

OSCILLATEUR SINUSOÏDAL A PONT DE WIEN

TRAVAUX PRATIQUES N°6

S. Joly – 15/04/2021 – rev. 2

1. Objectifs et conditions expérimentales

Cette étude porte sur l'oscillateur dit "à pont de Wien" et le but est de dégager la (ou les) condition(s) permettant l'obtention d'oscillations dans un circuit actif.

Un oscillateur produisant des signaux sinusoïdaux avec une faible distorsion.

Liste du matériel utilisé :

- Maquette de test (voir Figure 1)
- Générateur de tension HAMEG 8030 (sinusoïdal, triangulaire, carré)
- Oscilloscope TEKTRONIX TBS1052B
- Alimentation RHODE&SCHWARZ NGE100

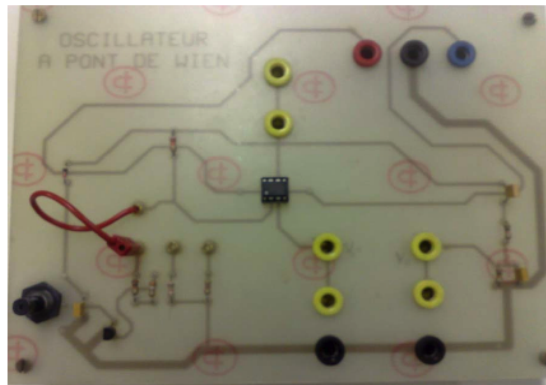


Figure 1 : Photographie de la maquette de test

2. Stabilité fréquentielle d'un amplificateur rétro actionné

Dans certaines conditions, qui seront mises en évidence, un amplificateur rétro actionné peut devenir instable autrement dit osciller à une fréquence f_0 indépendante de celle du générateur d'excitation.

Considérons en figure 2 un amplificateur de tension A , (entrée v_e' , sortie v_s), de gain négatif supposé indépendant de la fréquence et rétro actionné par un réseau passif de rétroaction $\beta(\omega)$.

Lorsque les interrupteurs K_1 et K_2 sont fermés, compte tenu de l'élément différentiel Σ placé à l'entrée du montage $v_e' = v_e - v_r$, le gain de l'amplificateur $A'(\omega)$, « rétro actionné négativement » dont la tension v_e constitue l'entrée et v_s la sortie est tel que :

$$A'(\omega) = \frac{v_s}{v_e} = \frac{A}{1 + A \cdot \beta(\omega)} \quad (1)$$

Ouvrons l'interrupteur K2 afin de mettre en évidence le « gain de boucle » $GB(\omega)$ du montage :

$$\underline{GB(\omega)} = \frac{v_r}{v'_e} = A \cdot \underline{\beta(\omega)} \quad (2)$$

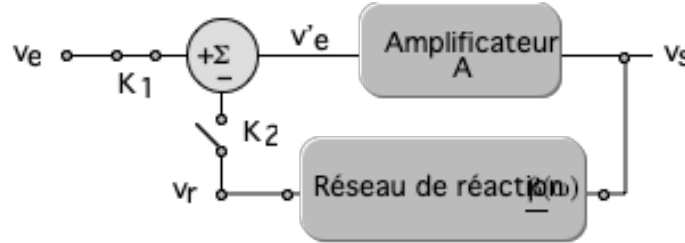


Figure 2 : Structure d'un oscillateur

Supposons dans ces conditions, un montage conçu de telle façon que le gain de boucle conduise aux graphes de Bode du module et de l'argument (figure 3a) ou encore au graphe de Nyquist (figure 3b) suivants :

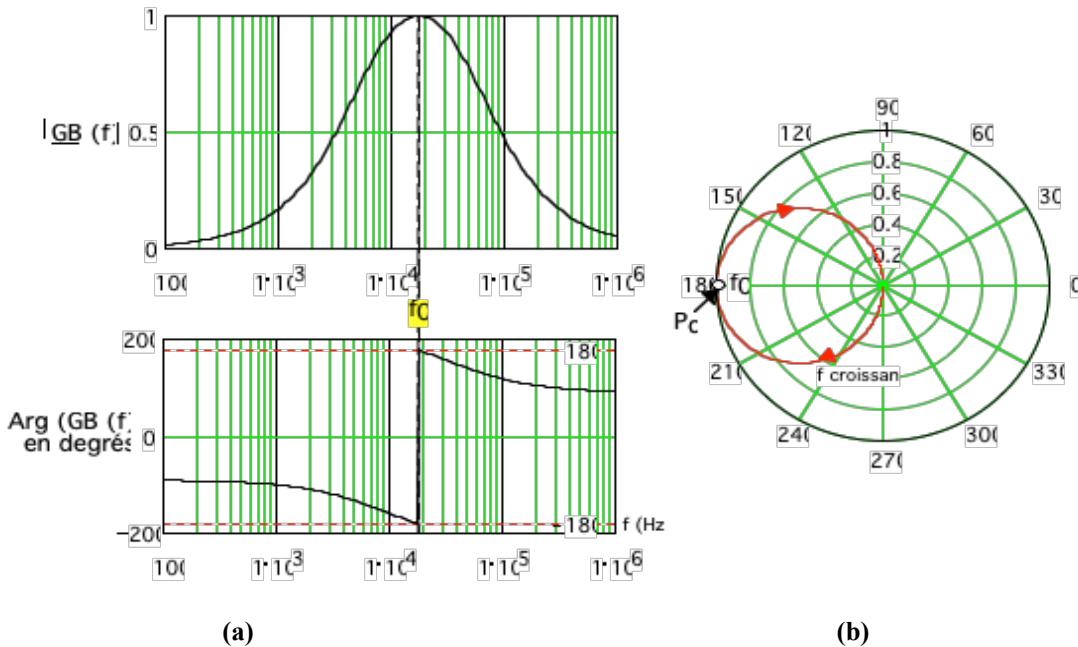


Figure 3 : (a) Graphe de Bode du gain de boucle, (b) Graphe de Nyquist

En analysant les figures 3 et en particulier la figure 3b, on constate qu'à la fréquence particulière f_0 , le module du gain de boucle $|GB(f_0)| = 1$ pour un déphasage de -180° . Autrement dit, à la fréquence f_0 , $\underline{GB(f_0)} = -1$. Dans ces conditions, la tension de rétroaction v_r est égale à $-v'_e$. On peut alors ouvrir l'interrupteur K_1 et refermer K_2 (pour fermer la boucle).

Le montage se comporte comme un oscillateur sinusoïdal à la fréquence f_0 , même en absence du générateur d'excitation v_e .

Cette situation se produit chaque fois que le gain de boucle de l'amplificateur rétro actionné passe par le point critique P_c indiqué sur le graphe de Nyquist de la figure 3b.

Cette situation se comprend facilement car l'amplificateur voit à l'entrée v'_e la tension juste nécessaire pour entretenir la tension v_s sinusoïdale.

Deux autres cas sont envisageables :

1^{er} cas : Supposons que le graphe de Nyquist du gain de boucle ouverte $GB(\omega)$ n'entoure pas le point critique P_c (figure 4). Le montage se comporte comme un amplificateur habituel. En particulier si K_2 est fermé et que l'on ouvre K_1 , la tension de sortie v_s reste nulle (la tension v_r est insuffisante pour entretenir les oscillations).

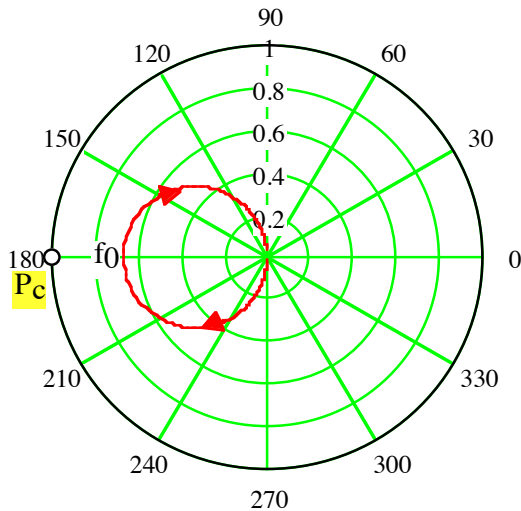


Figure 4 : graphe de Nyquist du gain de boucle ouverte (P_c non entouré)

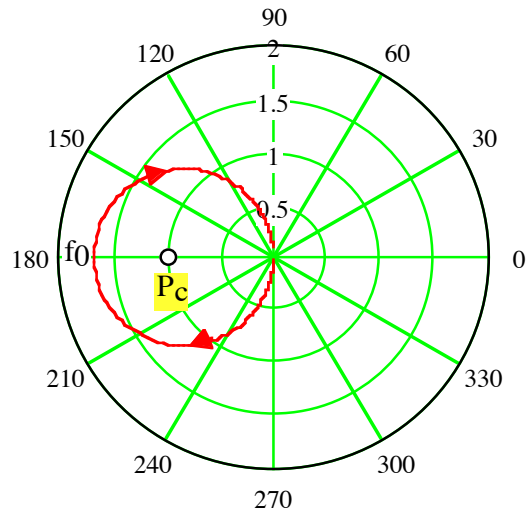


Figure 5 : graphe de Nyquist du gain de boucle ouverte (P_c entouré)

2nd cas : Si maintenant, le graphe de Nyquist du gain de boucle ouverte $GB(\omega)$ entoure le point critique P_c (figure 5), avec K_1 ouvert et K_2 fermé, le montage entre en auto oscillations à la fréquence f_0 . Cependant, l'amplitude des oscillations ne cessant de croître (la tension v_r est supérieure à l'entretien automatique de la sinusoïde), la tension v_s , limitée par les tensions d'alimentation du montage amplificateur A , devient sensiblement carrée. Le montage se comporte alors comme un « relaxateur ».

Conclusion : Les propriétés développées ci-dessus sont exploitées pour concevoir des oscillateurs sinusoïdaux. Ces dispositifs sont autonomes autrement dit, ils n'ont pas besoin d'être excités par un générateur d'excitation v_e .

Nous allons étudier, dans cette manipulation, un oscillateur sinusoïdal utilisant un amplificateur de gain positif associé à un pont de Wien. L'élément différentiel est alors inutile. Aussi, pour osciller sinusoïdalement il suffit que la tension v_r soit rigoureusement égale à v_e' . Le point critique P_c associé au gain de boucle du montage est alors placé en $[1+j0]$.

3. ANALYSE DU MONTAGE OSCILLATEUR A PONT DE WIEN

Le schéma du montage oscillateur à pont de Wien qui utilise un amplificateur opérationnel A_0 supposé parfait est donné en figure 6.

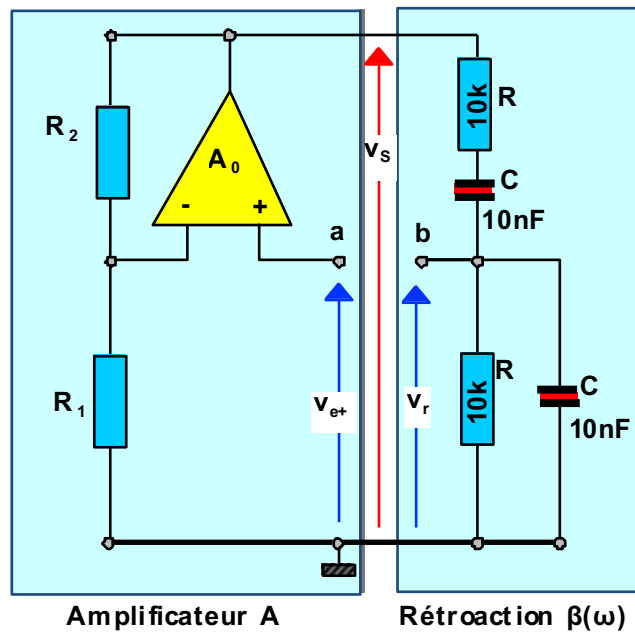


Figure 6 : Schéma du montage oscillateur à pont de Wien

Supposons que les nœuds a et b ne sont pas reliés de manière à ouvrir la boucle de rétro action.

- 3.1. Déterminer l'expression du gain en tension $A = \frac{v_s}{v_{e+}}$ de l'amplificateur en fonction de R_1 et R_2 .
- 3.2. Le réseau de rétroaction $\underline{\beta(\omega)} = \frac{v_r}{v_s}$ est constitué par « un pont de Wien » (RC série RC parallèle). Montrer que :

$$\underline{\beta(\omega)} = \frac{v_r}{v_s} = \frac{1}{3 + j\left(RC\omega - \frac{1}{RC\omega}\right)} \quad (3)$$

- 3.3. Donner l'expression du gain de boucle $\underline{GB(\omega)} = \frac{v_r}{v_{e+}}$ du montage.

Montrer que la condition d'oscillation sinusoïdale en boucle fermée (a et b reliés) du montage conduit à : $\underline{GB(\omega)} = 1 + j0$

En déduire l'expression de la fréquence d'oscillation f_0 et la valeur du gain en tension de l'amplificateur. Donner la relation liant les résistances R_1 et R_2 .

4. ETUDE EXPERIMENTALE

Alimenter le montage de manière habituelle : $V_{CC} = +15 V$ et $-V_{EE} = -15 V$.

Pour étudier la variation en fréquence du module et de l'argument du gain de boucle $A.\underline{\beta(\omega)}$, le montage, avec a et b non reliés, exciter l'entrée v_{e+} par un générateur sinusoïdal délivrant une tension de 2 V crête à crête.

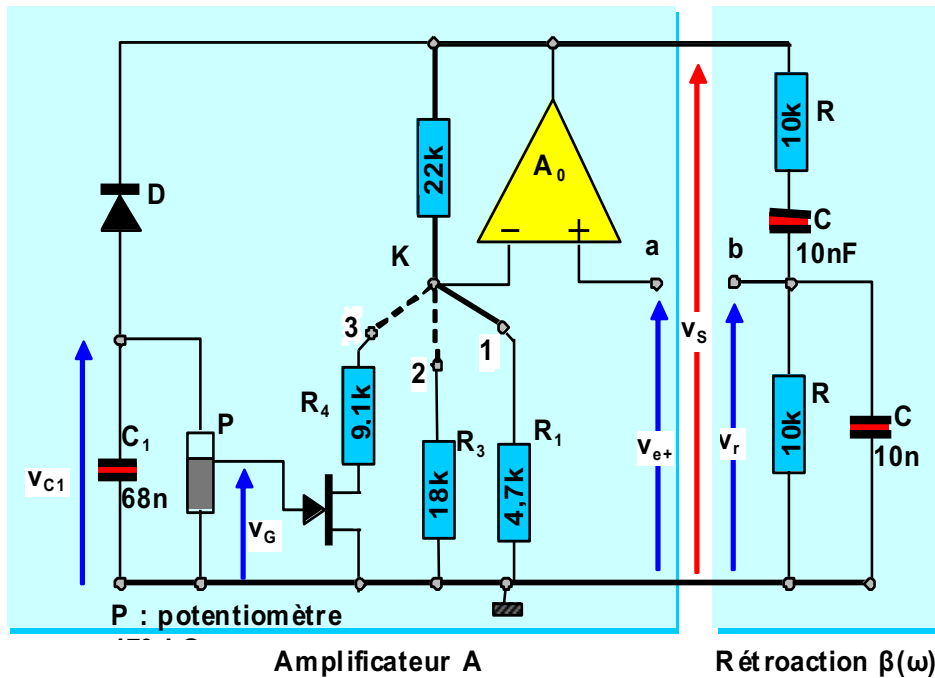


Figure 7 : schéma de la maquette

4.1. ETUDE DU REGIME NON OSCILLATOIRE

Ne pas oublier d'ouvrir la boucle en déconnectant les nœuds a b et choisir $R_3 = 18\text{ K}\Omega$.

4.1.1. Tracer sur le papier en coordonnées polaires le graphe de Nyquist du montage en boucle ouverte (**Ne pas oublier de paramétrer ce graphe en fréquence**) :

- Le module de $\frac{v_r}{v_{e+}}$
- Le déphasage φ de v_r par rapport à v_{e+} .

4.1.2. Enlever le générateur et relier les nœuds a et b.

Observer dans ces conditions la tension v_s . Commenter le résultat.

4.2. REGIME DE RELAXATION (OSCILLATOIRE NON-SINUSOIDAL)

4.2.1. Faire la même étude que la précédente en choisissant $R_1 = 4,7\text{ k}\Omega$ (graphe sur la même feuille, changer éventuellement l'échelle).

4.2.2. Enlever le générateur et relier les nœuds a et b. Dessiner la tension v_s obtenue en boucle fermée.

Donner sa fréquence et son amplitude. Commenter le résultat.

4.3. REGIME OSCILLATOIRE SINUSOIDAL

4.3.1. Choisir $R_4 = 9,1\text{ k}\Omega$ en série avec le JFET. Fermer la boucle « a b » et sans excitation à l'entrée, ajuster le potentiomètre P afin d'obtenir une tension sinusoïdale v_s de 20 V crête à crête dont on donnera la fréquence f_0 .

4.3.2. Ouvrir la boucle a b et faire l'étude expérimentale comme à la question 4.1.1.

Commenter le résultat.

4.4. ANALYSE DE L'OSCILLATEUR SINUSOIDAL REGULE

Pratiquement, la mise en oscillations sinusoïdales du montage de la figure 6 avec un amplificateur de gain rigoureusement égal à 3 est difficile. Il est nécessaire d'utiliser **un montage régulateur de gain de boucle** par exemple un transistor JFET, qui, utilisé dans sa zone ohmique se comporte comme une résistance variable dépendant de sa tension V_{GS} .

A la mise sous tension, le gain de l'amplificateur est supérieur à 3 et les oscillations sont amorcées. Ensuite, le montage régulateur assure en permanence la réalisation rigoureuse de la condition : $A_1 \cdot \beta(\omega) = 1$ où A_1 représente le gain en tension modifié de l'amplificateur. L'amplitude des oscillations sinusoïdales est alors stabilisée.

4.4.1. Déterminer l'expression du gain $A_1 = \frac{v_s}{v_{e+}}$ du montage compte tenu de la présence du JFET canal N utilisé dans sa zone ohmique (figure 8) à savoir : $R_{DS} = \frac{R_{DS0}}{1 - K|V_{GS}|}$

4.4.2. Expliquer le rôle du montage constitué par la diode D , la capacité C_1 et le potentiomètre P vis-à-vis de la tension de grille V_{GS} du JFET.

4.4.3. Mise en évidence la propriété de stabilisation du gain du montage.

Supposer que l'amplitude de la tension de sortie v_s augmente pour une raison quelconque.

- Comment évolue la tension V_{GS} du JFET ?
- Quelle est alors l'évolution du gain A_1 de l'amplificateur ?
- Que devient l'amplitude de la tension de sortie v_s ?

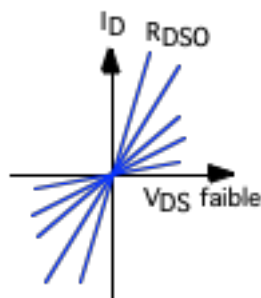
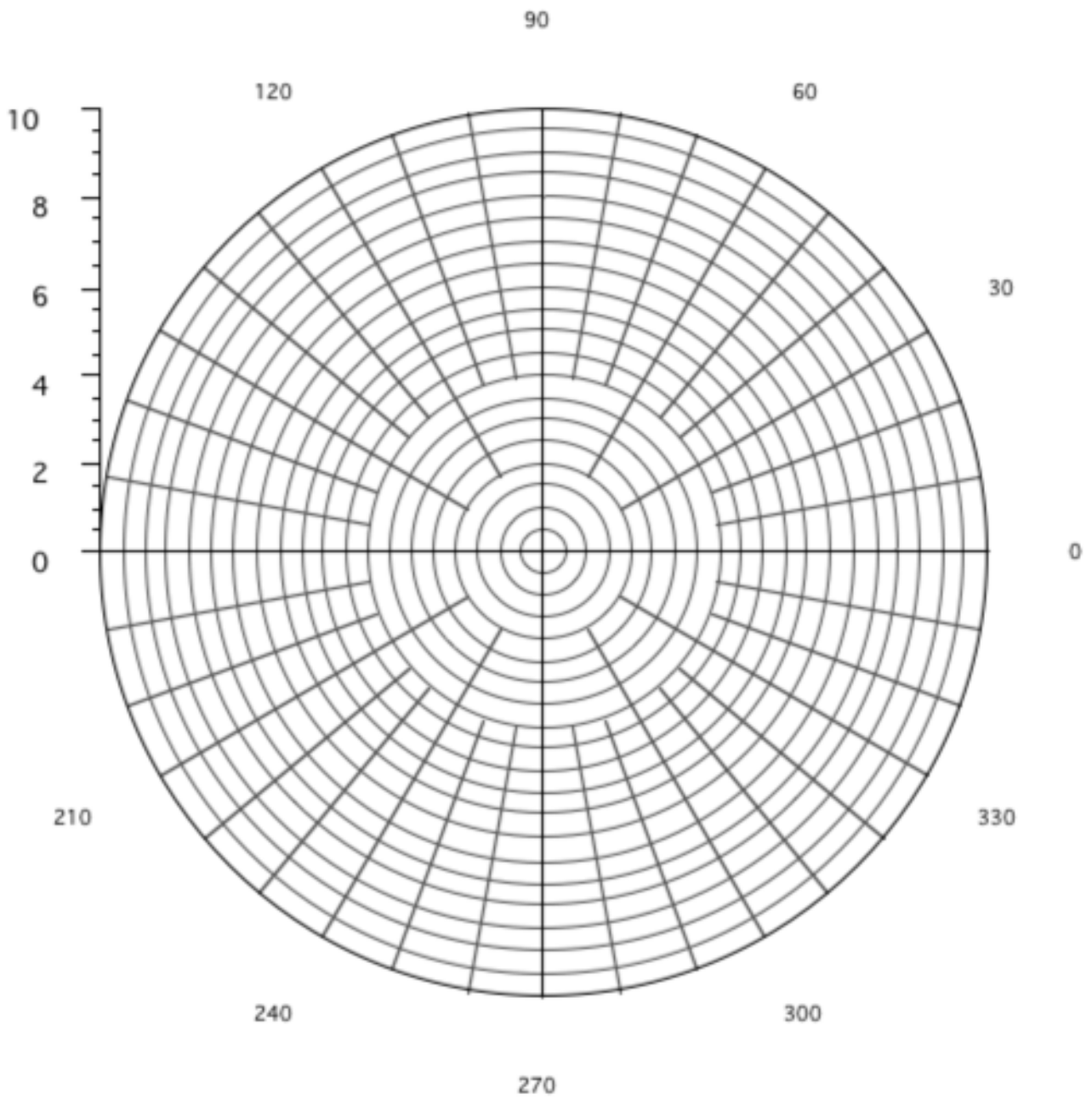


Figure 8 : Evolution de la caractéristique du JFET canal N dans sa zone ohmique.

OSCILLATEUR A PONT DE WIEN : DOCUMENT REPONSE

Groupe :

Noms :



Groupe :

Noms :

