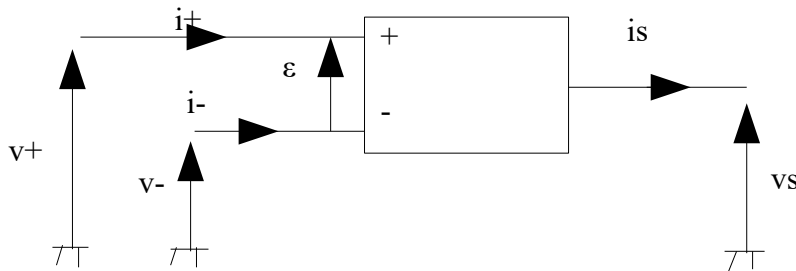


EXERCICES ELECTRONIQUE 2.

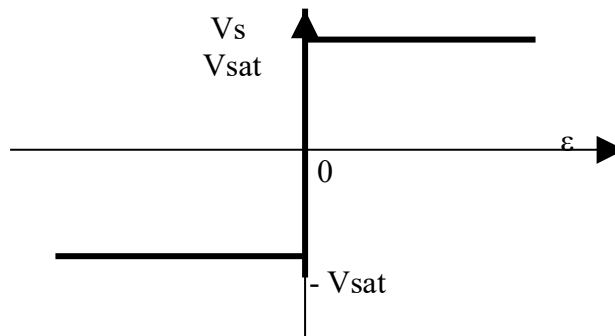
On rappelle les propriétés d'un ALI idéal :



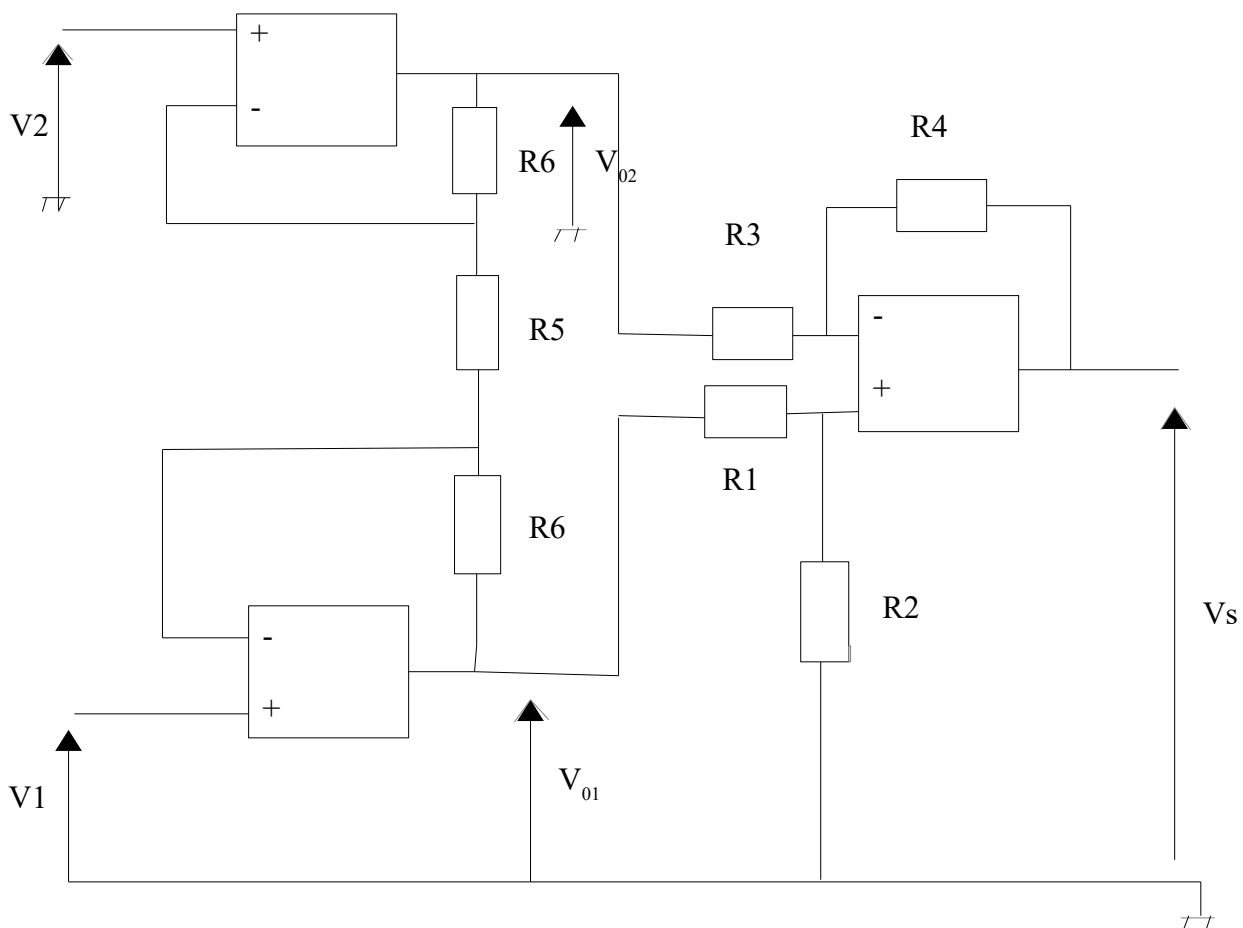
Le gain A est infini, les impédances d'entrées sont infinies (les intensités i_+ et i_- sont nulles), l'impédance de sortie est nulle, la bande passante est infinie.

Fonctionnement en régime linéaire : $\varepsilon = 0$, les courants entrant en « + » et « - » sont nuls : la sortie est une source de tension idéale

Fonctionnement en régime saturé : $\varepsilon \neq 0$, la tension de sortie est soit égale à $+V_{cc}$ ou à $-V_{cc}$.



Exercice 1 : Soit le montage suivant où les amplificateurs opérationnels sont supposés idéaux et en fonctionnement linéaire.



1- Déterminer V_s en fonction de V_{01} et V_{02} .

2- Déterminer v_{01} et v_{02} en fonction de V_1 et V_2 .

3- En déduire V_s en fonction de $V_1 - V_2$, sachant que $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$. Quel est le rôle de ce montage ?

Exercice 2: simulateur d'inductance

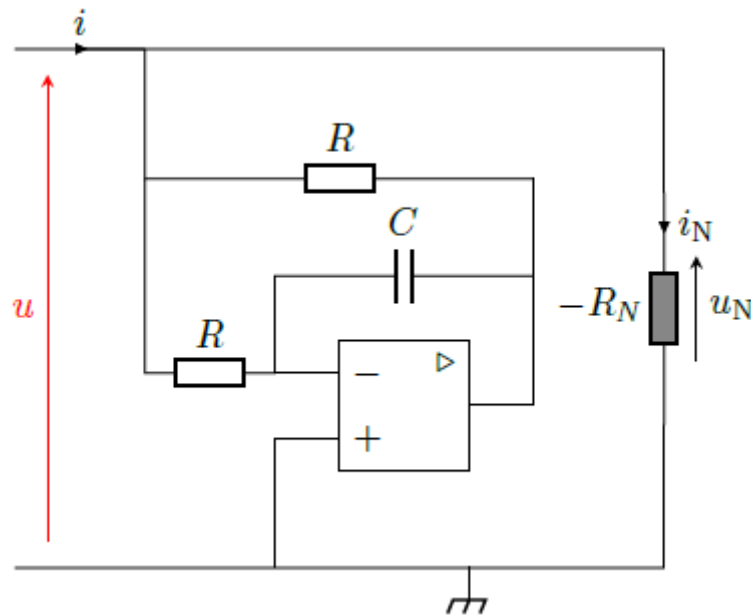
Les bobines sont des composants très utilisés en électronique de puissance, mais leur grande taille les rend peu pratiques à insérer dans des circuits intégrés. Ce n'est cependant pas un souci puisqu'elles peuvent être remplacées par des montages à ALI comme celui représenté ci-dessous, beaucoup plus compact.

L'ALI fonctionne en régime linéaire. Le dipôle « $-R_N$ » désigne l'impédance d'entrée d'un autre montage à ALI, dit à résistance négative, dont la loi de comportement s'écrit $u_N = -R_N i_N$.

1 - Déterminer l'impédance d'entrée $\underline{Z}$ du montage. Il pourra être plus simple de déterminer d'abord

l'admittance $\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$.

2 - En déduire la valeur à donner à R_N pour que le montage soit équivalent à une inductance pure, et en déduire L_{eq} .



Exercice 3 :moteur alimenté en courant redressé

Un moteur à courant continu est modélisé par une résistance $r = 5\Omega$ en série avec une bobine d'inductance propre $L = 0,6 \text{ H}$. L'ensemble est alimenté par un signal redressé $u(t) = \max(0, E_0 \sin \omega t)$ avec $E_0 = 24 \text{ V}$ et

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 50 \text{ Hz}.$$

1- Déterminer l'allure du courant $i(t)$ qui parcourt le moteur.

2- Evaluer rapidement la puissance moyenne P consommée par le moteur.

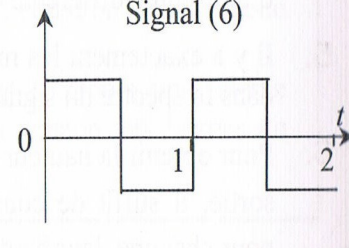
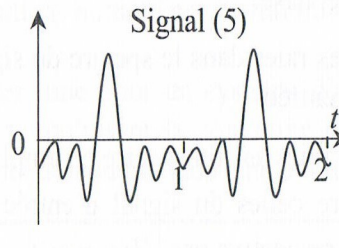
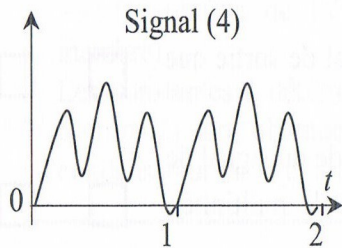
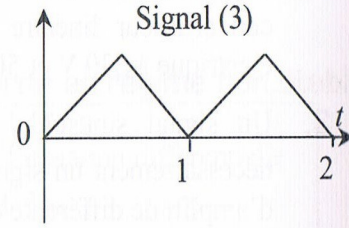
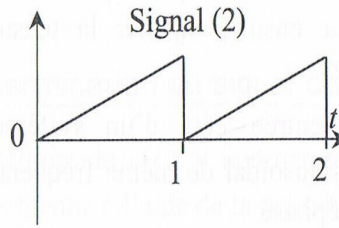
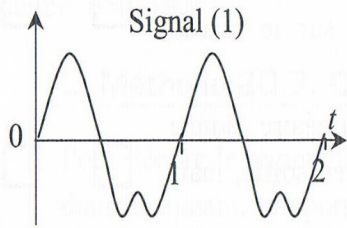
Données: développement en série de Fourier du signal monoalternance $u(t)$:

$$u(t) = E_0 \left[\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin(2\pi f t) - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{4n^2 - 1} \cos(2n 2\pi f t) \right]$$

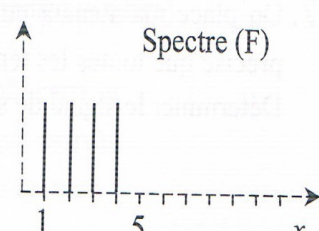
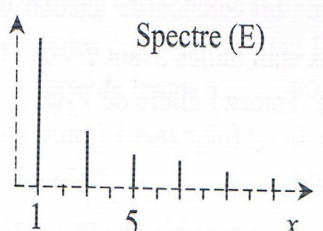
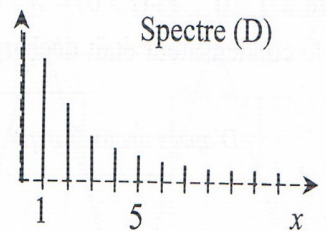
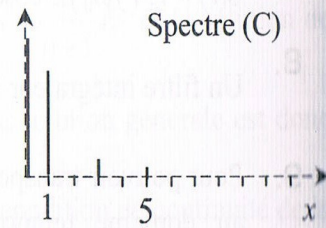
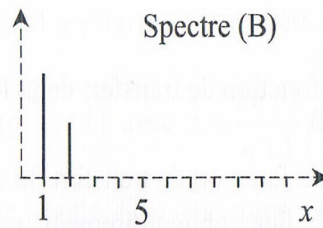
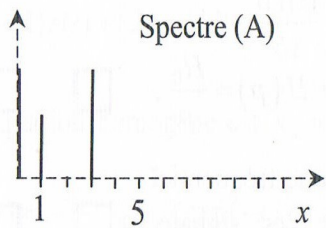
Exercice 4: étude de spectres

On considère 6 signaux dont on a effectué le spectre . En justifiant votre réponse , associer chaque signal à son spectre .

Signaux (Échelle des temps en ms)



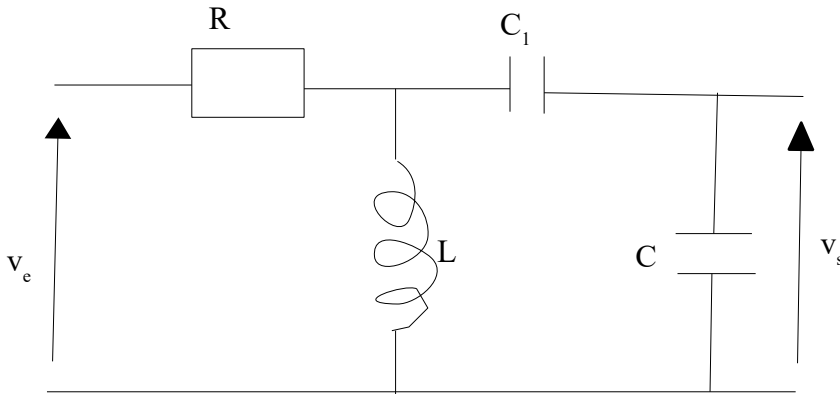
Spectres ($x = f / f_0$ avec $f_0 = 1\text{kHz}$)



On considère le montage suivant :

Exercice 5: filtre Colpitts

On considère le montage suivant :



On pose $C_e = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$.

I Etude du comportement fréquentiel :

1- Etablir la fonction de transfert de ce montage et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme

$$H(j\omega) = \frac{K}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)} \quad . \quad \text{Déterminer } K, Q \text{ et } \omega_0 \text{ en fonction de } R, L, C_e \text{ et } C_2.$$

2- On donne les diagrammes de Bode en amplitude et en phase :

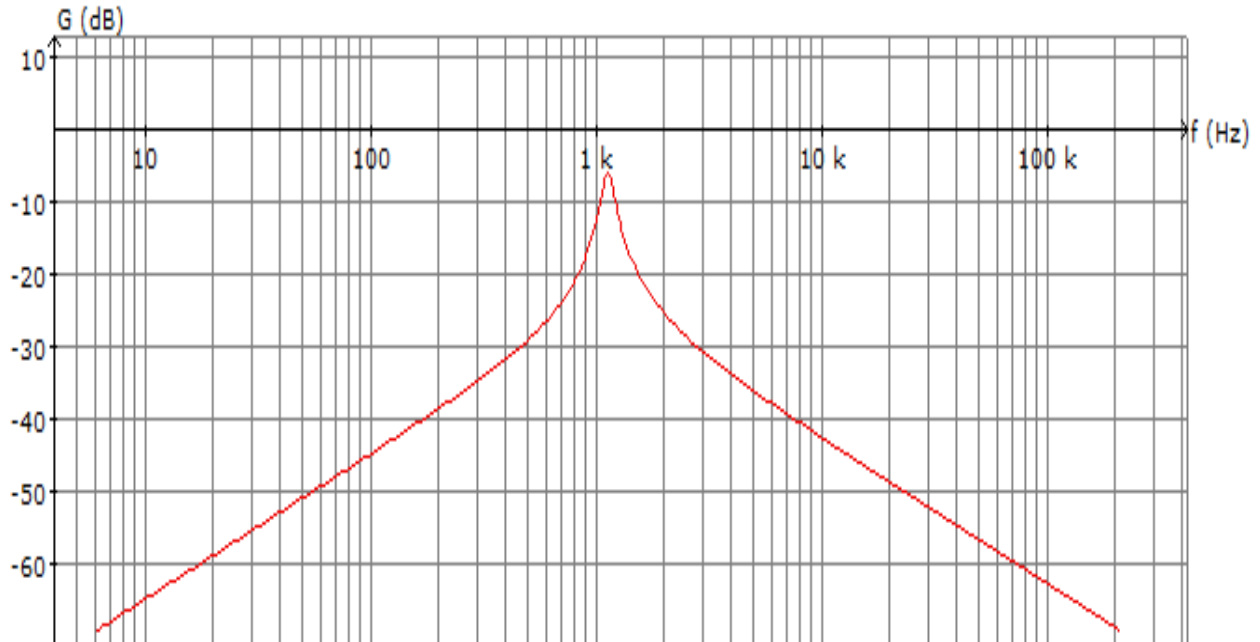


Diagramme de Bode en amplitude

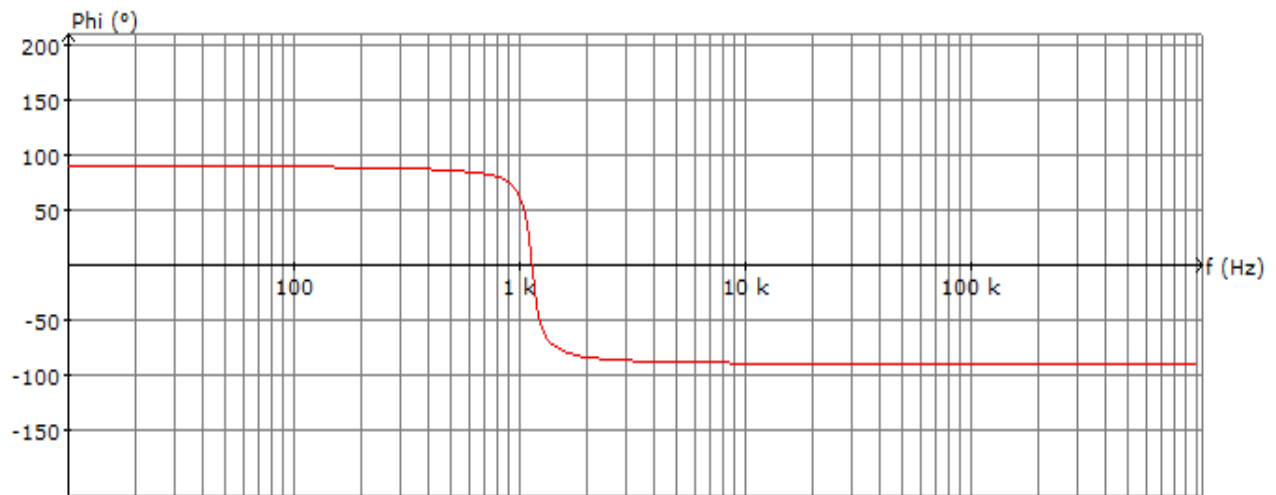
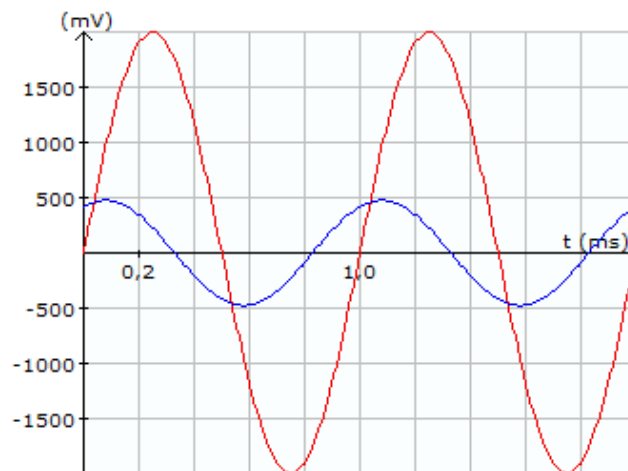


Diagramme de Bode en phase

- a- Ces diagrammes sont-ils compatibles avec la fonction de transfert du montage (justifiez) .
- b- On prend $C_2 = 1 \mu\text{F}$. Déterminer les valeurs numériques de L , R et C_1 .
- c- Déterminer la bande passante du montage (calcul attendu) .

3- On place en entrée du montage un signal sinusoïdal de fréquence $f_1 = 1 \text{ kHz}$ et on visualise à l'oscilloscope les courbes donnant les tensions d'entrée et de sortie .

On obtient les chronogrammes suivant , les calibres sont identiques sur les voies .



Réponse du filtre à un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz .

- a- Quel couplage doit-on choisir pour l'oscilloscope ?
- b- Si on veut mesurer l'amplitude des tensions d'entrée et de sortie avec un voltmètre , quelle doit être le mode à choisir, quelle grandeur mesurez vous alors ?
- c- Etudier la concordance entre les chronogrammes et la réponse en fréquence du filtre .
- d- On place en entrée un signal ayant la même composante alternative que le signal précédent et de valeur moyenne non nulle, quel signal obtient-on en sortie ?

4- On place en entrée un signal triangle de fréquence 50 Hz . Quel est la nature du signal obtenu en sortie ?

5- On place en entrée un signal créneau de fréquence 20 kHz . Quel est la nature du signal obtenu en sortie ?

Exercice 6 : action d'un filtre sur un signal non sinusoïdal .

On considère le montage représenté en fin d'exercice pour lequel l'ALI sera considéré idéal et en fonctionnement linéaire .

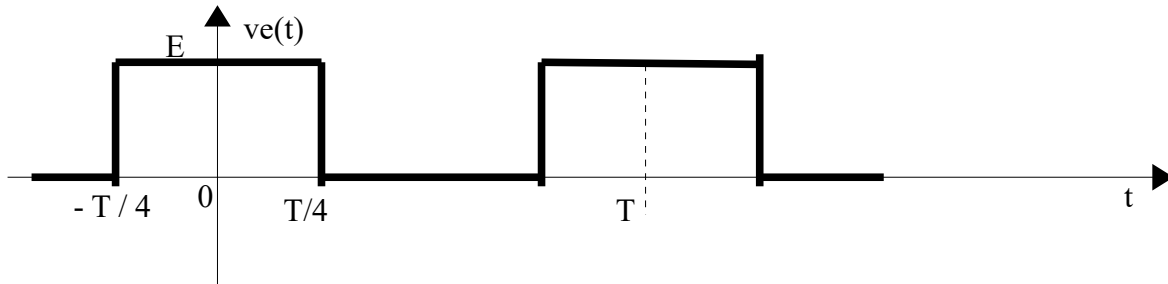
- 1- Prévoir les comportements basse et haute fréquence . Quelle est la nature de ce filtre ?
- 2- Calculer la fonction de transfert de ce filtre et la mettre sous forme canonique .
- 3- Tracer l'allure des diagrammes de Bode en fonction de $\frac{\omega}{\omega_0}$ avec ω_0 la pulsation caractéristique du filtre (vous devez étudier et faire figurer les diagrammes asymptotiques).

Pour les questions 4 et 5 on considère $R = 12 \text{ k}\Omega$ $C = 10 \text{ nF}$

4- On applique en entrée un signal $v_e(t) = E \cos^3(\Omega t)$ avec $\Omega = 5890 \text{ rad.s}^{-1}$, déterminer le signal de sortie .

5- On applique maintenant en entrée le signal suivant :

Déterminer en utilisant les données le développement en série de Fourier du signal suivant :



a- Déterminer en utilisant les données le développement en série de Fourier du signal $v_e(t)$.

Donnée :

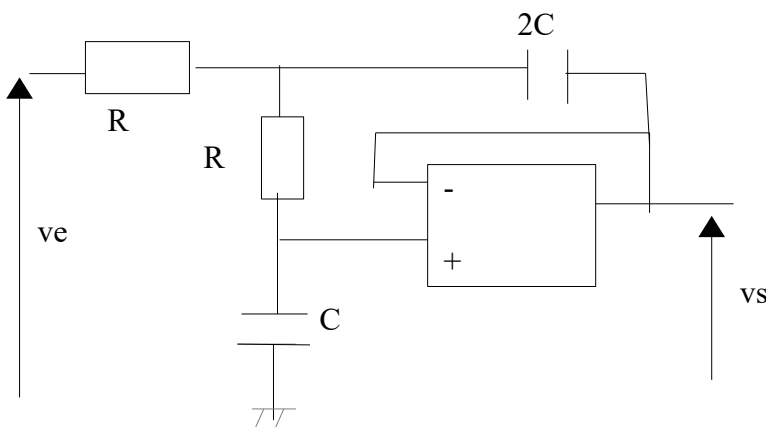
Développement en série de Fourier d'un signal carré impaire symétrique d'amplitude E_0 de pulsation w .

$$v_c(t) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{4 E_0}{(2p+1)\pi} \sin[(2p+1)wt]$$

b- Déterminer la tension obtenue en sortie du filtre dans le cas où la fréquence du signal d'entrée vaut :

- 5 kHz
- 938 Hz
- 312 Hz
- 20 Hz

6- On place maintenant en entrée du filtre un échelon de tension d'amplitude E . Les condensateurs étant initialement non chargés , déterminer l'expression de $v_s(t)$.

**Exercice 7:** modulation d'amplitude

La transmission des informations par voie hertzienne nécessite l'emploi d'une antenne qui a une largeur de bande limitée et qui a des dimensions de l'ordre de la longueur d'onde du signal à transmettre . Il est donc impossible aussi bien pour des questions d'encombrement que de largeur de bande d'émettre directement un signal basse fréquence . Il est nécessaire de transposer les informations basse fréquence dans une zone étroite de fréquence située autour de la fréquence d'accord de l'antenne : c'est l'opération de **modulation** .

Un oscillateur fournit un signal sinusoïdal haute fréquence que l'on appelle la porteuse (sa fréquence étant appelée

fréquence porteuse) $s_p(t) = s_0 \cos(2\pi f_p t)$ qui ne contient aucune information sinon sa propre existence.

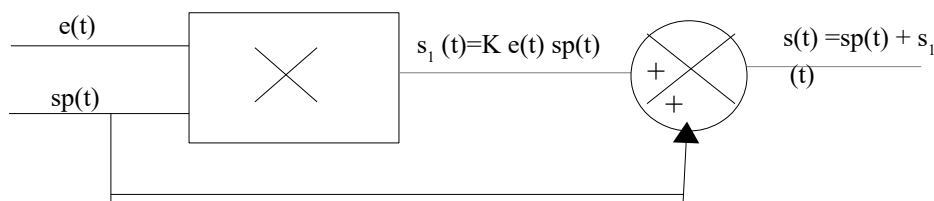
L'information à transmettre doit être utilisée pour modifier l'une de ces caractéristiques :

- l'amplitude varie au rythme du signal BF à transmettre : c'est la modulation d'amplitude.
- la fréquence varie au rythme du signal BF : c'est la modulation de fréquence
- la phase varie au rythme du signal BF : c'est la modulation de phase

En dehors des problèmes de dimensionnement il y a des avantages à utiliser une porteuse pour transmettre un signal :

- si la porteuse est de fréquence élevée, une puissance faible suffira pour obtenir une portée importante avec une antenne de faibles dimensions.
- on peut faire cheminer sur un même fil plusieurs porteuses modulées par des signaux BF différents ; à la réception ces informations seront isolées par un filtrage : c'est le multiplexage de fréquences.

1- Pour réaliser un signal modulé en amplitude on peut utiliser un multiplieur analogique :



$e(t) = E \cos(\Omega t)$ signal basse fréquence à transmettre $s_p(t) = S_0 \cos(\omega_p t)$ signal porteur

Montrer que le signal modulé en amplitude obtenu en sortie a pour expression

$$s(t) = S_0 (1 + m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_p t) \quad \text{où} \quad f_p = \frac{\omega_p}{2\pi} \quad \text{est la fréquence porteuse et } m \text{ est l'indice de modulation.}$$

On supposera $\omega_p > \Omega$.

2- Représenter le signal $s(t)$ pour $m < 1$ et $m > 1$.

3- Déterminer le spectre du signal $s(t)$. L'opération de modulation est-elle linéaire ?

4- Comment peut-on déduire le spectre de $s(t)$, si le terme $m \cos(\Omega t)$ est remplacé, dans l'expression ci-dessus, par $m_1 \cos(\Omega_1 t) + m_2 \cos(\Omega_2 t)$.

En déduire l'allure du spectre obtenu pour un signal modulant dont le spectre est limité par les fréquences $f_{\min}$ et $f_{\max}$.

Dans la suite on revient à $e(t) = E \cos(\Omega t)$.

5- Rappeler la forme canonique de la fonction de transfert d'un filtre passe bande du second ordre, de fréquence de résonance f_p . Montrer que pour une fréquence proche de f_p il est possible d'utiliser l'expression approchée suivante

de la fonction de transfert :
$$\frac{G_0}{1 + 2jQ \frac{(f - f_p)}{f_p}} \quad \text{On prendra} \quad G_0 > 0.$$

6- Le signal $s(t)$ traverse un filtre passe bande de fréquence de résonance f_p et de coefficient de qualité Q . Montrer que l'influence du filtre sur $s(t)$ peut se résumer à l'introduction d'un déphasage sur le signal modulant et une

diminution de l'indice de modulation. Chiffrer cette dernière si la fréquence modulante $F = \frac{\Omega}{2\pi}$ est 0,5% de la fréquence porteuse et pour un coefficient de qualité égal à 50.

7- Le signal modulé en amplitude est reçu par une antenne, afin de récupérer le signal modulant, on multiplie le signal modulé par la porteuse. Montrer que moyennant une dernière opération, on pourra ainsi récupérer le signal modulant.

Exercice 8 : régulation de température

Cet exercice propose l'étude d'un dispositif simple de régulation thermique, réalisable avec des composants électroniques bon marché. Le régulateur permet de maintenir la température T d'une pièce autour d'une valeur de consigne T_c , en enclenchant le système de chauffage lorsque $T \leq T_c - \Delta T$ et en le stoppant lorsque $T \geq T_c + \Delta T$. Le déclenchement du système de chauffage se fait pour un signal de commande positif, l'arrêt pour un signal de commande négatif.

Le régulateur dispose d'une sonde de température permettant la mesure de T . On utilise comme capteur de température une thermistance CTN (pour Coefficient de Température Négatif), dont la résistance $R(T)$ diminue lorsque la température T augmente. Le dispositif de régulation est réalisé à l'aide du montage représenté figure 1 dans lequel $R(T)$ est la résistance CTN et $E(T_c)$ est fonction de la température de consigne T_c selon la loi $E(T_c) = a + b T_c$,

L'ALI du bloc 2 est supposé idéal, de tensions de saturation $-V_{sat}$ et V_{sat} .

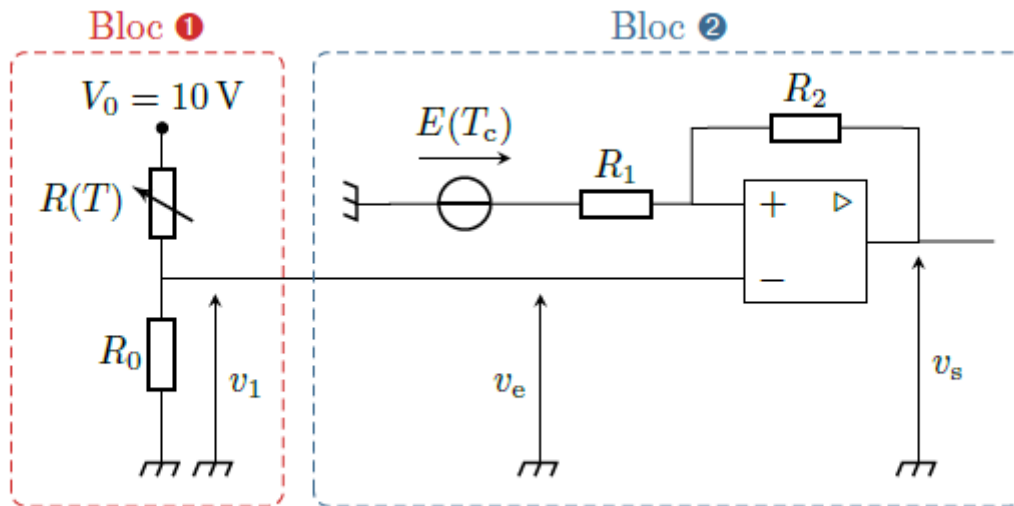


Figure 1 – Schéma du régulateur de température.

1 - Déterminer l'expression littérale de $v_1(T)$ en fonction des composants du bloc 1. On admet que dans la plage de température étudiée, la loi de comportement de la thermistance CTN permet d'approximer $v_1(T) \simeq \alpha + \beta T$ (α, β deux constantes connues).

2 - Montrer que le potentiel de l'entrée non-inverseuse de l'ALI s'écrit $v_+ = k v_s + (1 - k) E$ avec $k = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

3 - Justifier que l'ALI du bloc 2 fonctionne en régime de saturation. Déterminer en fonction de E les valeurs de la tension v_e pour lesquels il y a changement d'état de saturation.

4 - Tracer la caractéristique $v_s = f(v_e)$. Quelle est la fonction réalisée par le montage ?

5 - Écrire les conditions de basculement en termes des températures. En déduire que le bon fonctionnement du système impose $k = \frac{\beta \Delta T}{V_{sat}}$

6 - Montrer alors que les coefficients doivent vérifier la relation $[(1 - k) b - \beta] T_c + [(1 - k) a - \alpha] = 0$
En déduire les expressions de a et b .