

Sujet d'entraînement n° 1

Rétroaction

Oscillateurs en électronique

Nous nous intéressons dans ce problème aux oscillateurs, systèmes électroniques au cœur de très nombreux objets qui nous entourent au quotidien : montre, voiture, radio, ordinateur, etc. Quelle que soit l'application, l'objectif d'un oscillateur est le même : générer un signal de période stable, de caractéristiques spectrales choisies, sans aucun signal d'entrée. Deux réalisations sont proposées dans ce problème : en première partie, un oscillateur quasi-sinusoidal et en seconde partie un oscillateur à relaxation.

Les deux parties sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

1 — Réalisation d'un oscillateur quasi-sinusoidal

Il est parfois intéressant d'avoir des systèmes électroniques instables, notamment en électronique, pour pouvoir réaliser des oscillateurs. On rappelle que ce type de structure peut être réalisé en associant un amplificateur et un filtre comme présenté en figure 1.

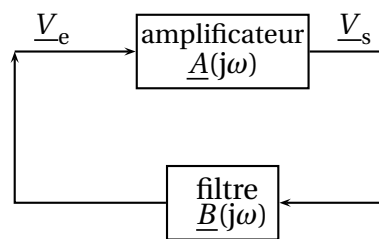


FIGURE 1 – Structure d'un oscillateur

Nous étudions dans cette partie l'oscillateur à filtre de Wien (figure 2).

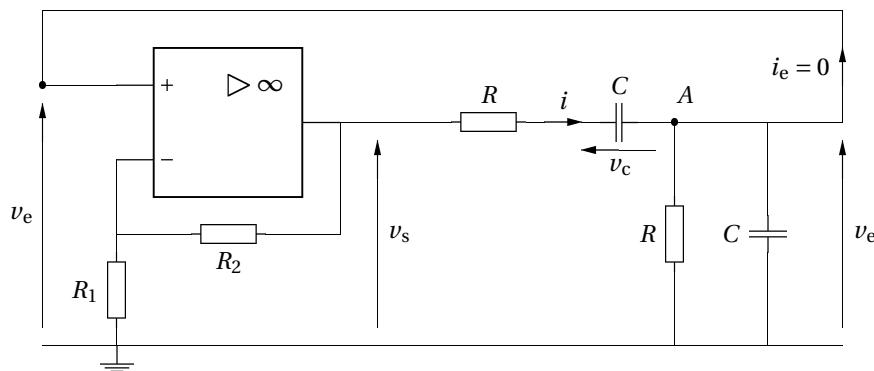


FIGURE 2 – Schéma électrique de l'oscillateur à filtre de Wien

1 Généralités

1. Reproduire le schéma sur votre copie et identifier la partie amplificatrice ainsi que la partie filtre de cet oscillateur.
2. Justifier pourquoi le courant noté i_e sur le schéma peut être considéré comme nul dans la suite de l'étude.

2 Étude du filtre de Wien

3. Quelle est la relation entre $\frac{dv_c}{dt}$ et le courant i traversant le condensateur? Cette équation sera nommée « **E1** » sur votre copie.
4. Par une loi des nœuds au point A , exprimer le courant i en fonction de la tension v_e et de sa dérivée par rapport au temps. Cette équation sera nommée « **E2** » sur votre copie.
5. Par une loi des mailles, exprimer la tension v_s en fonction de v_e , R , i et v_c . Cette équation sera nommée « **E3** » sur votre copie.
6. En utilisant les équations **E1** et **E2**, montrer que l'on obtient l'expression suivante en précisant l'expression de la constante de temps τ :

$$\frac{dv_s}{dt} = \tau \frac{d^2 v_e}{dt^2} + 3 \frac{dv_e}{dt} + \frac{v_e}{\tau}. \quad (1)$$

3 Amplificateur

7. En étudiant le fonctionnement de l'amplificateur linéaire intégré présent dans le schéma de la figure 2, en déduire la valeur de l'amplification $A = \frac{v_s}{v_e}$ en fonction des résistances R_1 et R_2 .

4 Conditions d'oscillation

8. Montrer que l'on obtient l'équation différentielle suivante, vérifiée par la tension v_s en fonction de τ et de l'amplification A :

$$\tau^2 \frac{d^2 v_s}{dt^2} + \tau(3 - A) \frac{dv_s}{dt} + v_s = 0. \quad (2)$$

9. Par analyse de cette équation, quelle condition doit-on satisfaire pour obtenir une oscillation harmonique?
10. Quelle est alors la fréquence d'oscillation que l'on notera f_0 ?
11. D'où provient l'énergie nécessaire pour garantir l'oscillation?

5 Qualité du signal fourni

Nous nous intéressons à présent à la qualité du signal fourni par cet oscillateur. En figure 3 sont présentées l'allure temporelle de la tension v_e ainsi que sa décomposition spectrale.

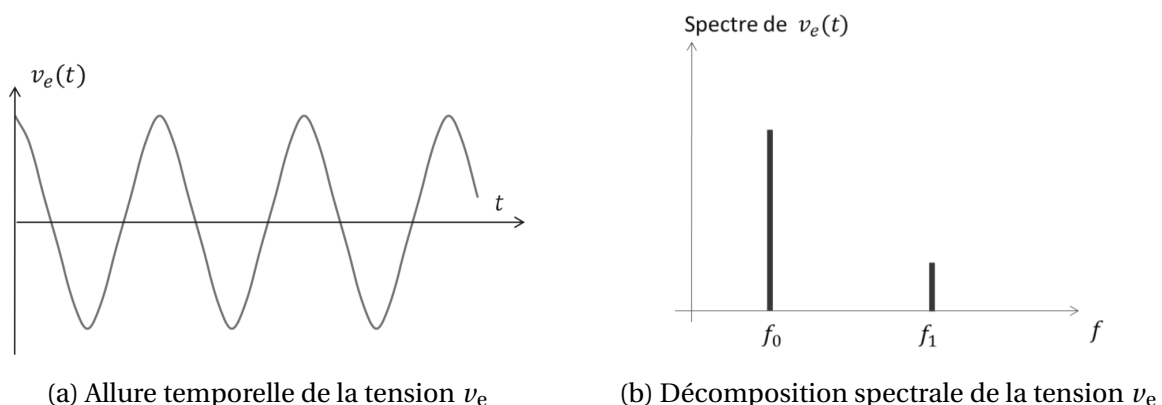


FIGURE 3 – Signal v_e fourni par l'oscillateur

12. Peut-on considérer le signal fourni comme sinusoïdal? Justifier.
13. On donne les fréquences $f_0 = 1$ kHz et $f_1 = 10$ kHz. Comment pourrait-on améliorer la qualité de la tension v_e ? Une approche pratique est attendue en précisant les valeurs caractéristiques du dispositif mis en œuvre.

2 — Oscillateur à relaxation

Si l'on cherche à réaliser un signal d'horloge, il n'est pas nécessaire d'obtenir un signal sinusoïdal. On peut alors utiliser la structure de l'oscillateur présentée en figure 4

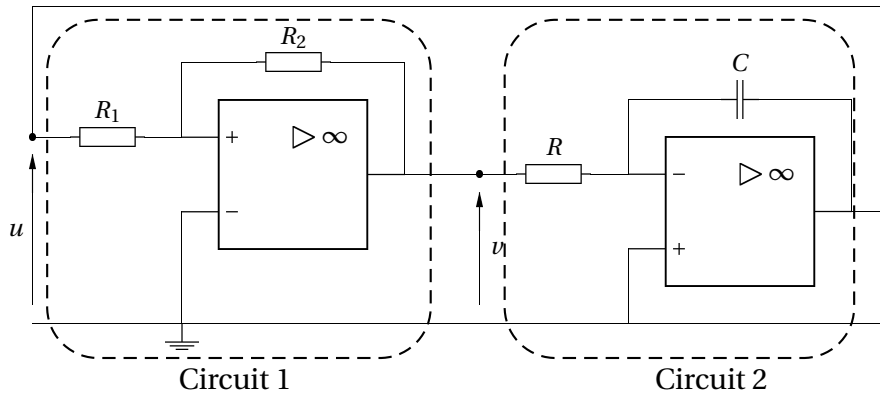


FIGURE 4 – Oscillateur à relaxation

On considère les amplificateurs linéaires idéaux (ALI idéaux) et on note $+V_{\text{sat}}$ et $-V_{\text{sat}}$ leurs tensions de saturation. À $t = 0$, on suppose que la tension v vaut $+V_{\text{sat}}$ et que la tension u est nulle.

Tout d'abord, nous nous intéressons au circuit 1.

14. Préciser, en le justifiant, le mode de fonctionnement de l'ALI idéal. Quelles sont les valeurs que peut prendre la sortie v ?

Pour quelle valeur de la tension d'entrée u , notée u_{seuil1} , la tension de sortie v bascule-t-elle de $+V_{\text{sat}}$ à $-V_{\text{sat}}$?

On admet que la tension de sortie v bascule de $-V_{\text{sat}}$ à $+V_{\text{sat}}$ pour une valeur de tension u_{seuil2} telle que $u_{\text{seuil2}} = -u_{\text{seuil1}}$.

15. Tracer la tension v en fonction de la tension u en annotant soigneusement le tracé.

Le circuit 2 est un montage intégrateur inverseur. On admet la relation entrée-sortie suivante :

$$\frac{du}{dt} = -\frac{v}{RC}. \quad (3)$$

16. Si la tension v est constante et vaut $+V_{\text{sat}}$, quelle est l'allure du signal d'entrée u ?

Étudions à présent le montage complet. Les chronogrammes des tensions u et v sont donnés en figure 5.

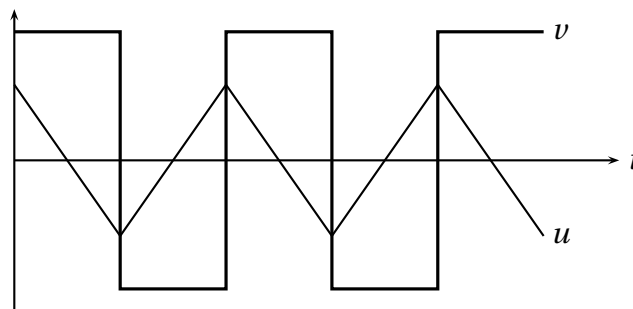


FIGURE 5 – Allures temporelles des signaux issus de l'oscillateur à relaxation

17. Exprimer la fréquence f de la tension u en fonction de R_1 , R_2 , R et C .

On souhaite obtenir un signal triangulaire d'amplitude $V_{\text{max}} = 2 \text{ V}$ et de fréquence $f = 1 \text{ kHz}$. On alimente les ALI en $\pm 15 \text{ V}$. On impose d'utiliser les résistances R et R_2 telles que $R = R_2 = 1000 \Omega$.

18. Déterminer les valeurs de la résistance R_1 et du condensateur C pour répondre au cahier des charges.

19. Quelle caractéristique de l'ALI peut limiter la fréquence de fonctionnement d'un tel montage?