

# Etude de systèmes électroniques

A l'occasion des vacances de printemps je vous propose ce second devoir reprenant les thèmes abordés lors de la période précédente.

- Transmission en modulation d'amplitude
- Théorème de superposition utilisé pour l'étude de montage mono alim.
- Calcul de fonction de transfert du 2nd ordre

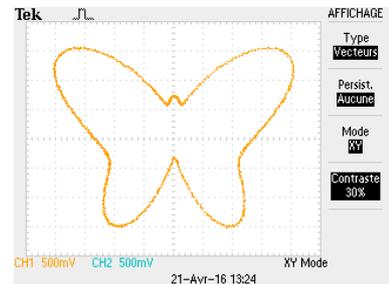


Illustration : un papillon sur oscilloscope

## Exercice 1 : Emission radio sur le site de Junglinster

Le site de Junglinster situé au Luxembourg diffuse en modulation d'amplitude sur la porteuse  $f_p=234$  kHz l'émission radio RTL en ondes longues. Le site possède un ensemble d'antennes dont la hauteur est d'environ 217m comme le montre la photo ci-contre.



Figure 1 : Site de Junglinster

**Q1 :** Quel est le rapport entre la longueur d'onde  $\lambda$  de l'émission radio et la hauteur des antennes ? Commentez le résultat obtenu.

**Q2 :** On suppose qu'en mode test l'émetteur diffuse un signal modulant sinusoïdal de fréquence  $f_1$ . Donner l'expression du signal modulé en amplitude à porteuse conservée en faisant intervenir les variables  $S_0$ ,  $m$ ,  $f_1$  et  $f_p$ . Précisez le nom des variables  $S_0$  et  $m$ .

**Q3 :** Tracer le spectre en amplitude du signal modulé en indiquant les expressions des fréquences et des amplitudes pour chaque composante fréquentielle.

**Q4 :** En mode test et à proximité de l'émetteur, on connecte une antenne accordée sur un oscilloscope. On obtient alors le relevé de la figure 2 ci-contre. Quel est ce type d'analyse ?

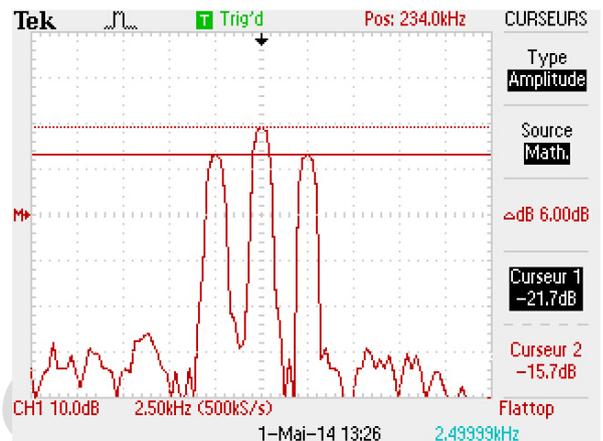


Figure 2 : Relevé sur oscilloscope

**Q5 :** A partir des indications disponible sur le relevé de la figure 2 en déduire la valeur de fréquence du signal modulant, l'amplitude de la porteuse et le taux de modulation.

On rappelle que l'échelle en amplitude de la figure 2 est représentée en dBV avec  $U_{dBV} = 20 \cdot \log\left(\frac{U_{eff}}{1V}\right)$

**Q6 :** Représenter l'allure temporelle du signal modulé en amplitude en précisant les différentes amplitudes.

## Exercice 2 : Emetteur VHF

On s'intéresse dans cet exercice à l'étude d'un émetteur récepteur utilisé dans la bande aviation VHF (144MHz) en modulation d'amplitude. Pour les tests et la maintenance de cet appareil, on dispose d'un signal modulant sinusoïdal de fréquence 1kHz. La fréquence porteuse est fixée à 144MHz. Le constructeur de l'appareil annonce une puissance de 25W sur une charge de  $50\Omega$  lorsque le taux de modulation est de 100%.



**Q1 :** Exprimer la valeur efficace d'un signal modulé en amplitude  $S_{eff}$  avec un modulant sinusoïdal en fonction du taux de modulation et de l'amplitude de la porteuse.

**Q2 :** Compte tenu des indications en déduire, l'amplitude maximale crête à crête du signal modulé.

### Exercice n°3 : Un amplificateur pour récepteur ultrason

On désire concevoir un détecteur de proximité à ultrason permettant de déclencher une alarme. Le principe consiste à envoyer périodiquement une onde ultrasonique à 40kHz et de mesurer un écho éventuel. Il est donc indispensable de concevoir un amplificateur pour exploiter les signaux à 40kHz délivrés par le transducteur ultrasonique coté réception. Ce problème vous propose d'étudier une solution en utilisant un amplificateur opérationnel MAX9637 à très faible consommation en courant présentant un produit gain bande de 1,5MHz.



**Q1 :** Le signal sinusoïdal de 40kHz que l'on récupère aux bornes du transducteur ultrasonique est extrêmement faible lorsque un écho est présent. Dans ces conditions on propose de concevoir un amplificateur de gain 52dB. Quel est le produit gain bande nécessaire si l'on désire utiliser un seul amplificateur opérationnel ? Le circuit MAX9637 peut-il convenir ?

**Q2 :** En réalité le circuit MAX9637 dispose de 2 amplificateurs opérationnels dans le même boîtier. On propose donc de répartir le gain sur 2 montage amplificateurs présentant chacun un gain de 26dB. Quelle est la fréquence de coupure (que l'on nomme  $f_{c1}$ ) de chaque montage amplificateur ?

**Q3 :** Pour information on précise que si l'on cascade 2 filtres passe bas de fréquence de coupure  $f_{c1}$  on obtient un filtre de fréquence de coupure  $f_c = f_{c1} \cdot \sqrt{\sqrt{2} - 1}$ . En déduire la fréquence de coupure du montage constitué par les 2 amplificateurs et justifier que cette solution convient pour notre application.

Le circuit MAX9637 permet de travailler sous une alimentation simple  $V_{dd}=3V$ . On propose alors le montage de la figure 1 suivante dans lequel on considère que les 2 condensateurs  $C1$  se comportent comme des circuits fermés pour la fréquence de 40kHz. Il en est de même pour le condensateur  $C$  utilisé dans le modèle équivalent simplifié du transducteur ultrason. Afin d'analyser ce montage, il est indispensable d'effectuer une étude en régime continu puis en régime alternatif.

**Q4 :** D'un point de vue du régime continu comment peut-on considérer les condensateurs  $C$  &  $C1$  ?

**Q5 :** Quel est le potentiel sur l'entrée + de l'amplificateur opérationnel n°1 ? En déduire le potentiel sur la sortie  $S1$  puis  $S2$  en régime continu.

**Q6 :** On se place maintenant en régime alternatif et on fixe  $R1=36k\Omega$ . En déduire la valeur de  $R2$  afin d'obtenir l'amplification nécessaire.

**Q7 :** On suppose que le transducteur délivre un signal  $E_g$  sinusoïdal de fréquence 40kHz et d'amplitude 5mVpp. Représenter le signal  $S2$  en fonction du temps.

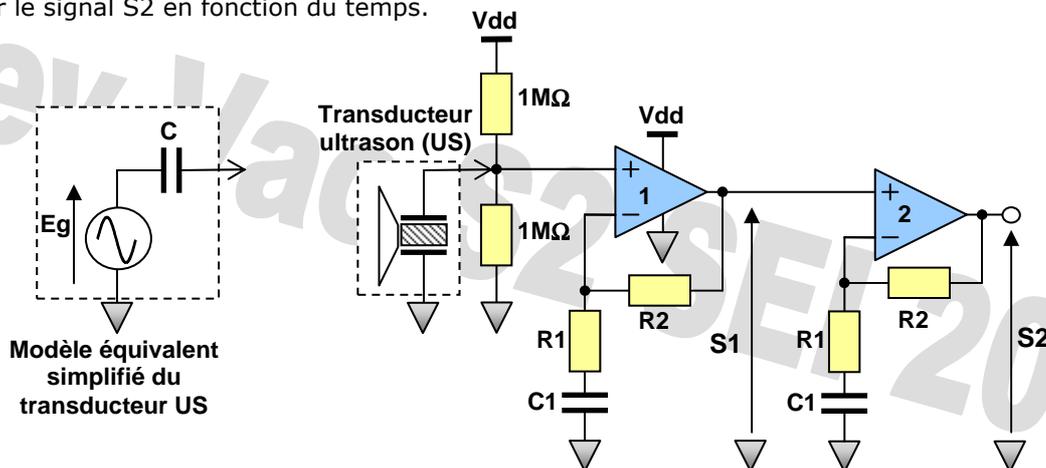


Figure 1 : Un amplificateur pour transducteur ultrason

### Exercice 4 : Un préamplificateur pour microphone

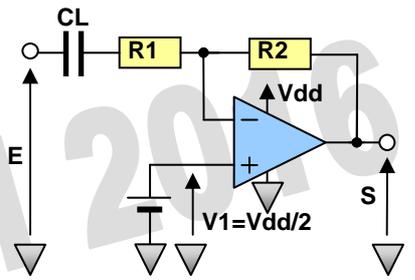
On considère le montage préamplificateur représenté ci-contre dans lequel on utilise un amplificateur alimenté sous une tension simple 0-V<sub>dd</sub>. On donne les éléments suivants : V<sub>dd</sub>=5V, R<sub>1</sub>=2kΩ, R<sub>2</sub>=100kΩ et CL=4,7μF

**Q1 :** D'un point de vue du régime continu comment peut-on considérer le condensateur CL? Déterminer alors la tension de repos sur la sortie S.

**Q2 :** En régime alternatif, on considère que la tension V<sub>1</sub>=0 (Application du théorème de superposition). Le condensateur de liaison CL et la résistance R<sub>1</sub> fixe alors la fréquence de coupure f<sub>c</sub> du filtre passe haut. Exprimer et calculer la valeur de f<sub>c</sub>.

**Q3 :** Si l'on se place à une fréquence de fonctionnement bien plus grande que la fréquence f<sub>c</sub>, comment se comporte le condensateur CL ? En déduire l'expression et la valeur de l'amplification apportée par ce montage.

**Q4 :** Représenter le signal de sortie S si l'on connecte en entrée le signal suivant : E(t)=U.sin(2πf<sub>1</sub>.t) avec f<sub>1</sub>=1kHz et U=10mV



### Exercice 5 : Un filtre à amortissement variable

On vous propose l'étude du montage représenté ci-contre dans lequel on considère que les 2 amplificateurs opérationnels sont parfaits.

**Q1 :** Quelle montage simple retrouve-t-on entre V<sub>S2</sub> et V<sub>S</sub> ? En déduire une relation entre V<sub>S2</sub> et V<sub>S</sub>.

**Q2 :** Montrer que V<sub>S1</sub>=α.V<sub>S</sub> où α représente le rapport potentiométrique du potentiomètre P.

**Q3 :** Exprimer le théorème de Millman au point A en fonction des éléments du montage.

**Q4 :** Quel montage simple se trouve entre les points A & S2. En déduire une relation entre V<sub>S2</sub> et V<sub>A</sub>.

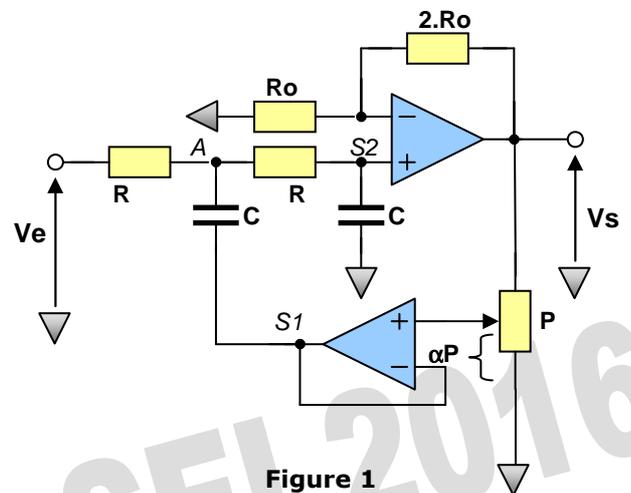


Figure 1

**Q5 :** En utilisant les équations précédentes, montrer que la fonction de transfert du montage de la figure 1 peut se mettre sous la forme :

$$T = \frac{T_0}{1 + 2m \frac{j\omega}{\omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

Exprimer T<sub>0</sub>, ω<sub>0</sub> et m en fonction des éléments du montage.

**Q6 :** Quel type de filtre a t'on réalisé ? Justifier le nom de « filtre à amortissement variable ».

**Q7 :** Quelle condition doit on imposer sur α pour obtenir une réponse de type Butterworth (m = 1/√2).

**Q8 :** Tracer alors l'allure du diagramme de Bode et calculer la fréquence de coupure (-3dB) de ce filtre. Proposer un couple de valeur RC afin d'obtenir f<sub>c</sub>=3,4kHz.

**Q9 :** Vérifier le résultat en effectuant une simulation LTSpice correspondante.