



Objectifs

Pour ce troisième devoir de vacances je vous propose de revenir sur l'analyse fréquentielle des signaux qui est l'un des points fondamentaux pour l'étude des systèmes électroniques. Dans ce devoir très court, nous vous proposons de revenir sur des opérations autour des signaux sinusoïaux :

- Somme avec une composante continue
- Somme de signaux sinusoïaux
- Produits de signaux sinusoïaux.
- Passage à travers un filtre idéalisé

Dans un prochain devoir nous retrouvons la décomposition en série de Fourier.



Exercice n°1 : Tonalité sur un poste téléphonique



Lorsqu'un abonné décroche son combiné téléphonique afin d'entamer une communication il entend la tonalité à 440Hz lui indiquant qu'il peut débiter sa numérotation. A ce moment il est possible de représenter le schéma équivalent de la ligne téléphonique par le schéma très simplifié de la figure 1 ci-contre. On donne les éléments suivants :

$i_{DC} = i_0 = 30\text{mA}$ (courant continu)

$i_{AC}(t) = i_a \cdot \sin(2\pi f_a t)$ avec $i_a = 1,5\text{mA}$ et $f_a = 440\text{Hz}$

Q1 : En utilisant une simple loi des nœuds, donner l'expression analytique de i_L et en déduire celle de V_L que vous exprimerez en fonction de i_0 , i_a , f_a et R .

Q2 : Représenter l'allure du signal V_L au cours du temps.

Q3 : Représenter le spectre en amplitude du signal V_L

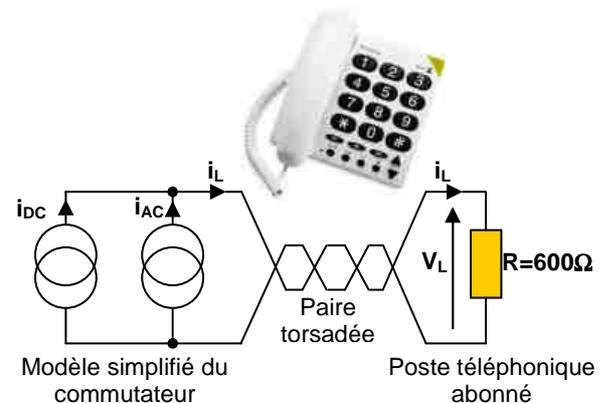


Figure 1 : Ligne téléphonique lors d'un appel



Exercice n°2 : Expérience pratique autour d'une analyse fréquentielle



On effectue une analyse fréquentielle d'un signal audio composé de plusieurs composantes sinusoïdales harmoniques.

Q1 : Quel est le nom (sigle) couramment utilisé pour désigner l'analyse fréquentielle que l'on obtient sur un oscilloscope numérique ? Quelle règle doit-on respecter pour ce type d'analyse ?

Q2 : Le résultat affiché par l'analyse fréquentielle de l'oscilloscope nous donne une mesure d'amplitude en dBV. On rappelle que

$$U_{dBV} = 20 \cdot \log\left(\frac{U_{eff}}{1V}\right)$$

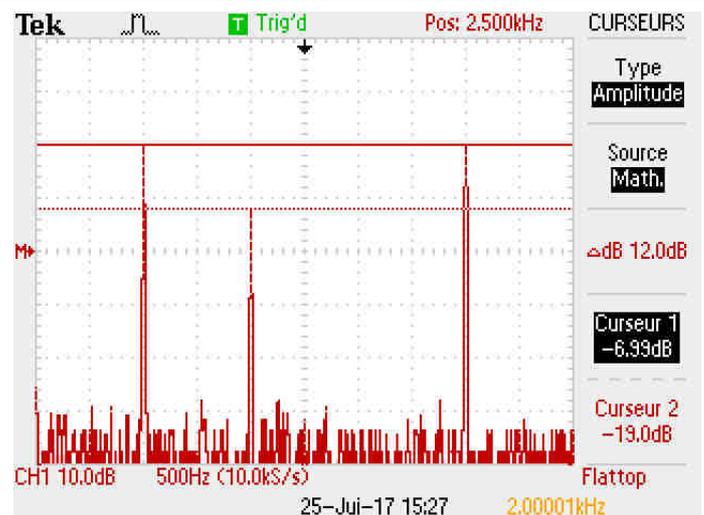
Proposer alors une autre relation pour une composante sinusoïdale d'amplitude crête \hat{U} .

Q3 : A quoi correspondent les quantités 500Hz et 10.0KS/s indiquées sur l'écran de l'oscilloscope ?

Q4 : Déterminer les 3 valeurs de fréquences constituant le signal audio. Si l'on désigne par f_a la fréquence la plus faible quelles sont les expressions des 2 autres fréquences ?

Q5 : On note V_1 l'amplitude crête commune aux 2 composantes sinusoïdales et V_2 l'amplitude crête de la composante sinusoïdale restante. A partir des indications fournies sur l'analyse fréquentielle en déduire les valeurs de V_1 et V_2 .

Q6 : Donner l'expression du signal $V_{audio}(t)$ en fonction de t , V_1 , V_2 et f_a .



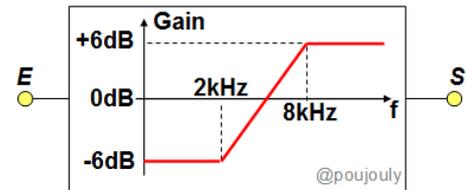
Exercice n°3 : Un filtre correcteur

On s'intéresse à un filtre permettant de rehausser certaines composantes fréquentielles d'un signal audio et dont le gain de la fonction de transfert est représenté sur la figure ci-contre.

On considère le signal d'entrée E tel que :

$$E(t) = U_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + U_2 \cdot \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)$$

avec $U_1 = 500\text{mV}$, $U_2 = 400\text{mV}$, $f_1 = 1\text{kHz}$ & $f_2 = 10\text{kHz}$



Q1 : Représenter le spectre en amplitude et en puissance normalisée du signal E. Exprimer la valeur efficace en fonction de U_1 et U_2 et effectuer l'application numérique.

Q2 : Quelle est la relation entre le module d'un filtre et le gain en dB ? En déduire la valeur du module pour un gain de +6dB puis de -6dB.

Q3 : Représenter le spectre en amplitude et en puissance normalisée du signal S.

Exercice n°4 : Le Trémolo d'un MI

On considère le montage de la figure 1 dans lequel on utilise un multiplieur analogique AD633 pour réaliser un effet audio de type trémolo sur la note MI dont la fréquence fondamentale f_0 est de 330Hz (MI3). En plus d'un multiplieur on trouve à l'intérieur de ce composant 2 soustracteurs et un additionneur, ce qui permet d'effectuer l'opération suivante : $W = K \times (X_1 - X_2) \times (Y_1 - Y_2) + Z$ avec $K = 0,1\text{V}^{-1}$

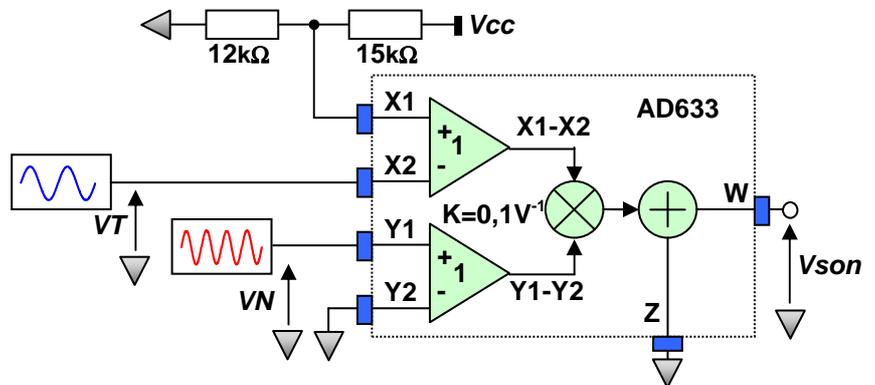
Pour éviter toute confusion, on précise que le symbole utilisé sur les entrées X_1, X_2, Y_1 et Y_2 représente un soustracteur et pas un amplificateur opérationnel. On considère bien évidemment que les courants d'entrées sur les bornes X_1, X_2, Y_1, Y_2 et Z sont nuls.

Le composant est alimenté sous une tension symétrique $+/-V_{cc}$ avec $V_{cc} = 9\text{V}$.

On donne les renseignements suivants :

$$V_T = V_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_m \cdot t) \text{ avec } V_m = 1\text{V} \text{ et } f_m = 30\text{Hz}$$

$$V_N = V_o \cdot \cos(2\pi \cdot f_o \cdot t) \text{ avec } V_o = 5\text{V} \text{ et } f_o = 330\text{Hz}$$



Q1 : Calculer la tension continue que l'on retrouve sur l'entrée X_1 .

Q2 : En utilisant les indications précédentes et le schéma de montage proposé, exprimer la sortie V_{son} en fonction de V_m, V_o, f_m, f_o et K .

Q3 : En utilisant la propriété suivante : $\cos(a) \cdot \cos(b) = \frac{1}{2} \cdot \cos(a+b) + \frac{1}{2} \cdot \cos(a-b)$, montrer que le signal V_{son} peut s'écrire sous la forme de 3 composantes sinusoïdales dont vous préciserez les fréquences et les amplitudes.

Q4 : Tracer le spectre en valeur efficace du signal V_{son} .

Q5 : Afin de retrouver le résultat précédent, on vous propose d'utiliser le fichier de simulation LTSpice tremolodunMI.asc mis à votre disposition (il est nécessaire d'installer la bibliothèque SP.lib). Représenter le signal V_{son} en fonction du temps et expliquer simplement que ce montage réalise bien un effet trémolo. Effectuer l'analyse FFT du signal V_{son} et vérifier la cohérence de votre résultat avec vos prédéterminations théoriques.

