

# Devoir de vacances d'hiver n°2 : Spécial Analyse fréquentielle

## Problème n°1 : Une histoire de tonalité

Le signal  $V_{TO}(t)$  correspondant à la tonalité d'appel pour un fax et mesuré aux bornes d'un haut parleur de  $8\Omega$  est un signal sinusoïdal de fréquence  $f_t=1100\text{Hz}$  et d'amplitude crête à crête  $3V_{pp}$ . On désigne par  $U$  l'amplitude crête de ce signal sinusoïdal.



**Q1 :** Donner l'expression du signal  $V_{TO}(t)$ . Préciser la valeur de  $U$ .

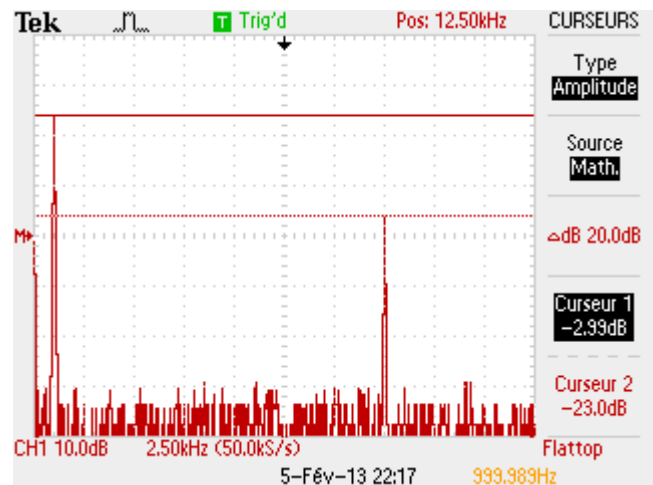
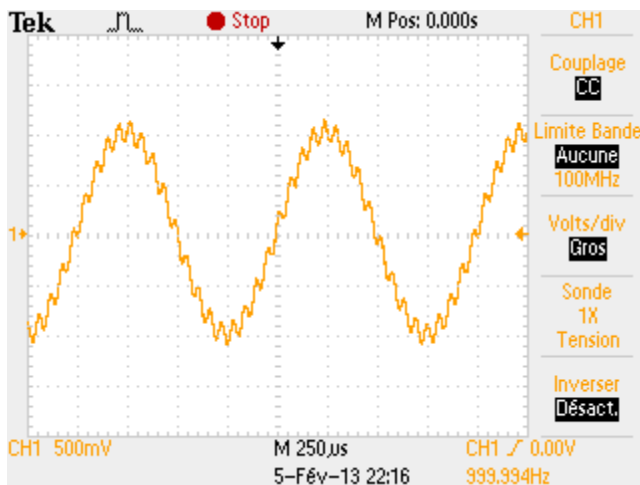
**Q2 :** Représenter le signal  $V_{TOF}(t)$  en fonction du temps en précisant la période et représenter son spectre en amplitude et en puissance normalisée.

**Q3 :** Rappeler l'expression de la valeur efficace du signal  $V_{TO}$  et calculer sa valeur. Quelle est la valeur en dBV de ce signal ?

**Q4 :** Quelle est la puissance électrique (en W) délivrée par le haut parleur ?

## Problème n°2 : Un signal parasite sur une ligne audio

Malgré l'utilisation d'un câble blindé pour le transport d'un signal audio, un technicien met en évidence la présence d'un signal parasite superposé à un signal sinusoïdal (de fréquence  $f_1$  et d'amplitude crête  $V_1$ ) qu'il utilise pour vérifier les équipements audio. Il effectue alors le relevé temporel du signal et en profite pour effectuer une analyse fréquentielle de celui-ci en utilisant un oscilloscope numérique similaire aux modèles disponibles pour les travaux pratiques de votre formation. Nous vous proposons donc d'aider ce technicien à terminer son analyse.



**Q1 :** Quel est le nom couramment utilisé pour désigner l'analyse fréquentielle que l'on obtient sur un oscilloscope numérique ?

**Q2 :** Le résultat affiché par l'analyse fréquentielle de l'oscilloscope nous donne une mesure d'amplitude en dBV. Rappeler la définition de cette mesure de niveau. Donner la relation lorsque l'on est en présence d'une composante sinusoïdale d'amplitude crête  $\hat{V}$ .

**Q3 :** Si l'on désigne par  $f_p$  la fréquence et  $V_p$  l'amplitude crête correspondants à la composante sinusoïdale parasite, donner l'expression du signal audio  $V_{audio}(t)$ .

**Q4 :** A quoi correspondent les quantités 2,5kHz et 50.0KS/s indiquées sur l'écran de l'oscilloscope ?

**Q5 :** A partir des indications fournies sur l'analyse fréquentielle en déduire les valeurs des fréquences  $f_1$  &  $f_p$  ainsi que des amplitudes  $V_1$  &  $V_p$ .

### Problème n°3 : Amplificateur audio

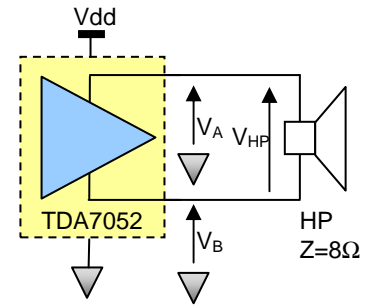
La sortie de l'amplificateur audio TDA7052 est représentée ci-contre et l'on donne les éléments suivants :

$$V_A = \frac{V_{dd}}{2} + V_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t) + V_3 \cdot \sin(2\pi \cdot 3f_0 \cdot t)$$

$$V_B = \frac{V_{dd}}{2} - V_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t) - V_3 \cdot \sin(2\pi \cdot 3f_0 \cdot t)$$

$$\left[ \begin{array}{l} V_{dd} = 5V \quad V_1 = 2V \quad V_3 = 0,1V \\ f_0 = 1kHz \end{array} \right.$$

La présence d'une composante continue ( $V_{dd}/2$ ) sur les sorties A & B s'explique simplement par l'alimentation simple du circuit TDA7052. Les composantes en  $3f_0$  traduisent une distorsion harmonique en sortie du circuit.



**Q1 :** Exprimer  $V_{HP}$  en fonction de  $V_A$  et  $V_B$  et montrer qu'il n'existe plus de composante continue aux bornes du haut-parleur.

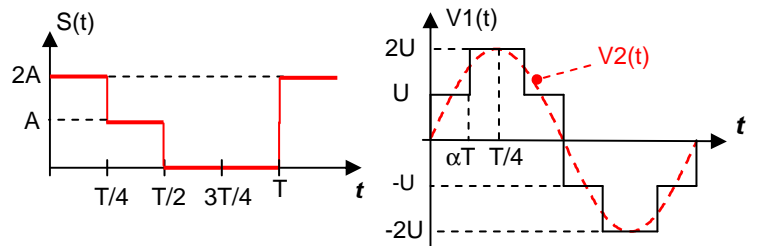
**Q2 :** Tracer le module du spectre en amplitude du signal  $V_{HP}$  en précisant analytiquement et numériquement les amplitudes et les fréquences de chaque composante fréquentielle. De la même façon, tracer le spectre en puissance normalisée.

**Q3 :** A partir du tracé du spectre en puissance normalisée en déduire la valeur efficace du signal aux bornes du haut-parleur. En considérant que le haut-parleur se comporte comme une résistance de  $8\Omega$  en déduire la puissance délivrée par l'amplificateur audio.

### Problème n°4 : Valeur moyenne & efficace

**Q1 :** Exprimer les valeurs moyenne et efficace du signal périodique  $S(t)$  défini sur le chronogramme ci-contre.

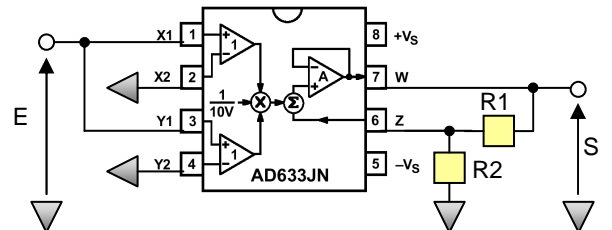
**Q2 :** Déterminer la valeur du coefficient  $\alpha$  afin que les signaux  $V1(t)$  et  $V2(t)$  représentés sur la figure ci-contre aient la même valeur efficace.



### Problème n°5 : Doubleur de fréquence

On désire concevoir un montage doubleur de fréquence. Le signal de référence est tel que :  $E = E_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$  avec  $E_0 = 1V$  et  $f_0 = 19kHz$

Pour cela on utilise un multiplieur analogique AD633 qui réalise l'opération :  $W = K \cdot (X1 - X2) \cdot (Y1 - Y2) + Z$  avec  $K = 0,1V^{-1}$ . On propose une première réalisation afin d'obtenir sur la sortie le signal  $S = k \cdot E^2$  avec  $k = 2V^{-1}$ .



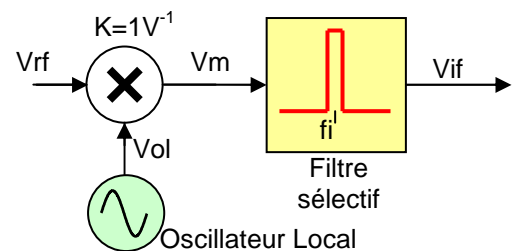
**Q1 :** On fixe  $R1 = 1k\Omega$ . Quelle doit être la valeur de  $R2$  ?

**Q2 :** Tracer le spectre en amplitude du signal  $S$  et montrer qu'une simple opération permet de réaliser la fonction doubleur de fréquence.

### Problème n°6 : Les bases du changement de fréquence

Le changement de fréquence dont une structure est représentée ci-contre est une opération indispensable dans les systèmes de télécommunications. Le principe consiste à abaisser la fréquence d'un signal radio autour d'une fréquence plus basse pour y être traité. On utilise pour cela un mélangeur qui joue la fonction de multiplieur de tension et qui réalise l'opération  $V_m = K \cdot V_{ol} \cdot V_{rf}$ . A la sortie de ce mélangeur on connecte un filtre sélectif qui ne laisse passer que les composantes fréquentielles proches de la fréquence intermédiaire  $f_i = 71MHz$ . On donne les éléments suivants :

$V_{rf} = E_r \cdot \cos(2\pi \cdot f_r \cdot t)$  avec  $E_r = 100mV$  et  $f_r = 900MHz$   $V_{ol} = V_o \cdot \cos(2\pi \cdot f_o \cdot t)$  avec  $V_o = 500mV$  et  $f_o = 971MHz$



**Q1 :** Montrer que la tension  $V_m$  peut s'écrire sous la forme d'une somme de 2 signaux sinusoïdaux dont vous préciserez les valeurs de fréquences.

**Q2** : Tracer le module du spectre en amplitude du signal  $V_m$ .

**Q3** : Si l'on considère que le filtre intermédiaire possède un gain maximum de 0dB dans sa bande passante, représenter le module du spectre en amplitude du signal  $V_f$ .

### Problème n°7 : Décomposition en série de Fourier

**Q1** : On connecte un générateur BF délivrant des signaux périodiques standards (sinus, carré, triangle et rampe) sur un analyseur de spectre FFT. La mesure obtenue est représentée sur le relevé ci-contre. A partir des indications fournies sur le relevé en déduire la forme et l'amplitude du signal observé. Justifier votre réponse.

**Q2** : Tracer le spectre en amplitude d'un signal carré de rapport cyclique 50% prenant les amplitudes 0 et 5V avec une fréquence de 100kHz. Vous effectuerez le tracé pour des composantes inférieures ou égales à 500kHz.

**Q3** : Tracer le spectre en dBV d'un signal triangulaire symétrique, de fréquence 50kHz et dont la valeur efficace est de 3V pour des fréquences inférieures à 300kHz

