

25m- Oscillations spontanées

Bibliographie :

- HP électronique II 1er année.
- Agrégation de science physique – Expérience d'électronique - Duffait

I. Oscillateur quasi-sinusoidal en électronique : (AOP en régime linéaire)

1. Oscillateur de Wien : (**Manip 1** quantitative_suivre le montage du Duffait p 182 et la théorie du Hprépa p237)

Comparer fexp avec fo calculé. Et passer en FFT pour le taux de distorsion

2. Oscillateur a résistance négative : (**Manip 2** quantitative : H prépa p 175)

3. Comparaison des signaux délivrés par les 2 montages :

Essayer de calculer un taux de distorsion harmonique (THD) pour comparer les signaux :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1}$$

avec U1 fondamental et Un les harmoniques du signal.

II. 2 Oscillateur a relaxation en electronique : (**Manip 3** quantitative) (AOP en regime sature)

Multivibrateur astable Biographie utilisée : HP électronique II 1er année (p256) et Duffait électronique (p 189).

- Montage de base : (suivre le Duffait)
- Contrôle de la fréquence: (HP ou Duffait)

On montre qu'il faut jouer sur la cte d'intégration pour modifier la fréquence. Si on joue sur C c'est trop cher, donc on joue sur R.

Tracer $fz = f\left(\frac{1}{R}\right)$, on montre que c'est linéaire. On peut facilement contrôler la fréquence. (On peut utiliser un multiplieur mais on doit utiliser des diodes zener pour éviter la saturation. On complique le montage ...).

- Controle du rapport cyclique : (HP ou Duffait)

III. Vase de tindale (trouver un livre) (Manip qui peut être quantitative si le temps)

Conclusion : Chimie l'oxydoreduction Sarrazin p199 - Il peut être intéressant d'ouvrir le montage vers la chimie en montrant la Réaction oscillante de Briggs-Rauscher.

<http://www.youtube.com/watch?v=Ch93AKJm9os>

Intro :

Définition :

On appelle **oscillateur** un système (mécanique, acoustique, électrique ou optique), pouvant effectuer ou engendrer des oscillations dont la forme dépend de la dynamique du système. On cherche en général des oscillations périodiques, ce qui introduit des notions de stabilité dynamique.

Un **oscillateur libre** est un système isolé, écarté de son état d'équilibre stable puis abandonné à lui-même. Ses oscillations libres ont une période propre, déterminée par sa constitution ; en fait elles ne sont jamais périodiques, mais amorties, à moins que l'oscillateur soit relié à une source d'énergie compensant l'amortissement. Si cette source est périodique, l'oscillateur est **entretenu**, c'est un résonateur et les oscillations sont forcées. Si cette source est continue, il est **auto-entretenu** et constitue un générateur d'oscillations.

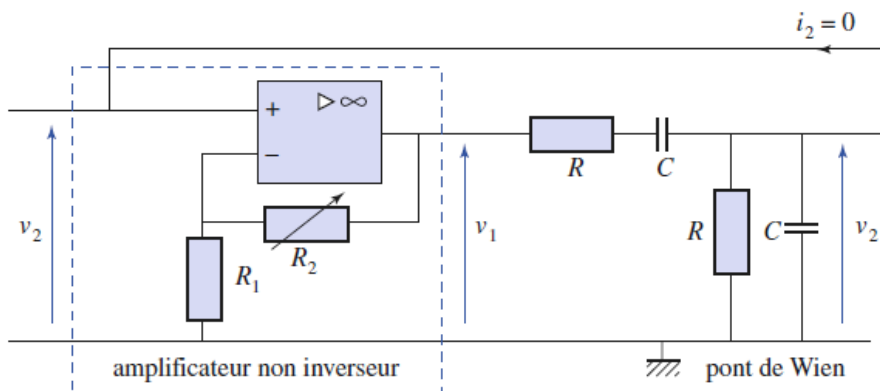
Les **oscillateurs sinusoïdaux** (ou « quasi-sinusoïdaux ») fournissent un signal pratiquement sinusoïdal (c'est-à-dire à faible distorsion). Pour ces oscillateurs les phénomènes non-linéaires sont relativement faibles même s'ils sont absolument nécessaires § En effet ce sont ces phénomènes qui fixent l'amplitude des oscillations ; par contre leur influence sur la fréquence est relativement peu importante.

Les **oscillateurs à relaxation** fournissent un signal non sinusoïdal (rectangulaire par exemple) riche en harmoniques. Pour ces oscillateurs, les phénomènes non linéaires sont importants et ils fixent à la fois l'amplitude et la fréquence.

I. Oscillateur quasi-sinusoïdal en électronique : (AOP en régime linéaire)

1. Oscillateur de Wien : (**Manip 1** quantitative suivre le montage du Duffait p 182 et la théorie du Hprépa p237)

Voir la vidéo

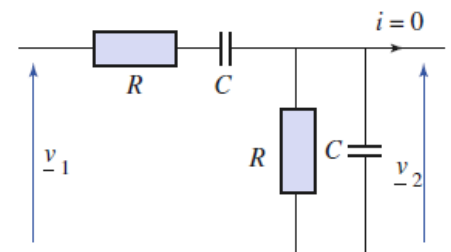


◀ Doc. 19. Oscillateur à pont de Wien.

Nous pouvons identifier deux blocs :

- un amplificateur non inverseur qui impose : $v_1 = K v_2$ avec $K = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$;
- un filtre passif du second ordre, nommé « pont de Wien » (doc. 20). Le courant i_2 étant nul, nous pouvons utiliser la relation du diviseur de tension pour calculer la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \frac{v_2}{v_1}$.

Ce calcul, que nous conseillons vivement de faire entièrement, nous donne :



Doc. 20. Pont de Wien.

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{j\frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + 3j\frac{\omega}{\omega_0}} \quad \text{avec} \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}.$$

Il s'agit d'un passe-bande d'ordre deux peu sélectif avec $Q = \frac{1}{3}$ et $A_0 = \frac{1}{3}$.

4.7.2. Équation différentielle

La fonction de transfert permet en principe de remonter à l'équation différentielle à condition de l'explicitier sous la forme de polynômes en $(j\omega)$:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{j\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + \frac{(j\omega)^2}{\omega_0^2} + 3j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

d'où :
$$v_2 + \frac{1}{\omega_0^2}(j\omega)^2 v_2 + \frac{3}{\omega_0}(j\omega) v_2 = \frac{1}{\omega_0}(j\omega) v_1$$

$\times (j\omega)$ est équivalent à une dérivation et $\times (j\omega)^2$ à deux dérivations, soit à une dérivée seconde. L'équation différentielle doit donc être :

$$\frac{d^2 v_2}{dt^2} + 3\omega_0 \frac{dv_2}{dt} + \omega_0^2 v_2 = \omega_0 \frac{dv_1}{dt}.$$

Cette équation pourrait être retrouvée par un calcul direct utilisant les dérivées temporelles des tensions.

Comme $v_1 = Kv_3 = Kv_2$:

$$\frac{d^2 v_2}{dt^2} + (3 - K)\omega_0 \frac{dv_2}{dt} + \omega_0^2 v_2 = 0.$$

Ceci n'est bien entendu applicable que si, aux fréquences auxquelles sera utilisé le montage, la fonction de transfert du montage amplificateur non inverseur est

4.7.4. Régimes de fonctionnement du montage oscillateur

Pour le montage, la limite de stabilité correspond à $K = 3$. Discutons le comportement observé au voisinage de cette valeur :

■ $K < 3$ ou $R_2 < 2R_1$: le régime libre est stable car $v_2(t)$ tend vers 0. En l'absence de source, la tension v_2 reste nulle.

■ $K > 3$ ou $R_2 > 2R_1$: le régime libre est instable car $|v_2(t)|$ tend vers l'infini. Les petites perturbations (les défauts de l'amplificateur, par exemple) sont amplifiées jusqu'à la saturation de l'amplificateur opérationnel.

■ $K = 3$ ou $R_2 = 2R_1$: dans ce cas limite, inaccessible rigoureusement, $v_2(t)$ est une fonction sinusoïdale d'amplitude constante. En fait, le régime libre ne « démarre » spontanément que pour K légèrement supérieur à 3, et $v_2(t)$ se stabilise comme une fonction presque sinusoïdale de pulsation ω_0 , du fait d'une limitation de l'amplitude par les *non-linéarités* du montage (saturation de la sortie de l'A.O.), ce qui engendre des harmoniques (le signal est *quasi* sinusoïdal).

Démarrage des oscillations :
montage doit être instable
(signe devant $\frac{ds(t)}{dt}$ doit être différent des autres)

Il y a une erreur dans le livre : pas de signe +

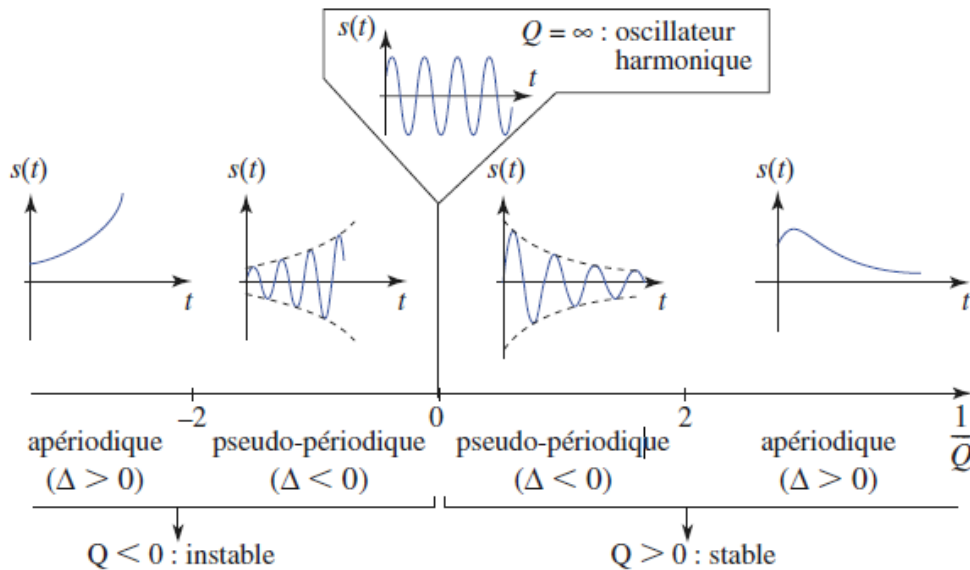
$$\dots + \frac{\omega_o}{Q} \frac{ds(t)}{dt} + \dots$$

Pour une équation d'évolution de la forme :

$$\frac{d^2s(t)}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{ds(t)}{dt} + \omega_0^2 s(t) = 0,$$

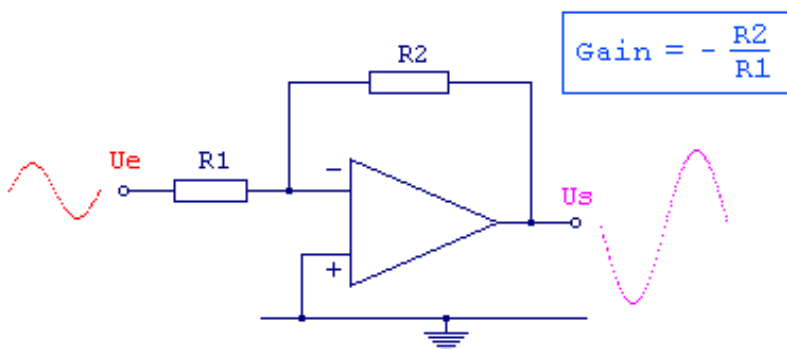
la stabilité du régime libre est assurée par la condition $Q > 0$.

Le document 21 illustre cette conclusion.



Doc. 21. Régimes libres décrits par $s''(t) + \frac{\omega_0}{Q}s'(t) + \omega_0^2 s(t) = 0$ (le discriminant est $\Delta = \omega_0^2 \left(\frac{1}{Q^2} - 4 \right)$).

Remarque : Si on a pas exactement le même AO ce n'est pas bien grave par contre il faut vérifier avant le montage que l'AO n'ai pas d'offset, pour cela il faut réaliser un simple montage inverseur



Seulement $U_e=0$ donc $U_s=0$ aussi et on branche un voltmètre pour mesurer U_s . Si jamais il y a un offset alors le voltmètre va afficher une valeur différente de 0.

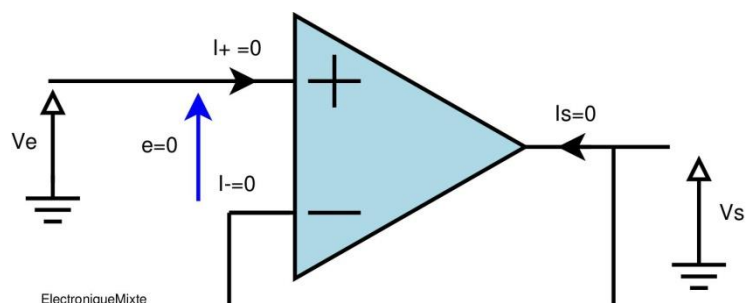
Il suffit donc avec un tournevis de tourner la vis de réglage, et de faire en sorte d'avoir 0V au voltmètre.

Le pont de Wien atténué la tension d'entrée de 1/3 (voir diagramme de Bode)

<http://www.chimix.com/an8/sup/min67.htm>

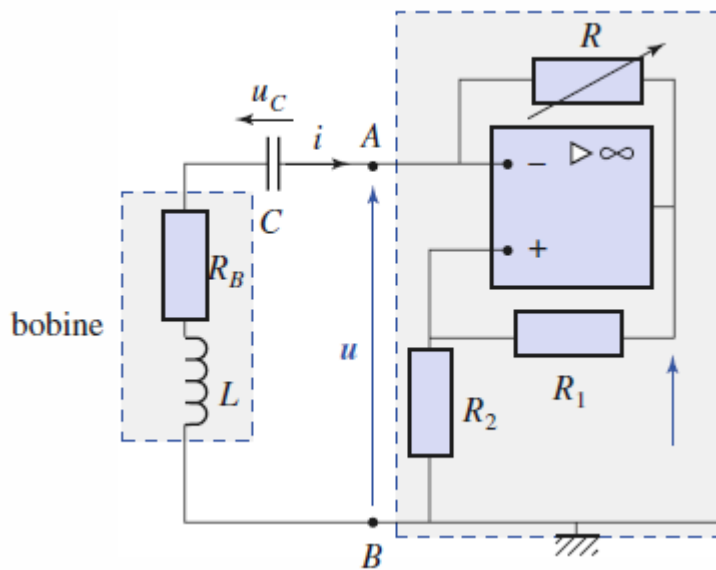
Et du coup nous avec l'AO on multiplie le tension de sortie par $X=3$ lorsque l'on a les oscillations (c'est pour cela qu'on a le chiffre 3 qui ressort assez souvent)

Remarque : Pour savoir si un AO est grillé on fait un simple montage en configuration inverseur gain -1 et on regarde la sortie avec l'oscilloscope. Avec V_e alimenté par un GBF et on doit avoir, les mêmes courbes sur l'oscillo



Comparer fexp avec fo calculé. Et passer en FFT pour le taux de distorsion

2. Oscillateur a résistance négative : (Manip 2 quantitative : H prépa p 175)



$$u = R_e i \text{ avec } R_e < 0.$$

Remarque : Martial nous a plutôt conseillé d'inverser R variable et R2 en prenant (R1 = R2) de cette manière on stabilise le courant de sortie

Remarque : Sur la vidéo on a un problème que l'on ne comprenait pas.

Lorsque l'on augmente la valeur de la résistance on arrive à voir les oscillations au pour d'une valeur de résistance seuil et lorsque l'on baisse la valeur de la résistance pour essayer de trouver la limite on s'aperçoit qu'elle est bien plus basse.

C'est du au fait que l'AO n'est pas parfait et qu'on a probablement un cycle d'hystérésis

Ce montage peut-être remplacé par un oscillateur de van der Pol mais il est beaucoup plus compliqué à mettre en place.

3. Comparaison des signaux délivrés par les 2 montages :

Essayer de calculer un taux de distorsion harmonique (THD) pour comparer les signaux :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1}$$

avec U1 fondamental et Un les harmoniques du signal.

II. 2 Oscillateur a relaxation en électronique : (Manip 3 quantitative) (AOP en regime sature)

Multivibrateur astable Biographie utilisée : HP électronique II 1er année (p256) et Duffait électronique (p 189).

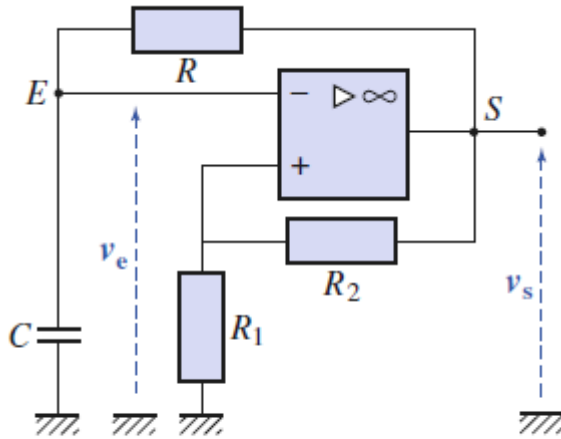
◦ Montage de base : (suivre le Duffait)

◦ Contrôle de la fréquence: (HP ou Duffait)

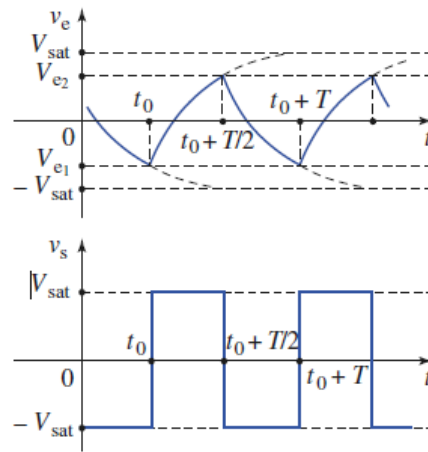
On montre qu'il faut jouer sur la cte d'intégration pour modifier la fréquence. Si on joue sur C c'est trop cher, donc on joue sur R.

Tracer $fz = f\left(\frac{1}{R}\right)$, on montre que c'est linéaire. On peut facilement contrôler la fréquence. (On peut utiliser un multiplieur mais on doit utiliser des diodes zener pour éviter la saturation. On complique le montage ...).

◦ Contrôle du rapport cyclique : (HP ou Duffait)



Doc. 15. Multivibrateur astable à A.O.

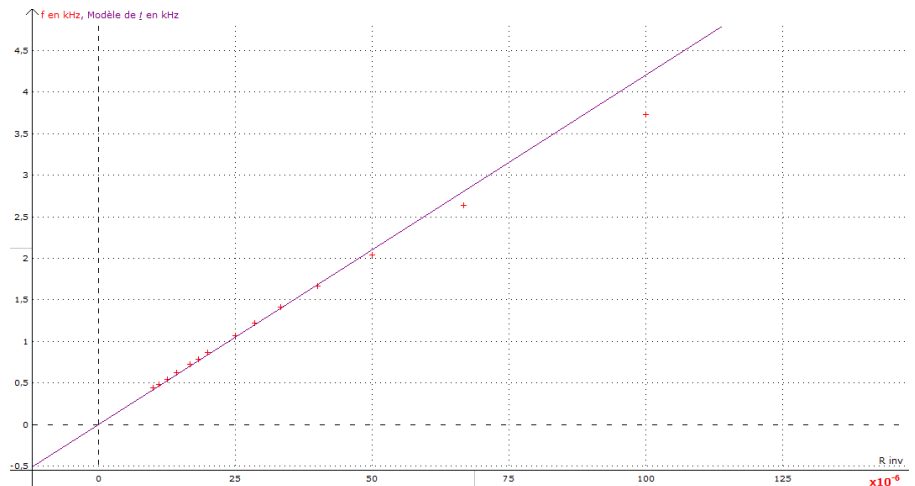


Doc. 16. Chronogramme d'un multivibrateur astable.

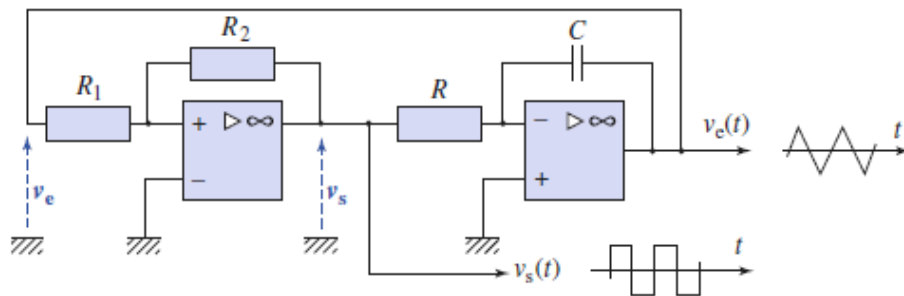
Avec ce montage recourons qu'à un intégrateur approché, en utilisant un RC série, donnant une suite d'exponentielles croissante et décroissante (au lieu du triangle). La fréquence d'oscillation est plus compliquée à calculer (voir fichier PDF). Le montage est expérimentalement moins complexe et moins encombrant.

Question : Pourquoi à faible valeur de R (haute valeur de fz), la fonction $fz = f\left(\frac{1}{R}\right)$, n'est plus linéaire ??

Tracer $fz = f\left(\frac{1}{R}\right)$



Remarque : Si on veut un signal triangulaire à l'entrée il faut utiliser un autre AO.



Doc. 24. Générateur de fonctions à intégrateur non inverseur à hystérésis.

3.2.2. Calcul de la période

Prenons pour origine des temps l'instant auquel se produit un basculement, par exemple, de $+V_{sat}$ vers $-V_{sat}$. À cette date, nous avons :

$$v_c(0) = V_{c1} = -\frac{R_1}{R_2} V_{sat}.$$

À partir de ce moment, l'intégrateur est attaqué avec une tension constante $v_s = -V_{sat}$. La loi des nœuds appliquée à l'entrée inverseuse de l'intégrateur donne :

$$-\frac{V_{sat}}{R} + C \frac{dv_c}{dt} = 0, \text{ soit } dv_c = \frac{V_{sat}}{RC} dt.$$

Ainsi, $v_c(t)$ croît avec le temps à partir de la valeur V_{c1} :

$$\int_{V_{c1}}^{v_c} dv_c = \frac{V_{sat}}{RC} \int_0^t dt, \text{ d'où } v_c(t) = V_{c1} + \frac{V_{sat}}{RC} t.$$

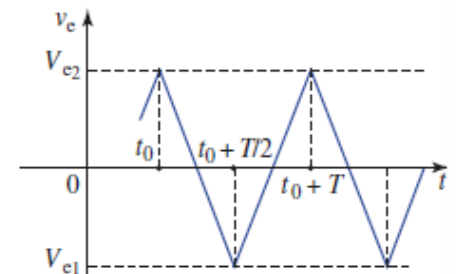
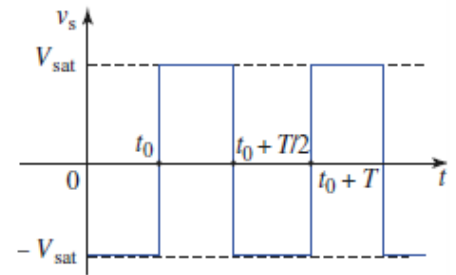
À la date $t = t_1$, il atteindra la valeur V_{c2} et un basculement de $-V_{sat}$ vers $+V_{sat}$ se produira. La date t_1 de basculement se calcule à partir du résultat précédent :

$$t_1 = \frac{V_{c2} - V_{c1}}{\frac{V_{sat}}{RC}} = 2 \frac{R_1}{R_2} RC.$$

Un nouveau basculement de $+V_{sat}$ vers $-V_{sat}$ se produira à $t = t_1 + t_2$, tel que :

$$t_2 = t_1 = \frac{T}{2}, \text{ d'où } T = 4 \frac{R_1}{R_2} RC.$$

La tension $v_s(t)$ à la sortie du comparateur est un signal carré de rapport cyclique $\delta = 0,5$ et, à la sortie de l'intégrateur, $v_c(t)$ est un signal triangulaire symétrique de même période.



Doc. 25. Chronogrammes d'un générateur de fonctions à comparateur non inverseur à hystérésis.

(Voir démo plus détaillé dans le pdf)

Remarque : Pour contrôler la fréquence il vaut mieux utiliser le montage avec un multiplieur car c'est la tension d'entrée du multiplieur qui change la fréquence, ce qui ne modifie en rien l'intensité à la sortie de l'AO, alors qu'avec la résistance comme on a fait nous, on modifie l'intensité

La génération de signaux périodiques carrés et triangulaires se fait par le bouclage d'un intégrateur sur un comparateur à hystérésis. Ces « oscillateurs de relaxation » sont utilisés pour les beepers sonores, les LED clignotantes sur les appareils électriques courants, ou pour les clignotants de voiture.

Il existe des équivalents mécaniques de ces oscillateurs électriques (expérience du vase de Tantale). Ces oscillateurs mécaniques et électriques ont en commun le « relâchement » périodique d'un stock d'énergie, d'où leur nom d'oscillateurs de relaxation.

III. Vase de tindale (trouver un livre) (Manip qui peut être quantitative si le temps)

Remarque :

Conclusion :

Annexe :