# Chapitre 2 : Les oscillateurs

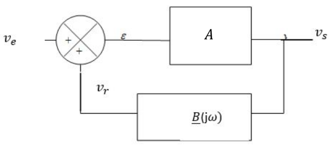
Un oscillateur est un dispositif (mécanique, optique, électronique…) qui, suite à une perturbation extérieure (bruit, conditions initiales, …), génère un signal périodique en sortie.

## I- Oscillateur quasi-sinusoïdal

Un oscillateur quasi-sinusoïdal électrique est une boucle constituée d'un filtre passe bande (fonction de transfert $\underline{B}(\omega)$) avec un amplificateur (fonction de transfert supposé réelle $A$).

### a) Conditions théoriques d'oscillation

Un oscillateur peut, sans signal d'entrée $v_e$ (seulement du bruit), générer un signal sinusoïdal de sortie $v_s$ de pulsation $\omega_c$




Avec $v_e = 0$, Il est possible pour $\omega = \omega_c$ d'avoir :

$$\underline{v_s} = A\underline{\varepsilon} = A\underline{v_r} = A\underline{B}\,(\omega_c)\underline{v_s} = \underline{T}(j\omega_c)\underline{v_s}$$

La présence d'un signal de pulsation $\omega_c$ dans un oscillateur implique que la fonction de transfert en boucle ouverte $\underline{T}(j\omega_c) = \underline{A}(j\omega_c)\underline{B}(j\omega_c) = 1$ (condition de Barkhausen) ce qui implique deux conditions :

$Im\left(\underline{T}(j\omega_c)\right) = 0$ cette relation va donner l'expression de la fréquence d'oscillation en fonction des valeurs des composants

$Re\left(\underline{T}(j\omega_c)\right) = 1$ cette relation va fixer une condition sur les valeurs des composants

### b) Conditions pratiques d'oscillation

En supposant que le filtre soit un filtre passe bande du second ordre : $\underline{B}(j\omega) = \frac{2M'j\frac{\omega}{\omega_0}}{1+2M'j\frac{\omega}{\omega_0}+\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$ (avec $M' > 0$) et l'amplificateur associé à une amplification constante $A$, on obtient alors : $\underline{v_s}(A\underline{B} - 1) = 0$

Soit :

$$\underline{v_s}\left(\frac{2M'j\frac{\omega}{\omega_0}}{1+2M'j\frac{\omega}{\omega_0}+\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}A - 1\right) = 0$$

$$\underline{v_s}\left(\frac{2M'j\frac{\omega}{\omega_0}A - \left(1+2M'j\frac{\omega}{\omega_0}+\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2\right)}{1+2M'j\frac{\omega}{\omega_0}+\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}\right) = 0$$

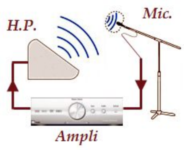
D'où : $2M'j\frac{\omega}{\omega_0}A\underline{v_s} - \underline{v_s} - 2M'j\frac{\omega}{\omega_0}\underline{v_s} - \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2\underline{v_s} = 0$

Ce qui donne, en notation temporelle :

$$\frac{d^2\underline{v_s}}{dt^2} + 2M'\omega_0(1-A)\frac{d\underline{v_s}}{dt} + \omega_0^2\underline{v_s} = 0$$

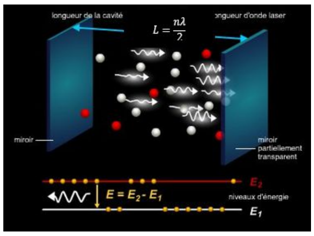
### Approches qualitatives

Exemple 1 : Principe du larsen




L'ampli joue à la fois le rôle d'amplificateur et de filtre passe bande. Ainsi un bruit sera convertit après capture en une sinusoïde qui sera ensuite captée par le microphone, puis réamplifiée…Le rôle de l'ingénieur du son est d'appliquer, à l'aide de sa table de mixage, un filtre coupe bande permettant d'atténuer l'harmonique posant problème

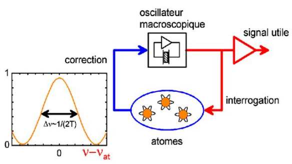
Exemple 2 : Principe du laser




Le gaz d'atomes contenu dans la cavité est stimulé à l'aide d'une alimentation électrique. La desexcitation des atomes s'accompagne de l'émission de photons : le milieu est optiquement actif, il est équivalent à une source de lumière (donc une sorte d'amplificateur).

La lumière émise n'est pas purement monochromatique (l'agitation thermique, la latgeur naturel des niveaux d'énergie sont responsables d'un rayonnement qui n'est pas purement monochromatique et possèdant une certaine largeur sepctrale $\Delta\lambda$). Afin d'améliorer la monochromacité du laser, on utilise une cavité résonante de longueur $L$ (cette cavité permet également de polarisée rectilignement la lumière).

Exemple 3 : Principe de l'horloge atomique :




La transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium est responsable d'un rayonnement de fréquence $f$ qui va venir stimuler un filtre passe bande de forte acuité autour de la fréquence $f_0$ (il s'agit d'un oscillateur à quartz). Le signal en sortie est alors de fréquence $f_0$ et alimente à son tour les atomes de césium actif : la période est alors de $10^{-14}s$

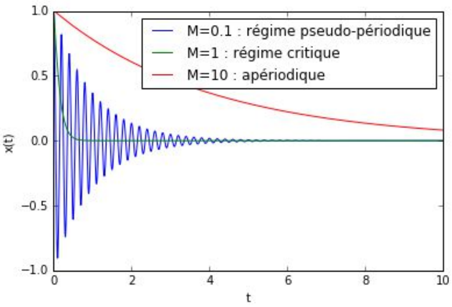
**Commenté [A1]:** Problématique :
A quoi sert un oscillateur en électronique ?

**Commenté [AM2]: Question : Dans le cas d'un laser Hélium-Néon, les photons émis sont associés à une largeur $\Delta\nu \approx 1GHz$ et la cavité est $L = 50cm$. Combien de modes pourrons nous observer ?**

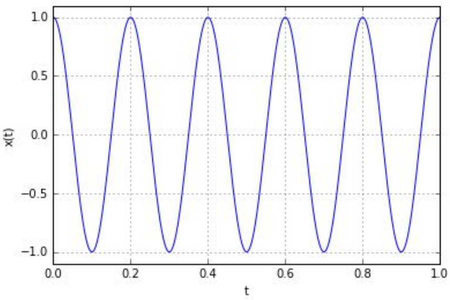
La résonance implique $L = n\lambda/2$ soit $\lambda = \frac{2L}{n}$ et $\nu = \frac{nc}{2L}$Donc entre deux modes : $\Delta\nu_{n+1\to n} = \frac{c}{2L} = 300MHz$ soit à peu près 3 modes

Trois régimes sont alors possibles ($\omega_0 = 5 rad/s$):

- Si $A < 1$ : on a un régime des régimes libres amortis $M = M'(1 - A)$

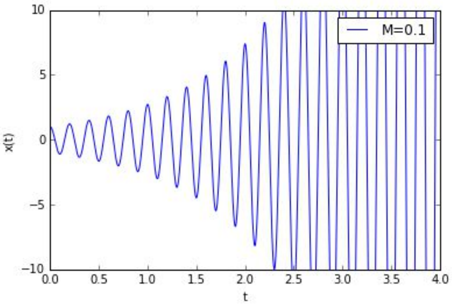



- Si $A = 1$ : on a un régime oscillant




- Si $A > 1$ : amplification jusqu'à saturation avec $M = M'(A - 1) < 0$

$$\frac{d^2 v_s}{dt^2} - 2M\omega_0 \frac{d v_s}{dt} + \omega_0^2 v_s = 0$$




Expérimentalement, pour observer un démarrage des oscillations, on fixe $Re\left(\underline{T}(j\omega_c)\right)$ légèrement supérieur à 1 ce qui peut conduire un signal qui n'est pas parfaitement sinusoïdal

## II- Oscillateur de relaxation

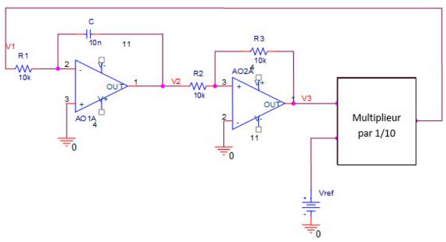
### a) Définition

Les oscillateurs de relaxation sont des systèmes qui évoluent périodiquement entre deux états de fonctionnement d'énergie distincts grâce à une source extérieure d'énergie. On les appelle ainsi en raison du retour périodique du système à son état de plus faible énergie.

Contrairement aux oscillateurs quasi-sinusoïdaux, les oscillateurs de relaxation sont non linéaires et fournissent un signal non sinusoïdal (rectangulaire par exemple) alors riche en harmoniques.

### b) Exemple

On considère le circuit ci-dessous :




- Analyse qualitative

On reconnaît :

- Un montage intégrateur
- Un montage à hystérésis

Si $v_3 = +v_{sat}$ alors $v_2$ sera une fonction décroissante du temps conduisant à la commutation du comparateur→ $v_3 = -v_{sat}$ alors $v_2$ sera une fonction croissante : on a donc accès à un signal triangle $v_2$ et un signal carré $v_3$ de période $T$

- Analyse quantitative

Supposons qu'à $t = 0$, on a :

- $v_3(0) = +v_{sat}$ et supposons que $v_2(0) = \frac{R_2}{R_3} v_{sat}$
- $v_2(t) = -\frac{v_{sat}V_{ref}}{10R_1C} t + \frac{R_2}{R_3} v_{sat}$

A $t = \frac{T}{2}$, on va observer une commutation :

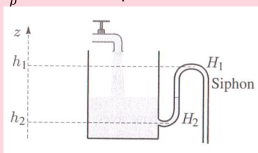
- $v_3(0) = -v_{sat}$ et car $v_2\left(\frac{T}{2}\right) = -\frac{R_2}{R_3} v_{sat}$
- $v_2\left(\frac{T}{2}\right) = -\frac{\frac{v_{sat}V_{ref}}{10R_1C}T}{2} + \frac{R_2}{R_3} v_{sat}$

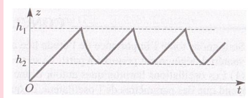
Donc $T = 40 \frac{R_1 C R_2}{R_3} V_{ref}$

On a donc un oscillateur contrôlé en tension (très utile pour la modulation FM !)

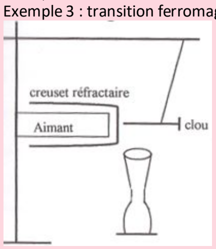
**Commenté [AM4]:** Exemple 1 : crissement de tableau
Une craie légèrement inclinée peut adhérer localement à un tableau puis, sous la contrainte appliquée par un opérateur, vaincre les frottements statiques et décollée du tableau.


Exemple 2 : Vase de Tantale
Une alimentation en eau (incompressible) permet un remplissage lent du vase jusqu'à $h_1$. La vidange par le siphon est alors amorcée et permet un écoulement supposée parfait, quasi-stationnaire et conservatif jusqu'à $h_2$. Ainsi, entre la grande surface libre et la sortie du siphon en $z = 0$ : $\frac{\Delta_s P}{\rho} + \Delta_s e_c + \Delta_s e_p = 0$




Et la vitesse de sortie est alors : $v = \sqrt{2gz}$. A noter qu'il faut $D < \sqrt{2gh_2}$ pour que le système oscille
Exemple 3 : transition ferromagnétique-paramagnétique




Le magnétisme résulte d'une organisation ordonnée des moments dipolaires de la matière. Une augmentation de la température désorganise l'orientation commune des dipôles. Le matériau perd ses propriétés magnétiques pour une température appelée température de Curie

**Commenté [AM3]:** Un contrôle automatique du gain permet de démarrer puis de maintenir les oscillations à la condition d'oscillation théorique