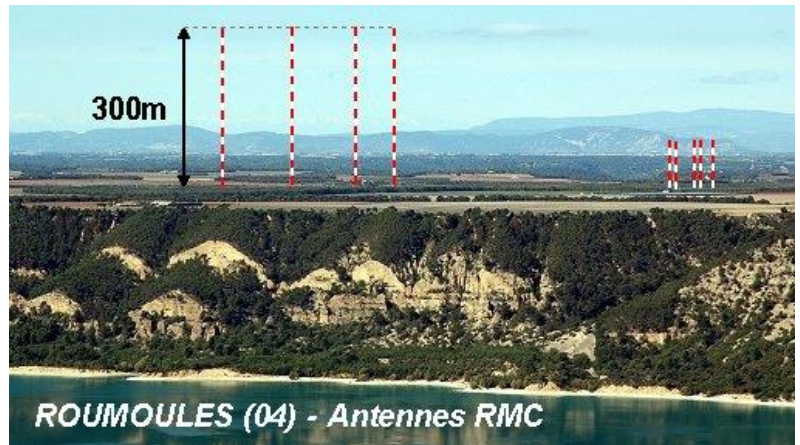


Exercice 1 : Emetteur grande ondes de Roumoules

Le site de Roumoules situé dans le sud de la France diffuse en modulation d'amplitude sur la porteuse $f_p=216\text{kHz}$ l'émission radio RMC en grandes ondes. Le site possède un ensemble d'antennes dont la hauteur est d'environ 300m comme le montre la photo ci-contre et un autre réseau d'antenne utilisé pour la diffusion de l'émission Trans World Radio centrée sur 1467kHz.



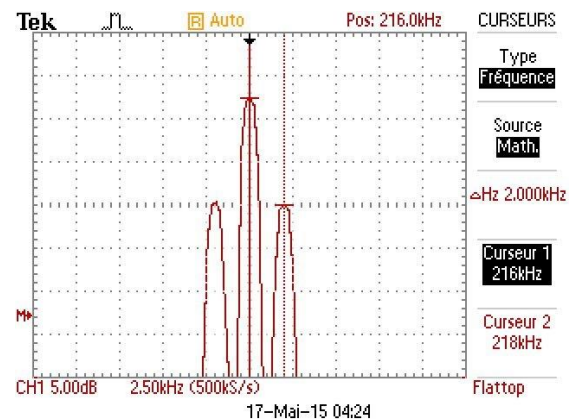
Q1 : Quel est le rapport entre la longueur d'onde λ de l'émission radio RMC et la hauteur des antennes ? Commentez le résultat obtenu.

Q2 : Pour quelle raison le réseau d'antenne utilisé pour la diffusion de l'émission Trans World est beaucoup moins haut ?

Q3 : 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 $S_{AM}(t)$ en faisant intervenir les variables S_0 , m , f_1 et f_p . Précisez le nom des variables S_0 et m .

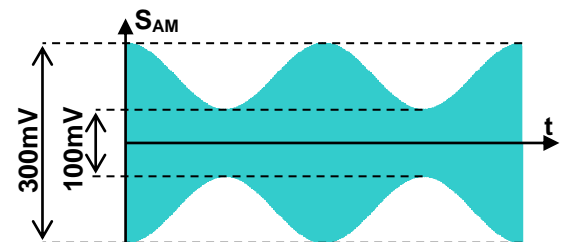
Q4 : Tracer le spectre en amplitude du signal modulé en indiquant les expressions des fréquences et des amplitudes pour chaque composante fréquentielle.

Q5 : 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 ci-contre. Quel est ce type d'analyse ?



Q6 : A partir des indications disponibles sur le relevé en déduire la valeur de fréquence du signal modulant.

Q7 : En observant le signal d'un point de vue temporel on obtient le relevé suivant dont on note les indications d'amplitudes. En déduire la valeur de S_0 et de m . En déduire la valeur efficace du signal modulé S_{AM} .



Q8 : Donner l'amplitude en dBV des composantes fréquentielles du signal modulé. Justifier la différence de niveau entre les composantes fréquentielles à partir des indications proposées sur le premier relevé.

Exercice n°2 : Balise de détresse

Contexte de l'étude

On s'intéresse à l'étude d'une balise radio utilisée dans le cadre des sauvetages en mer. Ces dispositifs que l'on nomme aussi ELT (Emergency Locator Transmitters) émettent sur 2 fréquences (domaine civil) :

- 406MHz pour la signalisation et le repérage par satellite Cospas-Sarsat
- 121,5MHz pour le guidage des secours à l'approche de la zone de secours

Nous vous proposons d'étudier dans ce problème une version basique, destinée aux tests des récepteurs calés sur la fréquence 121,5MHz.



Une balise radio

L'émetteur de test pour la fréquence 121,5MHz

Afin de repérer avec précision la balise radio et orienter les recherches, on utilise la technique de radiogoniométrie sur la fréquence 121,5MHz. On utilise des récepteurs spécifiques comme le montre la photo ci-contre dont le maniement nécessite un certain savoir faire. Il est alors indispensable d'avoir une balise radio pour les tests et les entrainements. L'émission de la balise radio se fait en modulation d'amplitude avec les caractéristiques suivantes :



Un récepteur 121,5MHz

• Fréquence porteuse : 121,5MHz

• Puissance d'émission : 25mW à 100mW

• Taux de modulation : 100%

• Signal modulant : Fréquence variant entre 300Hz et 1600Hz au rythme de 400ms (On simplifie l'étude dans l'énoncé en prenant un signal modulant sinusoïdal)

Le schéma du modulateur pour l'émetteur de test est donné sur la figure 1 suivante dans lequel on utilise un multiplieur AD835 qui réalise l'opération $W=Z+K.(X1-X2).(Y1-Y2)$ avec $K=1V^{-1}$

Pour l'étude de l'émetteur on définit les grandeurs suivantes :

• Porteuse : $V_{ol} = V_o.\cos(2\pi f_o.t)$ avec $f_o=125,1MHz$ et $V_o=0,5V$

• Signal modulant $V_m = V_a.\cos(2\pi f_a.t)$ avec $f_a=1kHz$.

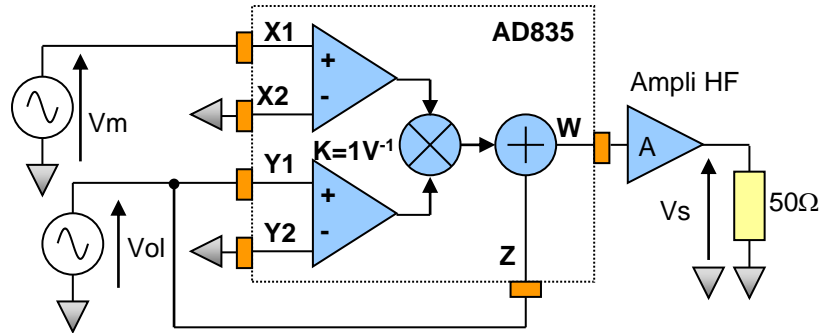


Figure 1 : Modulateur AM de test

Q1 : Quelle est la longueur d'une antenne quart d'onde utilisée pour la balise radio ? Vérifier la cohérence de votre résultat avec la photographie proposée pour le récepteur.

Q2 : Exprimer le signal à la sortie W du multiplieur et montrer qu'il peut s'écrire sous la forme d'un signal modulé en amplitude dont vous exprimerez le taux de modulation m en fonction de K & Va. En déduire la valeur de Va afin de répondre au cahier des charges.

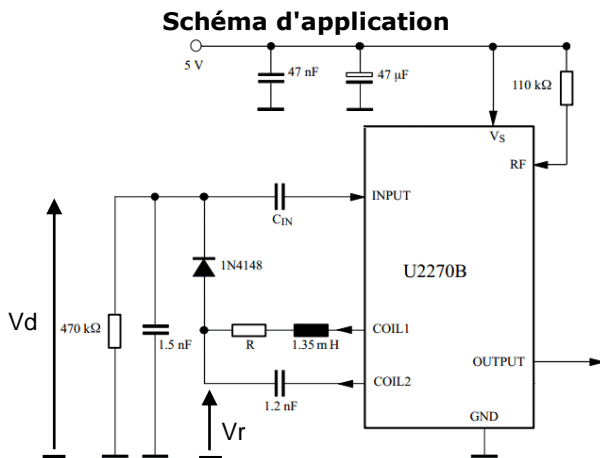
Q3 : Représenter l'allure du signal modulé W au cours du temps en respectant l'échelle au niveau des amplitudes.

Q4 : Tracer le spectre en amplitude du signal modulé W. En déduire le spectre en puissance normalisée et la valeur efficace de W.

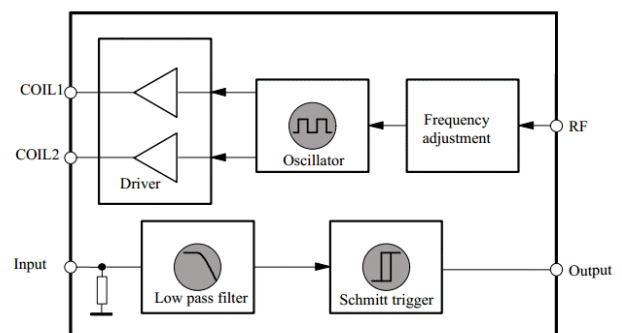
Q5 : On fixe la puissance d'émission à sa valeur minimale de 25mW dans une charge de 50Ω. En déduire la valeur de l'amplification A se trouvant à la sortie du modulateur.

Exercice n°3 - Un récepteur RFID

Pour la réalisation d'un récepteur RFID, il est possible d'utiliser un circuit intégré regroupant l'ensemble des fonctions que nous allons mettre en œuvre à l'occasion des séances de travaux pratiques. Nous vous proposons ci-dessous un extrait de documentation constructeur très simplifié du circuit U2270B.



Block Diagram



Q1 : Identifier la valeur de l'inductance de l'antenne de base et le condensateur d'accord associé sur le schéma. En déduire la fréquence d'accord de ce circuit. Commenter le résultat obtenu.

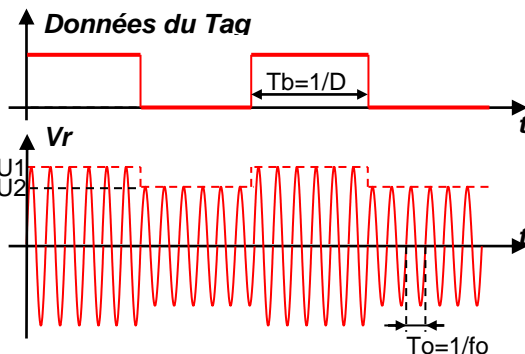
Q2 : Que permet de réaliser le circuit composé de la diode 1N4148, de la résistance de 470kΩ et du condensateur de 1,5nF ? Justifier le choix du couple RC.

Q3 : Illustrer le fonctionnement de ce montage en représentant le signal V_d lorsque l'on est en présence du signal modulé en amplitude V_r représenté sur la figure ci-contre. Pour simplifier l'analyse on suppose que la diode 1N4148 est parfaite.

Q4 : Compte tenu de la valeur du couple RC ($470k\Omega/1,5nF$) comment doit-on choisir le temps bit T_b pour faciliter la réception des données binaires ?

Q5 : Quel est le rôle du condensateur C_{IN} connecté sur l'entrée du circuit ? Représenter le signal obtenu à l'entrée du filtre passe bas interne au circuit U2270B.

Q6 : Quel est le rôle du "low pass filter" et du "Schmitt trigger" présent dans le circuit U2270B ?



Exercice n°4 : Etude d'un récepteur horaire DCF77

On s'intéresse dans le cadre de ce problème à un récepteur horaire DCF77 qui permet de recevoir l'heure et la date directement à partir d'une émission radio effectuée en modulation d'amplitude sur la porteuse $77,5kHz$. L'émetteur se situe à Francfort en Allemagne et couvre une bonne partie de l'Europe. Une simple antenne accordée suivie d'un amplificateur permet de récupérer le signal V_r suivant. La transmission numérique des infos horaires est obtenue en envoyant une porteuse de valeur maximale U au début de chaque seconde. La durée T_1 ou T_0 indique si l'on transmet un 1 ou un 0. Le synchronisme est effectué lors de la 59^{ème} seconde pendant laquelle le niveau de réception reste à 25% de la valeur maximale.

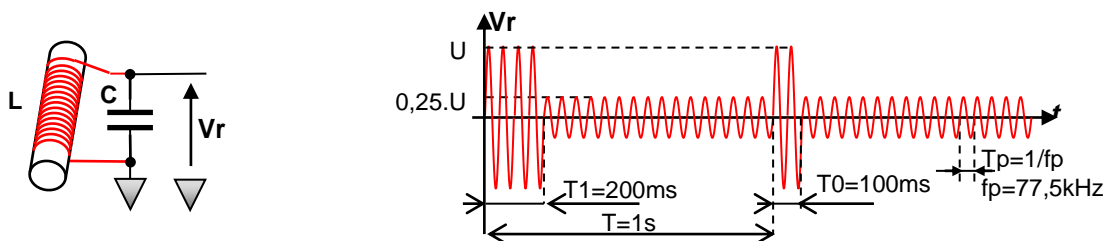


Figure 1 : Signal DCF77

Q1 : Pour réaliser l'antenne on utilise un bâtonnet ferrite dont le coefficient est tel que $AL=750nH$. En effectuant un bobinage de N spires on obtient une inductance $L=AL.N^2$. Sachant que $N=100$, en déduire la valeur de L et celle de C pour réaliser l'accord.

Afin d'obtenir une information numérique on propose d'utiliser un démodulateur construit autour du circuit CA3080 qui est un OTA (Operationnal Transconductance Amplifier) servant d'amplificateur au signal de réception V_R . La sortie de ce circuit est une sortie courant (I_s) dont la valeur dépend de la tension d'entrée V_R et du paramètre de transconductance g_m dont la valeur est fixée par la tension de commande continue V_a .

Lorsque le signal V_R est d'amplitude très petite ($<20mV$) on montre que $g_m = \frac{I_a}{2.U_t}$ avec $U_t=25mV$. Le courant

I_a est fixé par le circuit extérieur composé de la tension de commande V_a et la résistance R_a . La tension V_p est fixée par les éléments de polarisation interne telle que $V_p=0,6V-V_{cc}$ avec $V_{cc}=5V$.

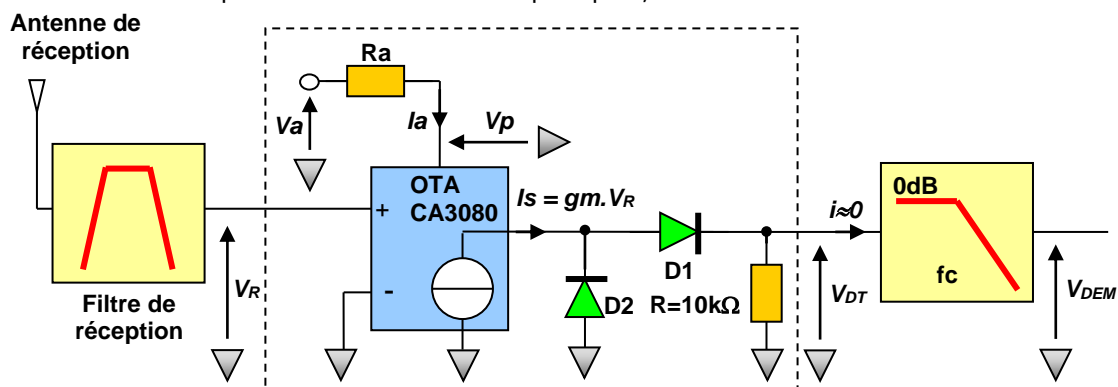


Figure 2 : Récepteur DCF77

Q2 : Exprimer V_a en fonction de R_a , I_a et V_p . Lorsque $V_a=V_{cc}=5V$ on souhaite obtenir un courant $I_a=1,5mA$. En déduire la valeur de R_a .

Q3 : On considère un signal de réception sans modulation de la forme $V_R=V_{R0}.\sin(2\pi.f_0.t)$ avec $V_{R0}=10mV$ et $f_0=77,5kHz$. On considère que le courant $I_a=1,5mA$. Dessiner en concordance de temps les grandeurs V_R , I_s et

V_{DT} . Vous préciserez les valeurs de courant et de tension et vous indiquerez l'état des diodes pour les alternances du signal V_R . Compte tenu de l'utilisation de la diode D2, quel peut être son nom ?

Q4 : Quelle est la fonction réalisée par le montage autour du circuit CA3080 (partie encadrée) ?

On considère que le filtre en entrée du récepteur radio est parfaitement accordé. On reçoit donc un signal de réception V_R modulé en amplitude conforme avec la description proposée sur la figure 1 et pour lequel on donne $U=10mV$.

Q5 : Représenter l'allure du signal V_{DT} en précisant l'échelle des amplitudes.

Q6 : Quel est le rôle du filtre passe bas ? Comment choisir la fréquence de coupure f_c ?

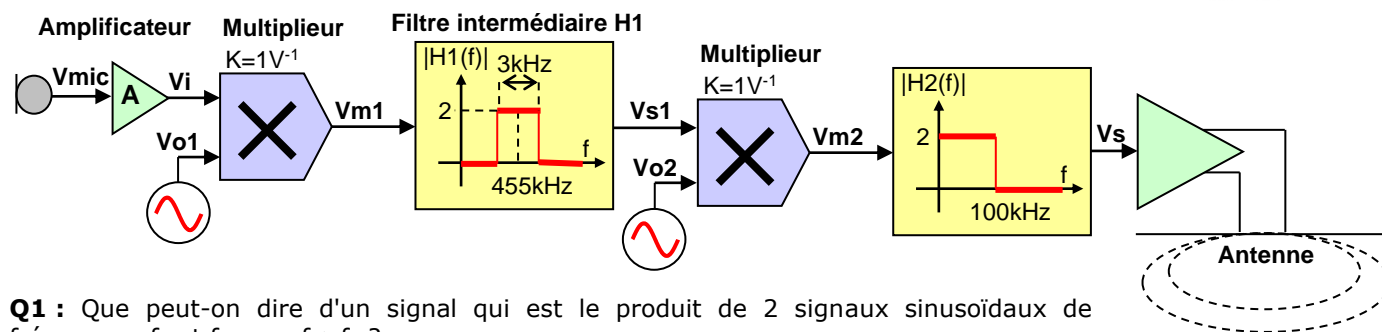
Q7 : Comme le filtre passe bas agit comme un filtre moyenneur et en utilisant le résultat de la valeur moyenne d'un signal sinusoïdal redressé simple alternance, représenter le signal V_{DEM} en précisant ses amplitudes.

Q8 : Proposer un montage permettant d'obtenir un signal numérique évoluant entre 0 & 5V.

Exercice n°5 : Emetteur BLU NICOLA

On vous propose l'étude simplifiée d'un émetteur radio BLU "NICOLA" utilisé pour établir des communications sans fil avec des spéléologues sous terre. On donne les éléments suivants :

- L'amplificateur A possède un gain de 40dB sans inversion de signe
- Les 2 multiplieurs réalisent les opérations $V_{m1}=K.V_i.V_{o1}$ et $V_{m2}=K.V_{s1}.V_{o2}$ avec $K=1V^{-1}$
- L'oscillateur n°1 fournit un signal $V_{o1}(t)=E_o.\cos(2\pi.f_{o1}.t)$ avec $f_{o1}=456,7kHz$ et $E_o=1V$
- L'oscillateur n°2 fournit un signal $V_{o2}(t)=E_o.\cos(2\pi.f_{o2}.t)$ avec $f_{o2}=543,6kHz$
- les 2 filtres sont considérés comme idéaux et chaque module de la fonction de transfert est représenté sous la forme d'une caractéristique sur le schéma synoptique.



Q1 : Que peut-on dire d'un signal qui est le produit de 2 signaux sinusoïdaux de fréquences f_A et f_B avec $f_A > f_B$?

Afin d'analyser le fonctionnement de l'émetteur "NICOLA", on suppose que le signal en sortie du microphone est la somme de 2 signaux sinusoïdaux tel que : $V_{mic}=V_1.\cos(2\pi.f_1.t) + V_2.\cos(2\pi.f_2.t)$ avec $V_1=10mV$, $V_2=5mV$, $f_1=300Hz$ et $f_2=3100Hz$.

Q2 : Tracer le spectre en amplitude à la sortie du multiplieur 1 en précisant les fréquences et amplitudes de chaque composante fréquentielle.

Q3 : Compte tenu du module de la fonction de transfert du filtre intermédiaire en déduire le spectre en amplitude du signal V_{s1} .

Q4 : Tracer le spectre en amplitude à la sortie du multiplieur 2 et en déduire le spectre sur la sortie V_s du filtre H2 en précisant les fréquences et amplitudes de chaque composante fréquentielle.

Q5 : Montrer simplement que le dispositif réalise bien une modulation BLU autour de la fréquence porteuse $f_p=86,9kHz$.