

LP n° 22    **Titre :** Rétroaction et oscillation

**Présentée par :** Théo Cartier Dit Moulin

**Rapport écrit par :** Rémi Armand

**Correcteur :** Jérémy Neveu

**Date :** 02/10/2018

**Bibliographie de la leçon :**

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Electronique	Krob		
PSI/PSI* J'intègre		Dunot	
Optique	Houard		
Electronique		H-Prepa	

**Plan détaillé**

Niveau choisi pour la leçon : CPGE 2eme année

Pré-requis : Electronique, LASER, AO

I. Systèmes bouclés

II. Oscillateur à pont de Wien

III. Le LASER comme oscillateur avec boucle de rétroaction

Définition de la rétroaction

Exemple du régulateur à boucle de James Watt

**I. Systèmes bouclés**

**1. Schéma bloc**

Schéma-bloc général d'un système bouclé

A = chaîne directe

B = chaîne de rétroaction

Description de chaque partie, explication de ce qu'est une boucle ouverte et une boucle fermée

**2. Fonction de transfert**

Ecriture des fonctions HTBO et HTBF dans le cas général :

$$HTBO = A.B$$

$$HTBF = A/(1+A.B)$$

Fonction de transfert en boucle ouverte -> connaître à l'avance le comportement du système en boucle fermée

**3. Caractéristiques**

*Exemple :* chauffage d'une pièce par un radiateur à une température fixe

-> justifie utilité d'un asservissement

Définitions de précision, rapidité et stabilité -> nécessité de faire des compromis

## II. Oscillateur à pont de Wien

### 1. Schéma

Oscillateur à pont de Wien : ne possède aucun signal en entrée

Chaîne directe : A.O. non-inverseur

Chaîne de retour : circuit (RC et R//C)

*Schéma* : schéma électrique projeté

### 2. Fonction de transfert

-Calcul détaillé de la fonction de transfert de l'oscillateur à pont de Wien

$$H(\text{osc. A pont de Wien}) = \frac{1}{3} \left\{ \frac{(1+R_2/R_1)}{(1+jQ(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega))} \right\} = \frac{(1+R_2/R_1)}{(3+j(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega))}$$

$$\text{Avec } Q=1/3 \text{ et } \omega_0 = 1/RC$$

-Retrouver l'équation différentielle à partir de la fonction de transfert  $H = s/e$

-Condition de stabilité : tous les coefficients de l'équa. diff. sont de même signe

*Rem* : -Pour  $R_2=2.R_1$ , on a un comportement d'oscillateur harmonique

-Les fréquences du bruit proches de la fréquence de résonance génèrent les oscillations dans le circuit

-la tension de saturation de l'A.O. limite les oscillations, ce qui fait que le signal de cet oscillateur est dit quasi-sinusoïdal

*schéma* : au tableau, tracé de la tension de sortie en fonction du temps pour  $R_2=2.R_1$  et  $R_2 \gg R_1$

*animation internet* : conception du circuit simulé sur Falstad, observation de la naissance d'oscillations

*diagramme de Bode et commentaire sur son caractère de filtre passe-bande*

-> les systèmes à rétroaction ne sont pas limités à l'électronique !

## III. Le LASER comme oscillateur avec boucle de rétroaction

*Schéma-bloc du LASER* : chaîne directe : amplificateur

Chaîne de retour : Filtre

### 1. Amplificateur

*schéma* : l'émission spontanée : isotrope, incohérent

l'émission stimulée : photons de même direction et cohérents entre eux

Principe du pompage optique et du LASER à 3 niveaux

### 2. Filtre

Problème : le signal en sortie n'est pas tout à fait monochromatique en réalité

➔ on filtre les fréquences par mode en jouant sur la géométrie de la cavité LASER (pour un LASER linéaire à 2 miroirs plans, on choisit  $2L = p \times \lambda$  avec  $L$ =longueur cavité et  $p$  un entier naturel non-nul)

➔ selon la qualité du filtre, le LASER est monomode ou multimode

autre système avec boucle de rétroaction : horloge atomique -> permet de définir la seconde

### Questions posées par l'enseignant

- Pourquoi ne pas s'être restreint à l'électronique ?
- A quoi sert la conception de systèmes bouclés ?
- Autre système rétroactionné que le LASER et en-dehors de l'électronique possible ?
- Qu'est-ce que le régulateur à boucle de James Watt ? Fonctionnement ?
- Pourquoi avoir dit que les systèmes bouclés sont forcément représentatifs des systèmes régulés ?
- En pratique, qu'est-ce que la chaîne de retour ?
- Justification, autre que calculatoire, que l'étude de HTBO est plus intéressante que l'étude de HTBF ?
- Est-ce forcément grave d'avoir un système instable une fois la boucle fermée, même si on voulait avoir une régulation ?
- Sur l'oscillateur à pont de Wien, est-ce grave d'inverser les bornes de l'A.O. (A.O. devient instable) ?
- Dans l'exemple du thermostat, quels mécanismes on pourrait choisir pour chaque partie du schéma-bloc ?
- La caractéristique de précision est-elle définie à toute date  $t$  ?
- Un oscillateur peut-il être stable ?
- Pourquoi avoir choisi le pont de Wien ?
- Dans l'équa diff de l'oscillateur harmonique, on voit que les coefficients sont tous de même signe, cela signifie que le système est stable. Est-ce que ce critère est compatible avec l'apparition d'oscillations et le fait que la solution différentielle soit  $d^2s/dt^2 + \omega^2 s = 0$  ?
- Pourquoi les oscillations de l'oscillateur à pont de Wien sont dites quasi-périodiques ? Pourquoi une fois la tension de saturation atteinte, le signal de sortie n'y reste pas ?
- De quel type de LASER a-t-on discuté ?
- En quoi le LASER est-il un système à rétroaction ? C'est un soustracteur ou un sommateur ?
- Pourquoi ne pas avoir choisi un exemple et avoir traité le cas général à la place dans le I. ?
- Si on disposait d'un temps infini pour faire la leçon, quel exemple aurait-on traité dans le I. ?
- En suivant la doxa des programmes, quel aurait été le contenu de la leçon au niveau d'étude choisi ?

### Commentaires donnés par l'enseignant

Une leçon assez moyenne maquée par deux problèmes : le manque de liens entre les trois parties dans le discours oral et les imprécisions de vocabulaire à l'oral (dans le cours et les questions) qui montre que l'étudiant n'a pas encore (eu le temps) d'assimiler ce qu'est un système bouclé de façon intuitive. Par exemple on n'a pas vu le lien, ni dans le cours ni dans les questions, entre les systèmes en rétroaction et les lasers dans le III., à part qu'on a eu un schéma bloc en forme de boucle. Néanmoins le plan est bon, les exemples sont bien choisis, intéressants et pertinents. Plus de maturité dans la compréhension des systèmes bouclés et ce que signifie être en rétroaction pourront certainement améliorer le discours et les réponses au question pour rendre la leçon plus précise, plus claire aussi, et en perdant moins de temps en circonvolutions.

Il y a eu un problème en particulier pour amener la notion de stabilité des systèmes bouclés, la définition donnée dans le I. ne collant pas avec ce qui est montré avec l'oscillateur à pont de Wien en II. On peut amener cette notion de différentes manières suivant si l'on part d'exemples ou de théorèmes, mais peut-être que l'écueil présenté ici aurait pu être évité en étudiant la condition de Barkhausen.

Le tableau est relativement bien utilisé, malgré quelques schémas et textes réalisés un peu « vite fait », la voix est bien audible avec un débit correct.

On peut gagner du temps dans cet exposé en n'étudiant pas au tableau les différents types d'émission de la lumière mais en s'appuyant sur des figures/vidéos/simulations vidéo projetées, pour se concentrer sur le cœur de la leçon, à savoir les systèmes en rétroactions (positive dans le cas du laser).

Une simulation de l'oscillateur à pont de Wien a été présentée plutôt que sa version concrète. Ce choix a eu pour intérêt de pouvoir montrer facilement le transitoire exponentiel, mais n'a pas plus été exploitée pour montrer les autres aspects qui auraient été discutés avec une vraie manip ( $R_2 > 2R_1$ , plateaux saturés, etc...). Je respecte ce choix de ne pas construire la manip, mais à ce moment je pense que consacrer plus de temps à la simulation pour discuter le fonctionnement du système compenserait la frustration de certaines sensibilités du jury de ne pas voir la vraie manip (et satisferait ceux qui en ont marre de la voir).

40 minutes c'est court pour aborder un sujet aussi vaste. Je pense que la clé c'est d'avoir une bonne maîtrise des notions présentées pour ne pas se perdre en imprécisions et atermoiements. Un discours précis et clair fait gagner beaucoup de temps, temps qui peut être utilisé pour présenter plus d'exemples... par exemple (avec calculs ou avec les mains).

**Partie réservée au correcteur**

**Avis sur le plan présenté**

OK, un poil déséquilibré en temps (intro + I. : 10', II.+III. :30') avec un manque de liant entre les parties

**Concepts clés de la leçon**

Un problème sur la notion de stabilité, la condition de Barkhausen n'a pas été mentionné peut-être qu'elle est une solution.

**Concepts secondaires mais intéressants**

Les exemples avec le laser, le thermostat ou le régulateur de J. Watt

**Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)**

L'oscillateur à pont de Wien, effet Larsen avec des piezo-électriques

**Points délicats dans la leçon**

Amener la notion de stabilité en restant dans les limites du programme (ie Fourier)

**Bibliographie conseillée**

Un livre de PSI nouveau programme accompagné de livres plus poussés sur les asservissements/oscillateurs (Manneville...)