

► Récepteur en modulation de fréquence

On se propose dans cette manipulation de tester la réception FM (fréquence modulation) d'un récepteur conçu pour recevoir les émissions en AM et en FM stéréophonique.



Il s'agit d'un récepteur à changement de fréquence dont les caractéristiques techniques et conseils d'utilisation sont donnés en **Annexe 1**.

Le spectre alloué, en France, à la radiodiffusion FM s'étend de 87,5 à 108 MHz.

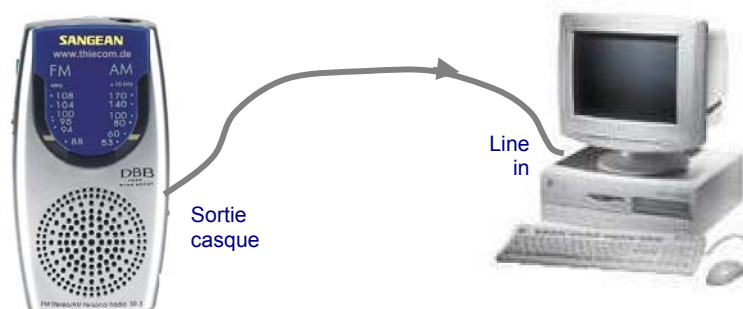
Activité 1 : mise en service

Vérifier le bon fonctionnement du récepteur sur la gamme FM en écoutant quelques stations à un volume discret. Brancher un câble sur la prise « écouteur » : la réception est-elle améliorée ?

Calculer la longueur d'onde correspondant à un signal à 100 MHz. Sachant qu'une antenne est efficace si sa longueur L est telle que : $L \approx \lambda/4$, expliquez le résultat ci-dessus.

Activité 2 : spectre audio du signal reçu

Relier la sortie Audio du récepteur à l'entrée ligne du PC pour pouvoir analyser le signal basse-fréquence avec Audiotester.



Régler le récepteur sur une station au choix et relever le spectre du signal audio. En déduire une estimation des limites du spectre audiofréquence transmis en FM.

Activité 3 : encombrement spectral d'un émetteur

A partir du relevé du spectre d'un émetteur de la bande FM fourni, déduire les caractéristiques de l'émetteur : sa fréquence, son encombrement spectral à -10 dB et -40 dB. Cet émetteur tient-il dans le canal ?

Activité 4 : mesure de la distorsion harmonique

Accorder le récepteur sur le générateur du labo qui émet une porteuse à $f_1 = 97,5$ MHz modulée par une sinusoïde pure de fréquence 1 kHz en stéréophonie sur la voie de gauche. Activer la mesure de distorsion harmonique THD de Audiotester et en déduire le taux de distorsion harmonique du poste de radio pour la voie de gauche.

On fera d'abord une mesure en position « réception monophonique » (décodeur stéréo hors service), puis en position « réception stéréophonique » (décodeur stéréo en service). Le taux de distorsion vous paraît-il bon en Mono ? en Stéréo ? Le décodeur stéréo dégrade-t-il le taux de distorsion ?

Activité 5 : mesure du SINAD et du S/B

On garde le même montage que précédemment. Tenir compte du bruit et mesurer le SINAD en sortie du récepteur en Mono, puis en Stéréo (toujours pour la voie de gauche).

On ne tient plus compte que du fondamental et du bruit : Audiotester mesure alors le rapport Signal/Bruit appelé S/B. Relever cette valeur en Mono, puis en Stéréo. Le SINAD vous paraît-il bon en Mono ? en Stéréo ? Le décodeur stéréo dégrade-t-il le SINAD ?

Activité 6 : séparation des canaux

En réception Stéréo, visualiser le spectre en sortie sur les deux voies et activer la mesure de niveau (Level) sur les deux voies. Y-a-t-il du signal sur la voie de droite ? Est-ce normal ? En déduire la valeur de la séparation des canaux S_{dB} de ce récepteur en stéréophonie.

Activité 7 : filtre de fréquence intermédiaire

Accorder le récepteur sur une fréquence connue, et le placer à proximité de l'analyseur de spectre pour capter le signal produit par son oscillateur. Mesurer sa fréquence f_0 . Est-il placé au-dessous ou en-dessous de la fréquence à recevoir ? Expliquer à quoi sert cet oscillateur local et déduire de la mesure la valeur de la fréquence centrale f_i du filtre.

Activité 8 : réjection de la fréquence image

A quelle fréquence se trouve l'émetteur image de l'émetteur à 97,5 MHz ? Un second émetteur placé dans le labo émet à cette fréquence image une porteuse modulée en fréquence par une sinusoïde à 400 Hz. Observer le spectre audio en sortie du récepteur. Est-il possible de le capter ? Estimer le taux de réjection T_{RdB} de la fréquence image de ce récepteur. (on fera pour cette question une FFT précise sur 65000 points environ).

Activité 9 : courbe de réponse en fréquence

Accorder le récepteur sur le générateur du labo à $f_1 = 97,5$ MHz qui émet maintenant en monophonie une porteuse modulée par une sinusoïde de fréquence variable générée par Audiotester. Activer le relevé de la courbe de réponse (Sweep measurement) en décochant la case « Sync » pour permettre au logiciel Audiotester d'analyse de se synchroniser sur le signal de sortie du récepteur.

Relever la courbe de réponse, mesurer les fréquences de coupure et commenter. Refaire une mesure en activant la fonction DBB et conclure sur son efficacité

Activité 10 : comportement du récepteur en bruit blanc

Accorder le récepteur entre deux stations pour qu'il n'y ait que du bruit en sortie. Relever le spectre du signal audio (moyenne sur un grand nombre de spectres) et en déduire une nouvelle estimation la bande passante du récepteur. Comparer au résultat de l'activité 9.

► Annexe 1 : caractéristiques techniques du récepteur

Alimentation : 1 pile AAA/UM-4/R03

Gamme d'ondes : AM (PO) 530 à 1710 kHz / FM 87,5 à 108 MHz

Semi-conducteurs : 2 circuits Intégrés, 1 FET

Puissance de sortie : 2 mW (via écouteurs) / 40 mW (via haut-parleur)

Basses : fonction DBB (deep bass boost) pour amplifier la restitution des fréquences graves

Connecteur pour écouteurs : jack 3,5 mm 32 ohms (stéréo)

Antenne :

- en FM, le câble des écouteurs sert également d'antenne
- en AM, une antenne cadre ferrite directionnelle est intégrée dans la radio



Emplacement des organes de commande

1. Interrupteur MARCHE/ARRÊT/DBB (Deep Bass Boost)
2. Bouton d'accord
3. Sélecteur de gammes d'ondes FM/AM
4. Aiguille de l'échelle des fréquences
5. Connecteur pour écouteurs
6. Sélecteur Stéréo/Mono/Haut-parleur
7. Réglage du volume sonore

► Annexe 2 : les émetteurs de la bande FM à Mulhouse

F (en MHz)	Radios nationales	Radios allemandes	Radios suisses
88,2	Radio Cigogne		
88,6	France Culture		
89,2		SWR1	
90,6			DRS1
91,2	RTL2 Mulhouse		
91,6	France Musique		
92,6		SWR2	
94,2			RSR La Première
94,8	Europe 1		
95,3	Phare FM Mulhouse		
95,7	France Inter		
97,0		SWR3	
98,1	ECN		
98,6	Florival FM		
99,0			DRS2
99,4	Nostalgie Mulhouse		
99,6			RSR Espace 2
99,8	Virgin Radio Mulhouse		
100,8			RFJ
101,1		Radio Regenbogen	
101,7			Radio Basel One
102,1	NRJ Alsace		
102,6	France Bleu Alsace		
103,6			DRS3
104,6	Dreyeckland Alsace		
104,8			RSR Couleur 3
105,1		Deutschlandfunk	
105,5	France Info		
106,0		Baden.fm	
107,1	RTL		
107,6			Radio Basilisk



Récepteur en modulation de fréquence : réponses

Rédacteur :

Binôme :

Date :

Activité 1 : mise en service

Le récepteur fonctionne correctement : oui non

Avec un câble sur la prise écouteur, la réception est améliorée : oui non

A $f = 100 \text{ MHz}$ la longueur d'onde vaut : $\lambda_1 = \dots\dots\dots$ et la longueur d'antenne optimale : $L_1 = \dots\dots\dots$

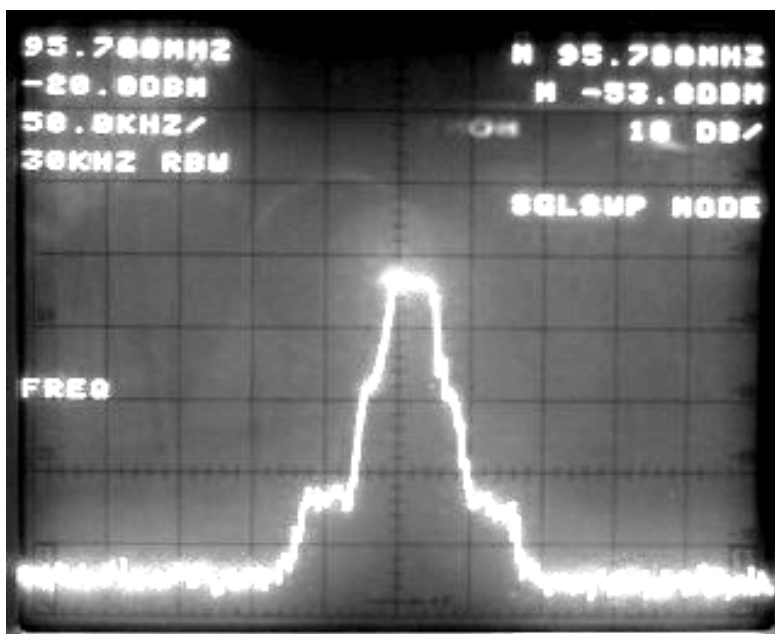
Commentaire :
.....

Activité 2 : spectre audio du signal reçu

⇒ Spectre du signal BF : voir courbe n° :

Commentaire : le spectre audio transmis en FM va de à

Activité 3 : encombrement spectral d'un émetteur



Emetteur choisi :

- fréquence $f = \dots\dots\dots$
- encombrement spectral :
 $B_{-10 \text{ dB}} = \dots\dots\dots$ $B_{-40 \text{ dB}} = \dots\dots\dots$
- cet émetteur tient dans le canal
 oui non

Activité 4 : mesure de la distorsion harmonique

⇒ **Distorsion harmonique à 1 kHz en Mono** : voir courbe n° :

Taux de distorsion harmonique : THD =

⇒ **Distorsion harmonique à 1 kHz en Stéréo** : voir courbe n° :

Taux de distorsion harmonique : THD =

Commentaires :

Activité 5 : mesure du SINAD et du S/B

⇒ **SINAD à 1 kHz en Mono** : voir courbe n° : SINAD =

⇒ **SINAD à 1 kHz en Stéréo** : voir courbe n° : SINAD =

⇒ **Rapport S/B à 1 kHz en Mono** : voir courbe n° : S/B =

⇒ **Rapport S/B à 1 kHz en Stéréo** : voir courbe n° : S/B =

Commentaires :

Activité 6 : séparation des canaux

⇒ **Spectre en sortie sur les deux voies** : voir courbe n° :

séparation des canaux en stéréophonie : S_{dB} =

Commentaires :

Activité 7 : filtre de fréquence intermédiaire

Le récepteur est accordé sur la fréquence : f_1 =

L'analyseur de spectre montre l'existence d'une raie correspondant au signal de l'oscillateur local à : f_0 =

Dans ce récepteur, l'oscillateur local est placé : au-dessus en-dessous de la fréquence à recevoir.

Le filtre de fréquence intermédiaire est forcément placé à : f_i =

Rôle de l'oscillateur local :

Activité 8 : réjection de la fréquence image

La fréquence image de l'émetteur $f_1 = 97,5$ MHz est à la fréquence : $f_2 = \dots\dots\dots$

⇒ **Spectre en sortie** : voir courbe n° : $\dots\dots\dots$

Niveau reçu pour l'émetteur modulé par le 1 kHz : $V_1 = \dots\dots\dots$

Niveau reçu pour l'émetteur modulé par le 400 Hz : $V_2 = \dots\dots\dots$

Taux de réjection de la fréquence image vaut : $T_{\text{RdB}} = V_1 - V_2 = \dots\dots\dots$

Commentaires : $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Activité 9 : courbe de réponse en fréquence

⇒ **Réponse en fréquence** : voir courbe n° : $\dots\dots\dots$

Fréquence de coupure basse : $f_{\text{cb}} = \dots\dots\dots$

Fréquence de coupure haute : $f_{\text{ch}} = \dots\dots\dots$

Commentaire : $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

⇒ **Réponse en fréquence en mode DBB** : voir courbe n° : $\dots\dots\dots$

Commentaire : $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Activité 10 : comportement du récepteur en bruit blanc

⇒ **Réponse en bruit blanc** : voir courbe n° : $\dots\dots\dots$

Bande passante du récepteur : de $\dots\dots\dots$ à $\dots\dots\dots$

Commentaire : $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$