

TP3 Oscillateur sinusoïdal et Contrôle automatique de gain

Objectifs :

- Étudier un oscillateur sinusoïdal basse fréquence et le circuit de commande de gain associé.
- Mettre en œuvre les compétences en asservissement et automatique.

Préparation : Conseillée à l'aide de votre logiciel de simulation préféré.

Compte rendu : À remettre à la fin de la séance de TP.

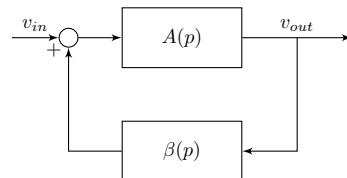
Cet TP comprend 11 questions sur un total de 20 points.

1 Étude théorique

Dans une première partie, on étudiera l'oscillateur à pont de Wien, en faisant le lien avec les notions vues en asservissement, puis la mise en œuvre du contrôle automatique de gain sera réalisée dans une seconde partie.

1.1 Oscillateur à pont de Wien

Un oscillateur sinusoïdal est un système électronique qui fournit une tension de sortie sinusoïdal en l'absence de tension d'entrée $v_{in}(t)$. Pour fabriquer un oscillateur sinusoïdal, il faut utiliser une boucle de rétroaction positive constituée par un amplificateur et un réseau sélectif en fréquence. Le principe consiste à remplacer le signal d'entrée par le signal de réaction. À la condition dite d'oscillation, il existe un signal à la sortie même sans signal d'entrée. En fait on décompose généralement la fonction de transfert en deux parties. Le principe de fonctionnement de la structure de base est représenté à partir du schéma bloc suivant :



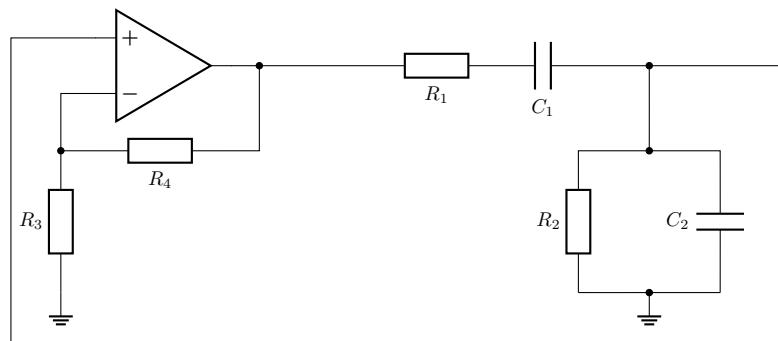
L'étude du schéma bloc permet d'exprimer la fonction de transfert :

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{A(p)}{1 - A(p)\beta(p)}$$

avec $A(p)$ le gain de l'amplificateur, $\beta(p)$ le gain de la boucle de réaction et p la variable de Laplace. Si à une fréquence spécifique (ou fréquence d'oscillation) f_0 le gain de boucle ouverte $|A||\beta| = 1$, il en résulte que le gain de la fonction de transfert (boucle fermée) sera infini. En fait, l'étude des systèmes bouclés montre que l'oscillation se produit à la fréquence f_0 pour laquelle (**critère de Barkhausen**) :

$$\phi_A + \phi_B = 0$$

À l'aide de ce principe nous étudions l'oscillateur à pont de Wien :

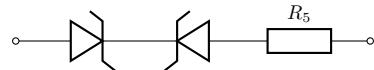


Cette représentation consiste à faire apparaître :

- la structure d'un amplificateur non inverseur de gain $A = 1 + \frac{R_4}{R_3}$
- un filtre sélectif de gain β

Quelle est l'expression de $\beta(p)$? En déduire les conditions d'oscillation.

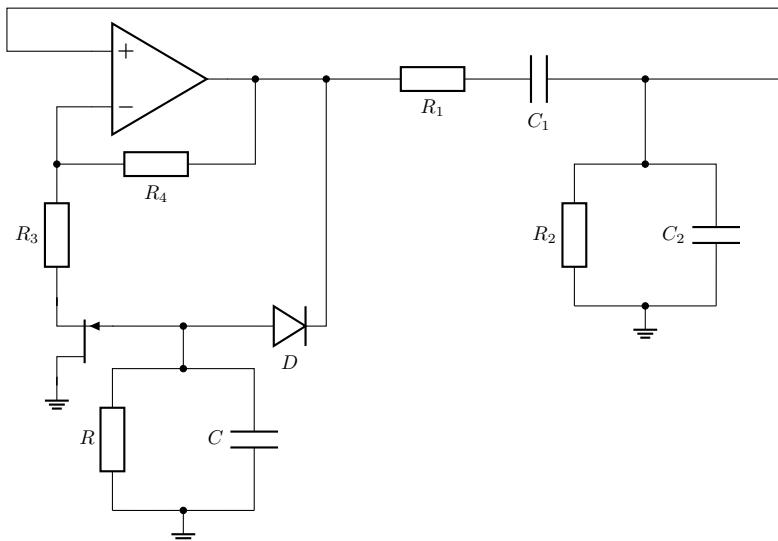
Afin d'éviter une saturation du signal de sortie, donc une distorsion, on peut rajouter en parallèle sur R_4 la branche suivante :



Ainsi tant que l'amplitude de la tension de sortie de l'AOP est inférieure à la tension Zener des diodes, celles-ci sont bloquées et le gain est toujours $A = 1 + \frac{R_4}{R_3}$. Par contre dès que l'amplitude de sortie est supérieure à $V_Z + 0,6$ V, alors R_5 vient en parallèle sur R_4 et le gain devient $A = 1 + \frac{R_4//R_5}{R_3}$. La mise en conduction progressive des diodes implique une diminution progressive du gain et donc une moindre distorsion.

1.2 Contrôle automatique de gain (CAG)

L'oscillateur précédent fournit un signal non sinusoïdal, dont la fréquence n'est pas la fréquence voulue (déterminée théoriquement). Afin d'obtenir un signal sinusoïdal, il faut éviter les non-linéarités, en limitant l'amplitude du signal lorsque celle-ci devient trop importante. Il faut donc faire une contre-réaction sur le gain de l'amplificateur en fonction de la tension de sortie. On étudie le montage suivant :



Dans ce schéma, un transistor JFET vient se glisser sous la résistance R_3 dans un mode de fonctionnement *Résistance Drain-Source* (R_{DS}) commandée en tension. Le gain total du montage dépend donc de R_4 , R_3 , et R_{DS} . L'ensemble C , R et D jouent le rôle de détecteur crête négative (cf. sens de la diode). On admet une tension sinusoïdale symétrique à $v+$, celle-ci se voit amplifiée, et la crête négative est mémorisée dans la capacité C . Cette tension correspond en fait à la tension V_{GS} et influence la valeur de la résistance R_{DS} . Pour un JFET canal N :

$$R_{DS} = \frac{R_{DSon}}{1 - \frac{V_{GS}}{V_P}}$$

avec $V_P < 0$. Cette tension de pincement V_P est la tension pour laquelle une augmentation supplémentaire de V_{DS} est compensée par une augmentation proportionnelle de la résistance de canal.

Le principe de ce montage est le suivant : la tension V_{GS} correspond à la valeur minimale (la plus négative) de la tension de sortie de l'AOP. Cette tension permet ensuite de modifier la valeur de la résistance R_3 (via la résistance du JFET) et donc d'agir sur le gain de l'amplificateur. En effet, lorsque l'amplitude des oscillations augmente, la tension V_{GS} recueillie par le détecteur de crêtes diminue, entraînant une diminution du dénominateur de R_{DS} . Ainsi, afin de limiter la tension de sortie, R_{DS} augmente, le gain de l'amplificateur diminue et donc l'amplitude des oscillations diminue. Ce dispositif permet de rester dans une zone de fonctionnement quasi-linéaire et donc de produire une tension de sortie quasi-sinusoïdal.

2 Étude expérimentale

L'AOP TL081 sera alimenté en -12 V et 12 V.

On donne : $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R = R_2 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 3,3 \text{ nF}$, $C_2 = 33 \text{ nF}$, $V_Z = 3,7 \text{ V}$ et $Q = 2N3819$.

2.1 Oscillateur sinusoïdal (9 points)

1. (1 point) Calculer les valeurs théoriques de f_0 et de R_4 pour obtenir un oscillateur.
2. (2 points) Régler la valeur de R_4 (résistance variable) jusqu'à apparition de l'oscillation.
3. (2 points) Mesurer la fréquence d'oscillation et la valeur expérimentale de R_4 .
4. (2 points) Observer la tension de sortie. Préciser son évolution lorsqu'on augmente la résistance R_4 .
5. (2 points) Régler R_4 de telle façon que la saturation dure environ 30% de la période. Mettre ensuite le circuit de stabilisation. Que se passe-t-il ? Interpréter les résultats (amplitude, forme, fréquence) et mesurer le TDH .

2.2 Contrôle automatique de gain (11 points)

2.2.1 Étude du détecteur de crêtes

1. (1 point) Que vaut la période T_0 de l'oscillateur sinusoïdal ? Quelle doit être la valeur de C pour que le signal soit lissé ?
2. (1 point) Câbler le détecteur de crêtes et tester le montage isolé en injectant une tension sinusoïdale de forte amplitude (au moins 5 V) provenant d'un GBF. Balayer en fréquence : que constatez-vous ?
3. (1 point) Choisir une fréquence de l'ordre de f_0 . Diminuer l'amplitude. La détection de crête se fait elle correctement ? Commenter.

2.2.2 Étude de l'oscillateur et le CAG

1. Câbler le schéma complet (sans circuit de stabilisation).
2. (4 points) Interpréter les résultats (amplitude, forme, fréquence).
3. (4 points) Mesurer le TDH .