2(p) + G_1(p)G_2(p)G_3(p)}$$

IV.2 Diagrammes de fluence

Les diagrammes de fluence sont une alternative aux schémas blocs. Ils sont constitués de branches et nœuds.

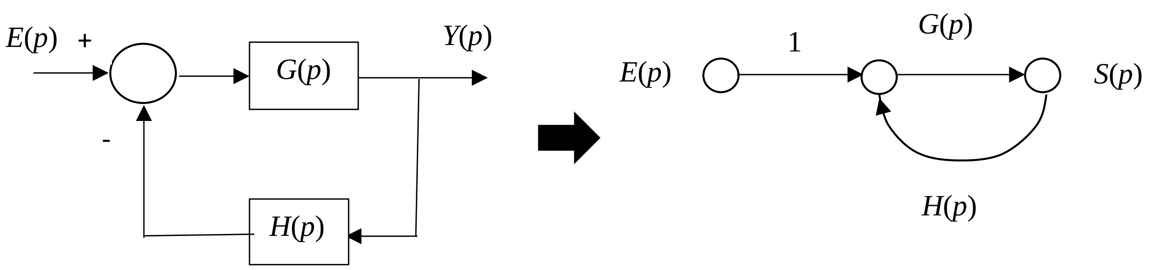


Figure IV.6 : Equivalence schéma bloc - diagramme de fluence

Règle de Mason

Pour réduire les diagrammes de fluence, on se sert de la Règle de Mason. Avant de procéder à l'explication de la Règle de Mason, il faut premièrement énumérer quelques définitions.

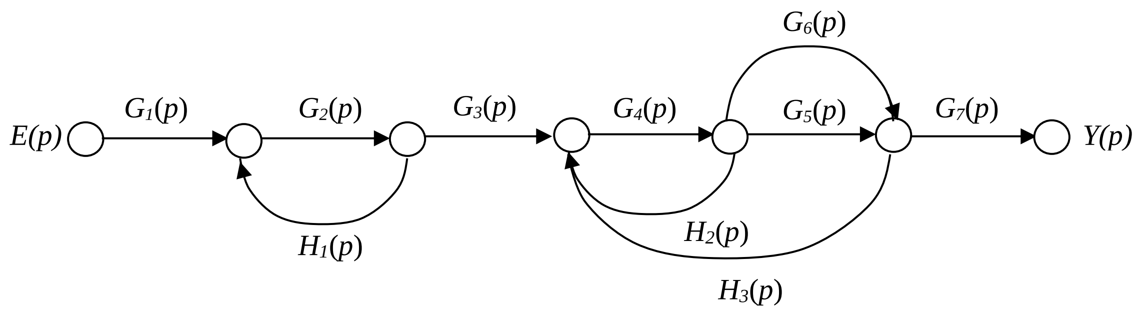


Figure IV.7 : Exemple, diagramme de fluence

Gain de boucle : Le produit des gains dans un parcours qui débute et finit au même nœud.
Dans le circuit de la figure IV.7, on a 4 boucles. Les gains des 4 boucles sont : $G_2H_1, G_4H_2, G_4G_5H_3, G_4G_6H_3$

Gain en parcours direct : Le produit des gains d'un parcours allant du nœud du début au nœud de fin (sans revenir en arrière).
Dans l'exemple précédent, les gains en parcours direct sont : $G_1G_2G_3G_4G_5G_7, G_1G_2G_3G_4G_6G_7$
Boucles sans contact : Des boucles qui n'ont aucun nœud en commun.

Dans le circuit de la figure IV.7, la boucle G_2H_1 n'a aucun nœud en commun avec les autres boucles.

Gain des boucles sans contact : Le produit des gains des boucles qui ne se touchent pas pris 2, 3, 4, etc à la fois.

Dans l'exemple précédent, les gains prit deux à la fois sont :

1. $[G_2H_1] \times [G_4H_2]$
2. $[G_2H_1] \times [G_4G_5H_3]G(p)$
3. $[G_2H_1] \times [G_4G_6H_3]$

Il n'y pas trois boucles indépendantes dans l'exemple.

Règle de Mason

$$G(p) = \frac{C(p)}{R(p)} = \frac{\sum_k T_k \Delta_k}{\Delta}$$

Où

- k = nombre de parcours direct.
- T_k = gain du k^e parcours direct.
- $\Delta = 1 - \sum \text{gains de boucle} + \sum \text{gain sans contact pris 2 à la fois} - \sum \text{gains pris 3 à la fois} + \sum \text{gains pris 4 à la fois} + \ldots$
- $\Delta_k = \Delta - \sum \text{gains de boucles de } \Delta \text{ qui touchent au } \mathrm{k}^{\mathrm{e}} \text{parcours direct}$