

**Titre :** Rétroaction & Oscillation

**Présentée par :** Frédéric Assémat

**Rapport écrit par :** Filippo Chiodi

**Correcteur :** Jeremy Neveu

**Date :** 29/09 /2020

Bibliographie		
Titre	Auteurs	Éditeur
Polycopiés du cours d'électronique	Jeremy Neveu	

## Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Filtres, Amplificateurs Opérationnels, Électronique

0) Introduction : Manip qualitative de l'Effet Larsen

I) Nécessité d'une rétroaction

1. Exemple du thermostat à boucle ouverte et avec automatisation de la consigne (boucle fermée)
2. Formalisme / Concepts fondamentaux
  - a. Réponse harmonique
  - b. Définition de la fonction de transition à boucle ouverte  $H_{FTBO}$  et à boucle fermée  $H_{FTBF}$ . Relation entre les deux
3. Amplificateur non inverseur
  - a. Schéma
  - b. Identification des fonctions A et  $\beta$
  - c. Fonction de transition amplificateur non inverseur
  - d. Conservation du gain et du temps caractéristique
  - e. Compromis entre rapidité/gain
  - f. Compromis entre précision/stabilité/gain

II) Stabilité

- i. On inverse la polarité + et - de l'A.O.

- ii. Simulation de la réponse des circuits inversés et non inversés
- iii. Évidence de la non-linéarité dans les circuits inversés

- 1. Comparateur à hystérésis
  - a. Domaine temporel  $\rightarrow$  Domaine des fréquences
  - b. Que deviennent  $\mu$ ,  $\tau$  et  $s(t)$  en inversant les bornes ?
  - c. Définition d'un système stable
- 2. Critères de stabilité
  - a.  $s/e = N(j\omega)/D(j\omega)$ , système d'ordre 2
  - b.  $s.D(j\omega) = 0 \rightarrow$  équation différentielle en temporel :  $a s'' + b s' + c s = 0$
  - c. Système stable si  $a, b, c$  sont du même signe, et que  $D(j\omega)$  n'a pas racines réelles positives
  - d.  $1 + H_{FTBO}(j\omega)$  ne s'annule pas

### III) Oscillateurs

- 1. Systèmes bouclés ( $e = 0$ )
  - a. Critères d'oscillation :  $s(t) \neq 0$  quand  $e = 0$
  - b. Condition de Barkhausen ( $\omega$  tel que  $1 + H_{FTBO} = 0$ )
- 2. Oscillateur de Wien en boucle ouverte
  - a. En boucle ouverte d'abord
  - b. Schéma
  - c. Filtre de Wien (passe-bande)
  - d. Identification sur le circuit de  $A(j\omega)$  et  $\beta(j\omega)$  et calcul de  $H_{FTBO}(j\omega)$
  - e. Expérience : description du setup, apparition d'un déphasage entre  $s(t)$  et  $e(t)$ ,  $f \neq f_0$ , mais pour  $f = f_0$  on est en phase et l'amplitude de la réponse est maximale ( $R_1 = R_2$ )
- 3. Oscillateur de Wien en boucle fermée
  - a. On débranche le GBF dans le montage
  - b. Apparition d'une oscillation spontanée quand  $R_2 \geq 2 R_1$
  - c. Oscillation en modalité FFT pour la visualisation des harmoniques

### IV) Conclusions

## Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

*(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)*

Q : Qu'est-ce qu'on fabrique avec des oscillateurs Quartz/Laser ?

R : Horloges

Q : Qu'est-ce que c'est le facteur de qualité ?

R : Nous renseigne sur la largeur de bande

Q : Manip Larsen : formaliser la manip à l'aide du formalisme. R : /. Description des boîtiers amplificateurs, leur gain total. R : / x25. Est-ce que dans les boîtiers amplifiants il y a des A.O ? R : Non, des transistors

Q : Intensité maximale de courant dans un A.O.

R : quelque mA (donc dans les boîtiers il n'y a pas des A.O.)

Q : Formaliser l'exemple du thermostat, qu'est-ce qu'on peut mesurer ?

R : vannes, débit

Q : Modéliser les pertes thermiques dans le thermostat

R : Rajouter un opérateur +/- pour mettre les perturbations extérieures

Q : A.O. non inverseur. Qu'est-ce que c'est  $A(j\omega)$  ? Démonstration de la dérivation de  $H(j\omega)$  ? Pourquoi  $\mu = \mu_0 / (1 + j\omega\tau)$  ?

R : modèle de l'AO du premier ordre en passe-bas

Q : Conservation gain x bande, plus des détails. Diagramme de Bode. Déphasage vs Facteur de qualité

R :

Q : Pourquoi choisir une simulation plutôt qu'une manip ?

R : Question de temps, intérêt dans des circuits bien connus

Q : Concernant la stabilité, pourquoi au max polynômes d'ordre 2 ?

R : On peut reporter tous systèmes à polynômes d'ordre 0, 1 et 2 au max

Q : Pourquoi les racines de  $D(j\omega)$  doivent être réelles et positives ?

R : des fréquences négatives n'ont pas une valeur physique, et en tout cas la transformé de Laplace est symétrique

Q : Recalculer  $\beta(j\omega)$  pour un filtre passe-bande

R :

Q : Pourquoi on a choisi un sommateur dans le circuit de Wien, pourquoi pas plutôt un soustracteur ?

R :

Q : Pourquoi  $r/e = 1$  n'est pas suffisante pour les conditions de Barkhausen ?

R : Parce-qu'étant une équation complexe, on a aussi une condition sur  $\omega_0$

Q : Unités de  $\omega_0 = 1/RC$

R : rad/s

Q : Incertitudes dans la manip. Précision sur la fréquence mesurée à l'oscilloscope

R : Ça dépend du nombre d'oscillation que je prends

Q : Pourquoi cette manip quantitative (mesure de  $\omega_0$ ) ?

R : Apparition d'une fréquence spontanée, mesure de cette fréquence

## Commentaires lors de la correction de la leçon

*(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. **L'enseignant** relit, et rectifie si besoin)*

- On pourrait caractériser les différentes composantes du circuit pendant la leçon, mesurer  $Q=1/3$  aussi
- Si manip quantitative est la mesure de fréquence, bien discuter des conditions expérimentales : précision de la mesure, temps d'acquisition, harmoniques, fenêtrage de la FFT
- Leçon de niveau bon : condensée, temps un peu court, beaucoup des choses à dire
- Donner plus de temps à la manipulation
- Comment gagner du temps ?
  - o Schémas déjà préparés
  - o Effet Larsen sur transparent
  - o Circuit non inverseur sur transparent
  - o Trop de temps dédié à l'exemple du thermostat
- Dériver les calculs du circuit inverseur au tableau (au moins un calcul, pas trop complexe non plus, au tableau)
- La conservation  $\mu.\tau$  est erronée
- Il faut diversifier la bibliographie, tout ne peut pas reposer que sur un poly.

## Partie réservée au correcteur

### **Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) :**

Leçon bien structurée, un peu court en temps, il y a beaucoup de choses à dire

### **Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates :**

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

Fenêtrage FFT, mesure des composants électroniques au cours de la leçon

### **Bibliographie conseillée :**