

# LP 2 Rétroact & Oscillat°s

INTRO: Rétroact climatiq & fonte du pergélisol / permafrost

## ① Rétroact & stabilité

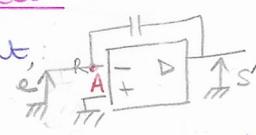
### 1) Rétroact & un amplifcator linéaire intégré (ALI)

On appelle boucle de rétroact un dispositif par lequel le signal de sortie d'un système affecte le signal d'entrée. Le syst est alors dit bouclé.

On relie la borne de sortie de l'ALI par un / plusieurs dipôles à l'une des bornes d'entrée. Selon la borne choisie, le système fonctionne en régime linéaire ou saturé.

On dit qu'un <sup>(SLCI)</sup> syst est stable si qd on le perturbe, il revient à son état d'équilibre. Pour un syst d'axe 1 ou 2 de fct de transfert  $H(p) = \frac{A(p)}{B(p)}$  où A/B polynômes, il y a stabilité si les coeffts de B(p) sont de m même signe.

### 2) Intégrateur inverseur

On étudie le syst suivant:  en considérant le modèle de l'ALI réel.

Théorème de Millman en A:  $V_- = \frac{s' C p + \frac{e}{R}}{\frac{1}{R} + s' C}$  et  $E = -V_-$  et  $s' = \frac{\mu_0}{1 + \tau_0 p} E$

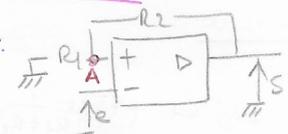


On a  $\frac{s'}{e} = \frac{\mu_0}{1 + (\tau_0 + RC(1+\mu_0\tau_0))p + \tau_0 RC p^2}$  syst stable en rég linéaire

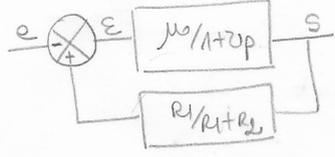
Avec le modèle de l'ALI idéal, on a  $E=0 = -V_-$  d'où  $\frac{s'}{e} = -\frac{1}{RCp} \Leftrightarrow e'(t) = -RC \frac{ds'}{dt}$

Les ALI ayant une rétroact & ⊖ fonctionnent en rég linéaire.

### 3) Comparat° à hystérésis inverseur

On étudie le syst suivant:  en considérant le modèle de l'ALI réel.

Théorème de Millman en A:  $V_+ = \frac{s/R_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$  et  $E = V_+ - e$  et  $s = \frac{\mu_0}{1 + \tau_0 p} E$

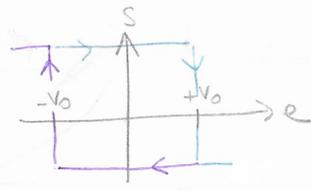


On a  $\frac{s}{e} = \frac{-\mu_0}{1 - \frac{\mu_0 R_1}{R_1 + R_2} + \tau_0 p}$  système instable en régime linéaire car  $\mu_0 \gg 10^5 \gg 1$   $\tau_0 > 0$

Les ALI ayant une rétroact & ⊕ sont instables en rég linéaire et fonctionnent dc en rég saturé

Avec le modèle de l'ALI idéal; en rég saturé:

- 2 possibilités:
- $E > 0$  et  $s = +V_{sat} \Rightarrow e < \frac{R_1 V_{sat}}{R_1 + R_2}$
  - $E < 0$  et  $s = -V_{sat} \Rightarrow e > -\frac{R_1 V_{sat}}{R_1 + R_2}$



## II Oscillateurs à relaxation

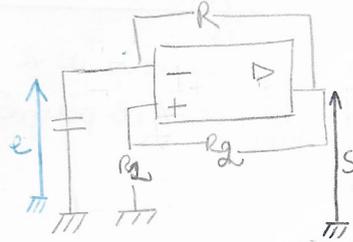
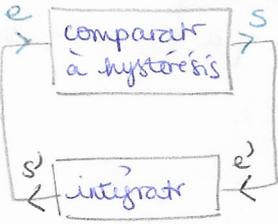
(2)

### 1) Définitions

Un oscillateur est un syst contenant un élément actif  $\alpha$  qui présente un comportement instable en régime linéaire. Il fonctionne en rég libre ( $e=0$ ) et il y a une boucle de rétroaction entre la sortie du montage et l'entrée.

un oscillateur à relaxation génère des oscillations obtenues / augmentations continues d'une contrainte, puis relâchement de celle-ci.

### 2) Structure



### 3) Instabilité du montage

Fct de transfert  $g$  diépo

### 4) Calcul de la période

On a  $e=s'$  et  $s=e'$ . et  $\frac{s'}{e'} = \frac{1}{1+jRC\omega}$

$e(t)$  varie entre  $-V_0 = -\frac{R_1}{R_1+R_2} V_{sat}$  et  $V_0 = \frac{R_1}{R_1+R_2} V_{sat}$   $\alpha$  on suppose  $s(t=0) = -V_{sat}$  (basculent)

\*  $t > 0$ :  $\frac{de}{dt} + \frac{e}{RC} = -\frac{V_{sat}}{RC} \Rightarrow e(t) = K e^{-t/RC} - V_{sat}$

$e(t=0^+) = +V_0$  donc  $e(t) = (V_0 + V_{sat}) e^{-t/RC} - V_{sat}$

$e(t)$  décroît jusqu'à atteindre  $-V_0$  en  $t_1$  où  $e(t_1) = -V_0 \Leftrightarrow (V_0 + V_{sat}) e^{-t_1/RC} - V_{sat} = -V_0$

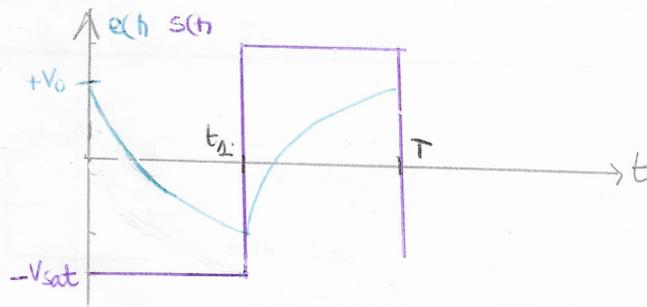
$\Rightarrow t_1 = RC \ln \left( \frac{V_0 + V_{sat}}{V_{sat} - V_0} \right)$

\*  $t > t_1$ :  $s(t) = +V_{sat}$  et  $\frac{de}{dt} + \frac{e}{RC} = \frac{V_{sat}}{RC} \Rightarrow e(t) = K e^{-t/RC} + V_{sat}$

$e(t=t_1^+) = -V_0$  dc  $e(t) = -(V_0 + V_{sat}) e^{\frac{t-t_1}{RC}} + V_{sat}$

$e(t)$  augmente jusqu'à atteindre  $V_0$  en  $T$  où  $e(T) = V_0 \Leftrightarrow -(V_0 + V_{sat}) e^{\frac{t_1-T}{RC}} + V_{sat} = V_0$

$\Rightarrow T = 2RC \ln \left( \frac{V_0 + V_{sat}}{-V_0 + V_{sat}} \right)$



Peut servir de générateur de signaux

### 5) Vase de Tantale

Animato: val<sup>rs</sup> de débit

0,5 l/s    0,32 l/s.

0,7 l/s.

vlute oscillat à relaxat°.

Théorème de Bernoulli pr écoulement quasi stat d'un fluide incompressible parfait:

$$\frac{P_0}{\rho} + \frac{1}{2} v_A^2 + \rho z_A = \frac{P_0}{\rho} + \frac{1}{2} v_B^2 \Rightarrow v_B \approx \sqrt{2gz_A} \text{ et } \boxed{Dv = S\sqrt{2gz_A}}$$

négligeable car réservoir très pd

débit d'amorçage:  $Dv_A = S\sqrt{2gz_{max}} \rightarrow D > S\sqrt{2gz_{max}}: z \uparrow$   
 $\rightarrow D < S\sqrt{2gz_{max}}: z \downarrow$

si  $D < S\sqrt{2gz_{min}}$ : oscillat° de relaxat°

Période des oscillat°s:  $\Delta t_{remplissage} = \frac{S(z_{max} - z_{min})}{D}$

vidange:  $S \frac{dz_A}{dt} = D - S\sqrt{2gz_A} \Rightarrow \int_{z_{min}}^{z_{max}} \frac{S dz}{D - S\sqrt{2gz}} = \Delta t_{vidange}$

zéro du vol d'eau ds le réservoir / unité de tps

Ccl°: Oscillat°s quasi-sinusoidaux

# Leçon de physique 22 - Rétroaction et oscillations

Rebecca Fromentin avec Chloé Galibert et Blandine Martinon, T15

Mars 2021

## 1 Biblio

- Cours de prépa
- H Prépa d'électronique 1è et 2è année (ne pas hésiter à aller regarder dans la catégorie Génie mécanique/électrique de la BU et pas juste Physique)
- Cours sur internet : [www.etienne-thibierge.fr](http://www.etienne-thibierge.fr)
- Vidéo d'E-Learning physique pour le vase de Tantale (RIP)
- Conseillé par le correcteur : Boussié PUF

## 2 Objectifs péda et disciplinaires de la LP

Pendant cette LP, vous montrerez que vous gérez en :

- Calcul de fonction de transfert
- ALI (régimes linéaire et saturé, caractéristiques générales etc)
- Montage d'électronique et fonctionnement de l'oscillo

## 3 Questions et commentaires

- Critère de stabilité pour un système d'ordre 3 ? Utilisation du diagramme de Nyquist
- Quel est l'élément important d'un oscillateur ? Le fait qu'il faut un régime linéaire instable afin d'avoir un basculement de  $\pm V_{sat}$
- Utilisation des oscillateurs électroniques ? Oscillateur quasi-sinusoïdal sert à fabriquer des horloges, à relaxation sert à générer des signaux de différentes formes (créneau, triangulaire etc)
- Exemple d'oscillateur optique ? LASER
- Facteurs de qualité d'un oscillateur à Pont de Wien ? D'une montre à quartz ? PDW :  $\frac{1}{3}$ , montre à quartz : 13 000
- Qu'est ce qui fait que les oscillations démarrent ? Bruit électronique dans le circuit
- Eviter de présenter le fait qu'une rétroaction  $\pm$  rend le système instable/stable comme une règle absolue : il existe des contre-exemples et ceci n'est pas une généralité !
- J'ai présenté le montage de mon oscillateur après en avoir l'étude théorique (pour montrer que ce qu'on prévoit théoriquement est bien réalisé expérimentalement) : le correcteur pense qu'il aurait mieux valu faire l'inverse
- Introduire la leçon avec le Larsen et le montrer expérimentalement
- Ne pas hésiter à être honnête quand on a voulu faire quelque chose mais que ça n'a pas fonctionné : ici j'aurai du dire clairement pendant la leçon que je voulais boucler l'intégrateur et le comparateur que j'ai présentés dans la partie I mais que comme je n'arrivais pas à faire fonctionner la manip, j'ai modifié le circuit en remplaçant l'intégrateur par un RC (au passage, JBD ne sait pas pourquoi ce circuit ne marche pas alors qu'il devrait, je l'avais fait en TP en prépa ...)
- Si le choix de présenter un oscillateur à relaxation est conservé (ce qui n'est pas forcément le plus

judicieux d'après le correcteur), pour le calcul de la période, utiliser directement  $T=2t_1$  avec la symétrie entre les phases croissantes et décroissantes

## 4 Alternative aux oscillateurs "communs" des cours de prépa : l'oscillateur Colpitts

Le correcteur trouve que présenter un oscillateur quasi-sinusoidal est plus pertinent qu'un oscillateur à relaxation car il y a plus de choses à étudier sur ce type d'oscillateurs, notamment l'enrichissement spectral.

Il déconseille d'étudier l'oscillateur à pont de Wien (trop classique et inutile en pratique) et l'oscillateur à résistance négative (manip difficile à faire marcher) et propose donc une alternative originale : l'oscillateur Colpitts

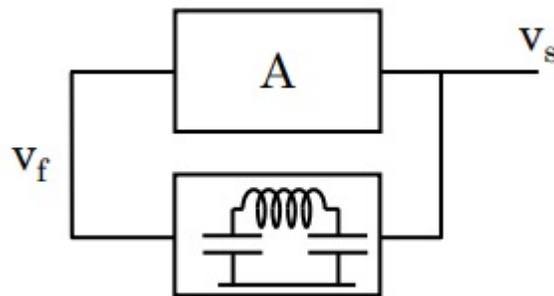


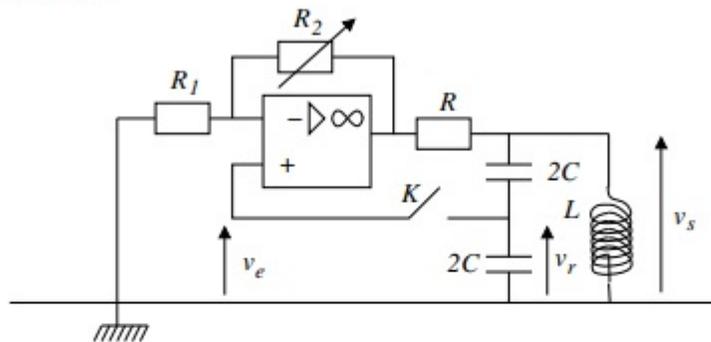
FIGURE 1 – Montage Colpitts

La boucle directe A est composée d'un amplificateur quelconque (contenant un transistor ou un ALI) et cette dernière est bouclée sur un filtre Colpitts composé d'une bobine et de 2 condensateurs (cf Fig 1). C'est le filtre qui détermine la période d'oscillation, il est donc possible de la modifier en faisant varier ses composants.

Tous les calculs sont faits ici : [http://lnspe2.fr/TD\\_physique/TD02\\_oscillateurs\\_cor.pdf](http://lnspe2.fr/TD_physique/TD02_oscillateurs_cor.pdf) en réponse à ce TD (cf Fig 2) :

### Elec050. Oscillateur de Colpitts (\*\*)

Dans le montage ci-dessous (oscillateur de Colpitts), l'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire.



1. L'interrupteur  $K$  étant ouvert, calculer les fonctions de transfert :

$$\underline{H}_A = \frac{v_s}{v_e} \quad \text{et} \quad \underline{H}_R = \frac{v_r}{v_s}$$

2. On ferme l'interrupteur, pour quelle valeur minimale de  $R_2$  des oscillateurs prennent-elles naissance ?  
Quelle est leur pulsation ?  
Effectuer le raisonnement à l'aide des fonctions de transfert puis en considérant l'équation différentielle portant sur  $v_s$ .

**Réponses :** 1 :  $\underline{H}_R = \frac{1}{2}$ ,  $\underline{H}_A = \frac{v_s}{v_e} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{1 + \frac{R}{jL\omega} + jRC\omega}$  ; 2 :  $R_2 = R_1$ ,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

FIGURE 2 – Montage Colpitts avec amplificateur à ALI