

Leçon 3 : oscillateurs électroniques

E. Capitaine

TSI 2 - Lycée Charles Coëffin

24 septembre 2026

Plan

1 Introduction

2 Oscillateurs quasi sinusoïdaux

- Domaine temporel : conditions d'oscillations
- Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen
- Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

3 Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

- Principe de fonctionnement
- Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

Plan

1 Introduction

2 Oscillateurs quasi sinusoïdaux

- Domaine temporel : conditions d'oscillations
- Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen
- Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

3 Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

- Principe de fonctionnement
- Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

Introduction

Exemple [Lire la vidéo](#)



Introduction

Comment, à partir d'une batterie délivrant une tension **continue**, obtenir un clignotement **périodique** ?

$$U_{\text{alim}} = \text{cst} \Rightarrow \text{système inconnu} \Rightarrow s(t + T) = s(t).$$

Introduction

On appelle **oscillateur électronique auto-entretenu** un système capable de générer **tout seul** un signal périodique entretenu à partir uniquement d'une alimentation constante (par exemple celle d'un ALI) **sans signal d'entrée** (pas de GBF). 

Parmi ces oscillateurs on peut distinguer :

Introduction

On appelle **oscillateur électronique auto-entretenu** un système capable de générer **tout seul** un signal périodique entretenu à partir uniquement d'une alimentation constante (par exemple celle d'un ALI) **sans signal d'entrée** (pas de GBF). 

Parmi ces oscillateurs on peut distinguer :

- les **oscillateur quasi sinusoïdaux**

Introduction

On appelle **oscillateur électronique auto-entretenu** un système capable de générer **tout seul** un signal périodique entretenu à partir uniquement d'une alimentation constante (par exemple celle d'un ALI) **sans signal d'entrée** (pas de GBF). 

Parmi ces oscillateurs on peut distinguer :

- les **oscillateur quasi sinusoïdaux**
- les **oscillateurs à relaxation.**

Plan

1 Introduction

2 Oscillateurs quasi sinusoïdaux

- Domaine temporel : conditions d'oscillations
- Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen
- Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

3 Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

- Principe de fonctionnement
- Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

On considère que l'oscillateur que l'on veut créer est un système LCI. On revient sur la condition de stabilité d'un système LCI, mais cette fois il n'y aura pas d'entrée (l'alimentation n'étant pas un signal). Quelle est la forme de l'équation différentielle du second ordre qui le décrit ?

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

On considère que l'oscillateur que l'on veut créer est un système LCI. On revient sur la condition de stabilité d'un système LCI, mais cette fois il n'y aura pas d'entrée (l'alimentation n'étant pas un signal). Quelle est la forme de l'équation différentielle du second ordre qui le décrit ?

$$b_0 s(t) + b_1 \frac{ds}{dt} + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

Comme il n'y a pas d'entrée e , il n'y a pas de second membre : c'est une **équation homogène**.

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

$$b_0 s(t) + b_1 \frac{ds}{dt} + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

On considère que b_0 et b_2 sont toujours positifs. Étudions b_1 pour différents cas.

Oscillateurs quasi sinusoidaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

$$b_0 s(t) + b_1 \frac{ds}{dt} + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

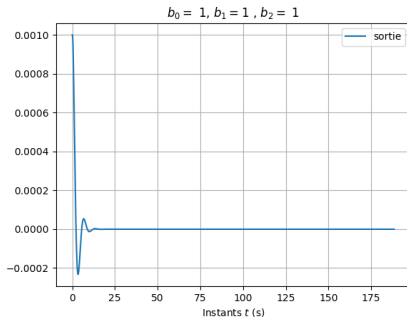
$$b_1 > 0$$

Oscillateurs quasi sinusoidaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

$$b_0 s(t) + b_1 \frac{ds}{dt} + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

$b_1 > 0$ les coefficients ont le même signe : le système est stable, la sortie (ou solution) s tend vers 0, **les éventuelles oscillations sont amorties.**



Oscillateurs quasi sinusoidaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

$$b_0 s(t) + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

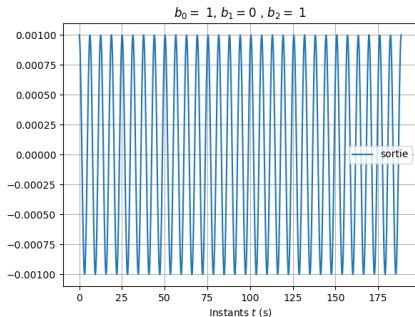
$$b_1 = 0$$

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

$$b_0 s(t) + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

$b_1 = 0$ on reconnaît l'équation différentielle d'un oscillateur harmonique : c'est le **cas idéal** purement théorique, qui est **impossible à obtenir exactement en pratique**. On se rappelle que dans ce cas la pulsation caractéristique est $\omega_0 = \sqrt{b_0/b_2}$.



Oscillateurs quasi sinusoidaux

Domaine temporel : conditions d'oscillations

$$b_0 s(t) + b_1 \frac{ds}{dt} + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

$$b_1 < 0$$

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

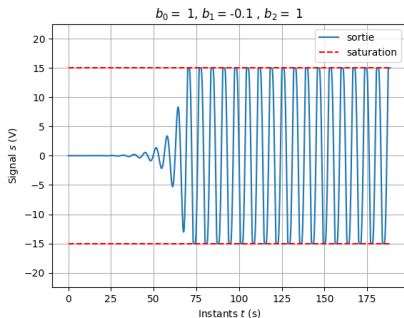
Domaine temporel : conditions d'oscillations

$$b_0 s(t) + b_1 \frac{ds}{dt} + b_2 \frac{d^2 s}{dt^2} = 0.$$

$b_1 < 0$ les coefficients n'ont pas les mêmes signes : le système est instable, la sortie (ou solution) s diverge, **il y a des oscillations car les pertes sont plus faibles que l'amplification**. Si b_1 est proche de 0 alors

$$s(t) = Ae^{-b_1 t / 2b_2} \cos(\omega t + \varphi) \text{ avec } \omega = \frac{\sqrt{4b_2 b_0 - b_1^2}}{2b_2}$$

le signal sinusoïdal s'accroît progressivement jusqu'à ce que les non linéarités limitent l'accroissement, on atteint alors un régime périodique d'amplitude bornée.



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

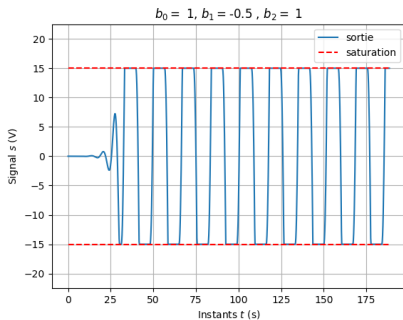
Domaine temporel : conditions d'oscillations

Un oscillateur quasi sinusoïdal n'oscille que si le montage est **instable**.



Par exemple dans ce cours $b_0 > 0$, $b_1 < 0$ et $b_2 > 0$. Plus b_1 sera proche de 0 plus les oscillations seront sinusoïdales, plus b_1 sera éloigné de 0 et plus les effets des non linéarités apparaîtront : un signal de sortie non sinusoïdal donc avec plusieurs fréquences.

On souhaite donc réaliser des montages **avec $b_1 < 0$ mais proche de 0 pour obtenir des oscillateur quasi sinusoïdaux.**



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

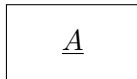
On représentera un oscillateur auto entretenu par deux blocs :

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

On représentera un oscillateur auto entretenu par deux blocs :

- un **amplificateur** A



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

On représentera un oscillateur auto entretenu par deux blocs :

- un **amplificateur** $\underline{A}$
- un **filtre du 2ème ordre**, ici passe-bande, $\underline{B}(j\omega)$ afin de sélectionner uniquement la pulsation du signal sinusoïdal voulu.

$\underline{A}$

$\underline{B}(j\omega)$

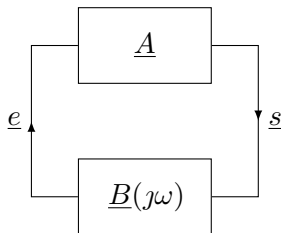
Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

On représentera un oscillateur auto entretenu par deux blocs :

- un **amplificateur** $\underline{A}$
- un **filtre du 2ème ordre**, ici passe-bande, $\underline{B}(j\omega)$ afin de sélectionner uniquement la pulsation du signal sinusoïdal voulu.

Ces **deux blocs sont bouclés** : le système bouclé ne reçoit aucun signal d'entrée extérieur. Les grandeurs e et s sont des grandeurs internes à la boucle ; l'une d'elles peut être prélevée comme signal de sortie de l'oscillateur.

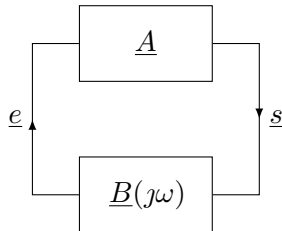


Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

On voit que

$\underline{s} = \underline{A}e$ et $e = \underline{B}(j\omega)\underline{s}$ donc $\underline{s} = \underline{AB}(j\omega)\underline{s}$ soit $(1 - \underline{AB}(j\omega))\underline{s} = 0$.



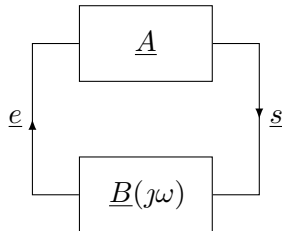
Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

On voit que

$$\underline{s} = \underline{A} \underline{e} \quad \text{et} \quad \underline{e} = \underline{B}(j\omega) \underline{s} \quad \text{donc} \quad \underline{s} = \underline{AB}(j\omega) \underline{s} \quad \text{soit} \quad (1 - \underline{AB}(j\omega)) \underline{s} = 0.$$

- Si $\underline{s}$ est solution sinusoïdale non nulle alors il faut que $\underline{AB}(j\omega) = 1$.



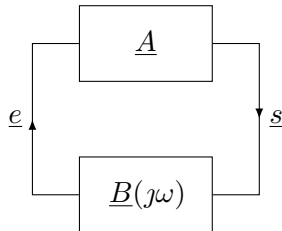
Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

On voit que

$$\underline{s} = \underline{A} \underline{e} \quad \text{et} \quad \underline{e} = \underline{B}(j\omega) \underline{s} \quad \text{donc} \quad \underline{s} = \underline{AB}(j\omega) \underline{s} \quad \text{soit} \quad (1 - \underline{AB}(j\omega)) \underline{s} = 0.$$

- Si $\underline{s}$ est solution sinusoïdale non nulle alors il faut que $\underline{AB}(j\omega) = 1$.
- Cela implique d'abord que le module $|\underline{AB}(j\omega)| = 1$. ❤



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

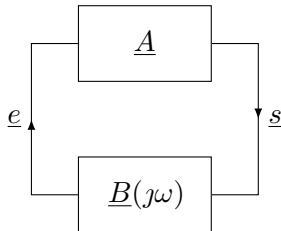
On voit que

$$\underline{s} = \underline{A} \underline{e} \quad \text{et} \quad \underline{e} = \underline{B}(j\omega) \underline{s} \quad \text{donc} \quad \underline{s} = \underline{AB}(j\omega) \underline{s} \quad \text{soit} \quad (1 - \underline{AB}(j\omega)) \underline{s} = 0.$$

- Si $\underline{s}$ est solution sinusoïdale non nulle alors il faut que $\underline{AB}(j\omega) = 1$.

- Cela implique d'abord que le module $|\underline{AB}(j\omega)| = 1$. 

- Ensuite, que $\underline{AB}(j\omega)$ soit réel, soit que $\arg(\underline{AB}(j\omega)) = p2\pi$ avec p un entier relatif.

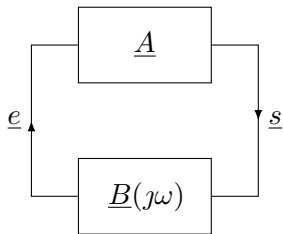


Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen

Pour obtenir un **oscillateur quasi sinusoïdal**, l'idéal est de respecter la **condition de Barkhausen** $\underline{AB}(j\omega) = 1$.

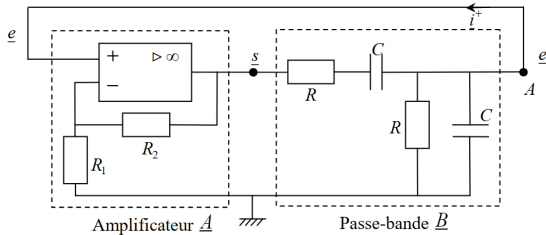
C'est une limite théorique d'oscillations sinusoïdales entretenues. En pratique, pour assurer le démarrage malgré les incertitudes sur les composants, on choisit un gain de boucle légèrement supérieur à 1 autour de ω_0 . Les non-linéarités stabilisent ensuite l'amplitude. ❤️



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

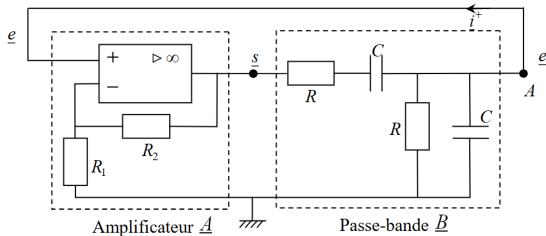
Menons une étude fréquentielle sur un exemple d'oscillateur quasi sinusoïdal : **l'oscillateur à pont de Wien.**



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

D'après le schéma que peut-on dire sur la stabilité du système ?

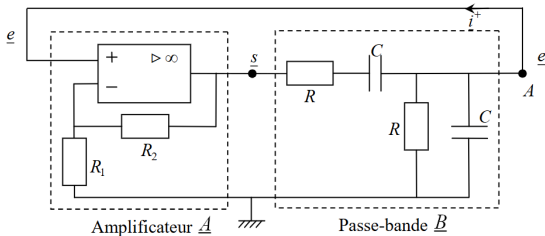


Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

D'après le schéma que peut-on dire sur la stabilité du système? On ne peut pas conclure car la sortie est reliée aux deux bornes de l'ALI. Comme on veut un **signal quasi sinusoïdal** et pas un créneau entre deux états saturés, on fait tout de même l'hypothèse du **régime linéaire** :

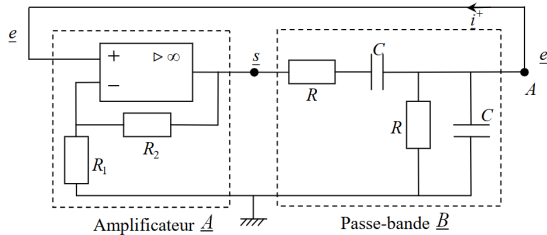
$$\varepsilon = V_+ - V_- = 0.$$



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

On peut ensuite distinguer les deux blocs.



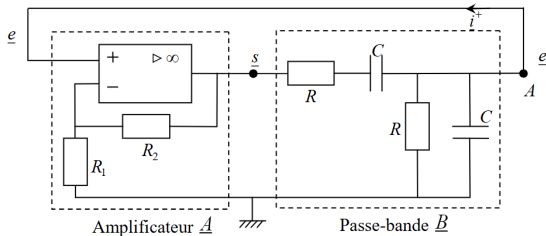
Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

On peut ensuite distinguer les deux blocs.

Le bloc amplificateur $\underline{A}$ qui est un amplificateur non inverseur si ALI en régime linéaire :

$$\underline{A} = \frac{\underline{S}}{\underline{E}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}.$$

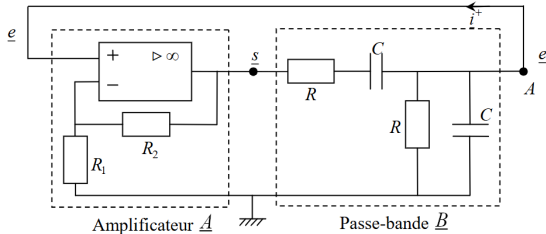


Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

On peut ensuite distinguer les deux blocs.

Le bloc $\underline{B}$. Pour l'étudier on peut voir que $i^+ = 0$, on obtient alors un schéma équivalent qui nous permet de relier l'entrée $\underline{s}$ à la sortie $\underline{e}$!



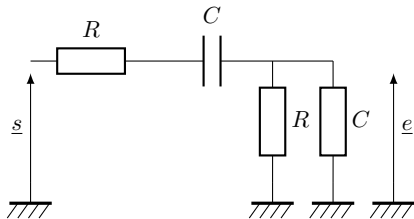
Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

On peut ensuite distinguer les deux blocs.

Le bloc $\underline{B}$. Pour l'étudier on peut voir que $i^+ = 0$, on obtient alors un schéma équivalent qui nous permet de relier l'entrée $\underline{s}$ à la sortie $\underline{e}$!

Un pont diviseur de tension donne



$$\begin{aligned}\underline{e} &= \underline{s} \frac{\underline{Z}_{eq}}{\underline{Z}_{eq} + \underline{Z}_R + \underline{Z}_C} = \underline{s} \frac{\frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C}}{\frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C} + R + \frac{1}{j\omega C}} = \underline{s} \frac{1}{1 + 1 + j\omega RC + \frac{1}{j\omega RC} + 1} \\ &= \underline{s} \frac{1}{3 + j\omega RC + \frac{1}{j\omega RC}}.\end{aligned}$$

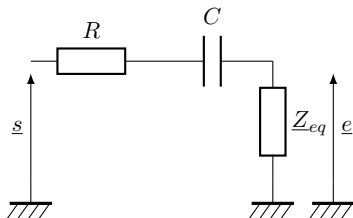
Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

On peut ensuite distinguer les deux blocs.

Le bloc $\underline{B}$. Pour l'étudier on peut voir que $i^+ = 0$, on obtient alors un schéma équivalent qui nous permet de relier l'entrée $\underline{s}$ à la sortie $\underline{e}$!

Un pont diviseur de tension donne



$$\underline{B} = \frac{\underline{E}}{\underline{S}} = \frac{\frac{1}{3}j\omega 3RC}{1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2} = \frac{H_{\max} j \frac{1}{Q} \frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j \frac{1}{Q} \frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}.$$

On reconnaît la fonction de transfert d'un **filtre passe-bande** de pulsation propre $\omega_0 = 1/RC$, de gain maximal $H_{\max} = \frac{1}{3}$ et de facteur de qualité $Q = \frac{1}{3}$.

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

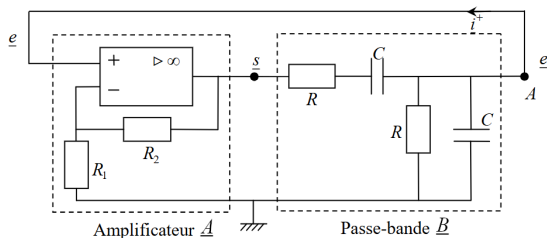
Finalement, la condition de Barkhausen

$$\underline{A} \underline{B}(j\omega) = 1$$

soit

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{\frac{1}{3}j\omega 3RC}{1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2} = 1$$

$$j\omega (R_1 + R_2) RC = R_1 - \omega^2 R_1 (RC)^2 + j\omega 3RR_1C.$$



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

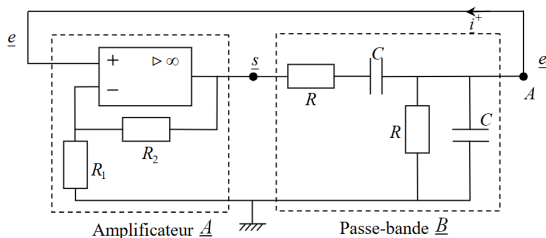
Finalement, la condition de Barkhausen

$$\underline{A} \underline{B}(j\omega) = 1$$

Deux nombres complexes sont égaux si les parties réelles et imaginaires sont égales deux à deux, soit

$$0 = R_1 - \omega^2 R_1 (RC)^2 \quad ;$$

$$j\omega (R_1 + R_2) RC = j\omega 3RR_1C \quad ;$$

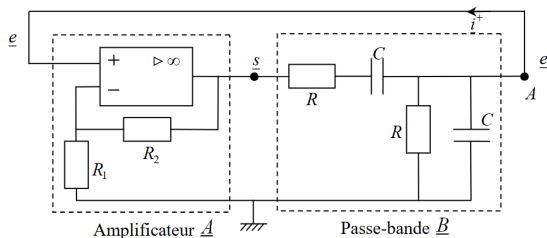


Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

Finalement, la condition de Barkhausen

$$\underline{A} \underline{B}(j\omega) = 1$$



Deux nombres complexes sont égaux si les parties réelles et imaginaires sont égales deux à deux, soit

$$0 = R_1 - \omega^2 R_1 (RC)^2 \quad ; \quad 0 = 1 - \omega^2 (RC)^2 \quad ;$$

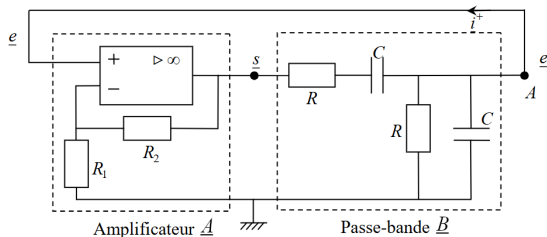
$$j\omega (R_1 + R_2) RC = j\omega 3R R_1 C \quad ; \quad (R_1 + R_2) = 3R_1 \quad ;$$

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

Finalement, la condition de Barkhausen

$$\underline{A} \underline{B}(j\omega) = 1$$



Deux nombres complexes sont égaux si les parties réelles et imaginaires sont égales deux à deux, soit

$$0 = R_1 - \omega^2 R_1 (RC)^2 \quad ; \quad 0 = 1 - \omega^2 (RC)^2 \quad ; \quad \omega = \frac{1}{RC} = \omega_0$$

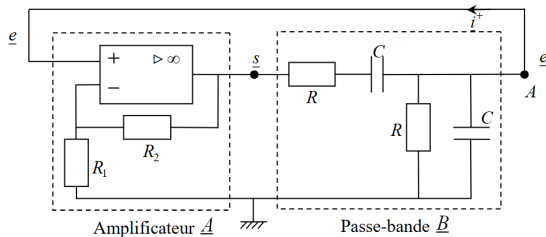
$$j\omega (R_1 + R_2) RC = j\omega 3R R_1 C \quad ; \quad (R_1 + R_2) = 3R_1 \quad ; \quad \frac{R_1 + R_2}{R_1} = A = 3.$$

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

Finalement, la condition de Barkhausen

$$\underline{A} \underline{B}(j\omega) = 1$$



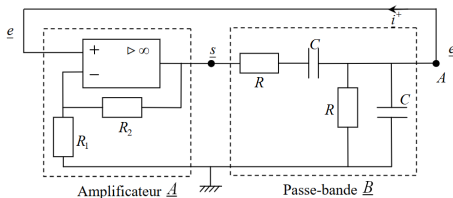
La condition de Barkhausen appliquée à l'oscillateur à pont de Wien implique que l'amplification est $A = 3$ et que la pulsation du signal soit égale à la pulsation propre du système $\omega_0 = 1/RC$

En pratique, le démarrage des oscillations nécessite $A > 3$.



Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

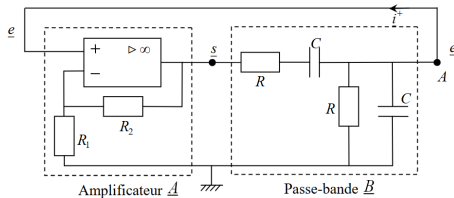


Afin de mener l'étude temporelle, soit obtenir l'équation différentielle du système, on part de la fonction de transfert et on transpose la relation dans le domaine réel

$$\underline{s} = \underline{AB}(j\omega) \underline{s} \quad ; \quad \underline{H} = \frac{\underline{S}}{\underline{S}} = \underline{AB}(j\omega) = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{\frac{1}{3}j\omega 3RC}{1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2}$$

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

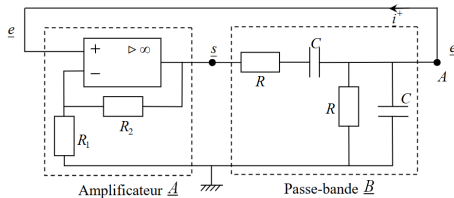
Exemple : l'oscillateur à pont de Wien



$$\frac{\underline{S}}{\underline{S}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{\frac{1}{3}j\omega 3RC}{1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2}$$

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

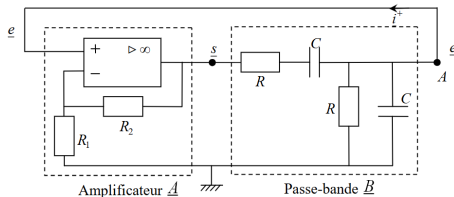
Exemple : l'oscillateur à pont de Wien



$$\frac{\underline{S}}{\underline{S}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{\frac{1}{3}j\omega 3RC}{1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2}$$
$$\underline{s} \left(1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2 \right) = \underline{s} \frac{1}{3} j\omega 3RC \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

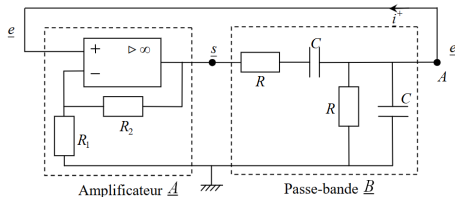
Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien



$$\frac{\underline{S}}{\underline{S}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{\frac{1}{3}j\omega 3RC}{1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2}$$
$$\underline{s} \left(1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2 \right) = \underline{s} \frac{1}{3} j\omega 3RC \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$
$$\underline{s} \left(1 + j\omega \left(3RC - RC \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) - \omega^2 (RC)^2 \right) = 0$$

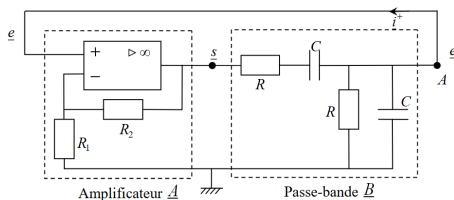
Exemple : l'oscillateur à pont de Wien



$$\begin{aligned}\frac{\underline{S}}{\underline{S}} &= \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{\frac{1}{3}j\omega 3RC}{1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2} \\ \underline{s} \left(1 + j\omega 3RC - \omega^2 (RC)^2 \right) &= \underline{s} \frac{1}{3} j\omega 3RC \frac{R_1 + R_2}{R_1} \\ \underline{s} \left(1 + j\omega \left(3RC - RC \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) - \omega^2 (RC)^2 \right) &= 0 \\ s + \left(3RC - RC \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \frac{ds}{dt} + (RC)^2 \frac{d^2s}{dt^2} &= 0.\end{aligned}$$

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

Exemple : l'oscillateur à pont de Wien



$$s + \left(3RC - RC \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \frac{ds}{dt} + (RC)^2 \frac{d^2s}{dt^2} = 0.$$

On obtient un oscillateur harmonique si $b_1 = 3RC - RC \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 0$ donc si $\frac{R_1 + R_2}{R_1} = A = 3$. On retrouve une des conséquences de la condition de Barkhausen.

De nouveau, en pratique, on prendra A légèrement supérieur à 3. Comme on peut le voir sur [le site de simulation de circuit électronique de Paul Falstad](#).

Plan

1 Introduction

2 Oscillateurs quasi sinusoïdaux

- Domaine temporel : conditions d'oscillations
- Domaine fréquentiel : condition de Barkhausen
- Exemple : l'oscillateur à pont de Wien

3 Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

- Principe de fonctionnement
- Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Principe de fonctionnement

Un **oscillateur de relaxation** est un système non linéaire qui évolue périodiquement entre **deux états**. Aucun de ces états ne constitue un état permanent : l'évolution d'une grandeur lente conduit successivement au franchissement de deux seuils, provoquant les **basculements**.

Exemple :

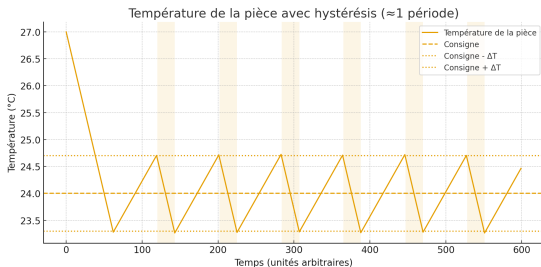
Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Principe de fonctionnement

Un **oscillateur de relaxation** est un système non linéaire qui évolue périodiquement entre **deux états**. Aucun de ces états ne constitue un état permanent : l'évolution d'une grandeur lente conduit successivement au franchissement de deux seuils, provoquant les **basculements**.

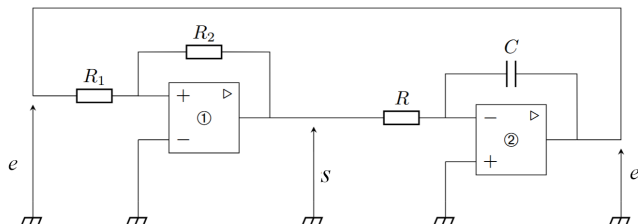
Exemple : thermostat de climatiseur, l'état "refroidissement allumé" fait baisser la température jusqu'à atteindre une température légèrement inférieure à la température de consigne, ce qui fait basculer le climatiseur dans l'état "refroidissement éteint".

La température remonte peu à peu jusqu'à dépasser légèrement la température de consigne, ce qui refait basculer le climatiseur dans l'état "refroidissement allumé". Etc.



Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

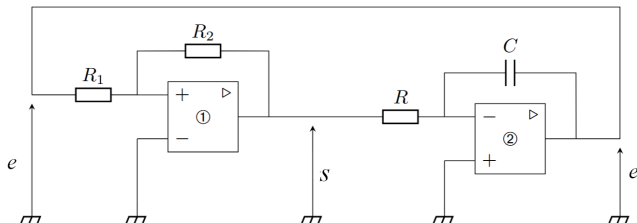


On reconnaît

- sur le bloc de gauche
- sur le bloc de droite

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

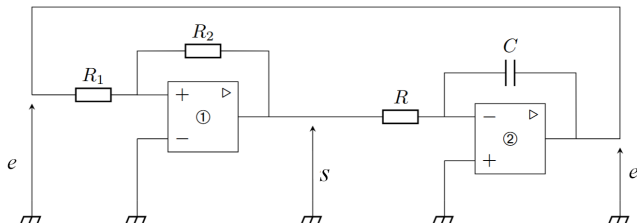


On reconnaît

- sur le bloc de gauche **un comparateur à hystérésis** non inverseur
- sur le bloc de droite

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



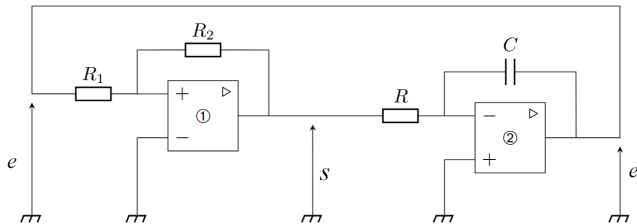
On reconnaît



- sur le bloc de gauche **un comparateur à hystérésis** non inverseur
- sur le bloc de droite **un intégrateur** inverseur.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

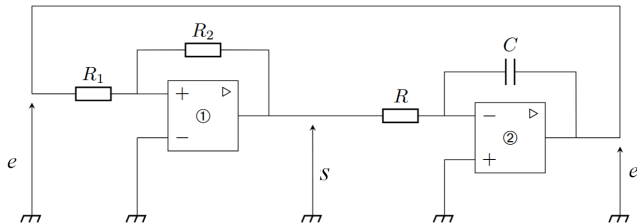
Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



Sur le bloc de gauche, comparateur à hystérésis non inverseur :

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

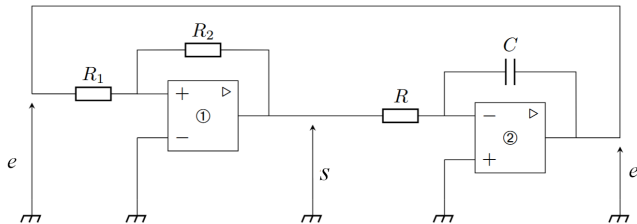


Sur le bloc de gauche, comparateur à hystérésis non inverseur :

- $V_- = 0$ et $V_+ = \frac{eR_2 + sR_1}{R_1 + R_2}$

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

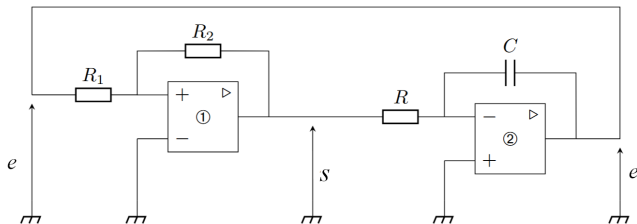


Sur le bloc de gauche, comparateur à hystérésis non inverseur :

- $V_- = 0$ et $V_+ = \frac{eR_2 + sR_1}{R_1 + R_2}$
- Saturation haute : $s = +V_{sat}$; $\varepsilon = V_+ - V_- > 0$; $\frac{eR_2 + V_{sat}R_1}{R_1 + R_2} > 0$;
 $e > -V_{sat} \frac{R_1}{R_2} = -\beta V_{sat}$.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

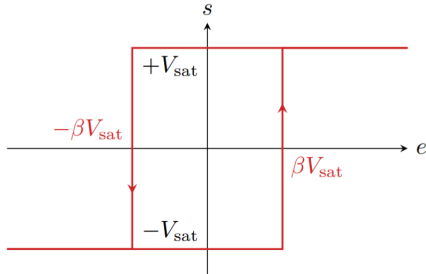
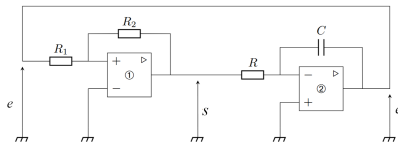


Sur le bloc de gauche, comparateur à hystérésis non inverseur :

- $V_- = 0$ et $V_+ = \frac{eR_2 + sR_1}{R_1 + R_2}$
- Saturation haute : $s = +V_{sat}$; $\varepsilon = V_+ - V_- > 0$; $\frac{eR_2 + V_{sat}R_1}{R_1 + R_2} > 0$;
 $e > -V_{sat} \frac{R_1}{R_2} = -\beta V_{sat}$.
- Saturation basse : $s = -V_{sat}$; $\varepsilon = V_+ - V_- < 0$; $\frac{eR_2 - V_{sat}R_1}{R_1 + R_2} < 0$;
 $e < V_{sat} \frac{R_1}{R_2} = \beta V_{sat}$.

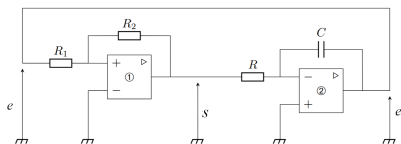
Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

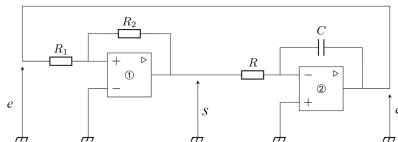
Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



Sur le bloc de droite, intégrateur inverseur (attention s et e sont inversés) :

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

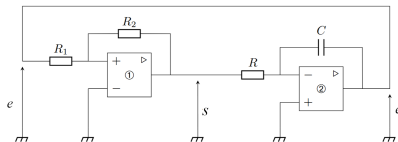


Sur le bloc de droite, intégrateur inverseur (attention s et e sont inversés) :

- $V_+ = 0$ et $V_- = \frac{s + j\omega e RC}{1 + j\omega RC}$

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

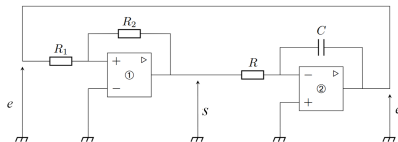


Sur le bloc de droite, intégrateur inverseur (attention s et e sont inversés) :

- $V_+ = 0$ et $V_- = \frac{s+j\omega e RC}{1+j\omega RC}$
- Régime linéaire : $\varepsilon = V_+ - V_- = 0$; $0 - \frac{s+j\omega e RC}{1+j\omega RC} = 0$; $e = -\frac{1}{RC} \frac{1}{j\omega} s$.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



Sur le bloc de droite, intégrateur inverseur (attention s et e sont inversés) :

- $V_+ = 0$ et $V_- = \frac{s + j\omega e RC}{1 + j\omega RC}$
- Régime linéaire : $\varepsilon = V_+ - V_- = 0$; $0 - \frac{s + j\omega e RC}{1 + j\omega RC} = 0$; $e = -\frac{1}{RC} \frac{1}{j\omega} s$.
- Etude temporelle : $e(t) = e(t_0) - \frac{1}{RC} \int_{t_0}^t s(t) dt$.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

Sur le bloc de droite, intégrateur inverseur (attention s et e sont inversés) :

- Lorsque $s = +V_{sat}$:

$$e(t) = e(t_0) - \frac{1}{RC} \int_{t_0}^t V_{sat} dt = e(t_0) - \frac{V_{sat} (t - t_0)}{RC}$$

$e(t)$ diminue avec t , lorsque $e(t)$ revient dans le bloc de droite il va atteindre la condition $e(t) < -\beta V_{sat}$ et $s(t)$ passe à $-V_{sat}$.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

Sur le bloc de droite, intégrateur inverseur (attention s et e sont inversés) :

- Lorsque $s = +V_{sat}$:

$$e(t) = e(t_0) - \frac{1}{RC} \int_{t_0}^t V_{sat} dt = e(t_0) - \frac{V_{sat} (t - t_0)}{RC}$$

$e(t)$ diminue avec t , lorsque $e(t)$ revient dans le bloc de droite il va atteindre la condition $e(t) < -\beta V_{sat}$ et $s(t)$ passe à $-V_{sat}$.

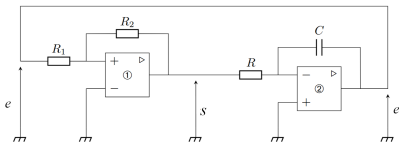
- Lorsque $s(t) = -V_{sat}$:

$$e(t) = e(t_1) - \frac{1}{RC} \int_{t_1}^t -V_{sat} dt = e(t_1) + \frac{V_{sat} (t - t_1)}{RC}$$

$e(t)$ augmente avec t , lorsque $e(t)$ revient dans le bloc de droite il va atteindre la condition $e(t) > \beta V_{sat}$ et $s(t)$ passe à $+V_{sat}$.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



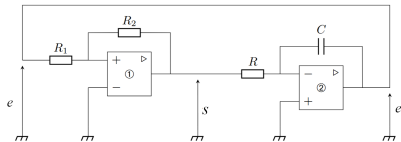
Imaginons qu'on bascule en saturation haute dans le bloc de gauche à $t = 0$ (on peut faire la même étude avec la saturation basse). Dans ce cas $e(t_0) = \beta V_{sat}$ et $s(t) = +V_{sat}$ et on peut obtenir la valeur de e en sortie du bloc de droite :

$$e(t) = e(t_0) - \frac{1}{RC} \int_{t_0}^t V_{sat} dt = \beta V_{sat} - \frac{V_{sat} (t - t_0)}{RC}.$$

On voit que $e(t)$ diminue. Mais pour quel instant t_1 , $e(t_1)$ va-t'il provoquer la mise en saturation basse de $s(t_1) = -V_{sat}$?

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



L'instant de basculement correspond à l'instant t_1 pour lequel $e(t_1) = -\beta V_{sat}$, soit

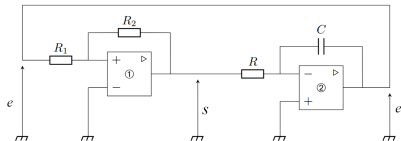
$$e(t_1) = -\beta V_{sat} = \beta V_{sat} - \frac{V_{sat}(t_1 - t_0)}{RC}$$

durée de saturation haute $t_1 - t_0 = 2\beta RC$.

À partir de ce moment $s(t) = -V_{sat}$ en sortie du bloc de gauche, et en sortie du bloc de droite on aura $e(t) = e(t_1) + \frac{V_{sat}(t-t_1)}{RC}$ qui augmente. Mais pour quel instant t_2 , $e(t_2)$ va-t'il provoquer la mise en saturation haute de $s(t_2) = V_{sat}$?

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



L'instant de basculement correspond à l'instant t_2 pour lequel $e(t_2) = \beta V_{sat}$, soit

$$e(t_2) = \beta V_{sat} = e(t_1) + \frac{V_{sat} (t_2 - t_1)}{RC}$$

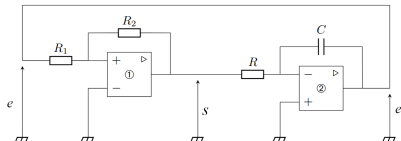
$$\text{soit } \beta V_{sat} = -\beta V_{sat} + \frac{V_{sat} (t_2 - t_1)}{RC}$$

$$\text{durée de saturation basse } t_2 - t_1 = 2\beta RC.$$

À partir de ce moment $s(t) = +V_{sat}$ en sortie du bloc de gauche, et en sortie du bloc de droite on aura $e(t) = e(t_2) - \frac{V_{sat}(t-t_2)}{RC}$ qui diminue. Etc.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

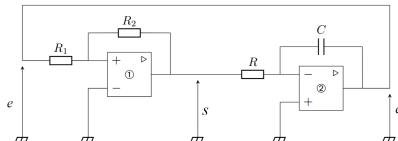
Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



Bilan :

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

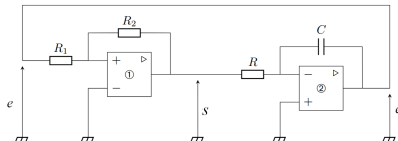


Bilan :

- pendant $t_1 - t_0 = 2\beta RC$, $s(t) = +V_{sat}$ et $e(t) = e(t_0) - \frac{V_{sat}(t-t_0)}{RC}$
diminue jusqu'à t_1

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

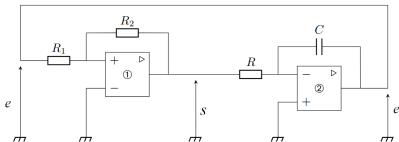


Bilan :

- pendant $t_1 - t_0 = 2\beta RC$, $s(t) = +V_{sat}$ et $e(t) = e(t_0) - \frac{V_{sat}(t-t_0)}{RC}$
diminue jusqu'à t_1
- pendant $t_2 - t_1 = 2\beta RC$, $s(t) = -V_{sat}$ et $e(t) = e(t_1) + \frac{V_{sat}(t-t_1)}{RC}$
augmente jusqu'à t_2

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai



Bilan :

- pendant $t_1 - t_0 = 2\beta RC$, $s(t) = +V_{sat}$ et $e(t) = e(t_0) - \frac{V_{sat}(t-t_0)}{RC}$ diminue jusqu'à t_1
- pendant $t_2 - t_1 = 2\beta RC$, $s(t) = -V_{sat}$ et $e(t) = e(t_1) + \frac{V_{sat}(t-t_1)}{RC}$ augmente jusqu'à t_2
- pendant $t_3 - t_2 = ?$ à vous de jouer.

Oscillateurs de relaxation ou multivibrateur astable

Exemple : multivibrateur à intégrateur vrai

Le signal de sortie qu'on exploite est $e(t)$ en bleu ($s(t)$ est en rouge), on voit bien qu'il oscille périodiquement avec une période $2 \times 2\beta RC = 4\frac{R_1}{R_2}RC$, on peut s'en servir comme oscillateur.

