Exercice 1

1) Qualifier les deux filtres suivants (filtre1 : circuit RC ; filtre 2 : circuit LCR) et calculer leur gain, leur déphasage et leur(s) pulsation(s) de coupure. A.N : R=500Ω ; L=10mH ; C=10nF.

2) On applique en entrée la tension rectangulaire u(t), périodique de période T, définie par : $\begin{cases} t \in]0, \alpha T[: u(t) = E \\ t \in]\alpha T, T[: u(t) = 0 \end{cases}$ α est le rapport cyclique, avec α=1/2 et T=2π.10^{-5}s. Représenter le spectre de décomposition de Fourier de la tension d'entrée, puis celui de la tension de sortie pour chacun des deux filtres.

Exercice 2 : **Filtrage d'une tension en rampe montante**

On applique la tension périodique de période T, définie par : $t \in]0, T[:\ u_e(t) = \frac{E}{T}t$ à l'entrée d'un filtre RL. On donne : T=20ms ; R=5Ω ; L=10 mH.

1) Faire une étude du filtre : nature, fonction de transfert, gain G et déphasage θ.

2) Calculer les paramètres C_{ne} et φ_{ne} de la décomposition Fourier de la tension d'entrée $u_e(t)$.

3) En déduire les paramètres C_{ns} et φ_{ns} de la décomposition Fourier de la tension de sortie $u_s(t)$.

Exercice 3 : **Opérations sur les signaux**

1) On considère le signal carré, d'amplitude crête à crête *2E*, périodique de période *T* avec :

- Pour $0 \leq t \leq T/2$; $v_e(t) = E$
- Pour $T/2 \leq t \leq T$; $v_e(t) = -E$

1-a) Représenter $v_e(t)$, exprimer son développement en série de Fourier et tracer son spectre d'amplitude.

1-b) Translation temporelle : le signal $v_s(t)$ est retardée d'une valeur $\theta = T/4$ et $v_s(t)$ est tel que $v_s(t) = v_e(t - \theta)$. Représenter $v_s(t)$, exprimer son développement en série de Fourier et tracer son spectre d'amplitude : conclusion.

1-c) Translation de niveau : On ajoute au signal $v_e(t)$ une valeur constante *E*. Représenter $v_s(t)$, exprimer son développement en série de Fourier et tracer son spectre d'amplitude : conclusion.

2) Dérivation : On considère le signal triangulaire $v_e(t)$ d'amplitude crête à crête *2V* périodique de période *T* avec $v_e(0) = V$ et $v_e(T/2) = -V$. $v_s(t)$ est tel que $v_s(t) = \tau \frac{dv_e(t)}{dt}$. Représenter $v_s(t)$, à l'aide du développement en série de Fourier de $v_e(t)$ en déduire celui de $v_s(t)$. Montrer qu'en choisissant convenablement la valeur de τ on retrouve un signal carré d'amplitude crête à crête *2E*.

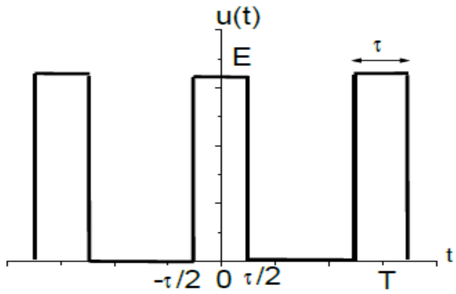
3) Translation fréquentielle : On considère deux $v_1(t)$ et $v_2(t)$ appliqués aux entrées d'un multiplicateur analogique tel que $v_s(t) = K.v_1(t).v_2(t)$.

3-a) Pour $v_1(t) = V_1 \cos\omega_1 t$, $v_2(t) = V_2 \cos\omega_2 t$ avec $\omega_2 >> \omega_1$, représenter l'allure de $v_s(t)$ ainsi que son spectre d'amplitude.

3-b) lorsque $v_1(t)$ est un signal carré d'amplitude E et de pulsation $\omega_0 << \omega_2$ avec $v_2(t) = V_2 \cos\omega_2 t$, exprimer $v_s(t)$ sous la forme d'une somme infinie de sinusoïdes et représenter son spectre d'amplitude.

Exercice 4 : Signal rectangulaire impulsionnel pair

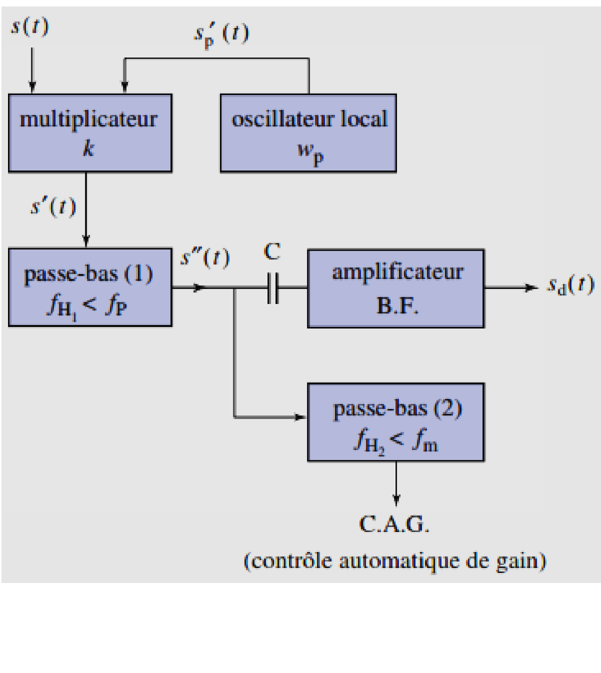
Soit le signal périodique formé par la répétition périodique (période T) d'impulsion de durée τ (représenté sur la figure). On définit le rapport cyclique par $\alpha = \frac{\tau}{T}$.

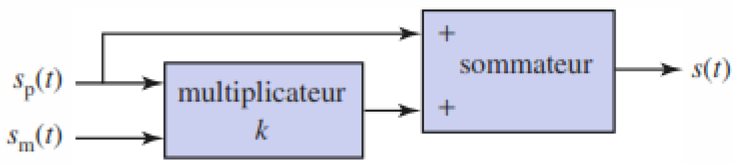


1. Déterminer les coefficients a_n et b_n de la décomposition en série de Fourier.

2. Pour un signal carré, montrer que les harmoniques paires s'annulent à l'exception de l'ordre 0. Existe-t-il d'autres valeurs du rapport cyclique pour lesquelles cette propriété est vraie ?

3. Commenter l'évolution des coefficients du développement au fur et à mesure que la durée de l'impulsion diminue.





Exercice 5 : **Spectre d'un signal modulé sinusoïdalement en amplitude**

Un signal porteur $s_p(t) = A_p cos(2\pi f_p t)$ est modulé en amplitude lorsque son amplitude A_p est fonction d'un signal modulant $s_m(t)$ de fréquence $f_m \ll f_p$. Dans le cas d'une modulation sinusoïdale, le signal modulant est sinusoïdal $s_m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$ et le signal modulé est de la forme $s(t) = A_p[1 + m cos(2\pi f_m t)] cos(2\pi f_p t)$, où m est l'indice de modulation.

1. Le modulateur utilisé étant représenté ci-contre, calculer l'indice de modulation *m*.
2. Déterminer le spectre de fréquence du signal modulé *s(t).*
3. Donner l'allure du signal modulé pour un indice de modulation $m < 1$.
4. Calculer la bande passante nécessaire à la transmission d'un signal audio encombrant la plage de fréquence $f_{m_1} = 300Hz \leq f_m \leq f_{m_2} = 4{,}5kHz$, sachant que la porteuse utilisée est de fréquence $f_p = 1MHz$.
5. En admettant que nous disposons, à la réception, d'un oscillateur local $s'_p = A'_p cos(2\pi f_p t)$ synchrone de l'oscillateur utilisé à l'émission, expliquer le principe du circuit représenté ci-après, où le filtre passe-bas (1) a une fréquence de coupure f_{H_1} telle que $f_{H_1} < f_p$ et le filtre passe-bas (2) une fréquence de coupure $f_{H_2} < f_m$.

Exercice 6 : Signal redressé monoalternance

$$s(t) = \begin{cases} 0, & \text{pour } t \in \left[-\frac{T}{2}, 0\right]; \\ E \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right), & \text{pour } t \in \left[0, \frac{T}{2}\right]. \end{cases}$$

Le signal *s(t)* (nommé tension redressée monoalternance) est une fonction périodique de période *T* du temps et de fréquence *f = 50 Hz*
1. Représenter la fonction s en fonction du temps *t.*
2. Donner les expressions et valeurs numériques de la période *T* et de la pulsation *ω* de *s(t).*
3. Développer *s(t)* en série de Fourier.
4. Calculer le facteur de forme F et le taux d'ondulation δ_0 de ce signal.

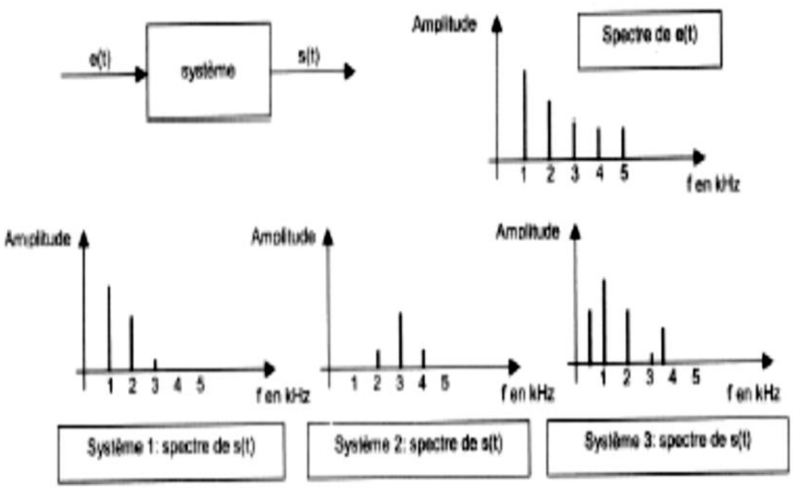
Exercice 7

Un signal *s(t)* peut être décomposé en série de Fourier de la façon suivante : $s(t) = 5 + 7\sin(500t) + 10\sin(1000t) + 2\sin(1500t) + 1{,}5\sin(2000t)$

Représenter le spectre de *s(t).*

Exercice 8

Soit un système physique qui, à une grandeur d'entrée fonction du temps *e(t),* fait correspondre une grandeur de sortie fonction du temps *s(t).* A quelle condition ce système peut-il être dit linéaire ? On étudie expérimentalement plusieurs systèmes (système 1, système 2 et système 3) à l'aide d'un analyseur numérique. Pour cela on applique à leur entrée le même signal *e(t).*
(a) Qu'appelle-t-on spectre de Fourier d'un signal périodique *s(t).*
(b) Le système 1 est-il linéaire ? Quel est son rôle ?
(c) Qu'en est-il des systèmes 2 et 3 ?
On donne ci-contre les spectres de Fourier du signal *e(t)* et ceux des signaux obtenus en sortie des trois systèmes.



Exercice 9

1) Calculer, en utilisant sa définition, la valeur efficace I d'un courant sinusoïdal redressé double alternance. Comparer au signal non redressé.
2) Ce courant redressé est filtré par un filtre passe bas parfait, de fréquence de coupure f_H. Déterminer la valeur minimale de la fréquence de coupure pour que 99% de la puissance moyenne soit transmise. Comparer au signal non redressé.

Exercice 11 : Distorsion harmonique d'un amplificateur

La caractéristique $v_s = f(v_e)$, donnée ci-contre, est celle d'un amplificateur soumis à des tensions sinusoïdales $v_e(t) = v_{e_m} \cos(\omega t)$ dont les fréquences sont comprises dans sa bande passante. Sachant que l'équation de cette caractéristique est de la forme $v_s = av_e + bv_e^3$ $(a > 0, b > 0)$, déterminer le taux de distorsion harmonique δ_h de cet amplificateur.