



## DV6 : Analyse des signaux et transmission d'information en modulation d'amplitude



### Objectifs

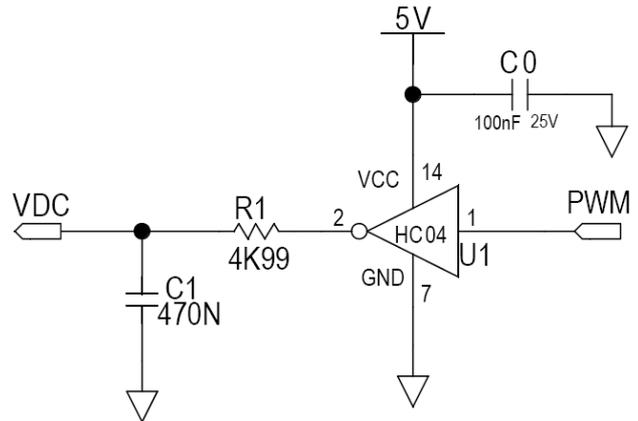
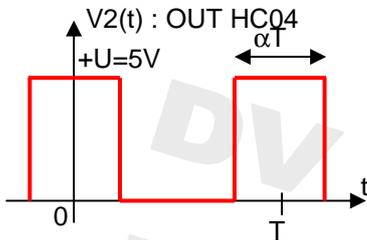
Ce sixième devoir de vacances vous propose de revenir sur quelques points concernant l'analyse des signaux notamment autour de la décomposition en série de Fourier. Ce devoir est aussi l'occasion d'aborder les thématiques concernant la transmission d'information en particulier dans le cadre de la modulation d'amplitude.



### Exercice n°1 : Une sortie PWM

Le schéma proposé ci-contre est issu d'un moniteur patient DINAMAP pour une partie concernant la mesure de la tension artérielle et nécessitant une tension de commande continue VDC variable.

Le signal V2(t) obtenu en sortie de la porte logique inverseur HC04 est conforme au chronogramme suivant dans lequel  $T=100\mu s$  et  $\alpha$  varie entre 0 et 1.



Q1 : Que signifie le signe PWM et quel est son équivalent en français ?

Q2 : On rappelle la décomposition en série de Fourier du signal  $V2(t) = \alpha U + \frac{2U}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cdot \sin(n\alpha\pi) \cos(n\omega t)$ . Tracer le

spectre en amplitude de ce signal pour une fréquence comprise entre 0 et 60kHz. On fixe  $\alpha = \frac{1}{3}$  et  $U=5V$ .

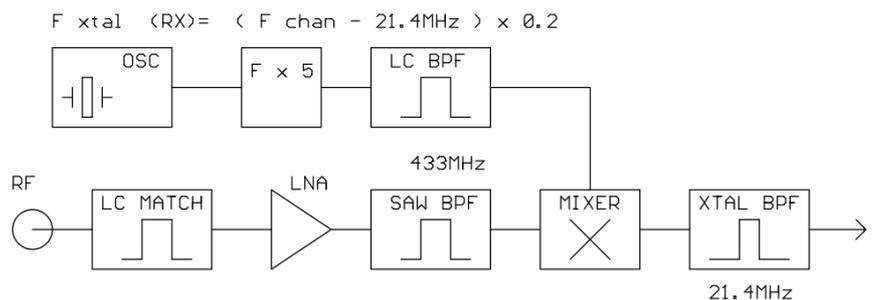
Q3 : Quelle est la nature et la fréquence de coupure du filtre composé de R1 & C1 ?

Q4 : Justifier alors que la tension récupérée en sortie de ce filtre ne dépend que de U et du rapport cyclique  $\alpha$ .



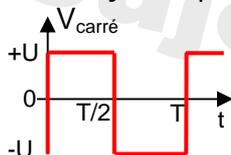
### Exercice n°2 : Un oscillateur local

Le schéma synoptique représenté ci-contre est une partie d'un module récepteur radio NRX2 de la société Radiometrix travaillant dans la bande normalisée européenne 433MHz. Il s'agit de l'étage d'entrée avec le premier changement de fréquence autour de 21,4MHz. L'oscillateur local est réalisé avec un oscillateur à quartz délivrant un signal carré évoluant entre 0 et  $V_{dd}=3V$  suivi d'un filtre sélectif LC.



NRX2 block diagram

Le bloc  $F \times 5$  n'existe pas en réalité, il indique seulement que le filtre sélectif LC est centré autour de la cinquième harmonique de l'oscillateur à quartz. On rappelle sur la figure suivante la décomposition en série de Fourier d'un signal carré symétrique :



$$V_{\text{carré}}(t) = \frac{4.U}{\pi} \cdot \left[ \sin(\omega t) + \frac{1}{3} \cdot \sin(3\omega t) + \dots \right]$$

**Q1 :** Montrer que le signal en sortie de l'oscillateur à quartz peut être vu comme la somme d'une composante continue  $V_0$  avec un signal carré symétrique d'amplitude  $\pm U$ . Exprimer  $U$  et  $V_0$  en fonction de  $V_{dd}$ .

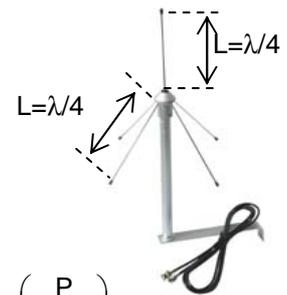
**Q2 :** On choisit une fréquence pour l'oscillateur à quartz de  $f_{xtal}=82,5\text{MHz}$ . En utilisant les résultats précédents, tracer le spectre en amplitude de ce signal pour une fréquence comprise entre 0 et 600MHz en précisant l'amplitude des différentes composantes fréquentielles.

**Q3 :** Si le considère le filtre LC très sélectif et centré autour de  $5.f_{xtal}$  avec un gain maximum de  $-14\text{dB}$  représenter avec précision (temps & amplitude) le signal sur l'entrée du mélangeur.

**Q4 :** Quelles sont alors les 2 fréquences que le récepteur peut recevoir ? En sachant que le récepteur est destiné aux applications pour la bande 433MHz quelle est la seule fréquence de réception ? Comment s'appelle l'autre fréquence ?

### Exercice n°3 : Dispositif de télémessure

Pour les systèmes de télémessure à longue distance (quelques km) fonctionnant sur une fréquence porteuse de 169MHz on utilise couramment des antennes de type « ground plane » dont la géométrie est représentée ci-contre. La puissance des émissions est limitée à 500mW.



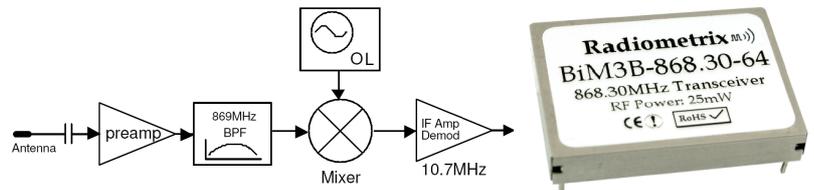
**Q1 :** Quelle est la longueur  $L$  correspondante ?

**Q2 :** Quels sont les intérêts d'une modulation dans le cadre de la transmission d'information ?

**Q3 :** Quelle est le niveau en dBm à la sortie de l'émetteur ? On rappelle que  $P_{\text{dbm}} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1\text{mW}}\right)$

### Exercice n°4 : Un transceiver RF

Le schéma ci-contre représente l'étage de réception d'un transceiver RF travaillant pour une fréquence de 868,3MHz. On retrouve une structure classique d'un changement de fréquence avec une fréquence intermédiaire de 10,7MHz.

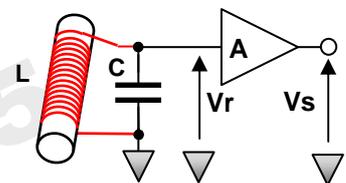


**Q1 :** Quelles sont les 2 valeurs possibles de fréquences pour l'oscillateur local OL ?

**Q2 :** En déduire les 2 valeurs possibles pour les fréquences images.

### Exercice n°5 : Un récepteur pour balise de localisation

Afin de recevoir l'émission d'une balise radio utilisée pour la localisation en navigation aérienne on propose le dispositif suivant constitué d'une antenne sur un barreau ferrite formant une inductance  $L$  accordée avec un condensateur  $C$ . A proximité de l'aéroport de Brive Souillac (Indicatif BSC) on reçoit aux bornes de cette antenne accordée un signal  $V_r$  modulé en amplitude à porteuse conservée avec une porteuse  $f_p=351\text{kHz}$  et signal modulant sinusoïdal de fréquence  $f_1=1020\text{Hz}$ . Le taux de modulation  $m$  est de 100% et l'amplitude du signal modulé est  $S_0=25\text{mV}$ .



**Q1 :** Donner l'expression littérale du signal modulé en amplitude  $V_r$ .

**Q2 :** Tracer le spectre en amplitude du signal modulé  $V_r$  et représenter l'allure temporelle de ce signal.

**Q3 :** Déterminer l'amplification  $A$  nécessaire pour obtenir sur la sortie  $V_s$  un signal modulé dont la valeur efficace est de 1V.

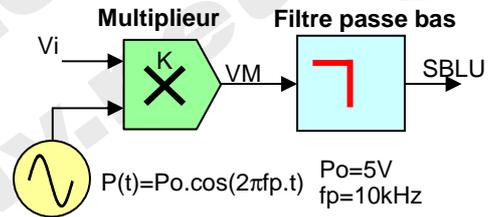
**Q4 :** En sachant que  $L=2\text{mH}$  en déduire la valeur du condensateur  $C$  pour effectuer l'accord du circuit.

## Exercice n°6 : Etude d'un modulateur BLU

Dans un milieu aquatique, il n'est pas possible d'utiliser une propagation par onde électromagnétique et l'on utilise alors une onde acoustique. On utilise pour cela des transducteurs piézo-électriques autour de fréquences comprises entre 7kHz à 40kHz. Comme la vitesse de propagation de l'onde acoustique n'est pas constante sous l'eau (température, salinité, ...) il est préférable d'utiliser des modulations avec une faible occupation spectrale. On opte donc pour une modulation BLU (Bande Latérale Unique) et on limite la bande passante audio [500Hz-3kHz].



Pour la réalisation du modulateur BLU on propose le montage ci-contre dans lequel on utilise un multiplieur dont le coefficient de multiplication est  $K=0,1V^{-1}$ . Pour analyser le fonctionnement du modulateur on connecte un signal  $V_i(t)$  qui représente l'information à transmettre tel que  $V_i(t)=V_1.\cos(2\pi f_1 t)+ V_2.\cos(2\pi f_2 t)$  avec  $f_1=500\text{Hz}$   $f_2=3\text{kHz}$ ,  $V_1=4\text{V}$  et  $V_2=2\text{V}$

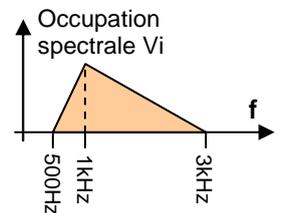


**Q1 :** Exprimer  $V_M(t)$  et montrer qu'il peut se décomposer sous la forme d'une somme de signaux sinusoïdaux.

**Q2 :** Tracer le spectre en amplitude du signal  $V_M(t)$  en précisant les amplitudes et fréquences de chaque composante fréquentielle. Quelle est la modulation obtenue ?

**Q3 :** Afin d'obtenir une modulation BLU afin de ne garder que les composantes latérales inférieures on utilise un filtre passe bas. Comment doit-on choisir ce filtre passe bas ?

**Q4 :** Dans le cas où l'occupation spectrale du signal modulant  $V_i$  est conforme à la représentation ci-contre en déduire l'occupation spectrale du signal modulé SBLU. Vous préciserez les valeurs de fréquences particulières.



## Exercice n°7 : Etude d'un récepteur AM didactique

L'émetteur AM de Villebon sur Yvette (Ile de France) diffuse sur la porteuse  $f_0=864\text{kHz}$  l'émission France Bleu en modulation d'amplitude. Cet émetteur d'une puissance apparente rayonnée de 300kW peut être facilement reçu à Cachan sur la plateforme technique avec un simple récepteur à conversion directe utilisant un détecteur de crête comme le montre la photo ci-contre.

Nous vous proposons donc d'étudier en détail le fonctionnement de ce mini-récepteur radio

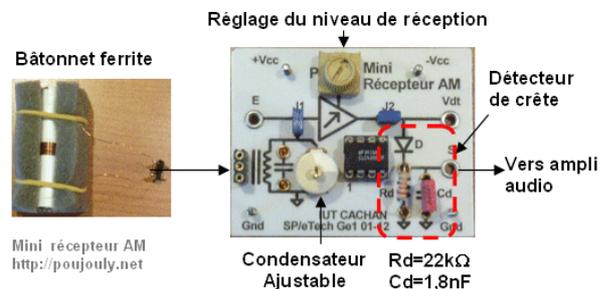


Photo : Maquette mini-récepteur AM

Le schéma du mini-récepteur est représenté ci-contre pour lequel on donne les éléments suivants :

$R_a=1\text{k}\Omega$   $R_b=2\text{k}\Omega$   $P=47\text{k}\Omega$

$C_v$  : 5 à 65pF

Bâtonnet ferrite  $L=670\mu\text{H}$  avec un facteur de qualité  $Q_L=120$  pour  $f_0=864\text{kHz}$

D : Diode Schottky BAT85

(faible tension de seuil  $V_t=0,2$  à  $0,3\text{V}$ )

$R_d=22\text{k}\Omega$   $C_d=1,8\text{nF}$

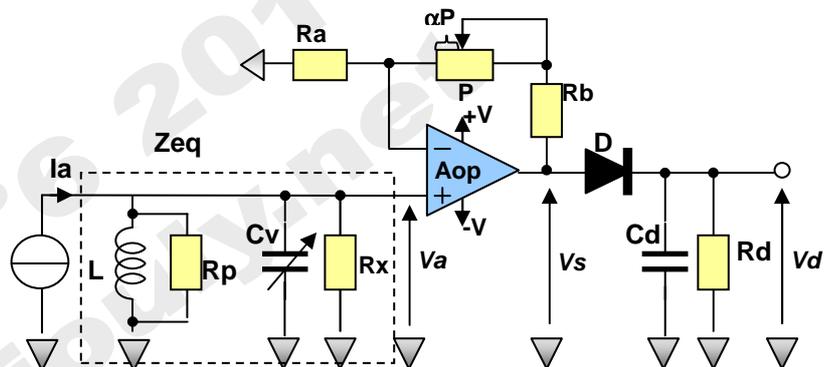


Figure 1 : Schéma du mini-récepteur AM

### Etude du circuit de réception sélectif

**Q1 :** Si on désigne par  $R_{eq}$  la résistance équivalente constituée par  $R_p$  &  $R_x$ , exprimer l'admittance équivalente

$Y_{eq} = \frac{1}{Z_{eq}}$  du circuit représenté en pointillé sur la figure 1.

**Q2 :** Montrer que la fonction de transfert du circuit de réception peut alors s'écrire sous la forme indiquée ci-contre. Vous exprimerez  $G_{max}$ ,  $Q$  et  $\omega_0$  en fonction de  $R_e$ ,  $L$  &  $C_v$ .

$$\frac{V_a(j\omega)}{I_a(j\omega)} = G_{max} \cdot \frac{\frac{j\omega}{Q \cdot \omega_0}}{1 + \frac{j\omega}{Q \cdot \omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

**Q3 :** Quelle est la nature de cette fonction de transfert et quel est le nom des quantités  $Q$  et  $\omega_0$  ?

**Q4 :** Pour quelles raisons utilise-t-on ce circuit en entrée du récepteur radio ? Calculer la valeur du condensateur  $C_v$  afin de permettre l'accord de ce circuit. Montrer alors que le choix du condensateur variable  $C_v$  est convenable.

**Q5 :** Quel lien existe-t-il entre la bande passante de ce circuit et les valeurs  $Q$  &  $f_0$ . Pour effectuer la réception du signal radio on se fixe une bande passante de 9kHz. En déduire la valeur de  $Q$ . Compte tenu de la nature du signal de réception, justifier le choix effectué sur la bande passante.

**Q6 :** Le facteur de qualité de la bobine seule est défini par  $QL = \frac{R_p}{L \cdot \omega_0}$ . A partir des données fournies dans l'énoncé en déduire la valeur de  $R_p$ .

**Q7 :** A partir des résultats des questions précédentes en déduire la valeur de la résistance  $R_x$  pour obtenir le bon facteur de qualité du circuit.

### **Etude du démodulateur d'amplitude**

**Q8 :** Quel est le nom du montage réalisé par la diode  $D$  et le réseau  $R_d C_d$  ?

**Q9 :** Comment doit-on choisir la constante de temps  $R_d C_d$  ?

**Q10 :** Expliquer et illustrer le fonctionnement de ce démodulateur d'amplitude.