Électronique numérique

Exercice 1

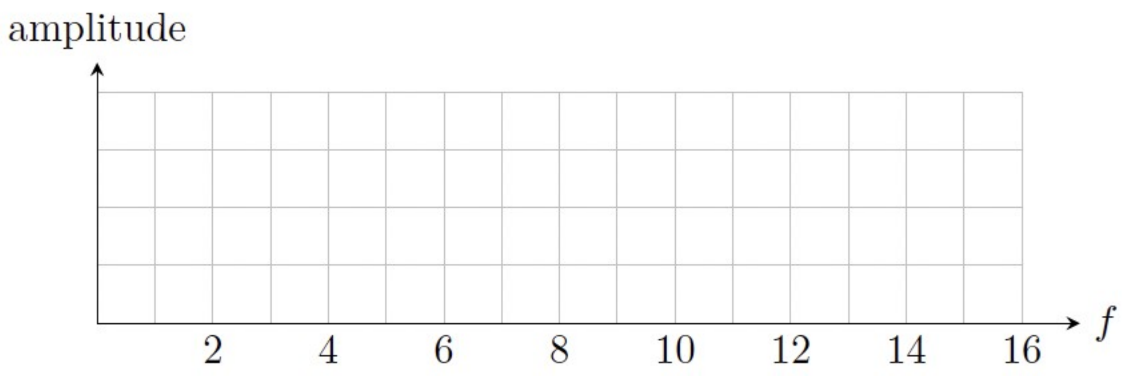
Considérons un signal créneau de fréquence $f_0 = 2$ kHz, décrit par ses premières harmoniques :

$s(t) = A \sin(2\pi f_0 t) + A_3 \sin(2\pi\ 3f_0 t) + A_5 \sin(2\pi\ 5f_0 t) + A_7 \sin(2\pi\ 7f_0 t)$.

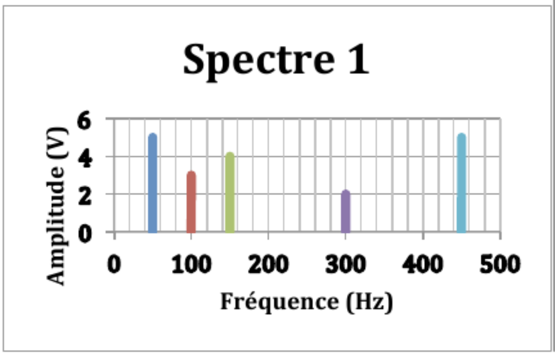
Pour simplifier, les suivantes sont négligées. Ce signal est échantillonné à $f_e = 15$ kHz.

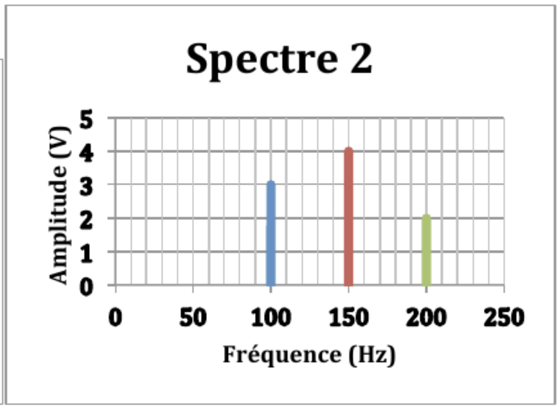
1. Quelle est la valeur de la fréquence fondamentale ? Quelles sont les valeurs des fréquences harmoniques ?
2. Pour quelles fréquence il y a -t-il repliement de spectre et apparition d'une fréquence f_{alias} ?

3. Représenter le spectre du signal échantillonné entre 0 et 15 kHz.



Exercice 2



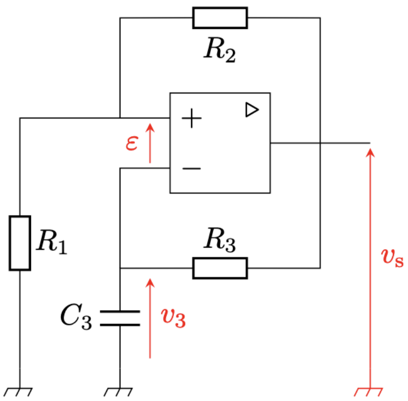


Un expérimentateur réalise des mesures qui sont ensuite échantillonnées avec deux fréquences d'échantillonnage : $f_{e1} = 1$ kHz et $f_{e2} = 500$ Hz.
On donne les spectres en amplitude obtenus après échantillonnage pour les deux fréquences : spectre 1 pour f_{e1} et spectre 2 pour f_{e2}.

On suppose que le critère de Nyquist-Shannon est vérifié pour l'échantillonnage à la fréquence d'échantillonnage $f_{e1} = 1$kHz. Est-t-il vérifié pour l'échantillonnage à la fréquence $f_{e2} = 500$ Hz ? Expliquer le spectre 2 obtenu.

ALI-OSCILLATEURS

Charge et décharge



Dans le montage ci-contre, l'ALI idéal fonctionne en régime saturé. On note $\varepsilon = v_+ - v_-$ la tension différentielle à l'entrée de l'ALI. On suppose qu'à $t = 0$, le condensateur C_3 est déchargé et $\varepsilon > 0$. On pose

$$\alpha = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \qquad \text{et} \qquad \tau = R_3 C_3 \,.$$

1 - Exprimer $v_3(t)$ pour $t > 0$ et tant que l'état de saturation de l'ALI reste le même.

2 - En déduire qu'il existe t_1 tel que l'ALI bascule en saturation basse. Déterminer t_1 en fonction de τ et α.

3 - Exprimer v_3 pour $t > t_1$ en fonction de $t' = t - t_1$ et avant basculement de l'ALI.

4 - Montrer qu'il existe $t_2 > t_1$ tel que l'ALI bascule en saturation haute. Déterminer $t_2 - t_1$ en fonction de τ et α.

5 - Montrer que $v_s(t)$ et $v_3(t)$ sont des signaux périodiques, dont on note la période T.

6 - Montrer que la période T peut s'écrire

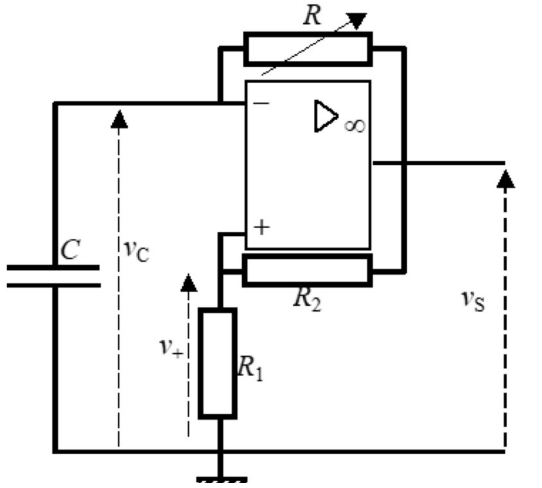
$$T = 2\tau \ln \frac{1+\alpha}{1-\alpha} \,.$$

7 - Tracer l'allure des variations de $v_s(t)$ en fonction de $v_3(t)$. Indiquer sur le graphe son sens de parcours.

version plus simple

L'amplificateur opérationnel, supposé idéal, fonctionne ici en régime non-linéaire. Théorie et expérience montre que le montage oscille après un court régime transitoire ;

À t = 0s, $v_C(0) = V_0$ et $v_s = V_{sat}$.

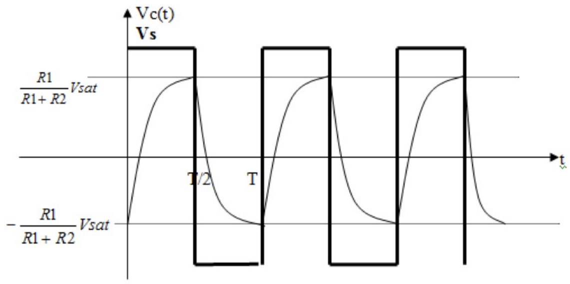


$R_1 = R_2 = 22k\Omega$
$C = 0{,}22\mu F$
$R \approx 10k\Omega$

1. Montrer que : $\frac{du_c(t)}{dt} + \frac{u_c(t)}{\tau} = \frac{V_{sat}}{\tau}$

Déterminer l'expression de $u_c(t)$.

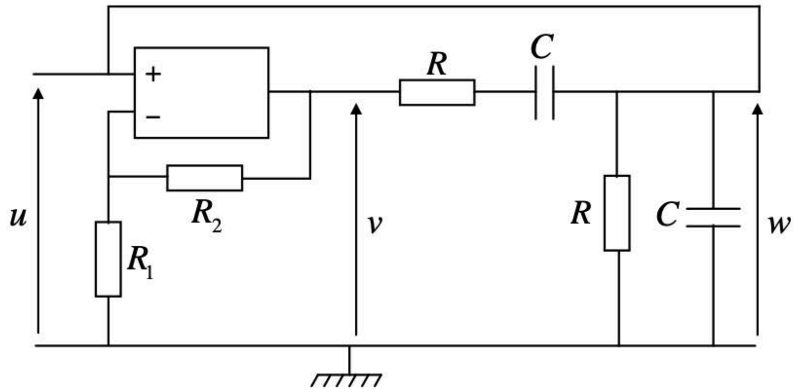
2. Expliquer l'allure des courbes de $v_C(t)$ et v_S.



3. Montrer que la période des oscillations est : $T = 2\tau \ln\left(\frac{2R_1+R_2}{R_2}\right)$

Déterminer la valeur numérique de T.

L'oscillateur à pont de Wien est un oscillateur à rétroaction constitué d'un montage à amplificateur opérationnel (supposé idéal et fonctionnant en régime linéaire) et d'un filtre appelé filtre de Wien, ce dernier est un circuit RC série en série avec un circuit RC parallèle.

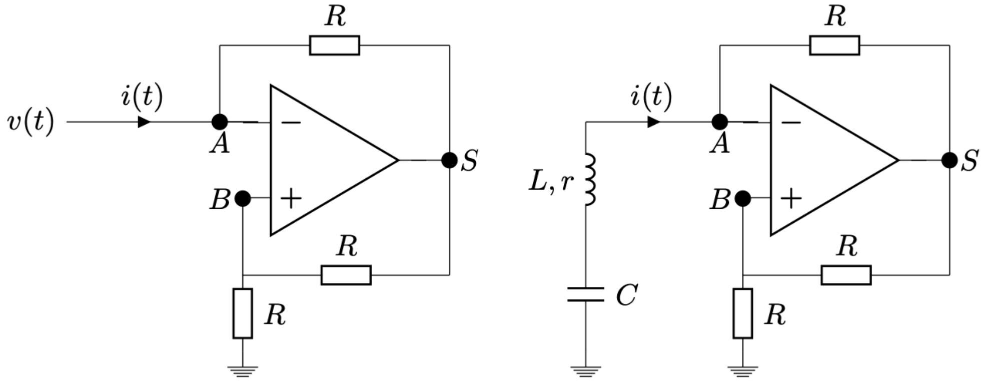


1. Donner la relation entre la tension de sortie v et la tension d'entrée u du montage à amplificateur opérationnel seul.
2. Déterminer la fonction de transfert $\underline{H} = \dfrac{\underline{w}}{\underline{v}}$ du filtre de Wien seul.

   Quelle valeur ω_0 de la pulsation rend son gain maximum ? Que vaut le gain maximum ?
3. La résistance R_2 est réglable , pour quelle valeur minimale R_{2m} de R_2 ce système est-il un oscillateur ?
   Quelle est la fréquence des oscillations ?

OSCILLATEUR À RESISTANCE NÉGATIVE

On considère les montages ci-dessous où l'ALI est idéal. On note V_{sat} et $-V_{sat}$ ses tensions de saturation.



1. Pour le premier montage, donner la relation entre $v(t)$ et $i(t)$ en régime linéaire et en régime de saturation. Quelle est la condition sur $i(t)$ pour être en régime linéaire?

2. Construire le graphe $v = f(i)$. Dans quelle partie le montage est-il équivalent à une résistance négative? Donner une interprétation physique.

3. Pour le second montage, établir l'équation différentielle régissant l'évolution de $i(t)$ en régime linéaire et en régime de saturation.

4. Quelle est la condition sur R pour avoir des oscillations sinusoïdales?

5. Interpréter le signal suivant avec des conditions initiales quasi-nulles. Pourquoi doit-on avoir $r < R$ pour avoir des oscillations quasi-sinusoïdales?