

# LPOB47 : Mise en évidence de l'intérêt de la rétroaction à travers différents exemples en physique

**Armel JOUAN**

**Leçon(s) associée(s), titre(s) alternatif(s) :**

- LP22 : Rétroaction et oscillations (2019)

**Niveau : L2 ~ L3**

**Prérequis**

- Notion de schéma bloc
- Lois générales de l'électrocinétique
- Modèle de l'ALI idéal, modèle de l'ALI du premier ordre

**Introduction / Position du problème, [1] p.427, [5]**

- Système auquel on impose une grandeur d'entrée, qui lui fait correspondre une grandeur de sortie (donner des exemples [5])
- Problème : non prise en compte de la valeur de sortie qui peut ne pas satisfaire aux attentes (système pas complètement maîtrisé lors de sa conception, perturbations extérieures), volonté d'une stabilité en sortie
- Intérêt et nécessité de la rétroaction

## **1 Rétroaction et asservissement**

### **1.1 Structure d'un système asservi (sur diapo)**

- Structure du système [5], [3] p.194 et 211 :
  - Schéma du système bouclé
  - Définitions : consigne, sortie, signal d'erreur, chaîne directe, chaîne de retour, comparateur ([3] p.211)

- Fonctions de transfert (A = actionneur, B = capteur)
  - FTBO  $T = AB$
  - FTBF  $H = \frac{A}{1+AB}$
- Notions de [5] :
  - Stabilité : critère de Nyquist (point -1 laissé sur la gauche de  $T(j\omega)$ )
  - Précision : cas  $T \gg 1$  :  $H \simeq \frac{1}{B}$ , systèmes plus précis car peu sensible aux fluctuations de l'actionneur.
  - Rapidité : temps de réponse du système (à développer sur l'application)

## 1.2 Exemple du montage non inverseur [5] p.80 et 207

- Schéma (fig 9 p.207), détailler chaîne directe, comparateur, chaîne de retour, entrée, retour, sortie, erreur
- Hypothèse de l'AO idéal + pont de tension pour calculer le gain statique  $A_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$
- Parler du produit gain-bande  $A_0\omega_0$  et de la limitation conséquente (modélisation par un passe-bas d'ordre 1). En déduire  $A(p) = \frac{A_0}{1+\frac{p}{\omega_0}}$
- Boucler la sortie sur l'entrée, on a alors  $B(p) = \frac{R_1}{R_1+R_2}$ , en déduire la FTBF :

$$H(p) = \frac{H_0}{1 + \frac{p}{\omega'_0}}, \text{ où : } H_0 = \frac{A_0}{1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2}} \text{ et } \omega'_0 = \omega_0 \left( 1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

- Montrer que la rétroaction permet de :
  - augmenter la bande passante ( $\omega'_0 > \omega_0$ ), au détriment de l'amplification ( $H_0 < A_0$ )
  - augmenter la rapidité ( $\frac{1}{\omega'_0} < \frac{1}{\omega_0}$ )

## 1.3 Application à l'asservissement de vitesse d'un moteur à courant continu [3] p.196, [5], [2] p.420, [1] p.455, (1)

- Structure du système (si possible manip à côté pour illustrer) :
  - actionneur = amplificateur non inverseur + hacheur (amplification de puissance) + moteur (passe-bas d'ordre 1)
  - correcteur proportionnel
  - capteur de vitesse (dynamo tachymétrie)

- comparateur linéaire (montage ALI soustracteur d'amplification unité)
- Détailler les étapes et le rôle de chaque composant
- Comparaison BO - BF :
  - en BO : effet de la perturbation non pris en compte (l'illustrer si possible)
  - en BF : retour à la consigne au bout d'un certain temps : système asservi. Si possible, montrer le compromis rapidité-précision en augmentant le gain en sortie du comparateur.
- Conclure en insistant sur l'intérêt de la rétroaction pour rendre le système insensible aux perturbations. (*Rque : utilisé pour l'oscillateur à pont de Wien*)

## 2 Rétroaction et oscillations : exemple du laser [6]

### 2.1 Position du problème

- Inversion de population réalisée à l'aide d'un milieu amplificateur et du pompage optique
- On cherche à aboutir à l'effet laser avec une intensité stable en sortie : nécessité d'un système bouclé
- Schéma de la cavité
- Rôle de la cavité optique comme filtre sélectif
- Le gain est l'élément non linéaire (analogue ALI en optique)

### 2.2 Condition d'oscillation

- Schéma bloc du système
- Démarrage des oscillations : gain supérieur aux pertes (critère de Barkhausen)
- Aboutir à la condition d'oscillation.

### 2.3 Sélection des modes et saturation du gain

- Allure de la courbe de gain, sélection des modes
- Saturation du gain, courbe du gain en fonction de l'intensité
- Point de fonctionnement stable : conclure sur le fonctionnement du laser en régime stationnaire, avec la rétroaction pertes/gain qui permet de conserver une intensité stable.

## Conclusion

Ouverture vers d'autres systèmes : oscillateurs électroniques (quasi-sinusoïdaux, à relaxation), comparateur à hystérésis (application à la régulation de température), optique adaptative, microscope à effet tunnel, boucle à verouillage de phase...

## Bibliographie

[1] Pérez, **Electronique** :

- chap 12 (Effets NL)
- chap 13 (Rétroaction)
- chap 14 (Oscillateurs électriques)

[2] Boussié PUF :

- chap 6 p.88 (pour une description sommaire de la rétroaction)
- chap 14 (oscillateurs)
- chap 23 p.430 (asservissement d'un moteur CC)

[3] Précis électronique PSI:

- chap 3 (ALI)
- chap 5 (Systèmes bouclés)
- chap 6 (Oscillateurs quasi-sinusoïdaux)

[4] Cours sur internet : [www.etienne-thibierge.fr](http://www.etienne-thibierge.fr)

[5] Cours de JBD sur les systèmes bouclés

[6] Tout en un PC-PC\* Sanz

- Chap 30 p.1061 pour le modèle des probas de transition, l'inversion de population, et le laser comme oscillateur optique
- Chap 31 p.1095 pour se refaire une culture sur le faisceau laser

## Manipulations, ressources

(1) MP27 pour l'asservissement de la MCC

(2) Vidéo d'E-Learning physique pour le vase de Tantale

(3) Animation Phet Colorado pour le laser :

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/lasers/latest/lasers.html?simulation=lasers&locale=fr>