

Commande d'une pompe pour cœur artificiel

Pour réaliser correctement la commande d'une pompe cardiaque, il est nécessaire d'exciter le cœur artificiel avec un signal sinusoïdal de fréquence de l'ordre de 20 kHz. Pour cela, on utilise l'oscillateur représenté figure 2. Dans toute la suite, la pulsation des signaux est notée ω .

A / Oscillateur

On suppose tous les amplificateurs opérationnels (ou amplificateurs linéaires intégrés ALI) comme idéaux et fonctionnant en régime linéaire.

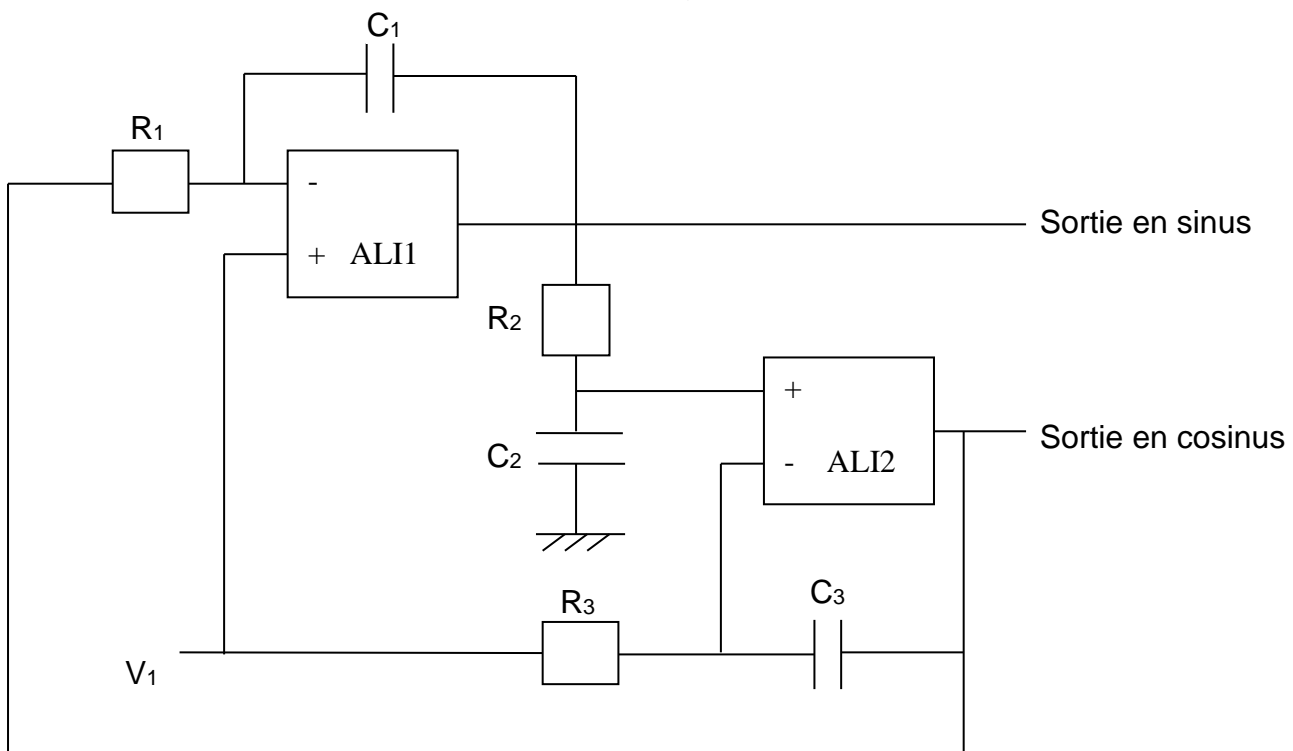


Figure 2

$$R_1 = R_2 = R_3 = 9,76 \text{ k}\Omega ; C_1 = C_2 = C_3 = 820 \text{ pF}.$$

A.1 On considère le bloc 1, représenté en figure 3. On se place en régime sinusoïdal.

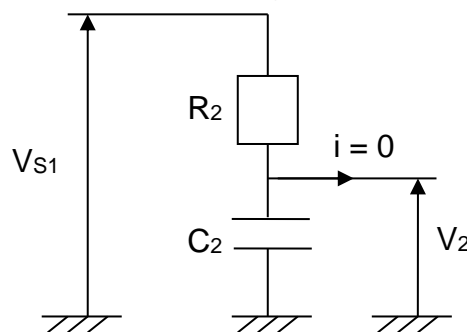


Figure 3 : bloc 1

Montrer que la fonction de transfert du bloc 1 est donnée par l'expression littérale suivante :

$$H_1 = \frac{V_2}{V_{S1}} = \frac{1}{1 + jR_2C_2\omega}$$

Déterminer la nature de ce filtre.

A.2 À partir de la fonction de transfert, déterminer l'équation différentielle reliant $V_2(t)$ à $V_{S1}(t)$.

A.3 Dans le cas où $V_{S1}(t) = V_{S10} \cdot \cos(\omega t)$, avec $V_{S10} > 0$, donner la forme de la solution générale $V_2(t)$ de l'équation précédente. On ne déterminera aucune des constantes d'intégration.

A.4 Le système est-t-il stable ?

A.5 On considère le bloc 2, représenté en figure 4. Établir la relation entre les tensions V_1 , V_{S1} et V_{S2} .

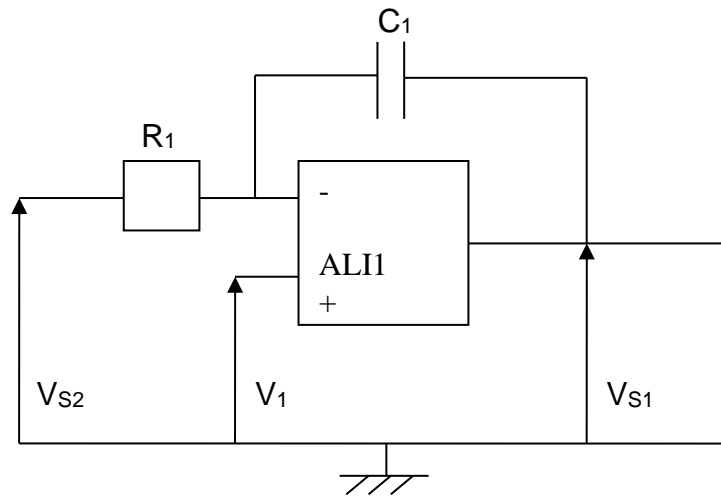


Figure 4 : bloc 2

A.6 Dans le cas où $V_1 = 0$ V, déterminer la fonction réalisée par le bloc 2.

A.7 On considère le montage complet, représenté en figure 2. On se place dans le cas où $V_1 = 0$ V.

Montrer à partir des relations établies précédemment que ce système réalise un oscillateur sinusoïdal à la pulsation ω si la condition suivante est réalisée :

$$1 + a_3p + a_1a_3p^2 + a_1a_2a_3p^3 = 0$$

où $p = j\omega$ et $\forall i \in \{1,2,3\}, a_i = R_iC_i$.

La fréquence de l'oscillateur ainsi obtenue, correspond-elle à ce qui est attendu ?

A.8 On considère toujours le montage complet, représenté en figure 2. Justifier que, si la tension de sortie de l'ALI 2 est en cosinus, alors celle de l'ALI 1 est en sinus.

B / Modulation d'amplitude

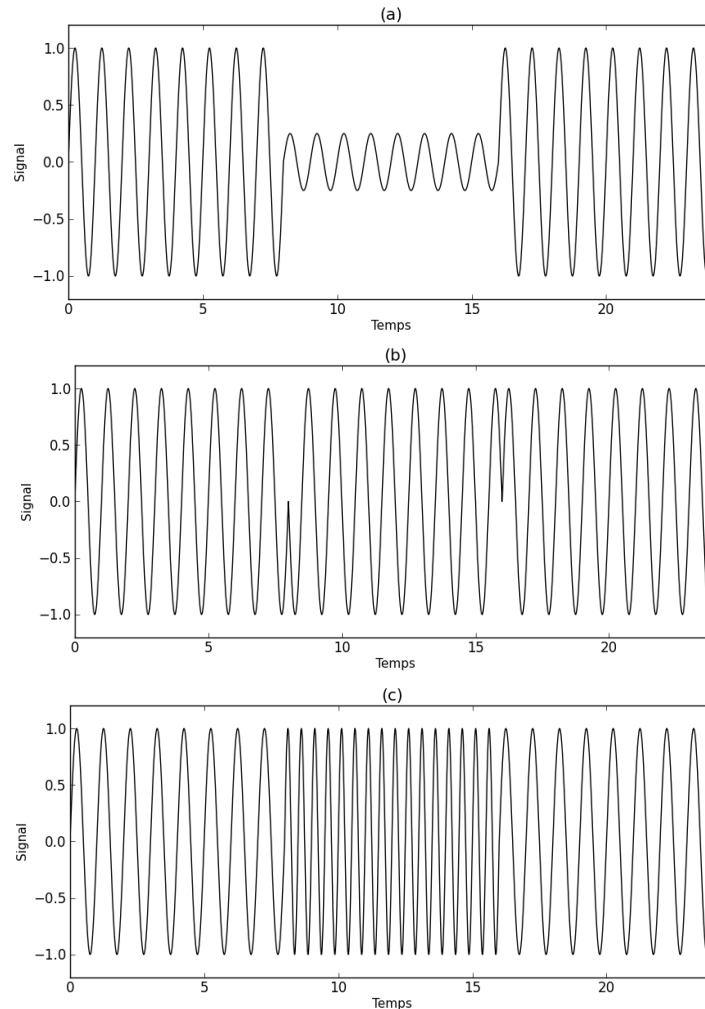
Le transfert des données utiles au bon fonctionnement du cœur artificiel utilise la modulation.

B.1 Identifier, parmi les documents 1a, 1b et 1c ci-dessous, les modulations en amplitude, en fréquence et en phase.

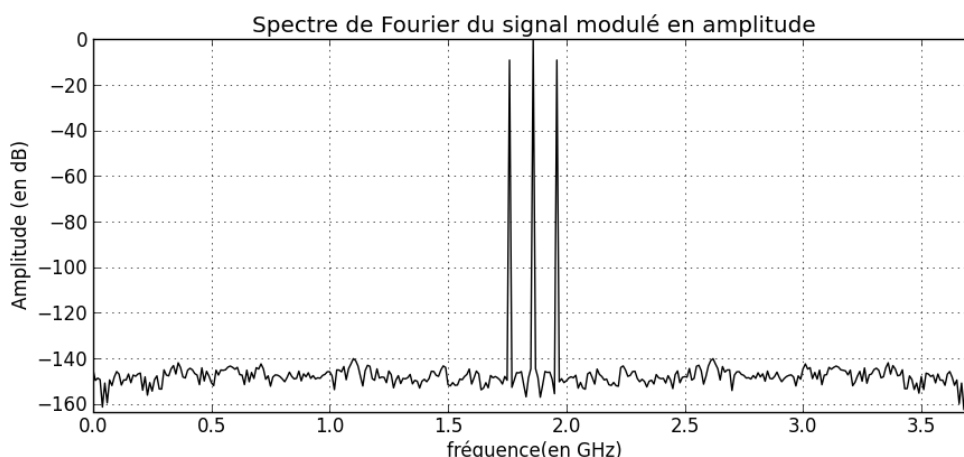
B.2 À partir des documents 2 et 3, déterminer la fréquence du signal (supposé sinusoïdal) transmis par modulation d'amplitude, ainsi que la fréquence de la porteuse supposée sinusoïdale elle aussi.

ANNEXE 1

Document 1 : les différentes modulations utilisées en télémétrie biomédicale sont représentées ci-dessous.



Document 2 : Spectre du signal modulé en amplitude.



Document 3 : Modulation en amplitude.

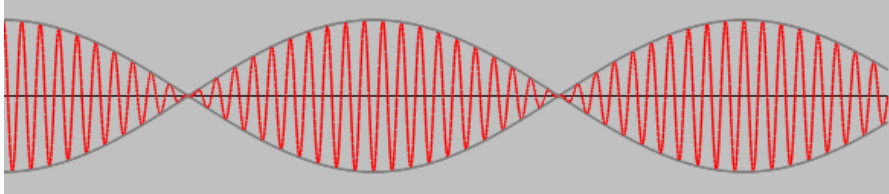
Modulation par multiplication :

Le signal à transmettre est de la forme :

$$s_m(t) = A_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)$$

La multiplication de ce signal par la porteuse $p(t) = A_p \cdot \cos(\omega_p \cdot t)$ conduit au signal :

$$s(t) = k \cdot A_p \cdot A_m \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos(\omega_p t) :$$



La linéarisation de l'expression ci-dessus montre que le spectre du signal $s(t)$ comporte les deux fréquences $f_p - f_m$ et $f_p + f_m$.

Pour démoduler ce signal, il faut effectuer le produit de $s(t)$ par une porteuse locale et filtrer le signal avec un filtre passe bas.

Modulation d'amplitude :

La méthode par multiplication ci-dessus nécessite la reconstruction de la porteuse à la réception, ce qui constitue une complication.

Pour l'éviter, la porteuse est ajoutée, avant émission, au signal $s(t)$ ci-dessus qui devient : $m(t) = A_p \cdot \cos(\omega_p \cdot t) + k \cdot A_p \cdot A_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t) \cdot \cos(\omega_p \cdot t)$. La modulation d'amplitude est alors réalisée :

