

Exercices supplémentaire sur la transmission d'information : AM & FM

SUJET + CORRECTION

Exercice n°1 : Une mini balise de radiolocalisation

SUJET

On vous propose d'étudier le système d'émission et de réception destiné aux exercices de localisation par des moyens radio. On retrouve ce genre de balise pour la navigation aérienne mais aussi dans le système de localisation de victimes d'avalanches (ARVA). Le système présenté dans ce problème reprend une partie des caractéristiques de ces deux applications.

L'émission radio est effectuée en modulation d'amplitude et le signal modulant est un code Morse permettant d'identifier la balise. La tonalité permettant d'effectuer ce codage est un signal sinusoïdal de fréquence $f_a=400\text{Hz}$. La fréquence porteuse $f_p=150\text{kHz}$ est choisie de telle sorte à être reçue sur un poste radio conventionnel. Le taux de modulation est $m=80\%$.

On utilise comme antenne d'émission et de réception des bâtonnets ferrite sur lesquels on bobine un certain nombre de spires formant ainsi une inductance équivalente. La directivité de ces antennes couplée à une mesure du niveau de réception permet de facilement localiser la balise émettrice. Une démodulation audio coté réception, permet d'écouter le code Morse émis par la balise. Le schéma synoptique suivant représente le récepteur utilisé pour la radiolocalisation.

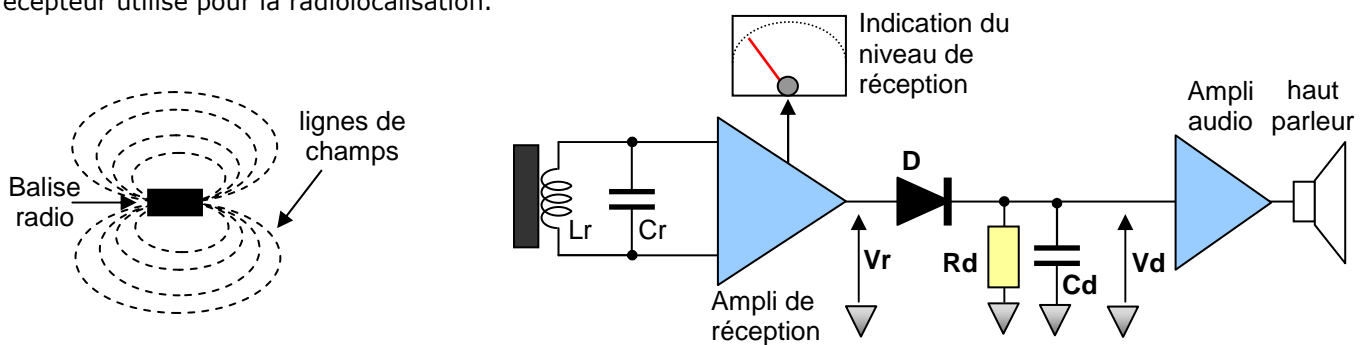


Figure 1 : Dispositif de réception pour la radiolocalisation

Etude de la balise radio

On vous propose d'étudier dans la première partie de ce problème la balise radio dont le schéma électrique simplifié est représenté sur la figure 2 ci-dessous. Afin d'effectuer une modulation d'amplitude, on utilise un multiplieur analogique réalisant l'opération $V_1=K.V_A.V_p+V_Z$ avec $K=0,1\text{V}^{-1}$. On donne les renseignements suivants : $V_p=U.\cos(2\pi f_p.t)$ avec $U=3\text{V}$ et $V_A=A.\cos(2\pi f_a.t)$

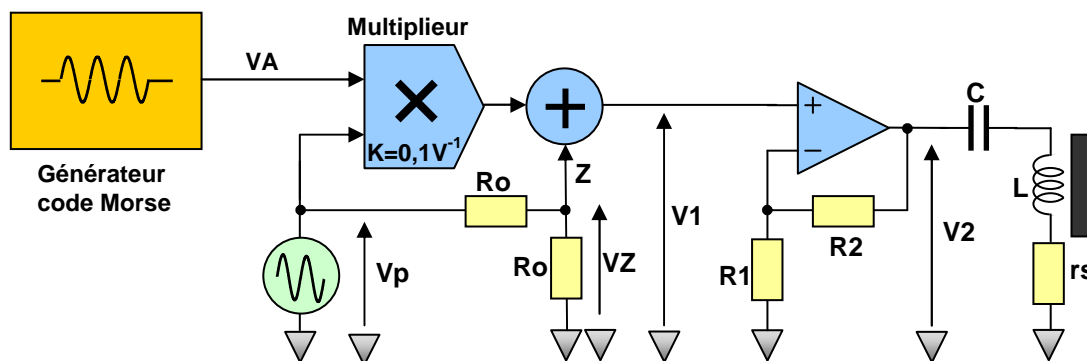


Figure 2 : Balise radio

Q1 : En sachant que le courant sur l'entrée Z est nul, en déduire la relation entre VZ & Vp.

Q2 : Montrer que V1 peut s'écrire sous la forme $V_1(t)=V_o.[1+m.\cos(2\pi f_a.t)].\cos(2\pi f_p.t)$. Exprimer Vo & m en fonction des éléments fournis.

Q3 : Quel est le nom de m ? Compte tenu du cahier des charges en déduire la valeur de A.

Q4 : Tracer l'allure du signal V1 en précisant l'échelle des temps et celle en amplitude en fonction de Vo.

Q5 : Tracer le module du spectre en amplitude du signal V1 et exprimer sa valeur efficace V1ff en fonction de So. Effectuer l'application numérique.

Q6 : On désire obtenir une valeur efficace de 4V sur la sortie V2. En déduire la valeur de R2 si l'on fixe R1=3kΩ.

Etude du récepteur radio

Q7 : L'antenne de réception constitué par un bâtonnet ferrite possède une inductance Lr=512μH. Quel est le rôle du condensateur Cr et quelle doit être sa valeur pour assurer un bon fonctionnement du récepteur ?

Comme l'amplificateur de réception possède un contrôle automatique de gain, cela permet de délivrer un signal qui permet d'indiquer le niveau de réception mais permet de récupérer un signal modulé en amplitude Vr dont l'amplitude est constante facilitant ainsi le décodage morse. Pour simplifier le problème on suppose que l'on récupère un signal Vr en tout point identique avec le signal V1 de la balise radio.

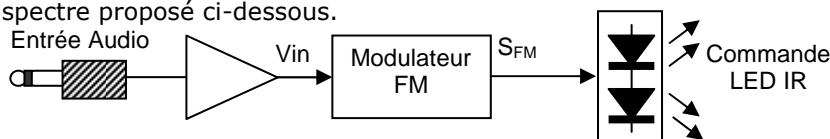
Q8 : Si l'on suppose que la diode D est parfaite, représenter l'allure du signal Vd en concordance de temps avec le signal V1 si l'on considère que la constante de temps RdCd est correctement choisie.

Q9 : Quelles sont les autres techniques de démodulation d'amplitude ?

Exercice n°2 : Analyse d'un signal modulé FM

SUJET

Pour la mise au point d'un émetteur en modulation FM dans le cadre d'une transmission infrarouge pour un casque audio on effectue un test de transmission avec un modulant sinusoïdal. En connectant l'analyseur de spectre à la sortie du modulateur on relève le spectre proposé ci-dessous.



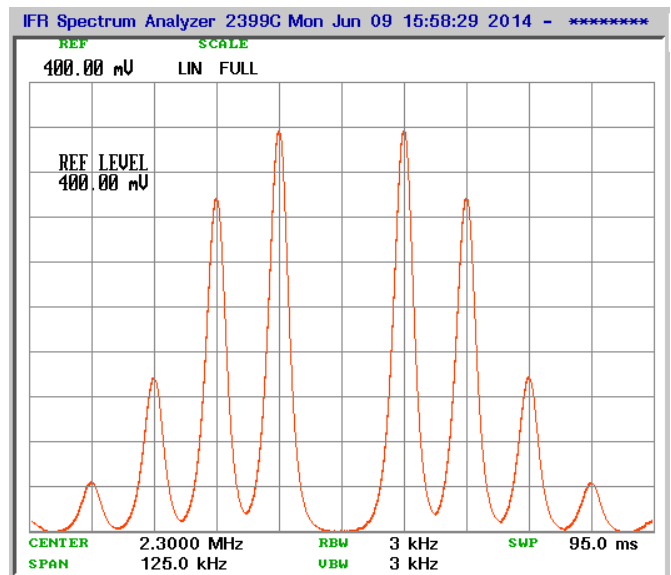
Q1 : Quelle est la valeur de la fréquence porteuse ?

Q2 : Quelle est l'indice de modulation pour cette modulation de fréquence ? Justifier votre réponse.

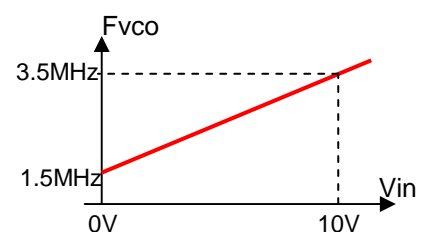
Q3 : Quelle est la fréquence du signal modulant ? En déduire la déviation en fréquence du signal modulé.

Q4 : En utilisant les tables de Bessel, quelle est la valeur du paramètre J1 ?

Q5 : Dans une échelle de niveau linéaire, l'analyseur de spectre affiche le spectre en valeur efficace. A partir des informations disponibles en déduire l'amplitude crête du signal modulé.



La caractéristique de transfert du modulateur FM est représenté sur le graphique ci-dessous dans lequel Fvco désigne la fréquence en sortie du modulateur.



Q6 : Quelle fonction électronique permet de réaliser simplement un modulateur de fréquence ?

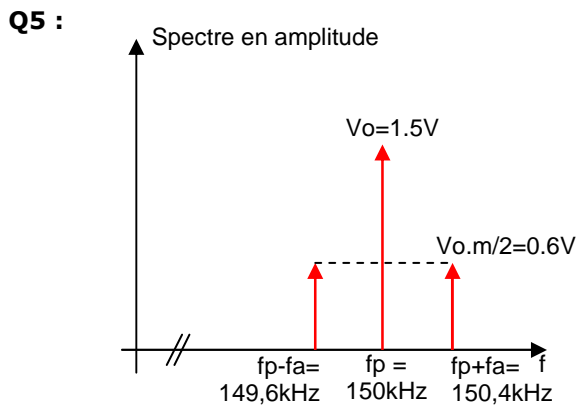
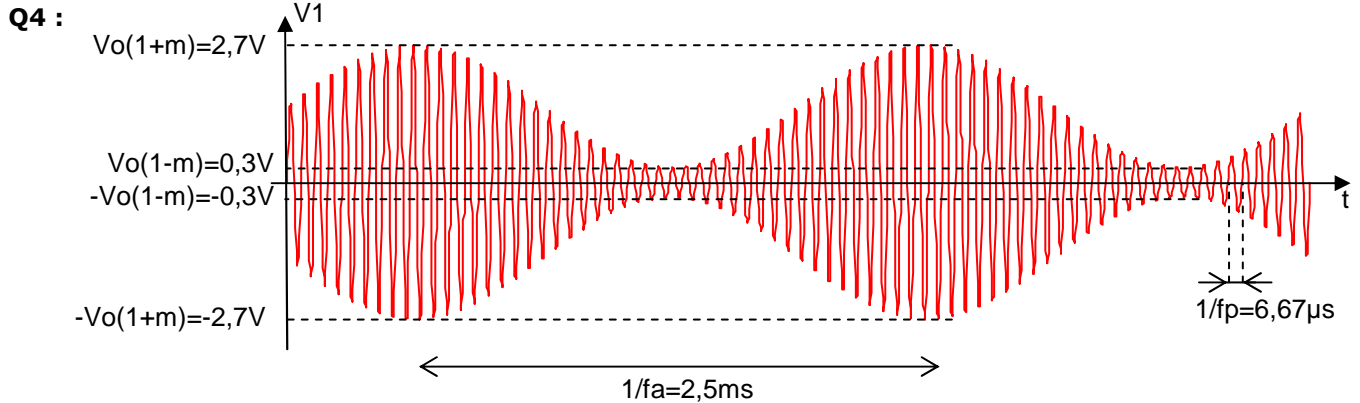
Q7 : Représenter avec précision l'allure du signal que l'on applique sur l'entrée Vin pour obtenir les paramètres de la modulation précédente.

Q1 : $V_Z = \frac{V_p}{2}$

Q2 : $V_1 = V_Z + K \cdot V_p \cdot V_A = \frac{V_p}{2} \cdot (1 + 2 \cdot K \cdot V_A) = \frac{U}{2} \cdot (1 + 2 \cdot K \cdot A \cdot \cos(2\pi f_a t)) \cdot \cos(2\pi f_p t)$ de la forme indiquée avec

$V_o = \frac{U}{2}$ et $m = 2 \cdot K \cdot A$

Q3 : m : taux de modulation donc $A = 4V$



$$V_{1eff}^2 = \frac{V_o^2}{2} + 2 \cdot \frac{(V_o \cdot m)^2}{8} = V_o^2 \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{m^2}{4} \right)$$

Donc $V_{1eff} = V_o \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{2} + \frac{m^2}{4} \right)}$ soit $V_{1eff} = 1,22V$

Q6 : $V_{2eff} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot V_{1eff}$ donc $\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_{2eff}}{V_{1eff}} - 1$

soit $R_2 = R_1 \cdot \left(\frac{V_{2eff}}{V_{1eff}} - 1 \right) = 6,8k\Omega$

Etude du récepteur radio

Q7 : Le rôle du condensateur Cr est d'effectuer l'accord du circuit sélectif tel que $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LrCr}}$ donc

$Cr = \frac{1}{Lr \cdot (2\pi f_p)^2} = 2,2nF$

Q8 / Q9 : Voir poly de cours

Q1: $f_p = 2,3 \text{ MHz}$ Q2: $m = 2,4$ Configuration Faux porteur

Q3: $f_a = 12,5 \text{ kHz}$ Q4: $J_1 = 0,52$

Q5: $\frac{J_1 \times S_0}{\sqrt{2}} \approx 360 \text{ mV}$ donc $S_0 \approx 0,98 \text{ V}$

Q6: VCO

