

Introduction à l'automatique

Les définitions & les outils

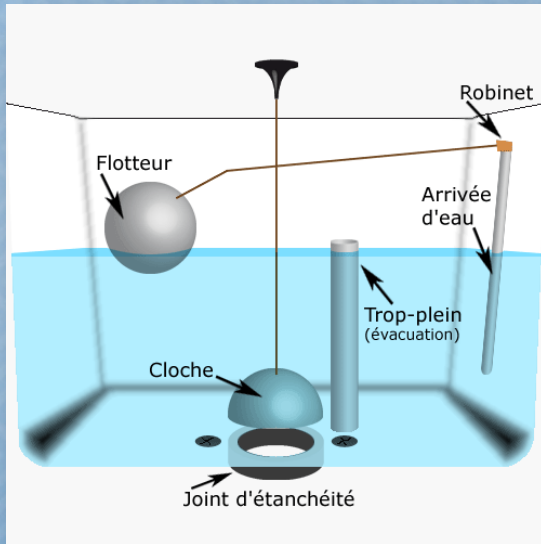


Module AU3

Qu'est-ce que l'automatique?

- Régulation des systèmes : suivre une consigne fixe

➔ Régulation mécanique



- Chasse d'eau



- Thermostat de réfrigérateur



- Robinet thermostatique

Qu'est-ce que l'automatique?

- Régulation des systèmes : suivre une consigne fixe

➔ Régulation électronique ou électromécanique



- Régulateur de vitesse



- Climatisation régulée

Qu'est-ce que l'automatique?

- Régulation des systèmes : suivre une consigne fixe
- Asservissement des systèmes : suivre une consigne variable, une trajectoire

➔ Transports (pilotage automatique)



- Selon Cap, GPS ou vent

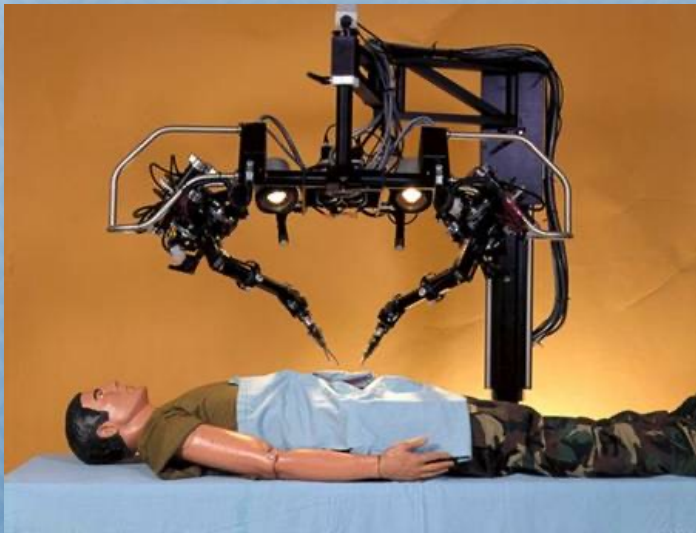


- Altitude, cap, vitesse, assiette, aide atterrissage

Qu'est-ce que l'automatique?

- Régulation des systèmes : suivre une consigne fixe
- Asservissement des systèmes : suivre une consigne variable, une trajectoire

➔ Médical (milieu isolé, téléopération...)



■ Robot chirurgical



■ Echographie asservie en effort⁵

Qu'est-ce que l'automatique?

- Régulation des systèmes : suivre une consigne fixe
- Asservissement des systèmes : suivre une consigne variable, une trajectoire

➔ Véhicules autonomes d'exploration



- Drone aérien



- Espace

Qu'est-ce que l'automatique?

- Régulation des systèmes : suivre une consigne fixe
- Asservissement des systèmes : suivre une consigne variable, une trajectoire

➔ Suivi de cible mobile



- Radar de surveillance



- Patriot vs missile Scud⁷

Systemes



Systemes

Entrées



- Commandes, gaz, volets, gouvernes

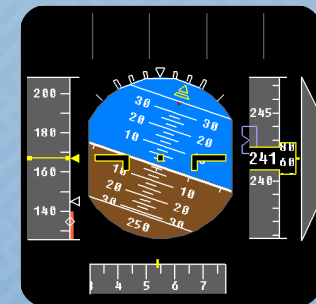


- Cap



Sorties

- Roulis, tangage



- Systeme multi-variables : multi-entrees et multi-sorties

Systemes

Entrée



- Tension continue U

Systeme



Sortie



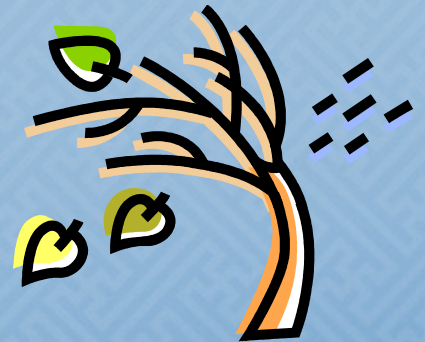
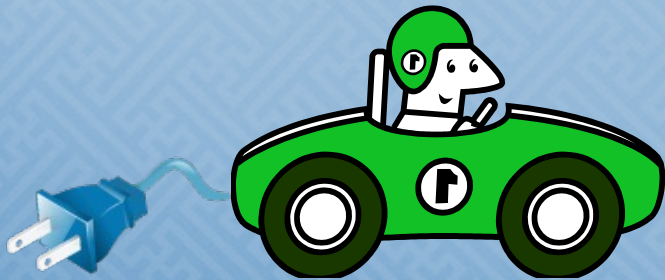
- Vitesse de rotation Ω

- Systeme mono-entrée et mono-sortie

Systeme en boucle ouverte

Exemple : commander la vitesse d'une voiture électrique

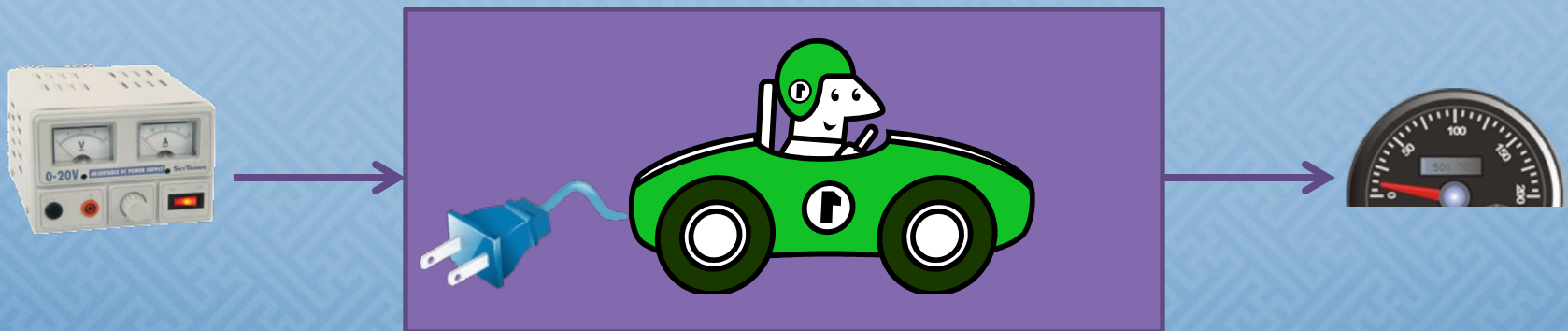
- Absence de vent – moteur alimenté en 100 V ➡ **la voiture roule à 100km/h**
- Vent dans le dos – moteur alimenté en 100 V ➡ **la voiture roule à 130km/h**
- Vent de face – moteur alimenté en 100 V ➡ **la voiture roule à 70km/h**



Systeme en boucle ouverte

Exemple : commander la vitesse d'une voiture électrique

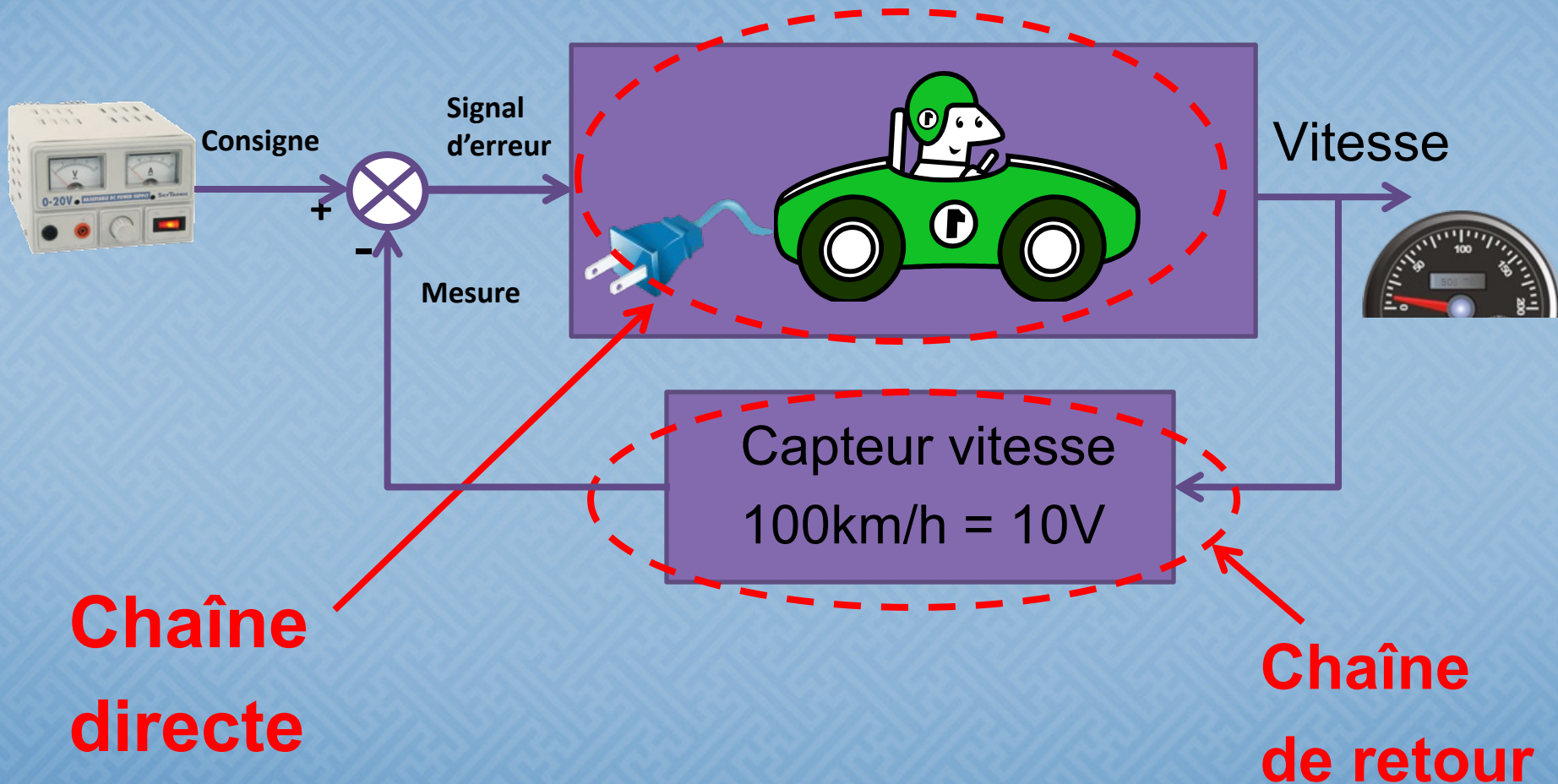
- Absence de vent – moteur alimenté en 100 V ➡ **la voiture roule à 100km/h**
- Vent dans le dos – moteur alimenté en 100 V ➡ **la voiture roule à 130km/h**
- Vent de face – moteur alimenté en 100 V ➡ **la voiture roule à 70km/h**



SYSTEME EN BOUCLE OUVERTE

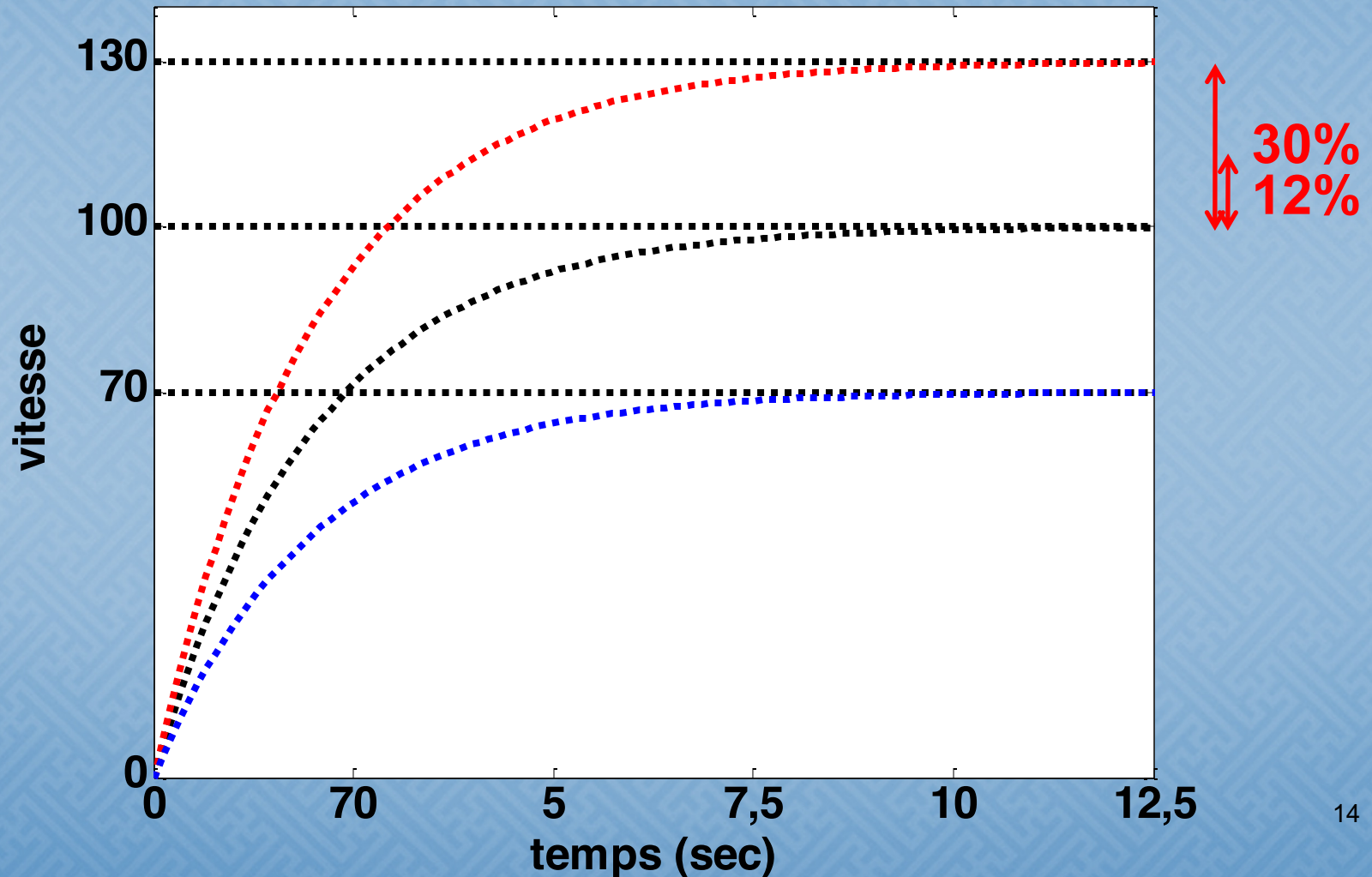
Systeme en boucle fermée

Exemple : commander la vitesse d'une voiture électrique



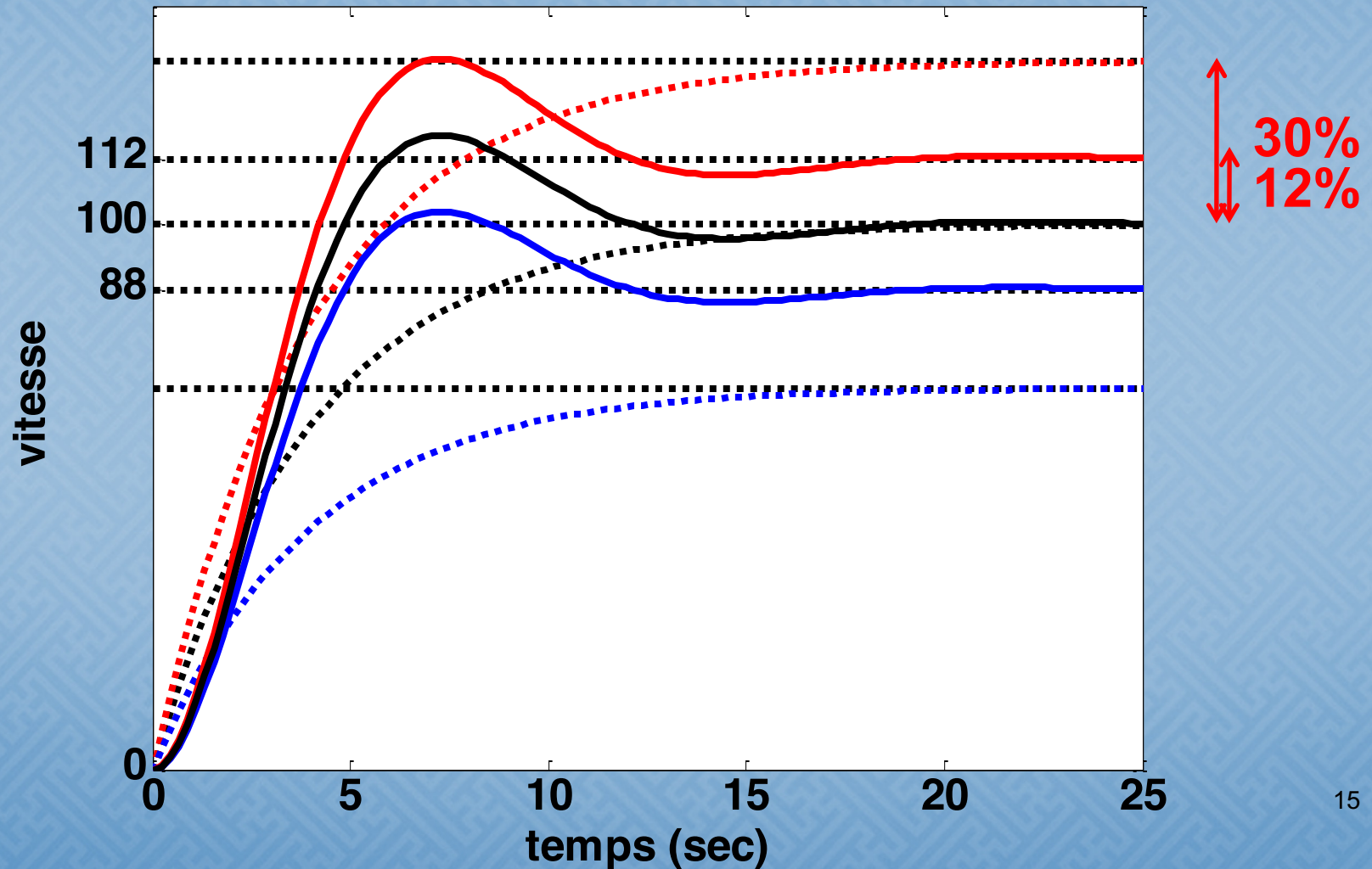
Boucle ouverte

Exemple : commander la vitesse d'une voiture électrique



Boucle fermée

Exemple : commander la vitesse d'une voiture électrique



Systeme en boucle fermée

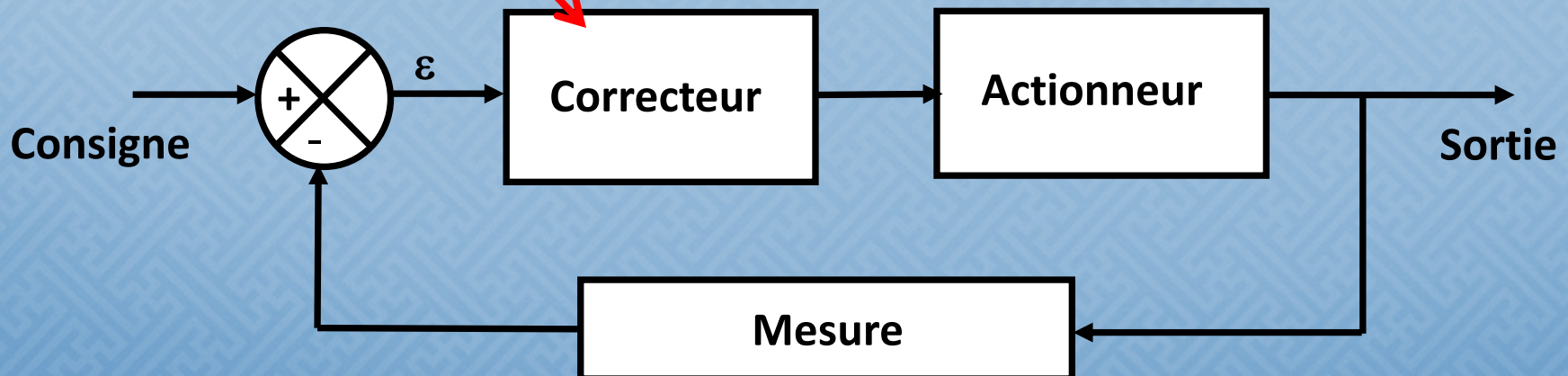
Le système en boucle fermée offre de meilleures performances que celui en boucle ouverte, mais ce n'est pas parfait !

OBJECTIF: étudier un système en boucle ouverte et en déduire un **correcteur** pour améliorer leur performances en boucle fermée.

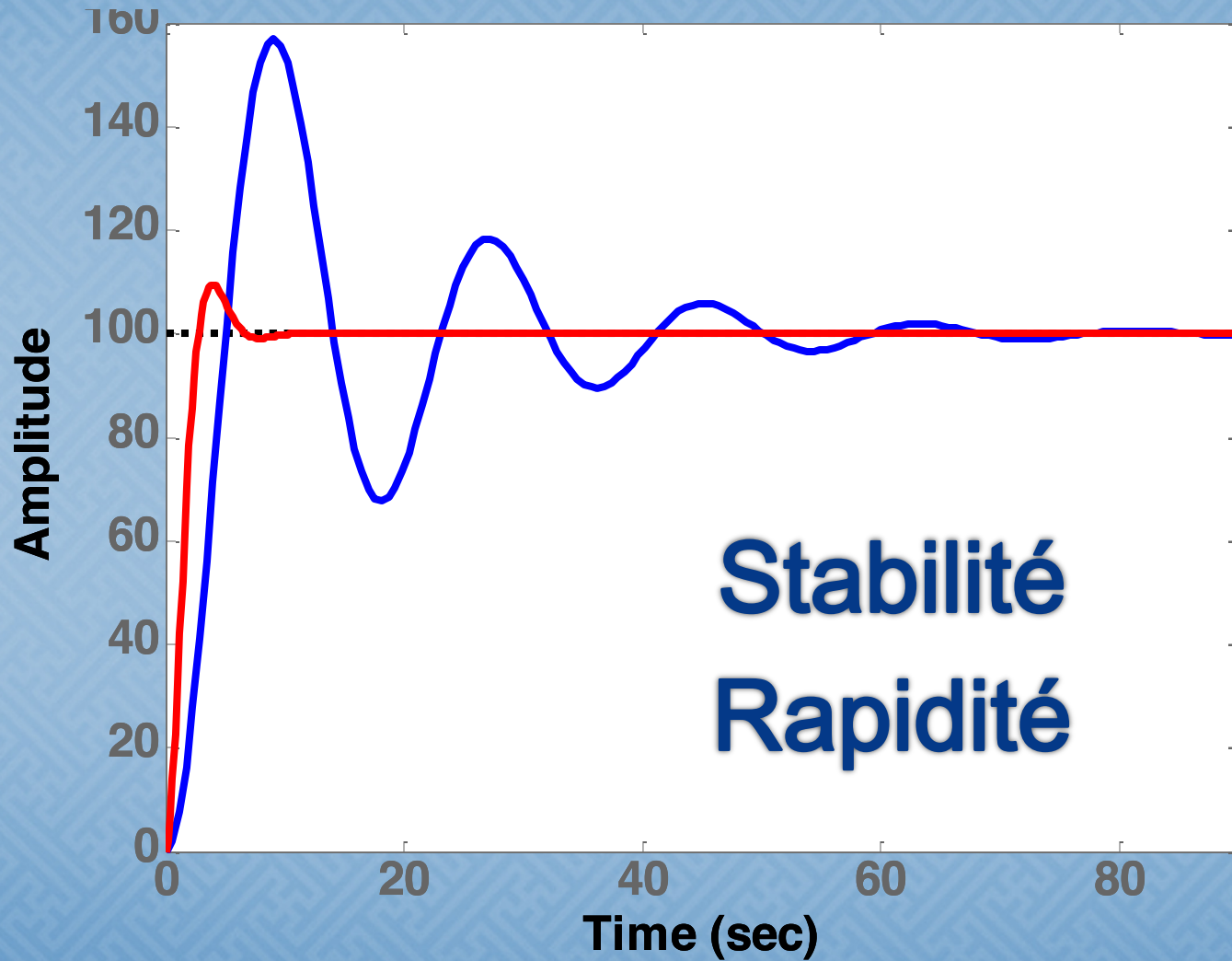
Stabilité

Précision

Rapidité



Exemple



Fonction de transfert

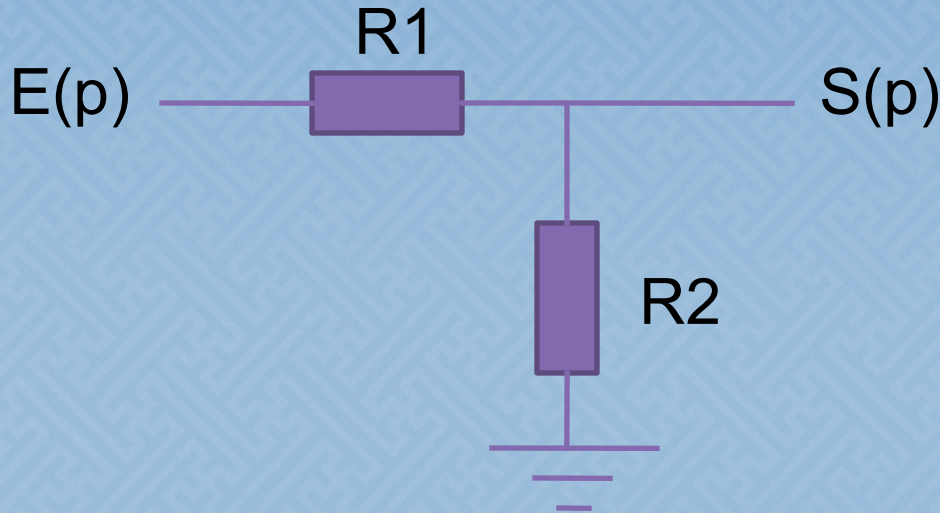
- Un système est représenté par sa **fonction de transfert** $F(p)$, définie dans le domaine de Laplace



$$F(p) = \frac{\text{Sortie}}{\text{Entrée}} = \frac{S(p)}{E(p)}$$

Fonction de transfert

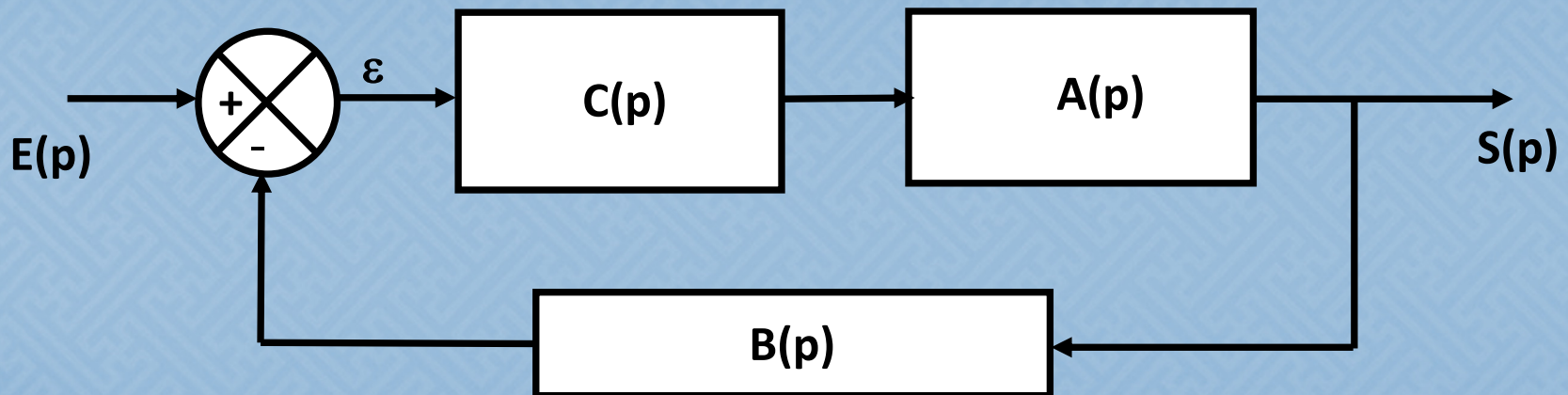
- Exemple : Système = pont diviseur de tension



$$E(p) \rightarrow \boxed{F(p) = \frac{S(p)}{E(p)} = \frac{R2}{R1 + R2}} \rightarrow S(p)$$

Schémas blocs

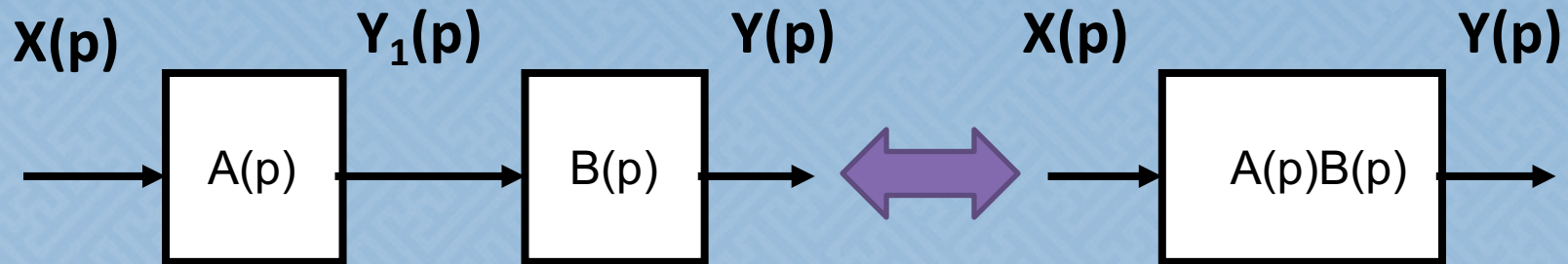
- Un système peut être représenté sous la forme d'un schéma-blocs



- $C(p)$, $A(p)$ et $B(p)$ sont les fonctions de transfert des différents blocs
- Souvent les schémas blocs peuvent être simplifiés

Algèbre des schémas blocs

- Blocs en série

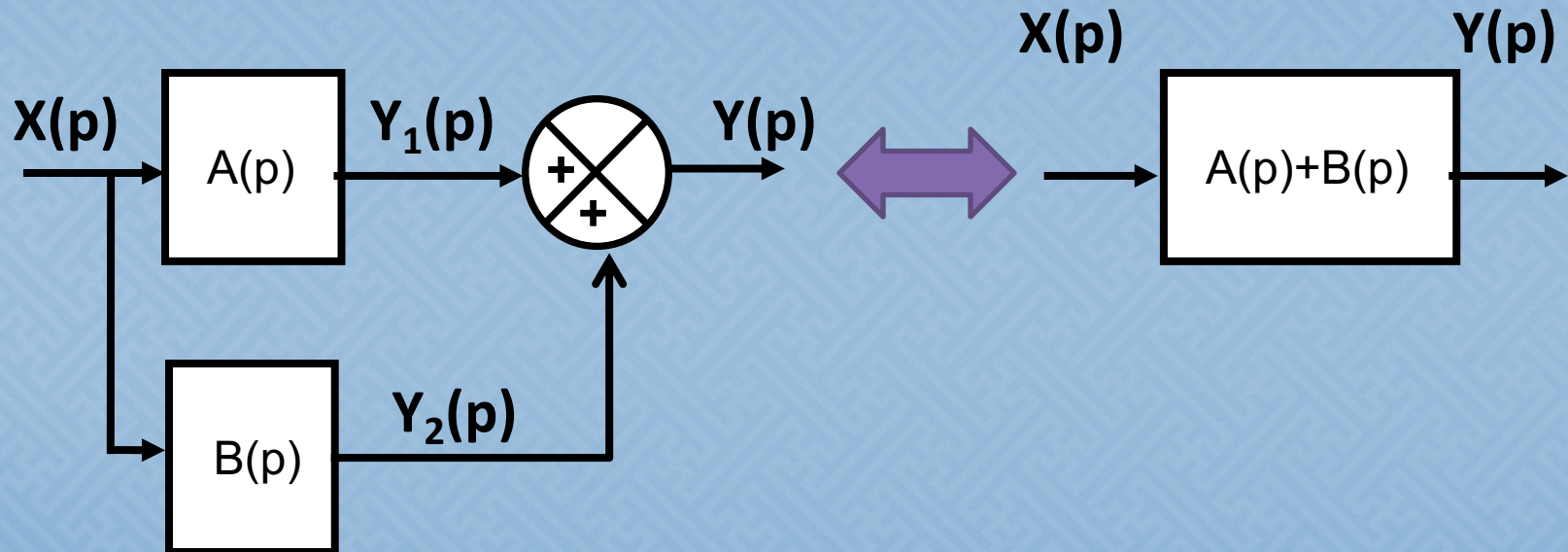


$$\begin{cases} Y(p) = Y_1(p)B(p) \\ Y_1(p) = X(p)A(p) \end{cases}$$

$$\frac{Y(p)}{X(p)} = A(p)B(p)$$

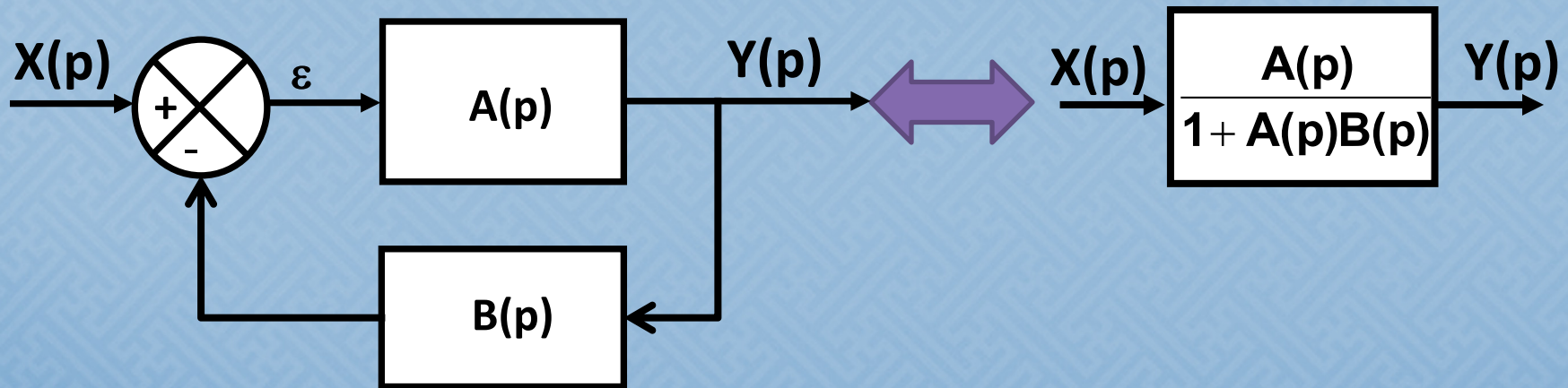
Algèbre des schémas blocs

- Blocs en parallèle



Algèbre des schémas blocs

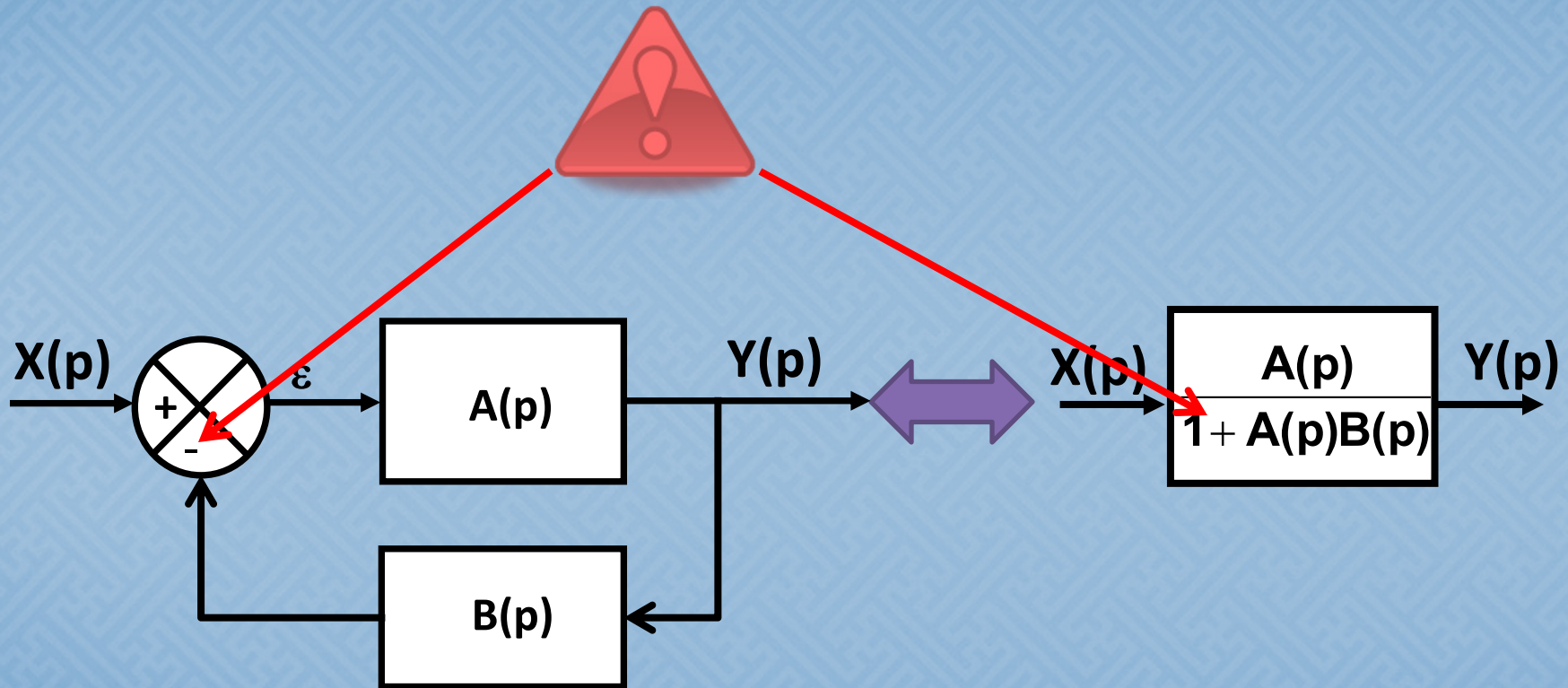
- Systèmes en boucle fermée



- *Voir démonstration dans le polycopié*

Algèbre des schémas blocs

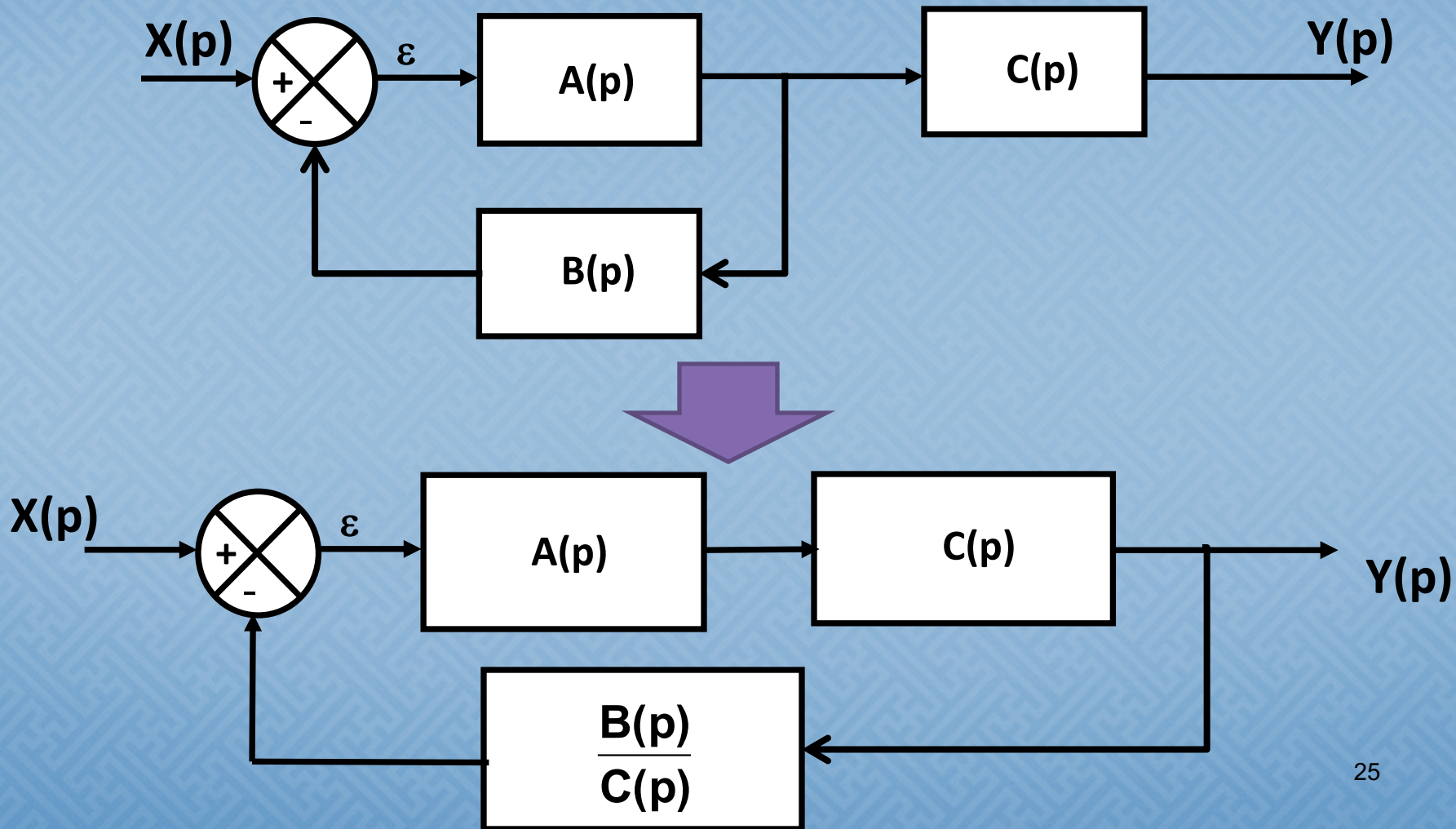
- Systèmes en boucle fermée



- *Voir démonstration dans le polycopié*

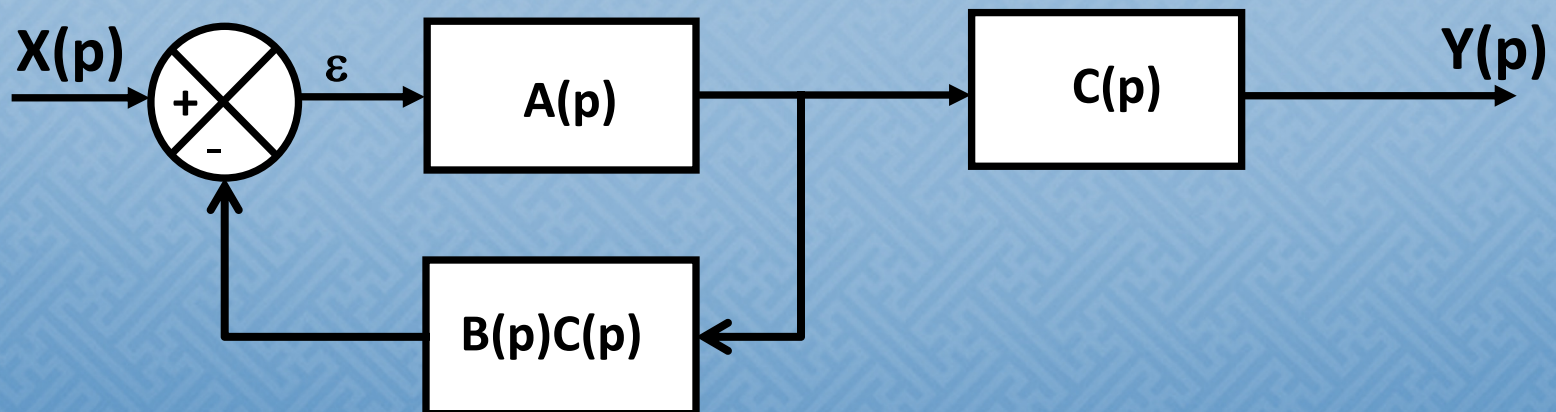
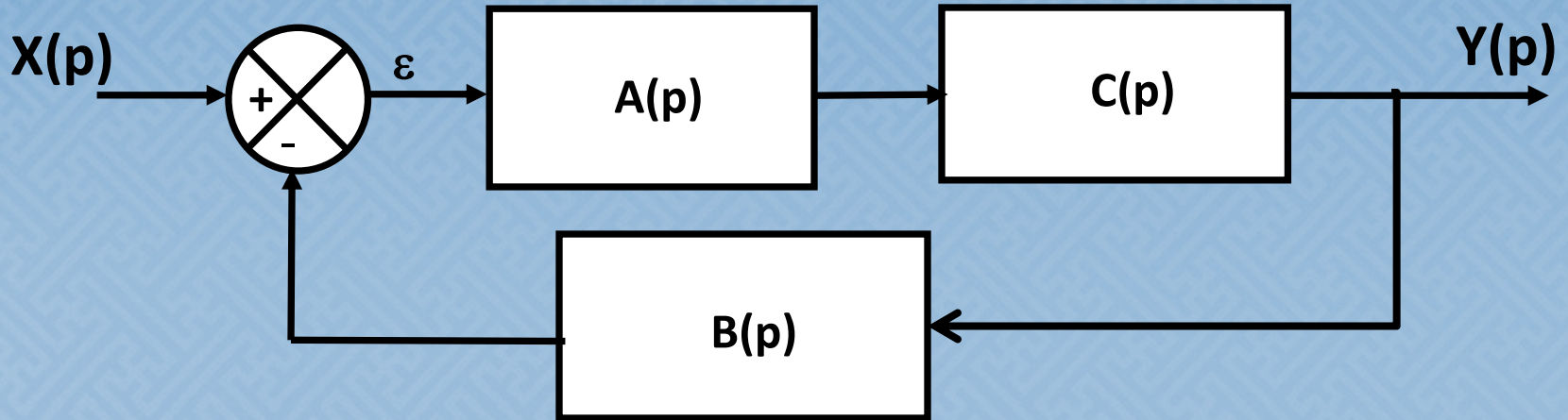
Algèbre des schémas blocs

- Déplacement d'un lien vers l'avant



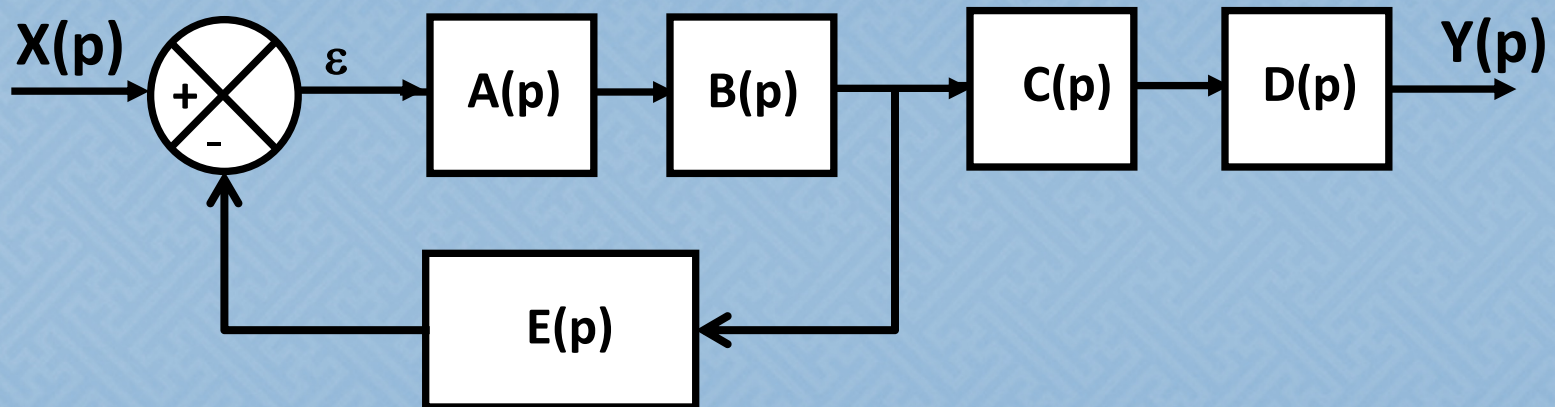
Algèbre des schémas blocs

- Déplacement d'un lien vers l'arrière



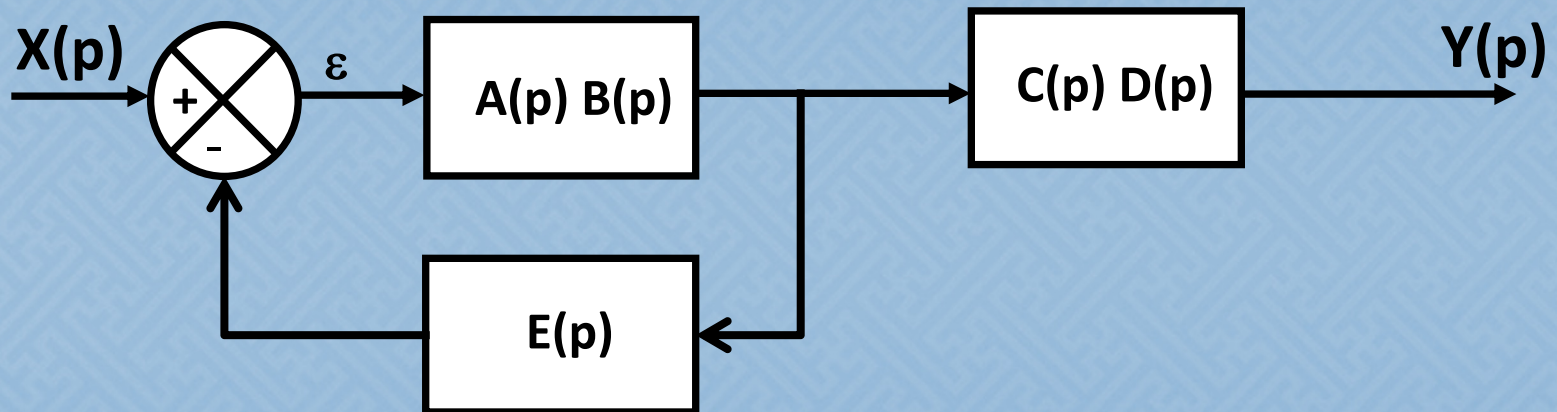
Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification



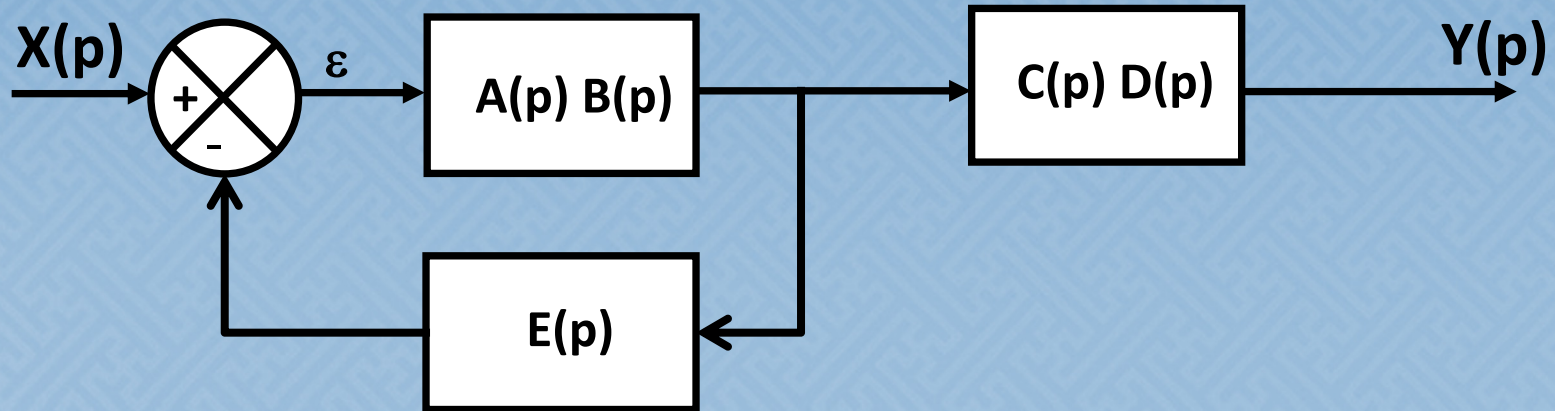
Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification



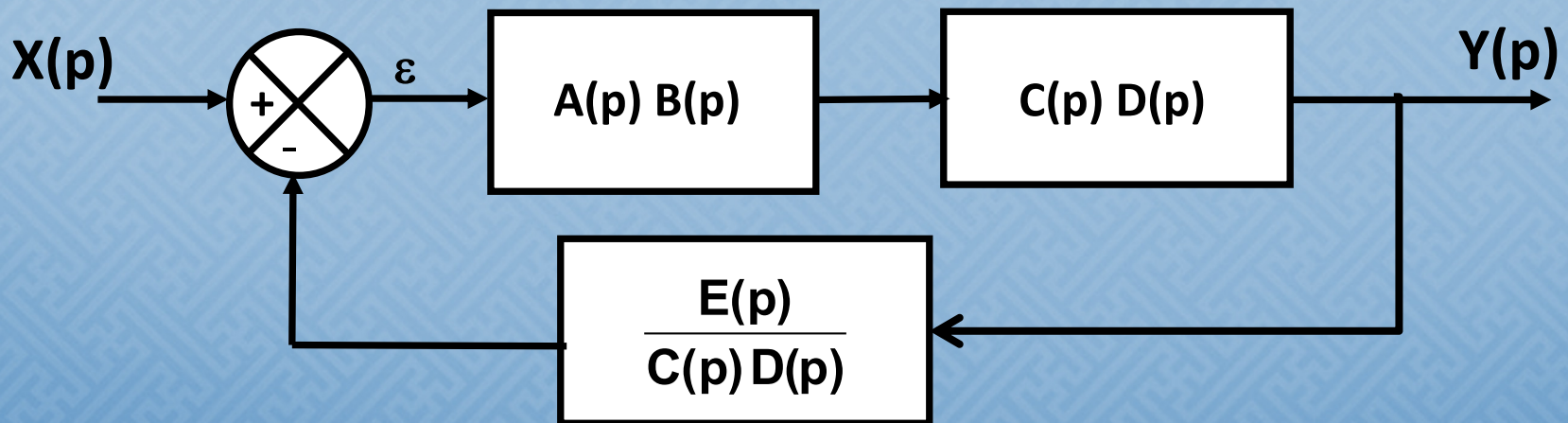
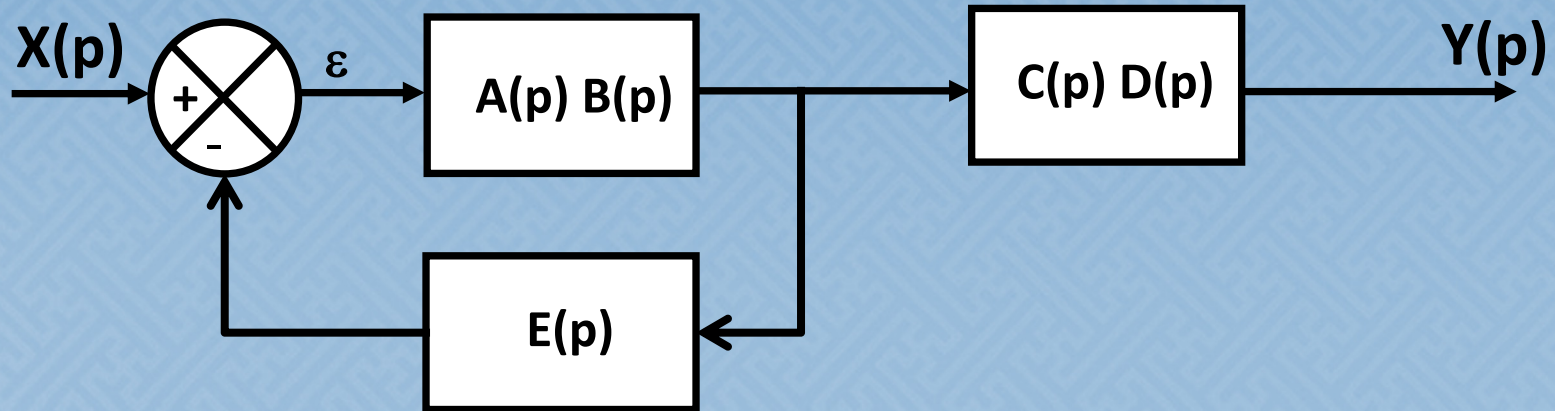
Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification



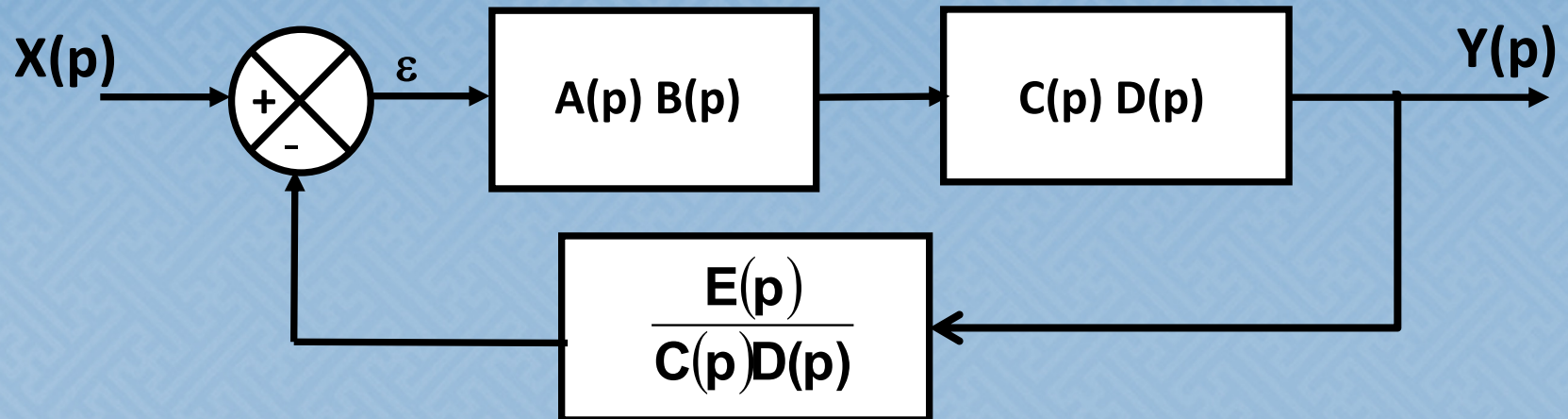
Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification



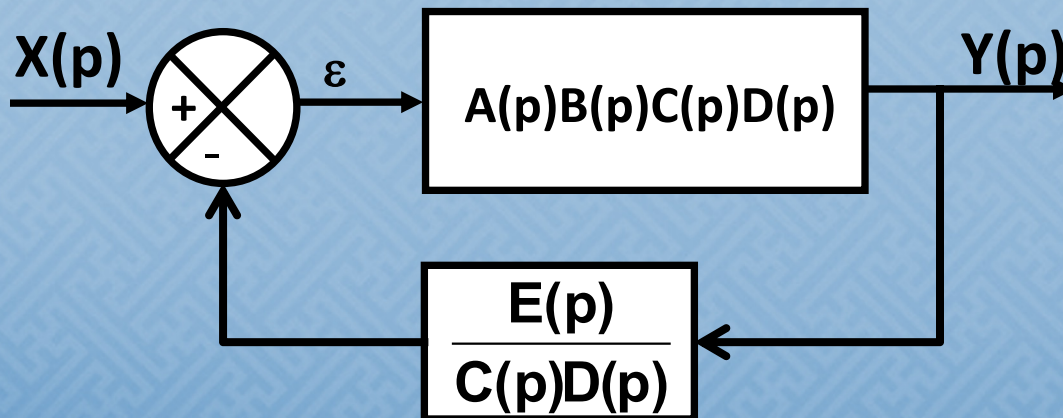
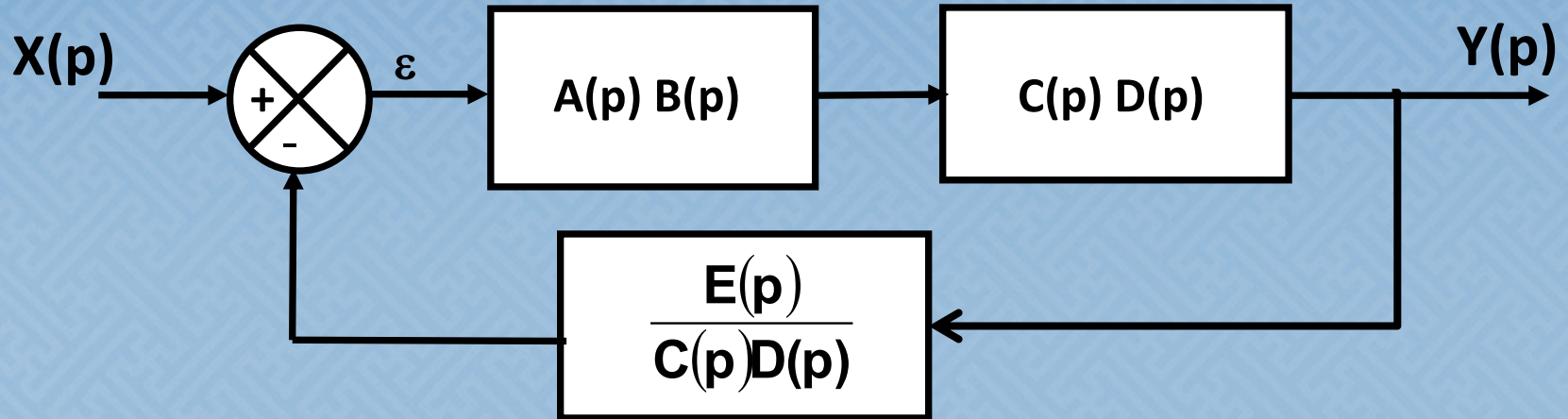
Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification



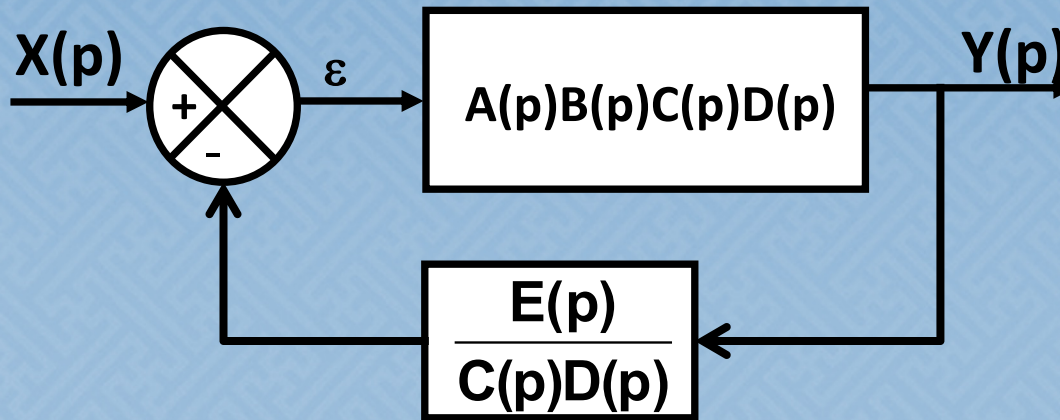
Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification



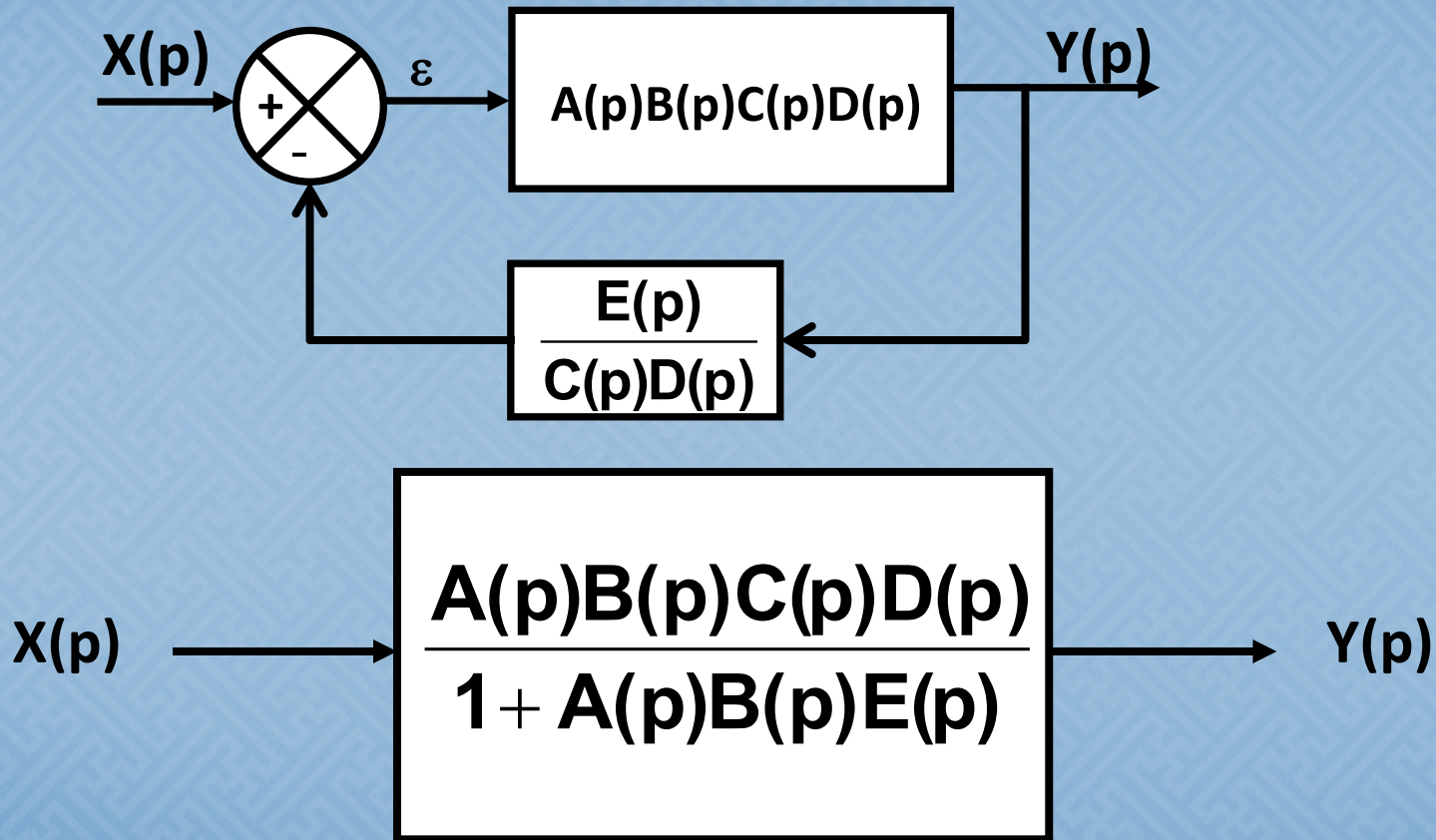
Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification



Algèbre des schémas blocs

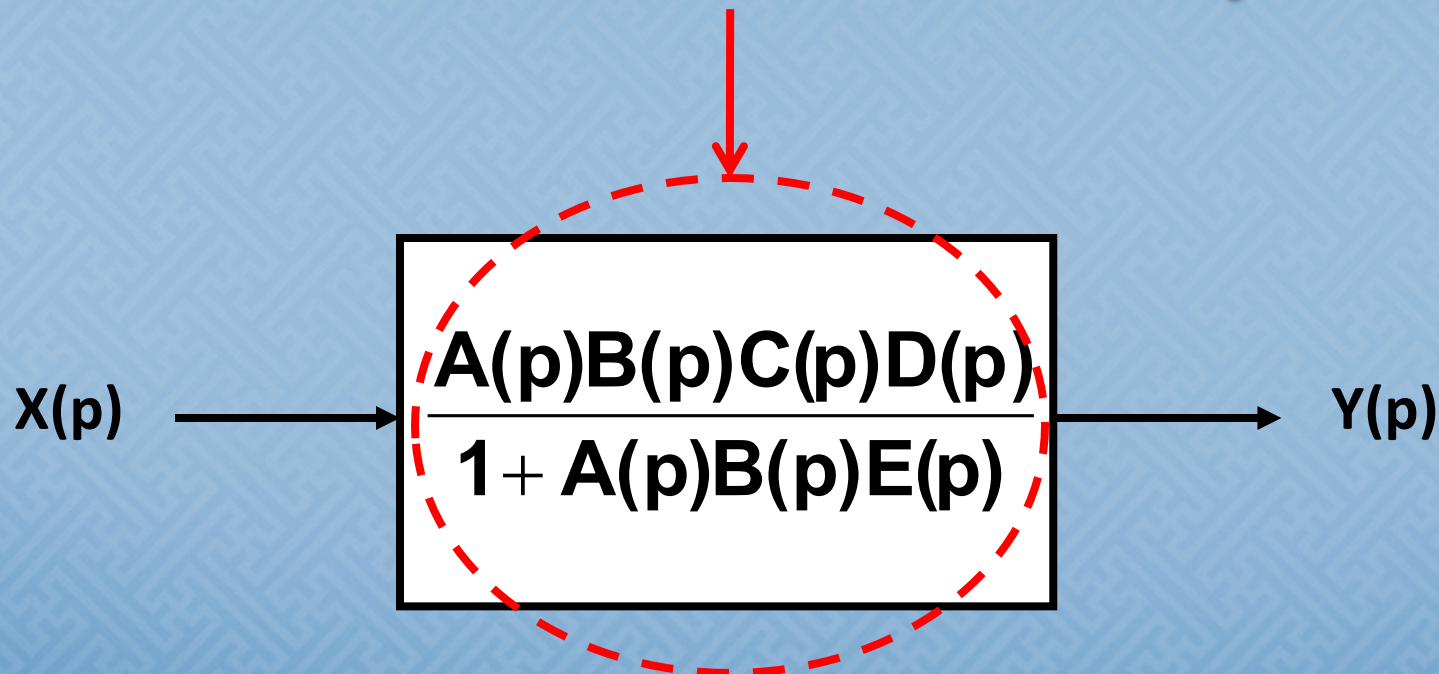
- Exemple de simplification



Algèbre des schémas blocs

- Exemple de simplification

Fonction de transfert simplifiée



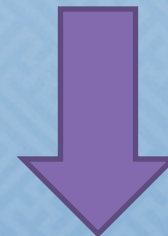
Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

**Stimulus
en entrée**



**Réponse
en sortie**

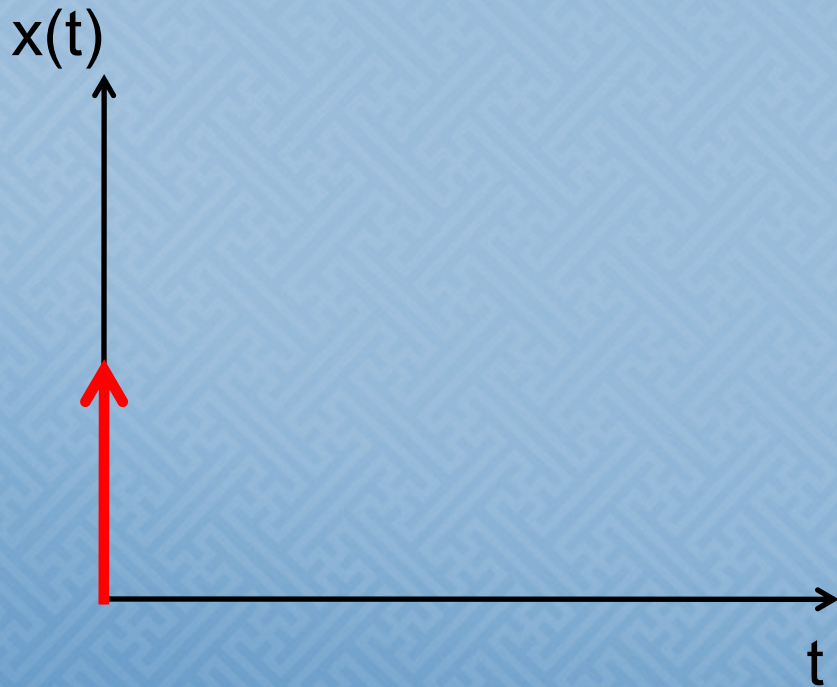


**Caractéristiques
du système**

Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

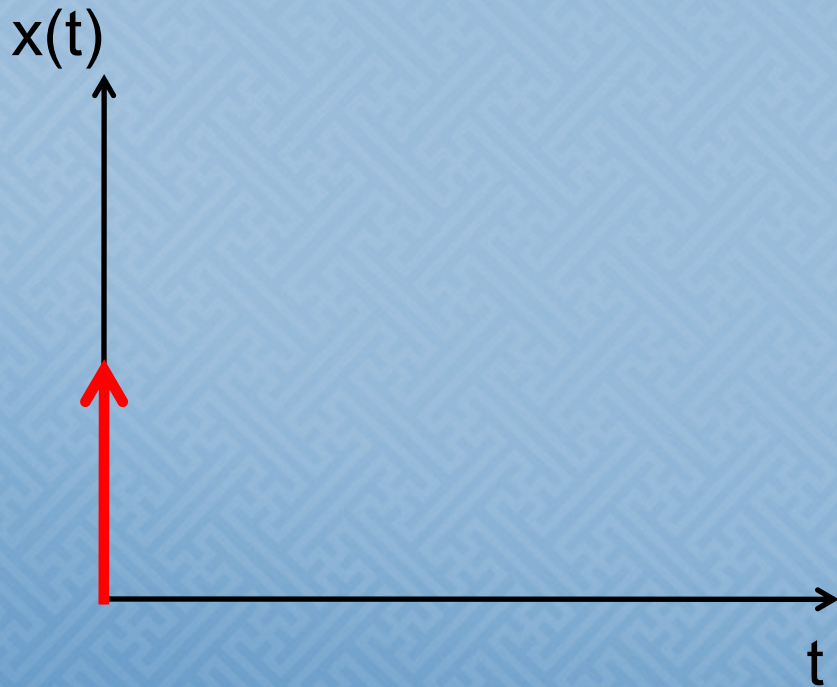
- Entrée = **Impulsion** (Dirac)



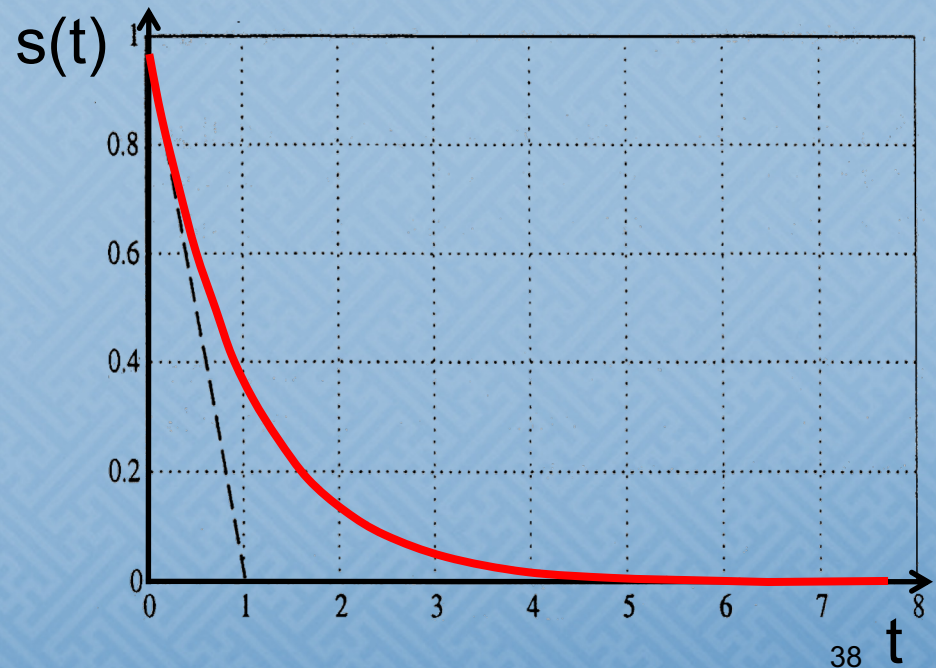
Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

- Entrée = **Impulsion** (Dirac)



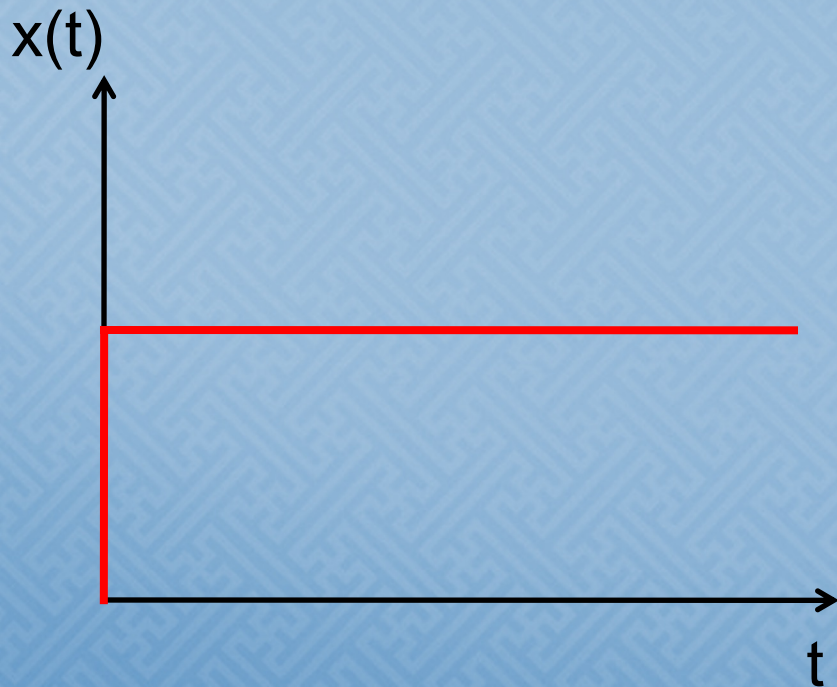
- Réponse **impulsionnelle**



Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

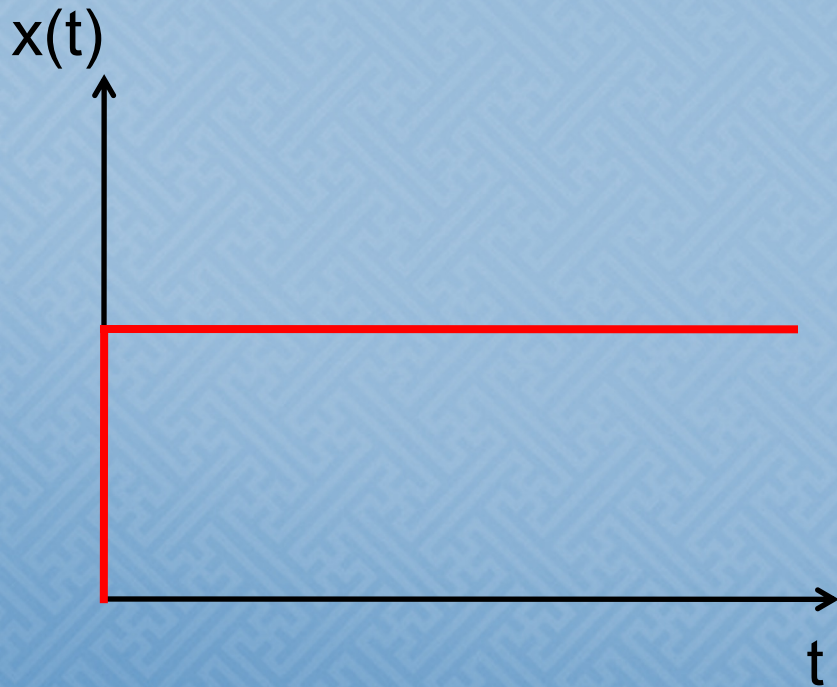
- Entrée = **échelon**



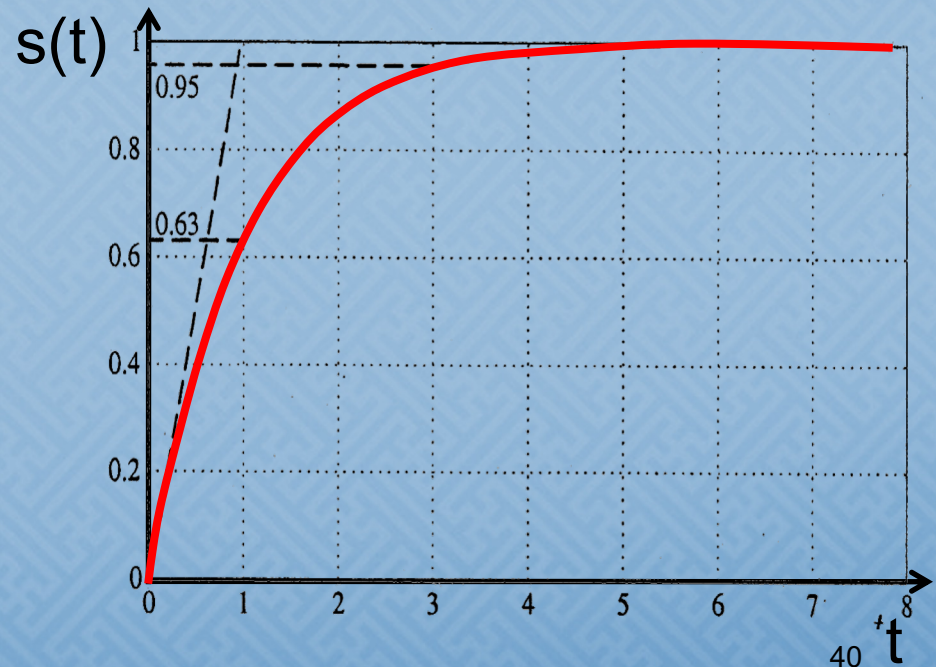
Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

- Entrée = **échelon**



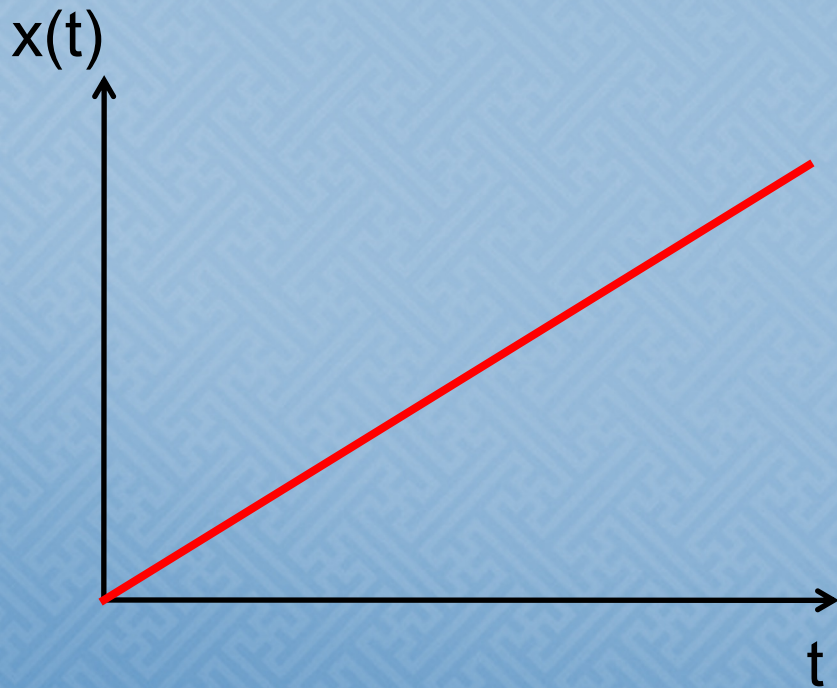
- Réponse **indicielle**



Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

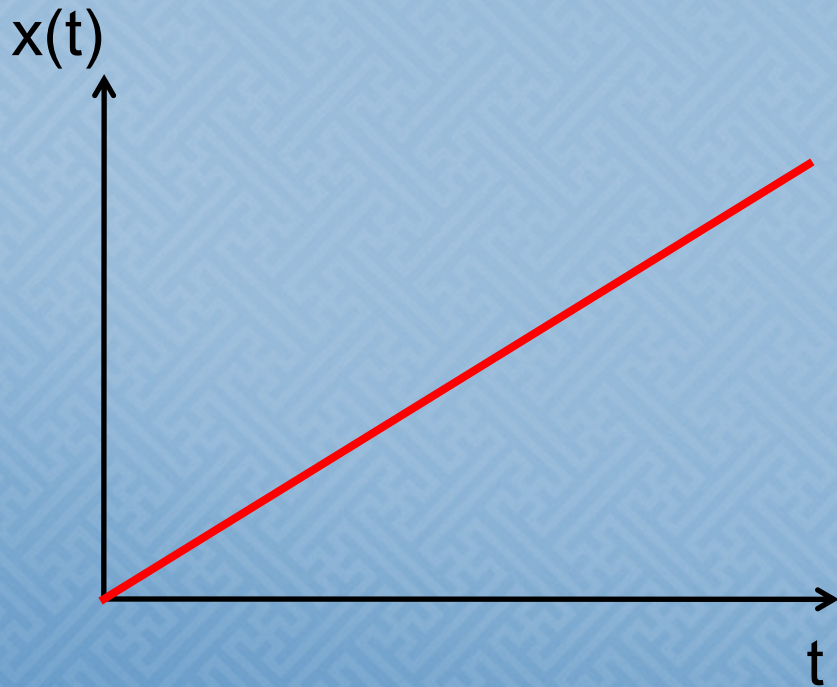
- Entrée = **rampe**



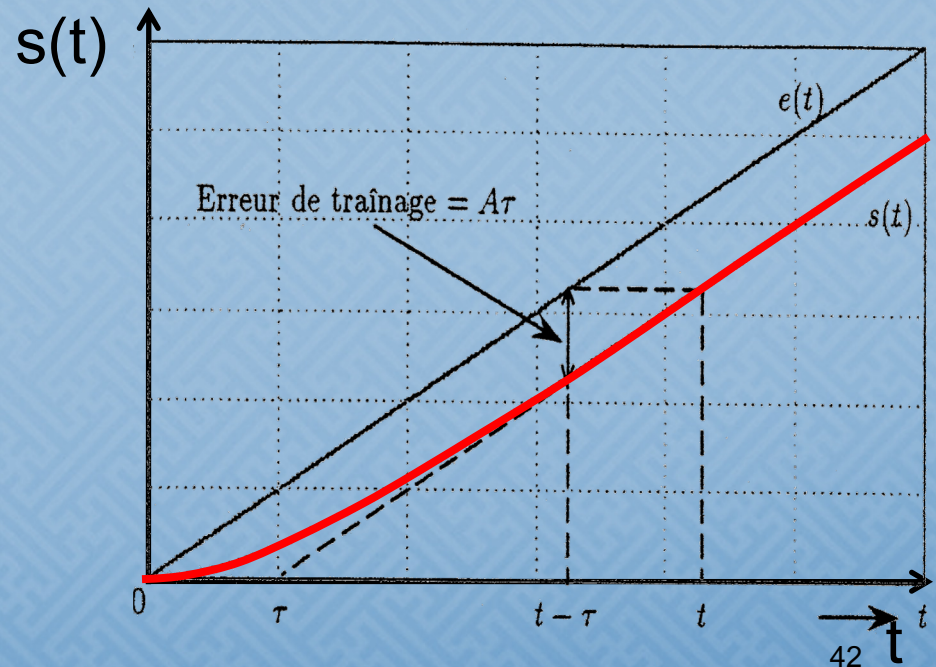
Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

- Entrée = rampe



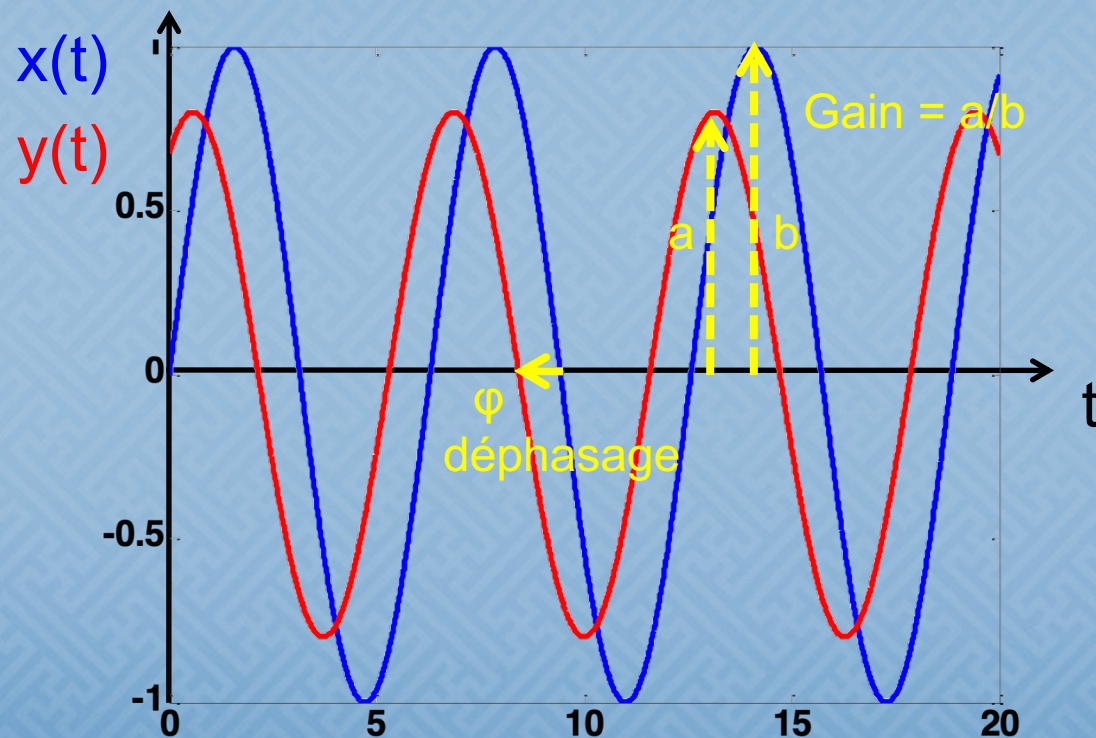
- Réponse à une rampe



Etude des systèmes

Pour connaître (caractériser) un système, on le soumet à différents signaux en entrée (stimuli) et on observe sa réponse.

- Entrée = **sinusoïde**
- Réponse = **sinusoïde**



Étude harmonique = en régime sinusoïdal

Etude des systèmes

Le gain et le déphasage varient en fonction de ω .

Il existe plusieurs façons de représenter la réponse harmonique :

- **Diagrammes de Bode**
- **Diagramme de Black**
- **Diagramme de Nyquist**



Diagramme de Bode

Gain et phase sont représentés séparément :

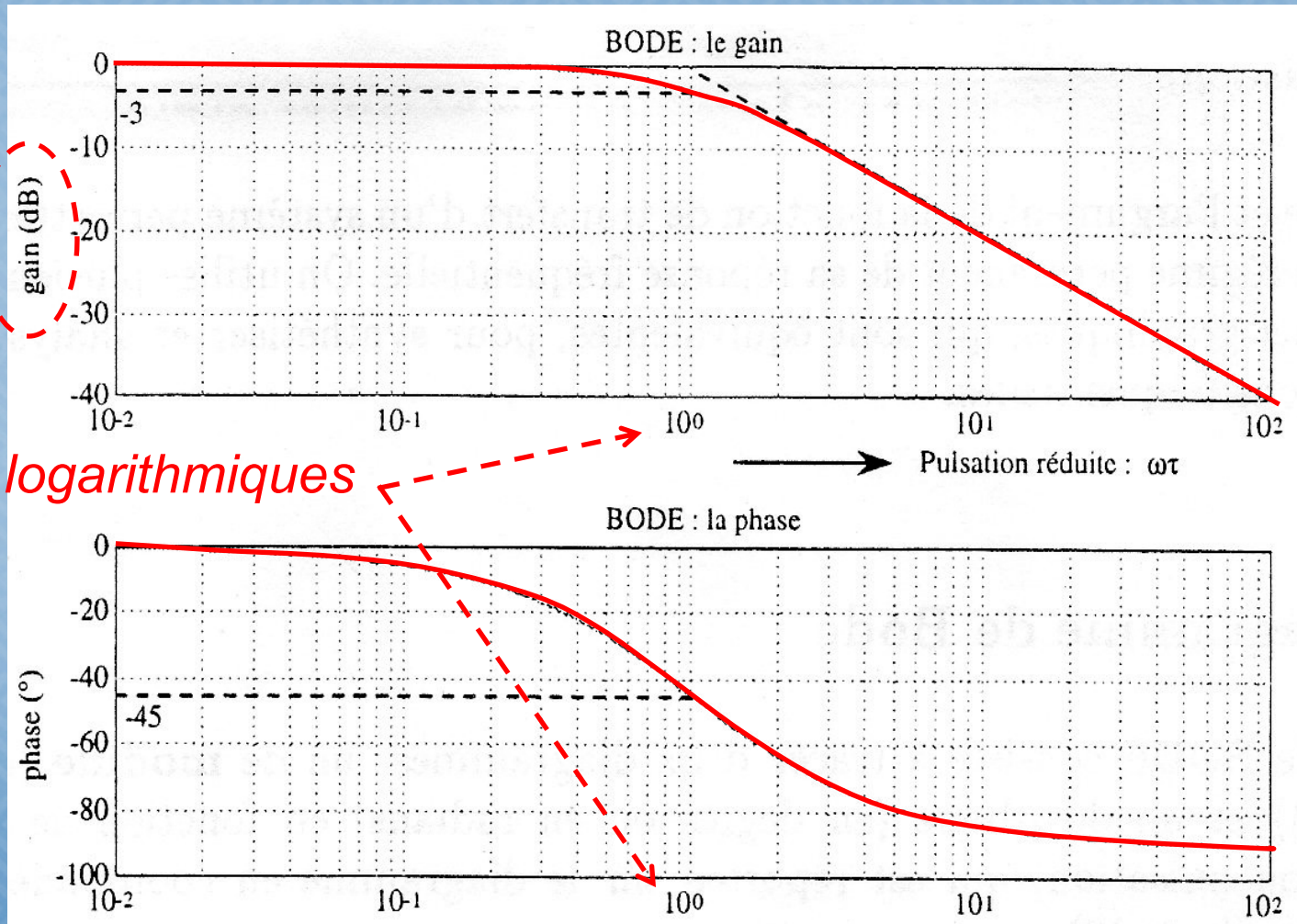
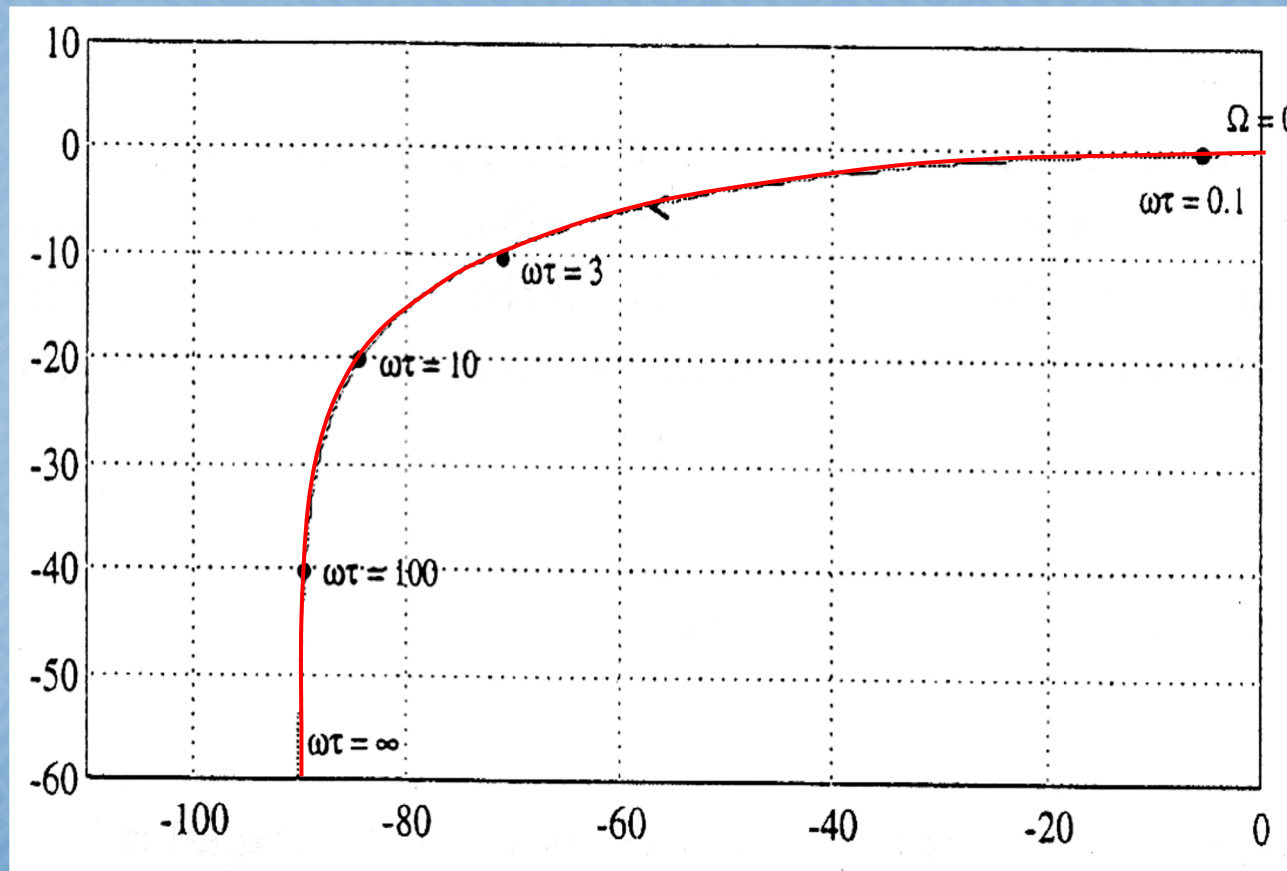


Diagramme de Black-Nichols

Les mêmes grandeurs que Bode sur un seul diagramme

Ordonnée = gain (dB)



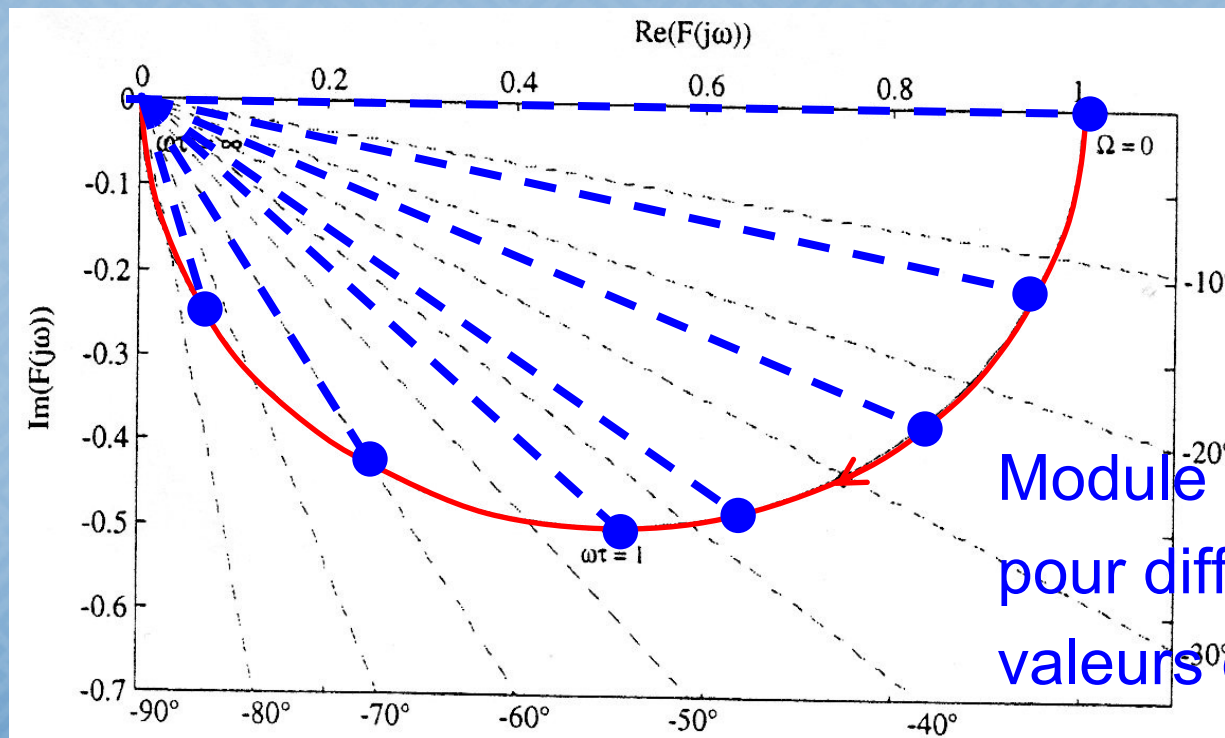
Abscisse = phase (en °)

Diagramme de Nyquist

- Dans la fonction de transfert $F(p)$, on remplace p par $j\omega$
- On trace $F(j\omega)$ dans le plan complexe

partie réelle de $F(j\omega)$

partie imaginaire de $F(j\omega)$



Module et phase
pour différentes
valeurs de ω