

# Eléments de base pour l'analyse et le traitement des signaux

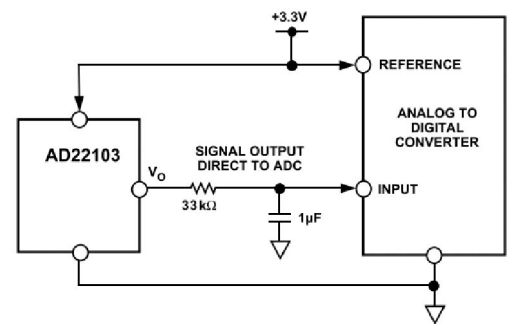
Pour les vacances d'hiver je propose ce second devoir portant sur les thèmes abordés en début du semestre 2. Vous trouverez 7 exercices simples portant sur l'analyse fréquentielle, l'étude de filtres électriques du 1er ordre passe bas & passe haut. Un corrigé sera disponible le lundi 20 février 2017.



## Exercice n°1 : Un filtre sur l'entrée d'un convertisseur AN

On interface le capteur de température AD22103 sur l'entrée d'un convertisseur analogique numérique.

- Q1 :** Quelle est la nature et la fréquence de coupure du filtre présent sur l'entrée ?
- Q2 :** Tracer l'allure du diagramme de Bode asymptotique de ce filtre.
- Q3 :** On suppose que le signal  $V_o$  à la sortie du capteur est perturbé par une composante sinusoïdale à 50Hz tel que  $V_o = E_0 + E_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t)$  avec  $E_1 = 100\text{mV}$  et  $f_1 = 50\text{Hz}$ . Par ailleurs  $E_0 = 0,25\text{V} + (28\text{mV}/^\circ\text{C}) \times T_A$  ou  $T_A$  désigne la température en  $^\circ\text{C}$ .



Représenter le signal à la sortie du capteur de température et sur l'entrée du convertisseur pour une température de 25°C.

## Exercice n°2 : Un rapport de TP incomplet

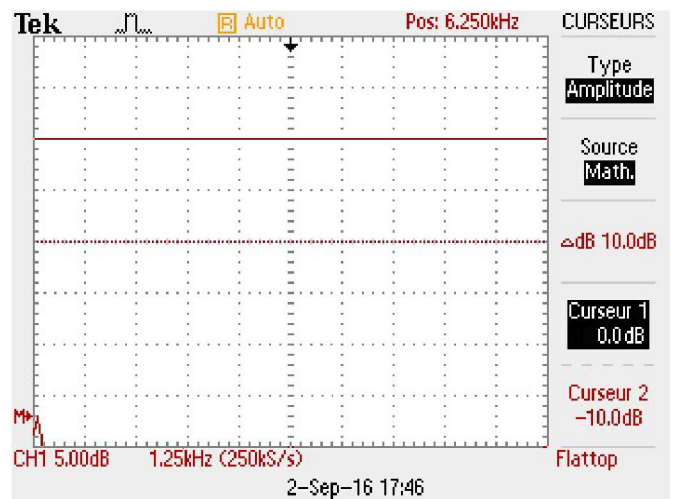
On vous propose à travers les questions posées de compléter le rapport de TP très incomplet d'un étudiant qui utilise l'oscilloscope TDS2014B. Le relevé n°1 correspond à l'analyse FFT d'un signal sinusoïdal.

- Q1 :** Que signifie le terme FFT et que représentent les indications 1,25kHz et 250kS/s que l'on trouve au bas des relevés ?
- Q2 :** Quelle est la fréquence du signal sinusoïdal ? Quelle est l'unité de mesure utilisée pour la mesure d'amplitude sur l'écran de l'analyse FFT ? En déduire l'amplitude crête de ce signal sinusoïdal.
- Q3 :** Notre étudiant un peu distrait a oublié d'enregistrer le relevé n°2 du spectre d'un signal défini par l'expression suivante:  $S(t) = E \left( \cos(2\pi f_1 t) + \frac{1}{4} \cdot \cos(2\pi f_2 t) \right)$  avec  $f_1 = 2,5\text{kHz}$  &  $E = 1,8\text{V}$

Vous indiquerez clairement les fréquences et niveau de chaque composante fréquentielle.



Relevé n°1



Relevé n°2

### Exercice n°3 : Un récepteur infrarouge

On considère un système de réception infrarouge pour la localisation d'un robot mobile dans lequel le rayonnement d'une lampe à incandescence vient perturber la transmission comme l'illustre la figure ci-contre. On considère le signal  $V_r$  délivré par l'amplificateur associé à la photodiode de réception et que l'on écrit sous la forme :

$$V_r(t) = V_a \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + V_a \cdot \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t) + V_o \cdot \cos(2\pi \cdot f_o \cdot t)$$

On donne  $V_a = 100\text{mV}$   $V_o = 200\text{mV}$   $f_1 = 30\text{kHz}$   $f_2 = 40\text{kHz}$   $f_o = 100\text{Hz}$

**Q1 :** Pour quelle raison la fréquence du signal de perturbation se situe à 100Hz ?

**Q2 :** Tracer le module du spectre en amplitude et le spectre en puissance normalisée du signal  $V_r$ .

**Q3 :** Si  $P_u$  désigne la somme des puissances normalisées des signaux utiles à 30kHz et 40kHz et  $P_b$  la puissance normalisée du signal de perturbation (bruit) à 100Hz, calculer le rapport signal sur bruit en dB défini ci-contre.

$$RSB_{dB} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_u}{P_b}\right)$$

Le signal  $V_r$  est appliqué sur le montage représenté ci-contre. On suppose que l'amplificateur opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire. On donne  $R_1 = 33\text{k}$   $R_b = 18\text{k}$  et  $R_a = 2\text{k}$ .

**Q4 :** Montrer que la fonction de transfert de ce montage peut s'écrire

$$\text{sous la forme } T(j\omega) = \frac{V_s(j\omega)}{V_r(j\omega)} = K \cdot \frac{j\omega}{1 + \frac{j\omega}{\omega C}}$$

Exprimer  $K$  et  $\omega C$  en fonction des éléments du montage.

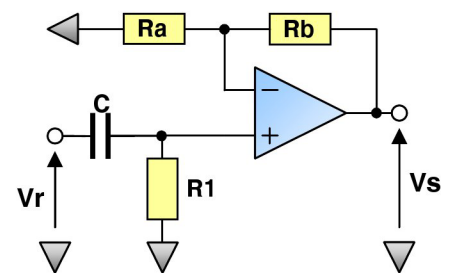
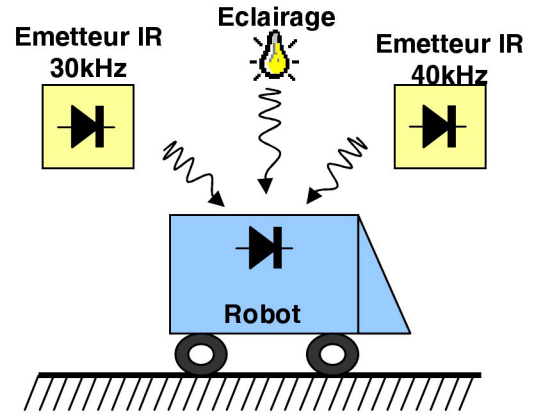
**Q5 :** Calculer la valeur de  $|K|$  et en déduire la valeur de  $C$  pour avoir  $f_c = 10\text{kHz}$ .

**Q6 :** Tracer le diagramme de Bode asymptotique (Gain) de ce montage. Quelle est la fonction réalisée par ce montage ?

**Q7 :** Exprimer le module de la fonction de transfert  $|T(jf)|$  en fonction de la fréquence  $f$  et des quantités  $K$  et  $f_c$ . Calculer ce module pour  $f = 100\text{Hz}$ ,  $f = 30\text{kHz}$  et  $f = 40\text{kHz}$ .

**Q8 :** A partir des valeurs calculées à la question précédente, tracer le module du spectre en amplitude et le spectre en puissance normalisée du signal  $V_s$ .

**Q9 :** En adoptant la même définition du rapport signal sur bruit de la question 2 en déduire le nouveau rapport signal sur bruit. Conclure sur l'intérêt du montage proposé.



### Exercice n°4 : Des condensateurs pour un oscillateur

Le montage représenté ci-contre est un oscillateur utilisé dans un récepteur FM de poche.

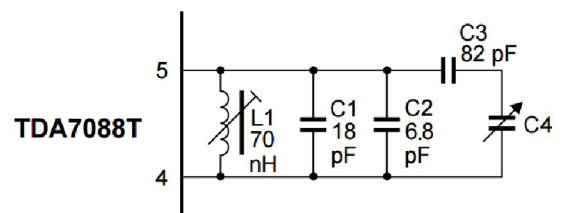
**Q1 :** Rappeler l'expression de l'impédance complexe  $Z_C$  d'un condensateur  $C$  ?

**Q2 :** Lorsque l'on associe 2 condensateurs  $C_1$  &  $C_2$  en parallèle, quelle est la valeur de la capacité équivalente ? Même question si les condensateurs  $C_3$  &  $C_4$  sont en série.

**Q3 :** Exprimer la capacité équivalente  $C_{eq}$  qui se trouve en parallèle avec l'inductance  $L_1$ .

**Q4 :** Calculer les variations de la fréquence de cet oscillateur définie par  $f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_{eq}}}$  lorsque la capacité

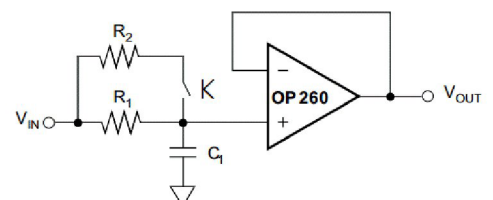
$C_4$  varie entre 6pF et 32pF.



### Exercice n°5 : Un filtre audio

On considère le montage ci-contre utilisé en sortie d'une ligne audio. On donne  $C_1 = 2,2\text{nF}$ . L'interrupteur  $K$  permet de choisir entre 2 valeurs de fréquence de coupure :  $f_{c1} = 4\text{kHz}$  ou  $f_{c2} = 10\text{kHz}$ .

**Q1 :** Donner les expressions des 2 fréquences de coupures et en déduire les valeurs de  $R_1$  et  $R_2$

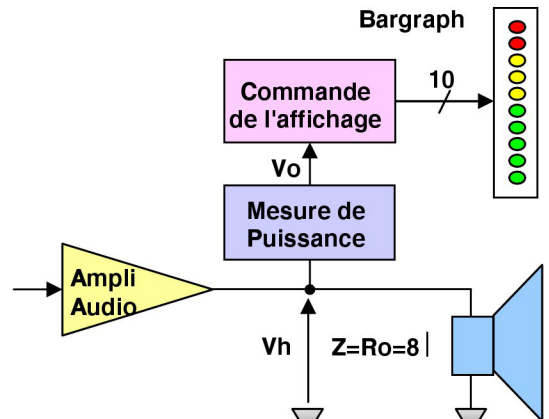


**Q2 :** Quel est le nom du montage à ampli-op et quel est son rôle ?

**Q3 :** On connecte sur l'entrée du filtre un signal sinusoïdal de fréquence 40kHz et d'amplitude 1V crête. Représenter le signal en sortie du filtre lorsque l'interrupteur K est ouvert.

**Exercice n°6 : Un vumètre audio**

Le schéma synoptique du vumètre audio est représenté sur la figure ci-contre. Il se connecte à la sortie de l'amplificateur audio et en parallèle avec le haut parleur. Le niveau de puissance est affiché sur un bargraph à 10 LEDs.

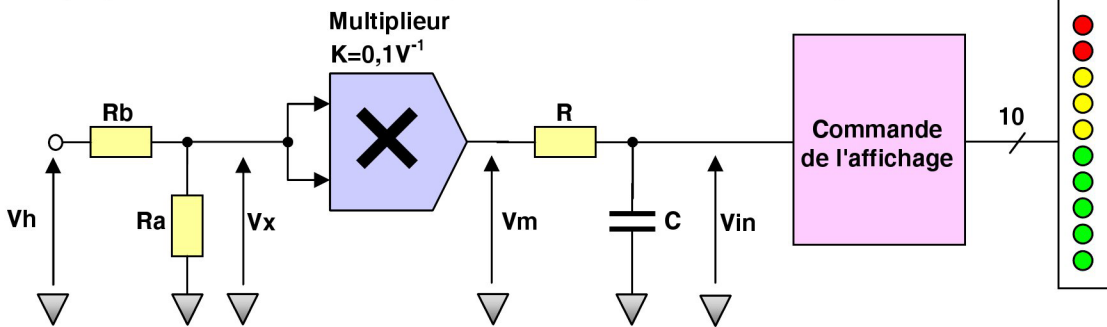


**Q1 :** Si  $V_{h_{eff}}$  désigne la valeur efficace de la tension  $V_h$ , exprimer la puissance  $P$  délivrée dans le haut-parleur en fonction de  $V_{h_{eff}}$  et  $R_o$ .

**Q2 :** Si l'on considère que  $V_h$  est momentanément un signal sinusoïdal, quelle est l'amplitude crête de  $V_h$  si la puissance atteint la valeur de 50W ?

On propose pour la réalisation du vumètre audio le montage simplifié ci-dessous mettant en œuvre un multiplieur analogique suivi d'un filtre passe bas.

On rappelle la propriété suivante :  $V_{eff}^2 = \langle v(t)^2 \rangle$  où  $\langle \cdot \rangle$  désigne la valeur moyenne.



**Q3 :** Exprimer  $V_m$  en fonction de  $V_h$ ,  $K$ ,  $R_a$  et  $R_b$ .

**Q4 :** Pour quelle raison obtient-on  $V_{in} = \langle V_m \rangle$  si l'on choisit une fréquence de coupure très petite pour le filtre passe bas RC ?

**Q5 :** En utilisant les résultats des questions précédentes, montrer que  $V_{in}$  est l'image de la puissance délivrée dans le haut parleur et que la relation est de la forme :  $V_{in} = \alpha \cdot P$  où  $\alpha$  est une fonction de  $K$ ,  $R_o$ ,  $R_a$  et  $R_b$ .

**Q6 :** Quelle est l'unité du coefficient  $\alpha$  ? On désire obtenir un niveau  $V_{in} = 2,5V$  pour une puissance  $P=50W$ . En déduire le rapport  $R_b/R_a$ .

**Exercice n°7 : 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 :

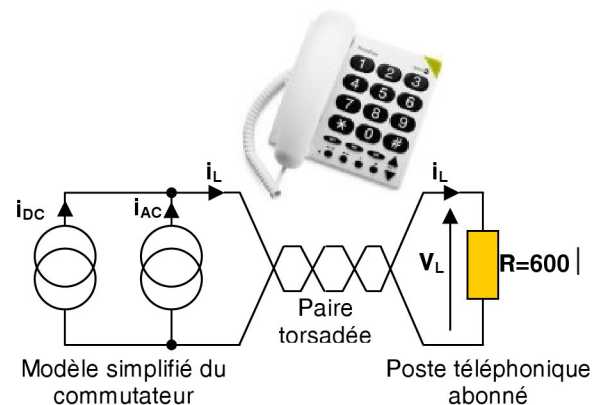
$i_{DC} = I_o = 30mA$  (courant continu)  
 $i_{AC}(t) = I_a \cdot \sin(2\pi \cdot f_a \cdot t)$  avec  $I_a = 1,5mA$  et  $f_a = 440Hz$

**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  $I_o$ ,  $I_a$ ,  $f_a$  et  $R$ .

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

**Q3 :** Représenter le spectre en amplitude du signal  $V_L$

**Q4 :** Calculer le niveau des composantes fréquentielles en dBV du signal  $V_L$



**Figure 1 :** Ligne téléphonique lors d'un appel