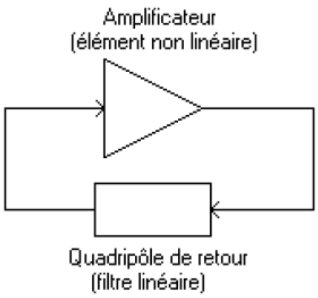
Oscillateur quasi-sinusoïdal - Oscillateur à pont de Wien

Les oscillateurs quasi-sinusoïdaux sont des systèmes qui doivent sortir un signal qui approche le plus possible d'une sinusoïde. Cette sinusoïde doit, par ailleurs, être de fréquence la plus stable possible.

Structure des oscillateurs quasi-sinusoïdaux à boucle de réaction :

Un oscillateur quasi-sinusoïdal doit comporter une cellule résonante. Cependant cette dernière comportant forcément des éléments dissipatifs, il va falloir apporter de l'énergie pour maintenir le système en oscillation. Le signal en sortie du quadripôle va donc être amplifié avant d'être à nouveau injecté dans le quadripôle résonant (ce sont donc les sources de polarisation de l'amplificateur qui apportent l'énergie nécessaire pour obtenir une sortie sinusoïdale…l'oscillateur réalise une conversion continu-alternatif).



En théorie, un système de ce type peut rester en équilibre instable. Cependant, en pratique, la moindre perturbation électrique va pousser le système hors de son état d'équilibre et les oscillations vont démarrer.

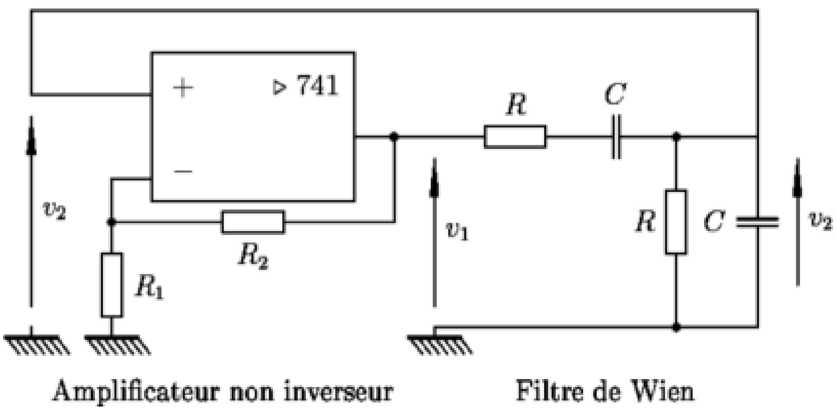
Etude des oscillateurs quasi-sinusoïdaux :

Dans l'étude d'un oscillateur, il va falloir distinguer deux étapes de fonctionnement bien distinctes.

La première est un état transitoire : c'est le démarrage des oscillations. Les signaux sont alors suffisamment faibles pour que l'amplificateur se comporte de façon linéaire. L'étude lors de cette phase se mène comme celle d'un système bouclé linéaire classique

La seconde est un état permanent : c'est le régime d'oscillation. Lors du démarrage, le signal oscillant va croître. Cependant, au-delà d'une certaine valeur de signal en entrée, l'amplificateur va se comporter de façon non-linéaire (saturation d'un amplificateur opérationnel par exemple). Ce phénomène va stopper la croissance du signal oscillant et provoquer l'apparition d'harmoniques.

Structure de l'oscillateur à pont de Wien



R = 1 kΩ - C = 100 nF

R_1 = 1 kΩ

R_2 : Potentiomètre 10 kΩ

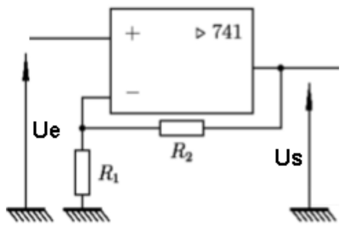
La partie amplificateur de l'oscillateur quasi-sinusoïdal est constituée d'un montage amplificateur non inverseur :

Modélisation du circuit :

On suppose que l'AO fonctionne en régime linéaire, ce qui impose $V_+ = V_-$.

Or $V_+ = \underline{U_e}$ et $V_- = \frac{R_1}{R_{1+R_2}}\underline{U_s}$(pont diviseur de tension). Donc

$$\frac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



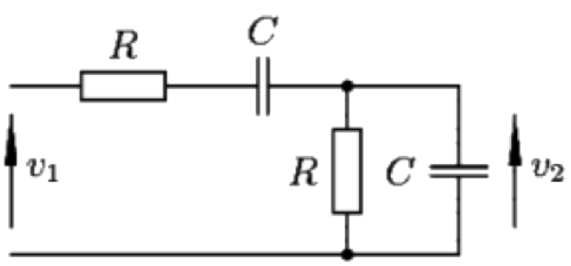
Conclusion, en régime linéaire, la fonction de transfert du système s'écrit :

$$\boxed{\underline{A}(j\omega) = A = \frac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}}$$

Attention : Ceci n'est valable que si $|\underline{U_s}| \leq V_{sat} \Leftrightarrow |\underline{U_e}| \leq \frac{V_{sat}}{A}$! Sinon $A = \pm\frac{V_{sat}}{U_e}$.

- Résistance d'entrée de ce montage : $R_e \gg 10M\Omega$.
- Résistance de sortie du montage : $R_s < 10\ \Omega$.

Le filtre de retour l'oscillateur quasi-sinusoïdal est un filtre de Wien (Filtre passe bande) dont la fonction de transfert est la suivante :



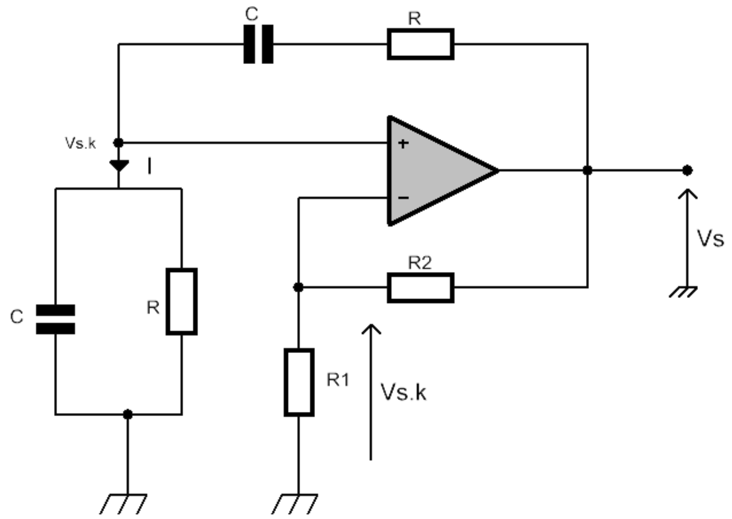
On montre qu'en régime sinusoïdal forcé à la pulsation ω, la fonction de transfert du filtre s'écrit :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{v_2}}{\underline{v_1}} = \frac{G_{max}}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)} = \frac{G_{max}\frac{1}{Q}\frac{j\omega}{\omega_0}}{1 + \frac{1}{Q}\frac{j\omega}{\omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

où le gain maximal $G_{max} = \frac{1}{3}$, le facteur de qualité $Q = \frac{1}{3}$ et la fréquence de résonance $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC}$.

Détermination des conditions d'oscillations :

Oscillateur à pont de Wien



Ce montage fonctionne en régime linéaire par la présence d'une boucle de contre réaction négative. On peut écrire dans un premier temps :

$$V_- = V_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} = k.V_s \quad avec \quad k = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_- = V_+$$

Considerons à présent la boucle de contre-réaction positive constituée des ensembles série et parallèle **R-C** , avec I le courant circulant dans l'ensemble série :

$$V_s - k.V_s = R.I + \frac{1}{C}\int i\, dt$$

$$\Leftrightarrow \quad (1-k)\frac{dV_s}{dt} = R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C}$$

Appliquons la loi des noeuds à l'entrée de l'ensemble parallèle **R//C** :

$$i = \frac{k.V_s}{R} + k.C\frac{dV_s}{dt}$$

$$\Rightarrow \quad (1-k)\frac{dV_s}{dt} = R\frac{d}{dt}\left(\frac{k.V_s}{R} + k.C\frac{dV_s}{dt}\right) + \frac{1}{C}\left(\frac{k.V_s}{R} + k.C\frac{dV_s}{dt}\right)$$

$$\Leftrightarrow \quad (1-k)\frac{dV_s}{dt} = k.\frac{dV_s}{dt} + kRC\frac{d^2V_s}{dt^2} + \frac{kV_s}{RC} + k\frac{dV_s}{dt}$$

$$\Leftrightarrow \quad kRC\frac{d^2V_s}{dt^2} + (3k-1)\frac{dV_s}{dt} + \frac{kV_s}{RC} = 0$$

$$\Leftrightarrow \quad R^2C^2\frac{d^2V_s}{dt^2}+\frac{RC}{k}(3k-1)\frac{dV_s}{dt}+V_s=0$$

On voit tout de suite que si **k=1/3** l'équation différentielle devient :

$$R^2C^2\frac{d^2V_s}{dt^2}+V_s=0$$

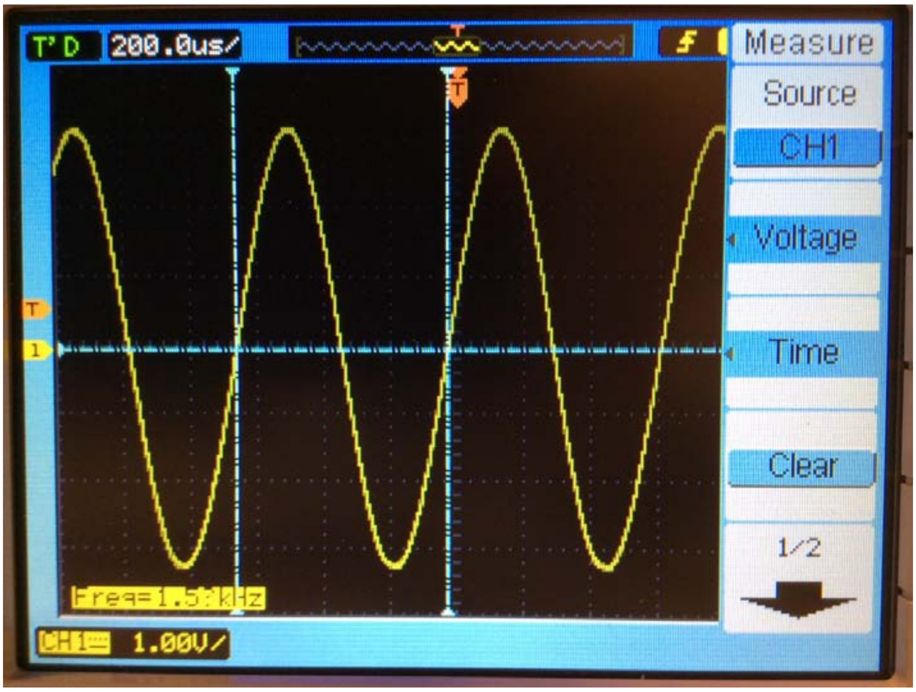
$$\Rightarrow \quad V_s(t)=A\cos(\omega t)+B \quad avec \quad \omega=\frac{1}{RC}$$

$$si \quad k=\frac{R_1}{R_1+R_2}=\frac{1}{3} \quad \Leftrightarrow \quad 3R_1=R_1+R_2 \quad \Leftrightarrow \quad R_2=2R_1$$

Si R_2 = 2 R_1, l'équation temporelle de la tension de sortie correspond bien à un signal sinusoïdal de pulsation 1/RC. Les constantes A et B étant à déterminer à partir des conditions initiales du circuit.

<u>Résultats expérimentaux</u> **:**

.Tension de sortie V_1 :



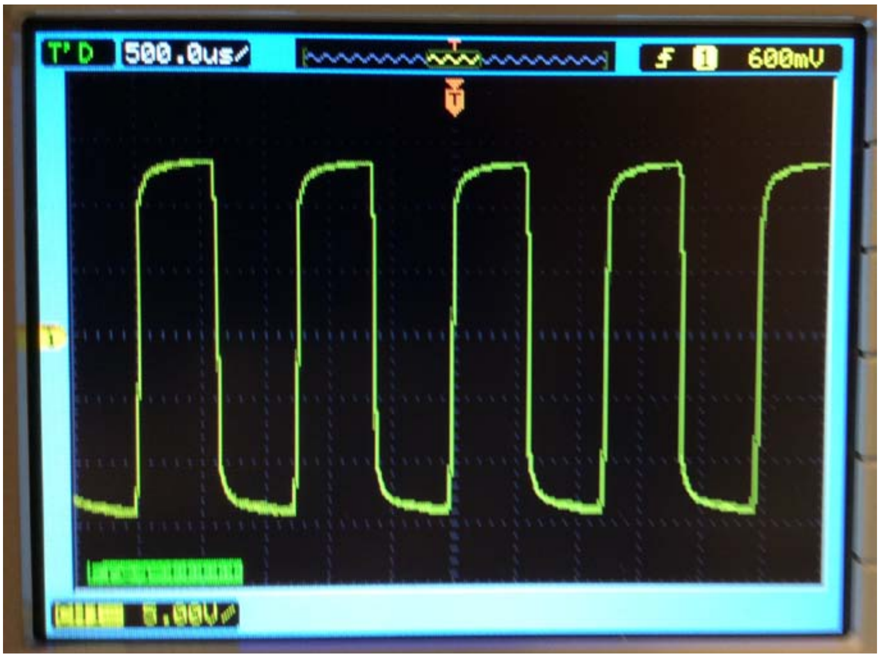
. Mesure de R_2 :

Pour R_2 = 2 R_1 = 2 kΩ, on a bien un signal sinusoïdal de fréquence :

F = 1/2πRC = 1,59 kHz

.Tensions de sortie V_1 :

. Mesure de R_2 :



R2 = 10 kΩ

Le signal de sortie V_1 n'est sinusoïdal que pour R_2= 2 kΩ

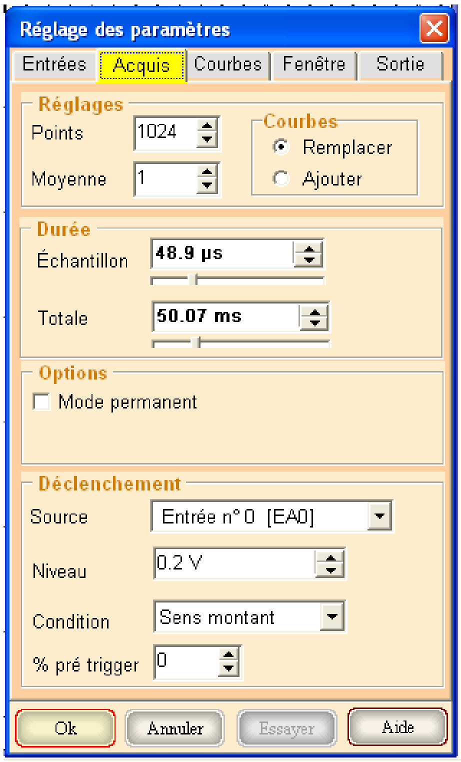
Acquisition de la naissance des oscillations

. L'AO étant alimenté en +5V ; -5V, se placer ***très près*** de la limite d'apparition des oscillations avec $R_2 \approx 2$ kΩ, afin d'observer des oscillations quasi-sinusoïdales.

· Réaliser ensuite un court-circuit de la résistance R_2 avec un fil.

· Choisir dans Synchronie au niveau des caractéristiques de la voie étudiée, l'onglet "déclenchement".

· Choisir convenablement la source de déclenchement ainsi qu'un niveau de déclenchement "raisonnable".



. Lancer une acquisition.

· Retirer le court-circuit aux bornes de R_2, pour faire apparaître les oscillations :