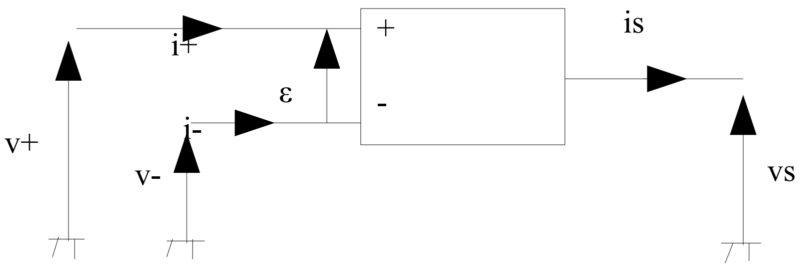
# EXERCICES ELECTRONIQUE 2 .

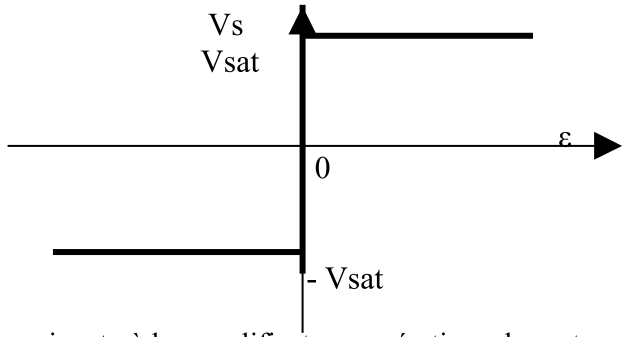
On rappelle les propriétés d'un ALI idéal :



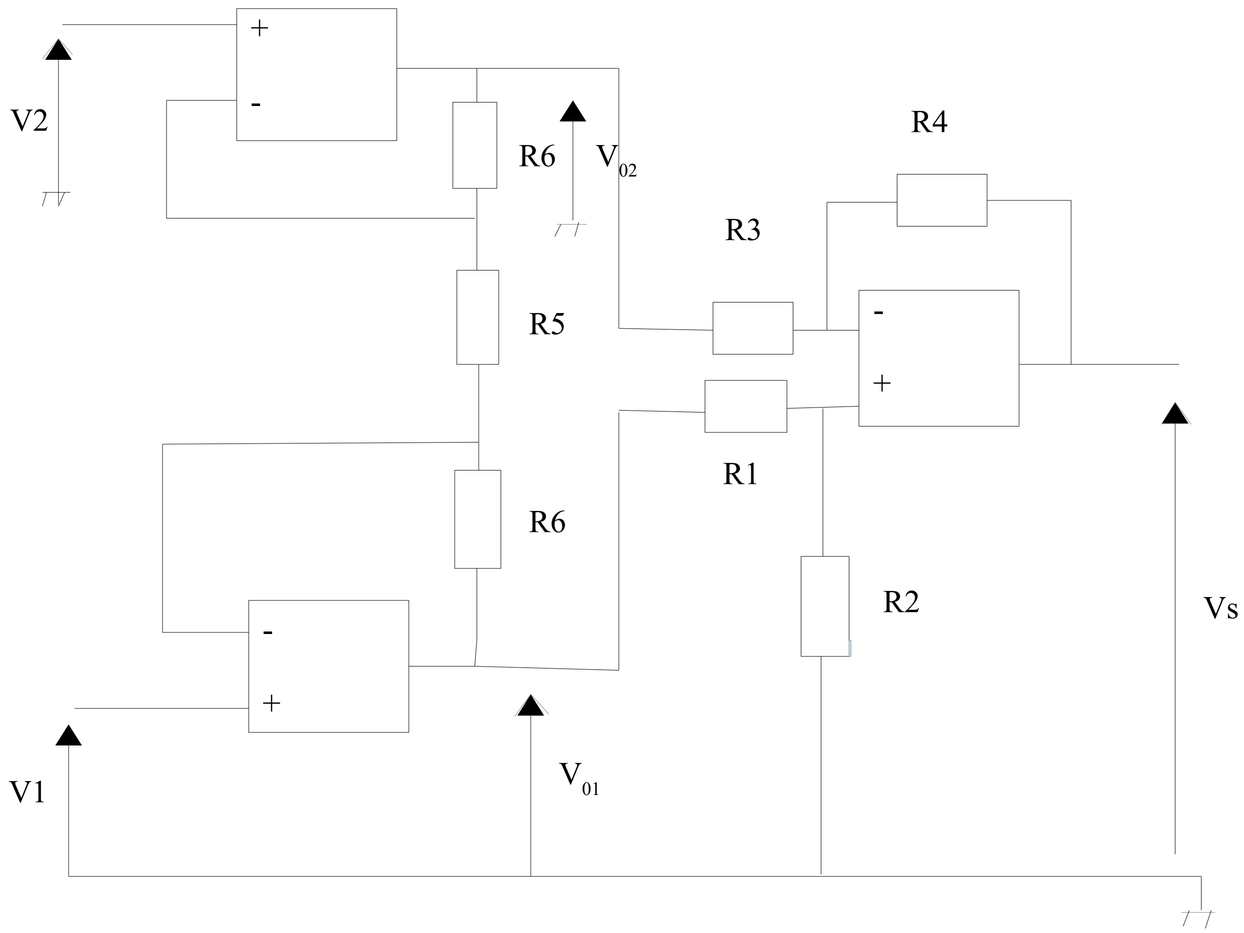

Le gain A est infini , les impédances d'entrées sont infinies ( les intensités i+ et i- sont nulles ) , l'impédance de sortie est nulle , la bande passante est infinie .

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

**Fonctionnement en régime saturé :** $\varepsilon \neq 0$ , la tension de sortie est soit égale à + Vcc ou à - Vcc.

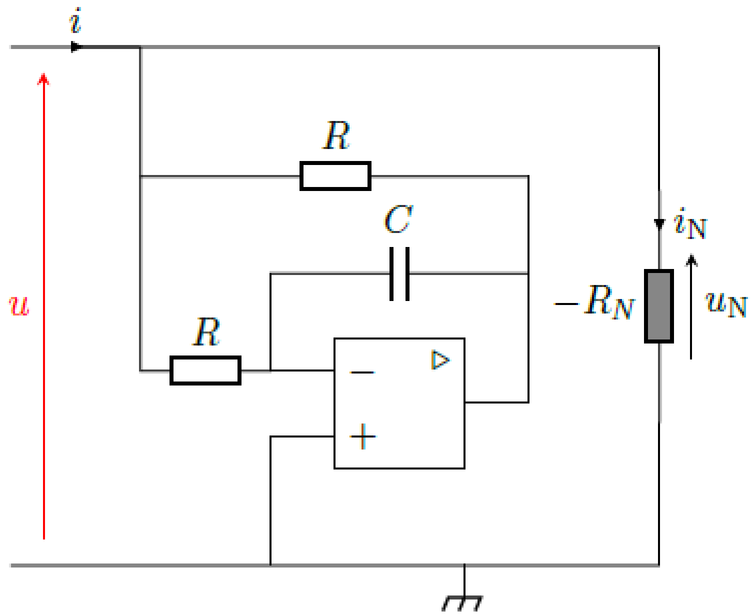



**Exercice 1 :** Soit le montage suivant où les amplificateurs opérationnels sont supposés idéaux et en fonctionnement linéiare .



1- Déterminer Vs en fonction de $V_{01}$ et $V_{02}$ .
2- Déterminer vo1 et vo2 en fonction de V1 et V2 .
3- En déduire Vs en fonction de V1 – V2 , 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 $L_{éq}$.



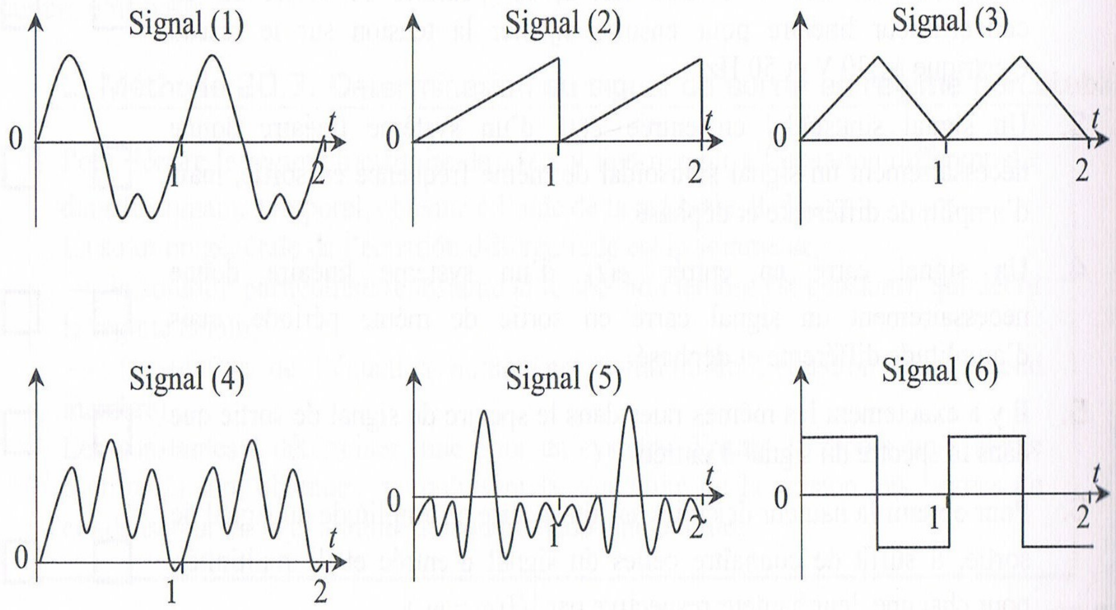

**Exercice 3 :**moteur alimenté en courant redressé
Un moteur à courant continu est modélisé par une résistance r = 5Ω en série avec une bobine d'inductance propre L = 0,6 H . L'ensemble est alimenté par un signal redressé $u(t)=max(0, E_0 \sin wt)$ avec $E_0=24\,V$ et $f=\frac{w}{2\pi}=50\,Hz$ .
1- Déterminer l'allure du courant i(t) qui parcourt le moteur .
2- Evaluer rapidement la puissance moyenne P consommée par le moteur .

*<u>Données:</u>développement en série de Fourier du signal monoalternance u(t) :*
$$u(t)=E_0\left[\frac{1}{\pi}+\frac{1}{2}\sin(2\pi f t)-\frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{4n^2-1}\cos(2n\,2\pi f t)\right]$$

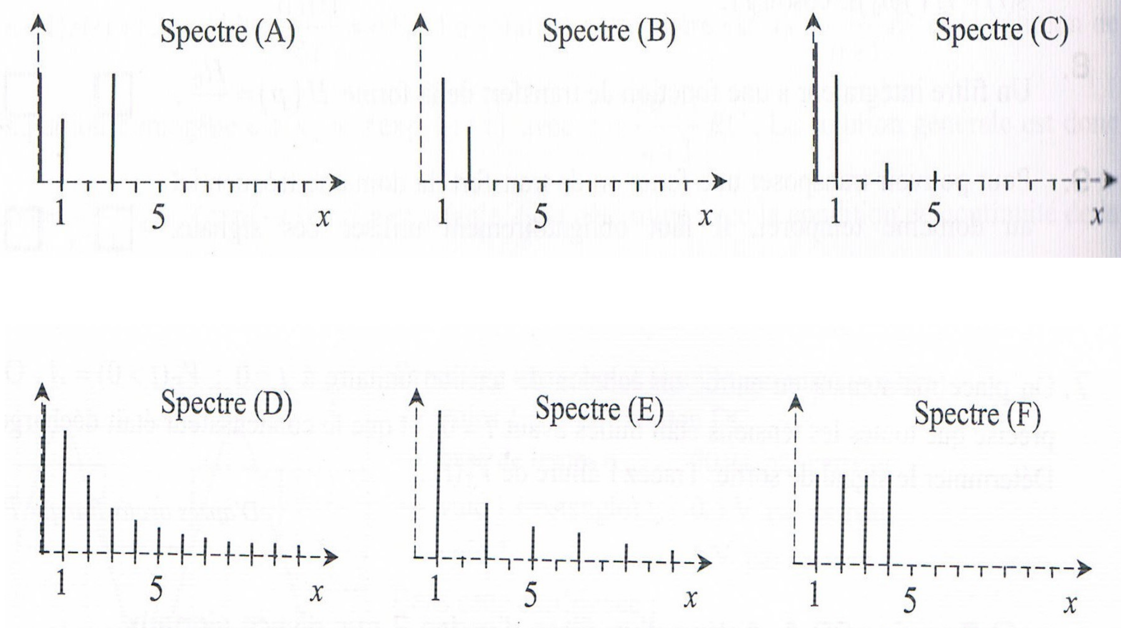
**Exercice 4:**étude de spectres

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 $f_0 = 1\text{kHz}$ )




**Exercice 5 :** 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 $w_0$ la pulsation caractéristique du filtre

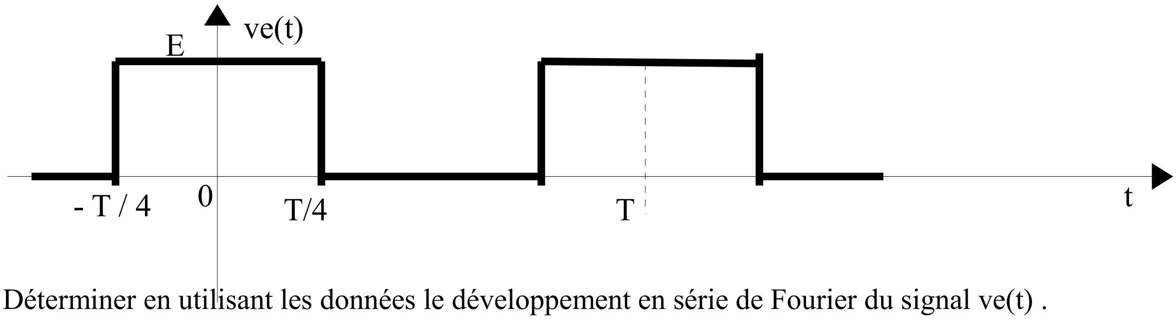
( vous devez étudier et faire figurer les diagrammes asymptotiques ).

Pour les questions 4 et 5 on considère R = 12 kΩ    C = 10 nF

4- On applique en entrée un signal $v_e(t) = E\cos^3(\Omega t)$ avec Ω= 5890 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 ve(t) .

*Donnée :*

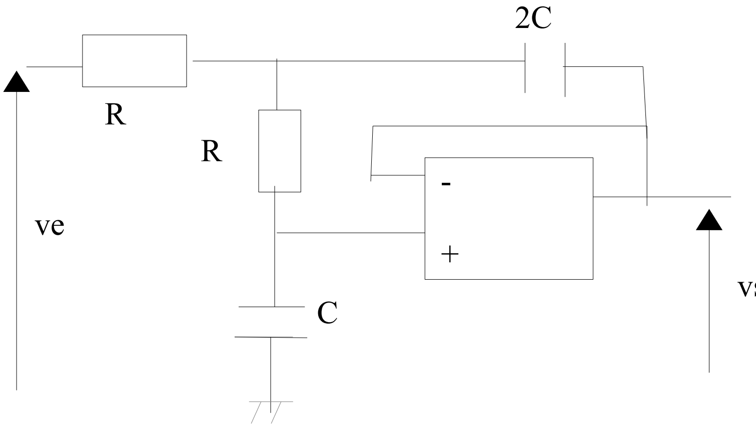
Développement en série de Fourier d'un signal carré impaire symétrique d'amplitude Eo de pulsation w .

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

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 vs(t) .




**Exercice 6:** filtrage d'un signal sonore .

Pour analyser les composantes fréquentielles d'un signal sonore , on utilise un transducteur ( microphone ) qui convertit le signal en une tension ve , puis un filtre passe-bande qui extrait les composantes sinusoïdales de ve de fréquences voisines d'une fréquence fo donnée . On note vs la tension de sortie du filtre . Le filtre a pour fonction de transfert :

$$\underline{F}(jw) = \frac{\underline{v_s}}{\underline{v_e}} = \frac{F_0}{1 + jQ\left(\frac{w}{w_0} - \frac{w_0}{w}\right)} \quad .$$

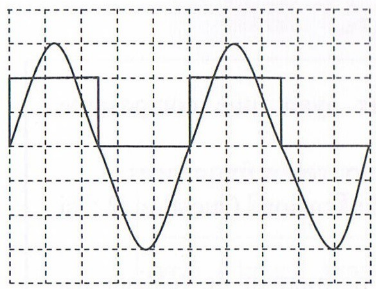
On se propose de déterminer les caractéristiques Fo , Q et wo du filtre à partir des oscillogrammes obtenus en régime périodique pour une tension d'entrée ve rectangulaire pour deux valeurs de fréquences .

On rappelle la décomposition en série de Fourier de ve(t) dans le cas où ve(t) est périodique de période T avec pour

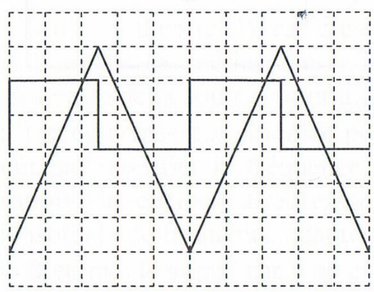
$0 \le t \le \frac{T}{2} : ve(t) = V_0$ et pour $\frac{T}{2} \le t \le T : ve(t) = 0$ :

$$ve(t) = V_0\left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi}\sum_{k=0}^{\infty}\frac{1}{2k+1}\sin((2k+1)w_1 t)\right) avec\, w_1 = \frac{2\pi}{T}$$

**Première expérience :**
→ voies 1 et 2 en position DC
→ base de temps : 50 µs par carreau
→ voie 1 ( rectangle ) : 0,5 V par carreau
→ voie 2 : 2V par carreau
Dans cette expérience :
→ la tension vs obtenue est quasi-sinusoïdale ;
→ si on augmente la fréquence de ve par rapport à la valeur correspondant à cet oscillogramme , on constate que l'amplitude de vs diminue ;
→ si , par rapport à cette même fréquence , on diminue légèrement la fréquence de ve , on constate que l'amplitude de vs diminue également .


Première expérience

**Deuxième expérience :**
→ voies 1 et 2 en position DC .
→ base de temps : 5 µs par carreau
→ voie 1 ( rectangle ) : 2 V par carreau


Deuxième expérience

→ voie 2 : 0,2 V par carreau
1- Pourquoi , dans chaque expérience , la tension de sortie vs ne comporte-t-elle pas de composante continue contrairement à la tension d'entrée ve ?
2- Première expérience:comment expliquez vous que l'on obtienne une tension de sortie quasi-sinusoïdale ? En déduire wo et Fo .
3- Dans le deuxième expérience , quel est le comportement du filtre ? Donner une expression approchée de la fonction de transfert du filtre dans le domaine de fréquence correspondant à cette deuxième expérience . Déterminer la valeur de Q ( on se souviendra que la composante continue de ve n'est pas intégrée ) .

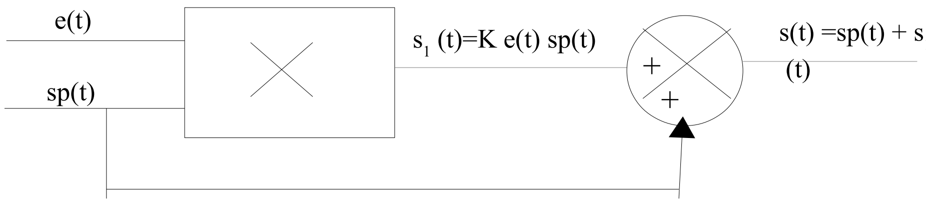
__Exercice 7:__ modulation d'amplitude
_La transmission des informations par voie hertzienne nécessite l'emploi d'une antenne qui a une largeur de bande limitée et qui a des dimensions de l'ordre de la longueur d'onde du signal à transmettre . Il est donc impossible aussi bien pour des questions d'encombrement 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 $s_P(t)=S_0\cos(w_P t)$ signal porteur

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

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

On supposera wp>Ω .

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( Ω 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( Ωt ) .

5- Rappeler la forme canonique de la fonction de transfert d'un filtre passe bande du second ordre , de fréquence de résonance fp . Montrer que pour une fréquence proche de fp il est possible d'utiliser l'expression approchée suivante de la fonction de transfert : $\dfrac{G_o}{1+2jQ\dfrac{(f-f_p)}{f_p}}$ . On prendra $G_0>0$ .

6- Le signal s(t) traverse un filtre passe bande de fréquence de résonance fp 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 $F=\dfrac{\Omega}{2\pi}$ 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 .

**<u>Exercice 8 :</u>**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 $E(Tc)$ est fonction de la température de consigne $Tc$ selon la loi $E(Tc) = a + b\,Tc$ ,

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

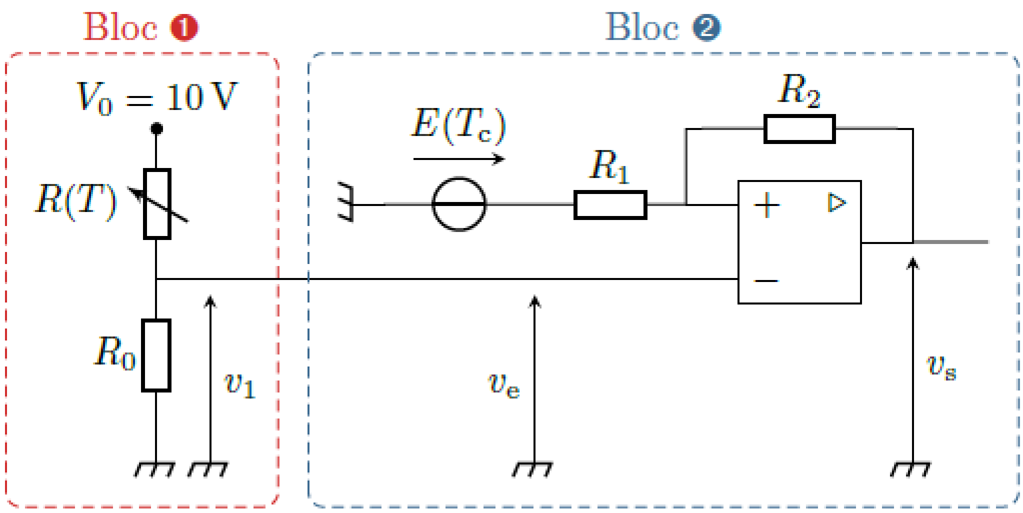



**Figure 1 – Schéma du régulateur de température.**

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 $v_1\,(T) \simeq \alpha + \beta\,T$ ($\alpha$, $\beta$ 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 $k = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}$

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 $k = \dfrac{\beta \Delta T}{V_{sat}}$

6 - Montrer alors que les coefficients doivent vérifier la relation $[(1 - k)\,b - \beta]\,Tc + [(1 - k)\,a - \alpha] = 0$

En déduire les expressions de $a$ et $b$.