



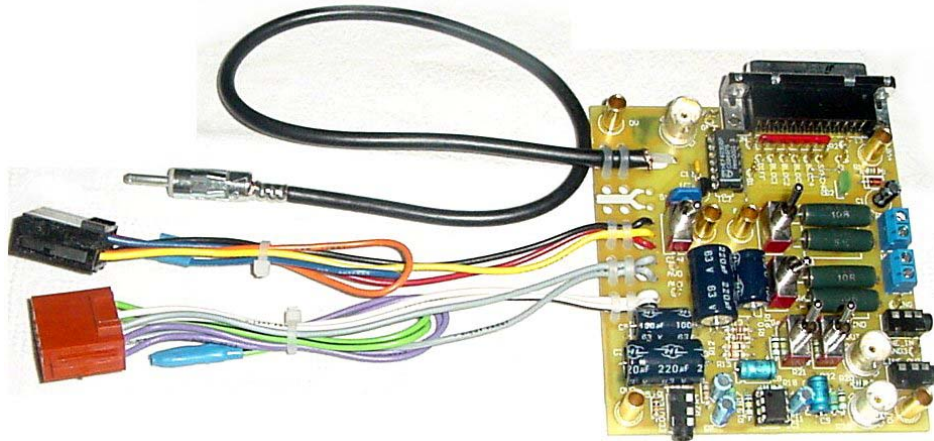
Autoradio en réception monophonique

Dans ce TP, on se propose de tester la partie « réception » d'un autoradio ROADSTAR CD655 .



Il possède également un lecteur CD et un système d'enregistrement / lecture MP3 qui ne seront pas étudiés (schéma fonctionnel en Annexe 1).

L'accès aux différents signaux d'entrée et de sortie est facilité par l'utilisation d'une **carte d'interface** qui se branche à l'arrière de l'autoradio par la prise ISO standard (schéma structurel en Annexe 2).

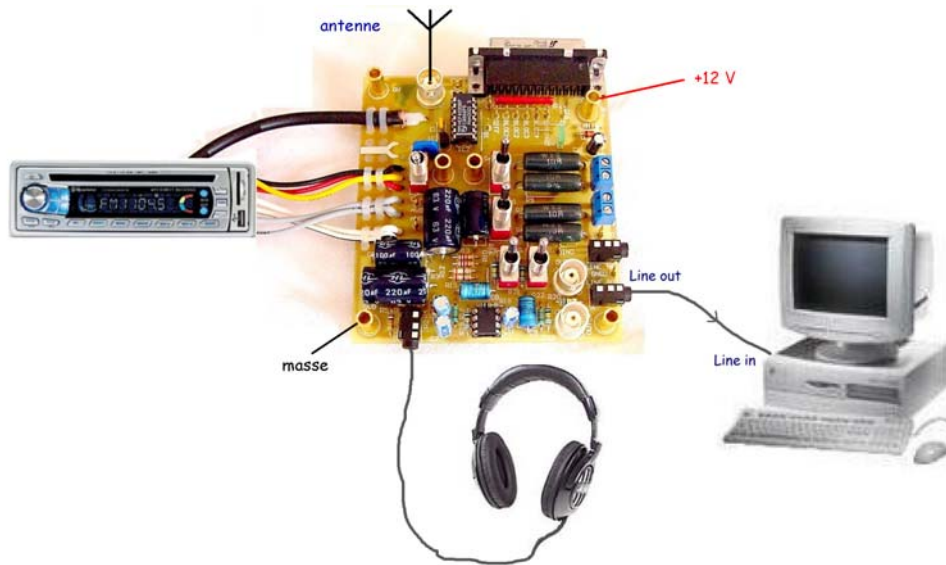


Les principales caractéristiques de l'autoradio annoncées par le fabricant sont les suivantes :

Amplificateur audio	Lecteur CD
Puissance max : 4x20W sur 4 Ω sous 13,2V Réponse en fréquence : 20Hz à 20kHz Réglage aiguës : ± 14 dB (à 12kHz) Réglage basses : ± 14 dB (à 100Hz) Distorsion : < 0,5 %	Réponse en fréquence : 20Hz à 20kHz Séparation des canaux : > 50dB Rapport Signal / Bruit : > 60dB
Réception FM	Lecteur MP3
Gamme de fréquence : 87,5MHz à 108,0MHz Résolution de réglage : 50kHz Sensibilité : 12 μ V sur 75 Ω pour 30dB S/B Séparation des canaux à 60 μ V : > 30dB Rapport Signal / Bruit à 60 μ V : > 50dB Réjection de la fréquence image : > 45dB Réponse en fréquence : 50Hz à 15kHz Distorsion à 60 μ V : < 1%	Fréquence d'échantillonnage : 44,1kHz Débits supportés : 128kbps, 64kbps et 32kbps en stéréo Réponse en fréquence à 128kbps : 20Hz à 10kHz Rapport Signal / Bruit : > 60dB

Activité 1 : mise en oeuvre de l'autoradio

Pour tester le bon fonctionnement de l'autoradio, on l'équipe d'une antenne et on relie sa sortie au PC équipé d'Audiotester qui effectue une analyse spectrale du signal audio reçu.

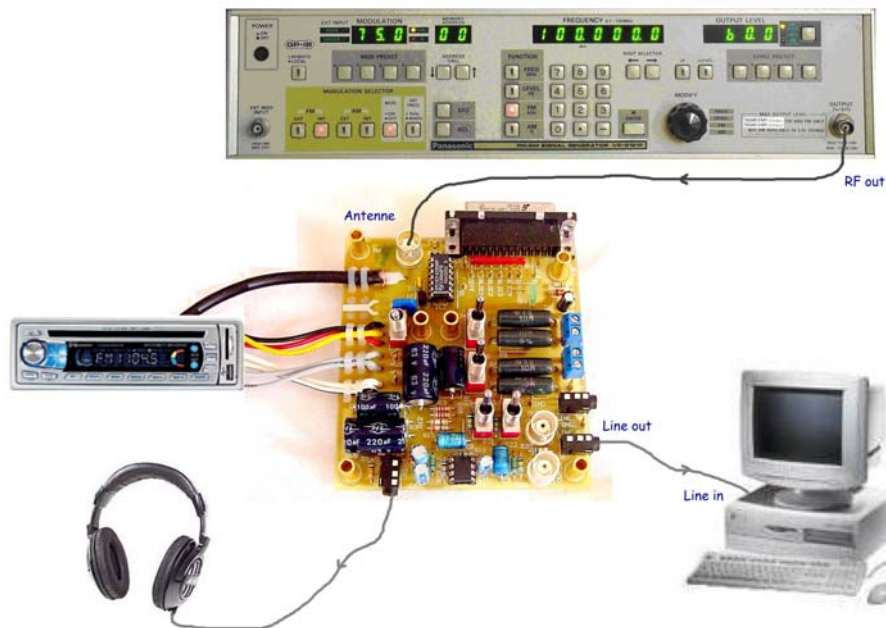


Vérifier que tout fonctionne correctement en écoutant au casque différentes stations de la bande FM. Le nom des stations s'affiche-t-il ? l'indicateur « stéréo » s'allume-t-il (deux cercles imbriqués) ?

Relever le spectre du signal en sortie et vérifier que les limites du spectre audio sont compatibles avec la norme (50 Hz-15 kHz).

Activité 2 : taux de distorsion harmonique à 1 kHz

L'autoradio reçoit maintenant le signal FM produit par un générateur RF :



Le générateur RF est réglé à une fréquence porteuse de 98 MHz, à un niveau EFM de 60dB μ V, avec une modulation interne de 1kHz et une excursion de ± 75 kHz. Ce réglage est appelé « **réglage standard** » dans le TP.

La sortie de l'autoradio n'est pas chargée par les résistances de puissance de 4 Ω . Relever le spectre en sortie et mesurer le THD sur les deux voies en réception monophonique et à vide.

Activité 3 : étude de l'étage de sortie

Charger la sortie G par la résistance de puissance de 4Ω remplaçant le haut-parleur. Le volume étant réglé au tiers de la course, relever les oscillogrammes des tensions aux deux bornes de la résistance de puissance par rapport à la masse :

- une des bornes de sorties est-elle à la masse ? les sorties de l'autoradio sont-elles différentielles ?
- la visualisation du signal aux bornes du HP est-elle possible ? que faudrait-il avoir pour la visualiser ?

Au voltmètre, mesurer la valeur efficace du signal V_{HP} aux bornes du HP (ou de la résistance de 4Ω), puis la tension en AVG par rapport à la masse. En déduire la relation simple qui existe entre V_{HP} et la valeur efficace du signal AV.

En déduire la tension efficace qu'il faut avoir en AVG pour produire une puissance de 1W sur la voie G chargée par 4Ω . Etablir la formule permettant de calculer la tension correspondant à une puissance P en sortie.

Activité 4 : sensibilité du récepteur

La sensibilité est le niveau qu'il faut avoir à l'antenne (exprimé en $\text{dB}\mu\text{V} = \text{dBEMF}$) pour recevoir le signal avec une qualité donnée mesurée par le SINAD ou le S/B, selon les constructeurs.

Régler le générateur RF en standard et accorder le récepteur FM sur 98MHz. Régler le volume pour une puissance de sortie $P_s = 1\text{W}$. Mesurer la valeur du rapport S/B.

Diminuer le niveau du générateur RF et mesurer la sensibilité du récepteur pour un S/B = 20 dB, puis 10 dB. Conclure quant à l'influence du niveau reçu sur le rapport S/B. Comparer aux valeurs annoncées par le constructeur.

Activité 5 : seuil de limitation

Régler le générateur RF en standard et accorder le récepteur sur 98 MHz. Relever les variations du fondamental du signal de sortie à 1 kHz en fonction du niveau d'entrée RF et tracer la courbe correspondante. Expliquer la forme de cette courbe et en déduire le seuil de limitation à l'entrée du récepteur.

Activité 6 : réjection de la fréquence image

Si le récepteur est accordé sur la fréquence f_1 , on sait qu'il est aussi sensible à une autre fréquence f_2 appelée « fréquence image de f_1 ». Cela peut être un défaut gênant du récepteur. Quelle est la valeur f_2 de la fréquence image de $f_1 = 98$ MHz sachant que l'oscillateur local est au-dessus de la fréquence à recevoir ?

Régler le générateur RF en standard et accorder le récepteur sur 98 MHz. Pour s'affranchir de l'action du limiteur, on diminue le niveau d'entrée jusqu'à ce que le fondamental du signal de sortie diminue également. Relever le niveau E_1 du signal d'entrée correspondant à un niveau de sortie S donné (par exemple -50 dBm).

Régler ensuite le générateur RF sur f_2 et retoucher son niveau E_2 pour retrouver le même niveau S en sortie. En déduire la valeur du taux de réjection de la fréquence image $T_R = E_2 - E_1$.

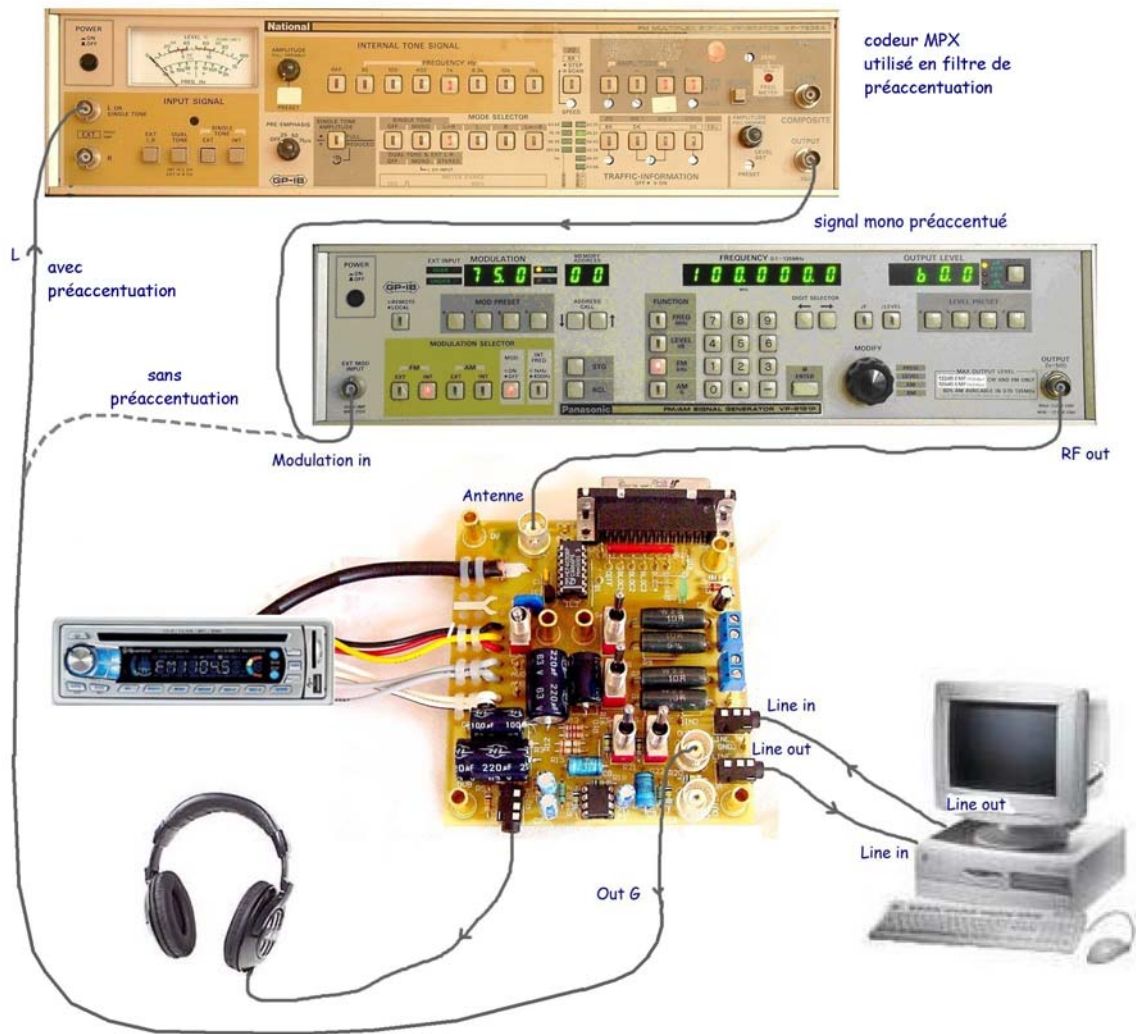
Activité 7 : bande passante audio sans préaccentuation

Le récepteur est toujours accordé sur 98 MHz, le générateur réglé en « standard » sauf pour le signal modulant qui est maintenant fourni par le logiciel Audiotester en mode « Sweep measurement » (voir schéma page suivante).

Remarque : en radiodiffusion FM, on utilise toujours la préaccentuation pour améliorer la qualité du signal reçu

- elle consiste à mettre en place à l'émission un filtre qui favorise les fréquences au-dessus de 3 kHz environ
- dans les récepteurs FM, on trouve donc toujours le filtre inverse qui atténue les fréquences aiguës
- avec préaccentuation / désaccentuation, la courbe de réponse résultante est plate
- avec la désaccentuation seule, la courbe de réponse chute après 3 kHz environ

Relever la courbe de réponse en fréquence du récepteur pour la voie G, en déduire la fréquence de coupure du filtre de désaccentuation et la constante de temps τ correspondante (norme européenne).



Activité 8 : bande passante audio avec préaccentuation

Le signal du générateur d'Audiotester est préaccentué. Pour cela, il traverse le codeur stéréo réglé en mode Mono avec une constante de temps de préaccentuation de 50 μ s avant de moduler le générateur RF.

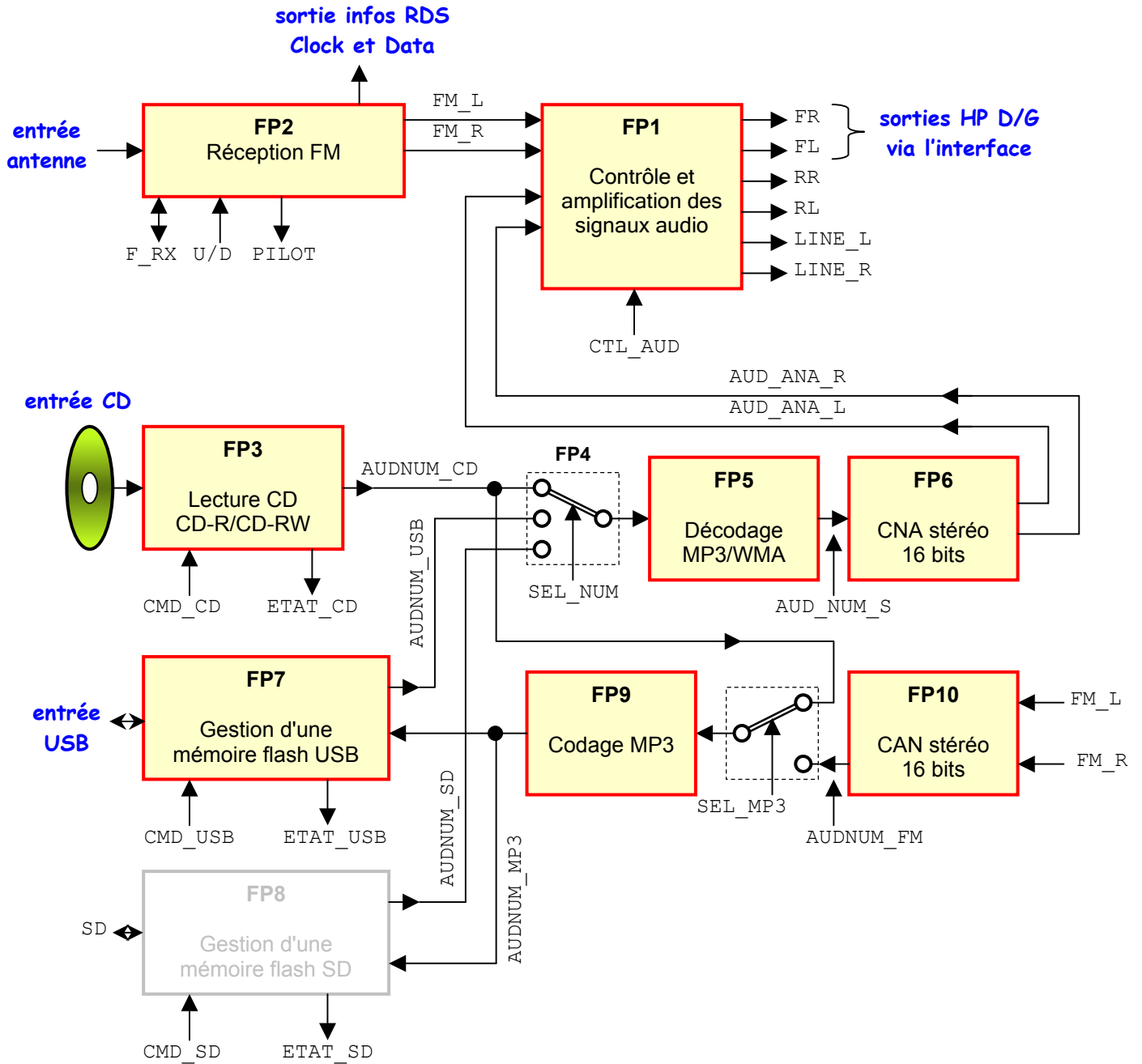
Relever la nouvelle courbe de réponse du récepteur et en déduire ses fréquences de coupure. (réglages du codeur MPX : Single Tone EXT / Mode selector MONO / Amplitude NORMAL)

Activité 9 : taux de distorsion en fonction de la fréquence

Le banc de mesure a la même configuration que précédemment et le logiciel Audiotester fonctionne en mode « Distorsion measurement » Dans le Setup de ce mode, activer l'option « Distorsion in % » dans « Distorsion Parameter ».

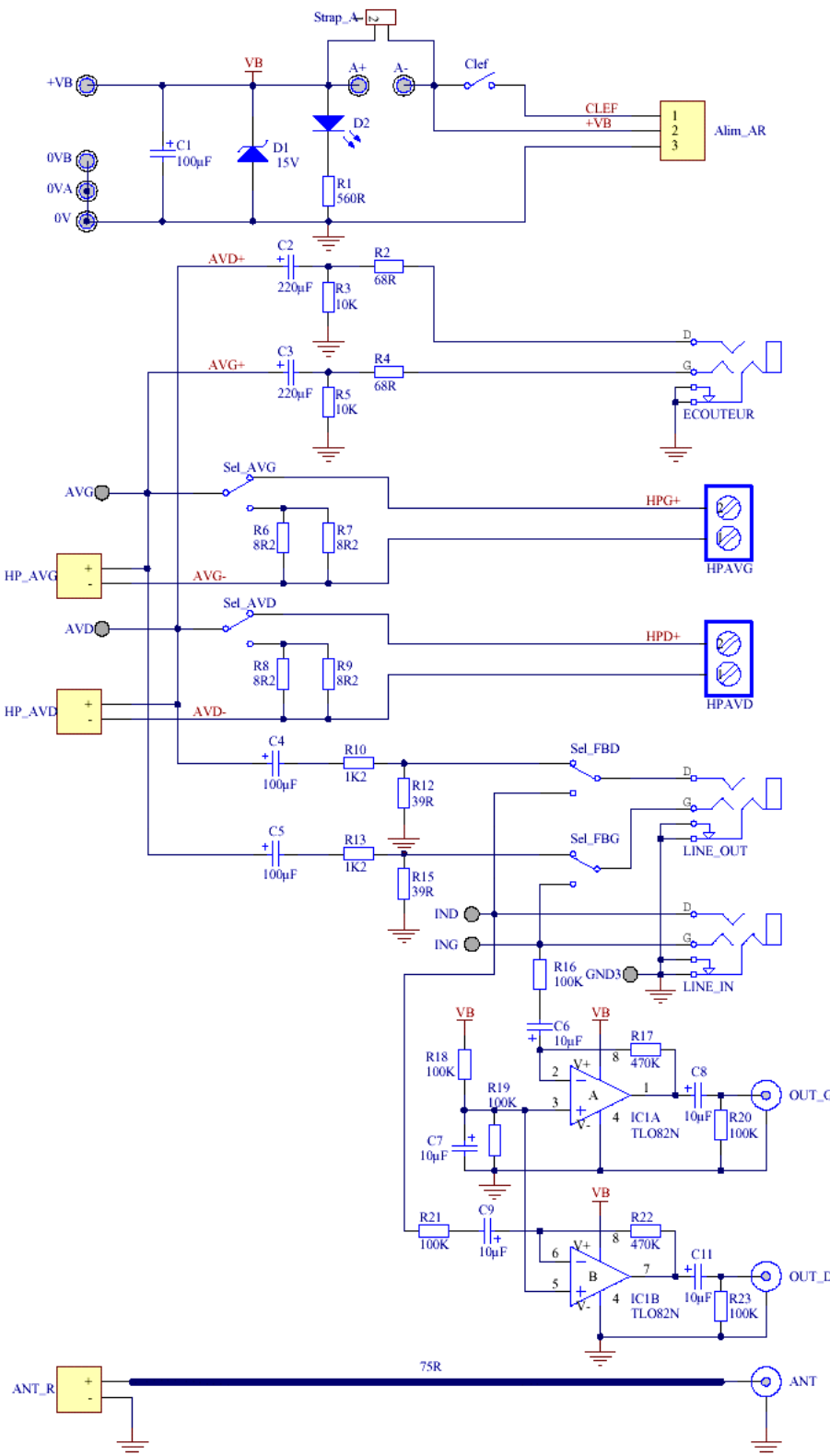
Relever la courbe donnant le taux de distorsion du récepteur monophonique en fonction de la fréquence et commenter.

Annexe 1 : schéma fonctionnel de l'autoradio



Annexe 2 : schéma structurel de la platine de test

Elle sert d'interface en facilitant les connexions à l'autoradio (alimentation, antenne, sorties audio, PC ...) :



- l'interrupteur Clef simule la clé de contact de la voiture
- la tension +V_B est la tension de la batterie (on prendra 12V)

- le signal audio de sortie est présent en permanence sur la sortie Ecouteur

- les borniers permettent de brancher des HP (pas utilisé dans les TP)

- les interrupteurs Sel_AVD et Sel_AVG permettent d'avoir les sorties **A vide** ou **Chargées** par des résistances de puissance de 4Ω simulant les HP

- si les interrupteurs Sel_FBD et Sel_FBG sont dans la position **Normale** indiquée :

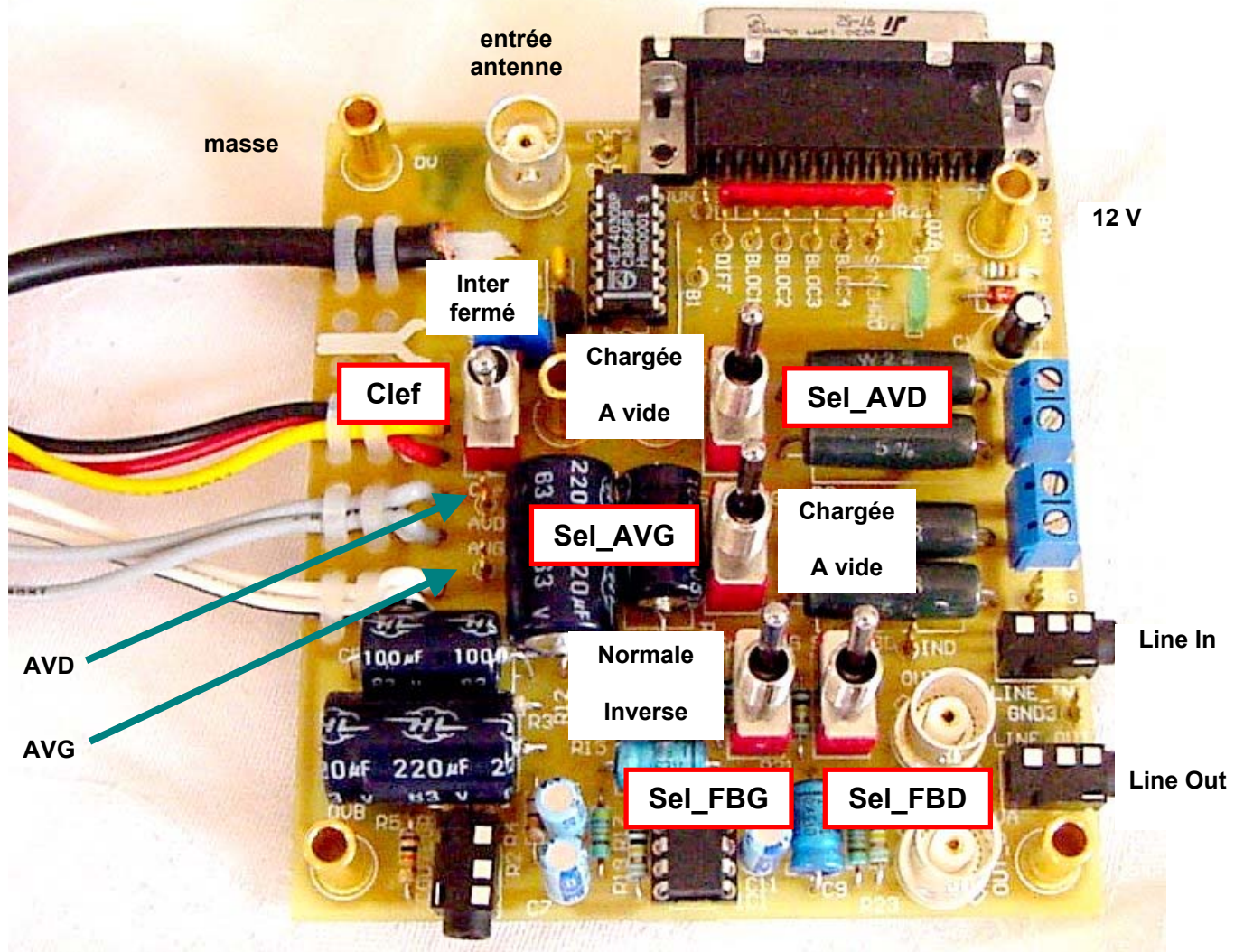
- le signal audio de l'autoradio sort sur Line Out et peut être analysé par Audioteater

- les signaux du GBF de Audioteater entrent par Line In, sont amplifiés par IC1 et ressortent par OUT_G et Out_D pour aller vers le géné RF ou codeur stéréo

- si l'interrupteur Sel_FBD est dans la position **Inverse**, le signal D passe directement de Line_In à Line_Out, la voie D du GBF d'Audioteater est directement analysée par Audioteater sans passer par l'autoradio et sert alors de voie de référence
NB : cette position n'est pas utilisée dans les TP !

Remarque importante : la tension de sortie de l'ampli peut être visualisée à l'oscilloscope sur AVG ou AVD. La tension en ces points est la **moitié de la tension aux bornes des résistances de charge** simulant le haut-parleur.

Annexe 3 : position des interrupteurs



Ecouteur

En résumé :

- l'interrupteur **Clef** simule la clé de contact
- **SEL_AVB** et **SEL_AVG** servent à charger ou a décharger les sorties de l'ampli de puissance. **Attention** : les résistances de puissance sur la carte ne sont pas dimensionnées pour supporter la pleine puissance de l'autoradio !
- **SEL_FBD** et **SEL_FBG** sont laissés en position « Normale ». Le signal de test produit par Audiotester dans la carte son du PC arrive alors sur l'interface par Line In, est amplifié puis ressort vers le générateur RF (ou le codeur stéréo pour préaccentuation) par les deux BNC OUT_G et OUT_D.

▶ Autoradio en réception monophonique : réponses

Rédacteur :

Binôme :

Date :

Activité 1 : mise en oeuvre de l'autoradio

L'autoradio fonctionne correctement non oui

Le nom des stations s'affiche non oui

L'indicateur « stéréo » s'allume non oui

⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n° Le spectre audio va de à

Activité 2 : taux de distorsion harmonique à 1 kHz

⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n°

Distorsion sur la voie de droite : THD = Distorsion sur la voie de gauche : THD =

Activité 3 : étude de l'étage de sortie

⇒ **Oscillogrammes aux deux bornes de la charge** : > voir courbe n°

Commentaire :
.....

Une des bornes de sorties est-elle à la masse ?

Les sorties de l'autoradio sont-elles différentielles ?

La visualisation du signal aux bornes du HP est-elle possible ?

Que faudrait-il avoir pour la visualiser ?

Au voltmètre : $V_{HP} = \dots\dots\dots$ AVG = soit AVG =

Tension efficace en AVG pour avoir 1W sur 4 Ω :

Tension efficace en AVG pour avoir P sur 4 Ω :

Activité 4 : sensibilité du récepteur

Niveau RF de 60dB μ V : \Rightarrow **Spectre en sortie** : > voir courbe n° S/B =

S/B = 20 dB : \Rightarrow **Spectre en sortie** : > voir courbe n° sensibilité =

S/B = 10 dB : \Rightarrow **Spectre en sortie** : > voir courbe n° sensibilité =

Influence du niveau reçu sur le rapport S/B :

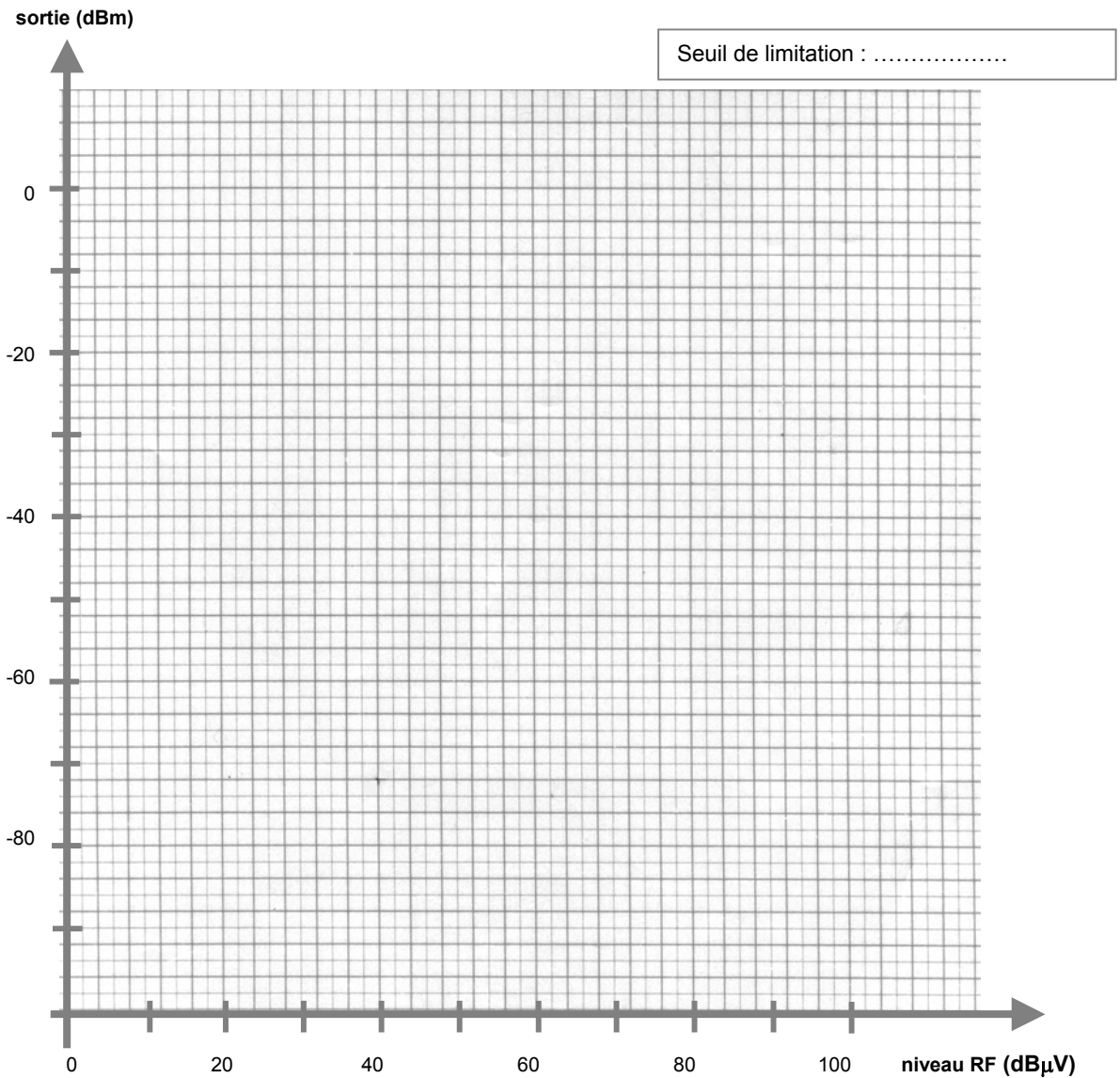
.....

Comparaison avec les données constructeur :

.....

Activité 5 : seuil de limitation

\Rightarrow **Courbe de limitation** : > voir courbe suivante



Conclusion :

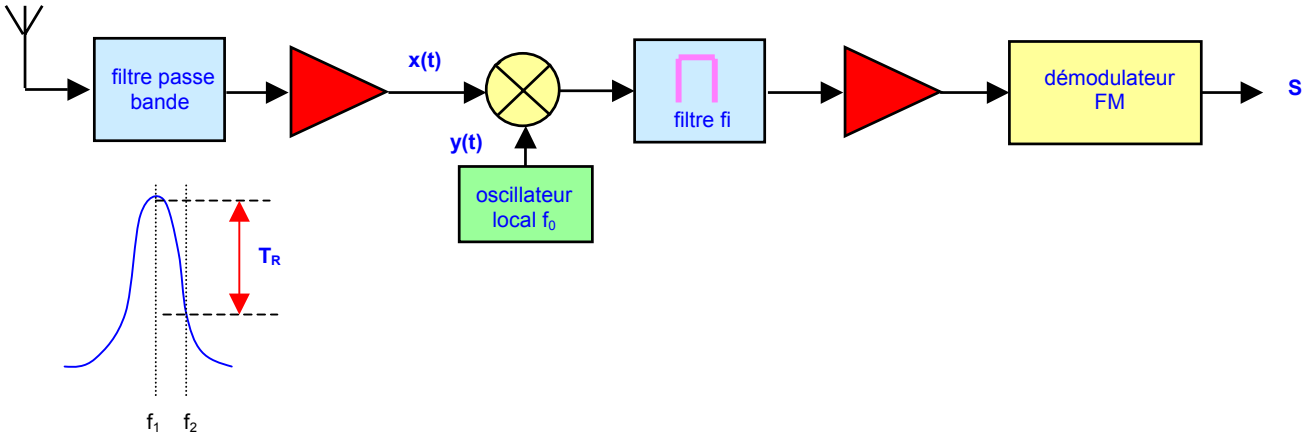
.....

Activité 6 : réjection de la fréquence image

Accord sur $f_1 = 98$ MHz : $f_0 = \dots\dots\dots$

Fréquence image de $f_1 = 98$ MHz : $f_2 = \dots\dots\dots$

E_1 ou E_2



⇒ à la fréquence f_1 : niveau de sortie $S = \dots\dots\dots$ pour une entrée $E_1 = \dots\dots\dots$

⇒ à la fréquence f_2 : même sortie $S = \dots\dots\dots$ pour une entrée $E_2 = \dots\dots\dots$

Si le limiteur n'est pas en service, même niveau S implique même niveau $x(t)$: l'atténuation du filtre d'entrée a été compensée par une augmentation du niveau d'entrée,

soit : $T_R = E_2 - E_1 = \dots\dots\dots$

Commentaire :

Activité 7 : bande passante audio sans préaccentuation

⇒ Courbe de réponse en fréquence : > voir courbe n°

- fréquence de coupure du filtre de désaccentuation : $f_c = \dots\dots\dots$
- constante de temps du filtre de désaccentuation : $\tau = \dots\dots\dots$

Commentaire :

Activité 8 : bande passante audio avec préaccentuation

⇒ Courbe de réponse en fréquence : > voir courbe n°

La bande passante à -3 dB va de à

Commentaire :

Activité 9 : taux de distorsion en fonction de la fréquence

⇒ Courbe de distorsion : > voir courbe n°

Conclusion :



Autoradio en réception stéréophonique

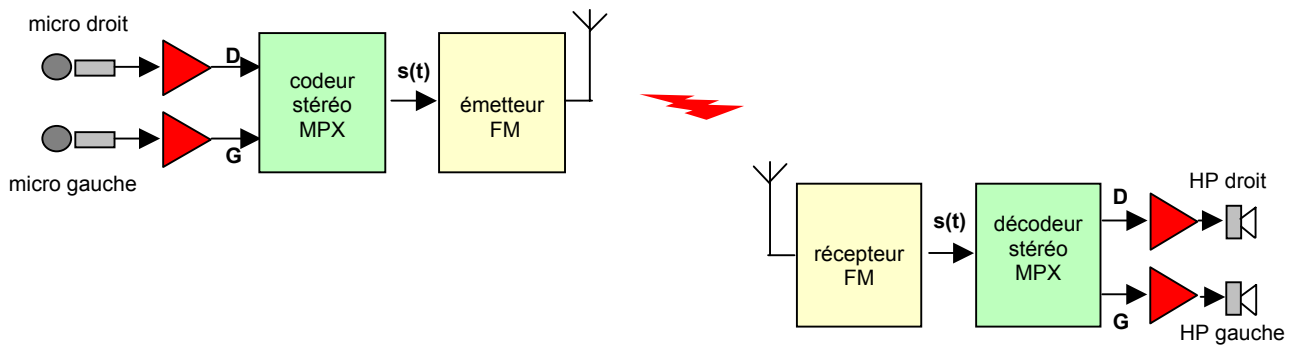
Ce TP propose quelques activités autour de la radiodiffusion en stéréophonie :

- rappeler le principe d'un signal stéréo (activité 1)
- observer l'oscillogramme et le spectre d'un signal stéréo produit par un codeur MPX (activité 2)
- caractériser un autoradio en réception stéréophonique. (activités 3 à 7)

Pour obtenir un effet stéréophonique, il faut transmettre simultanément deux signaux :

- le canal droit D capté par le microphone placé du côté droit
- le canal gauche G capté par le microphone placé du côté gauche

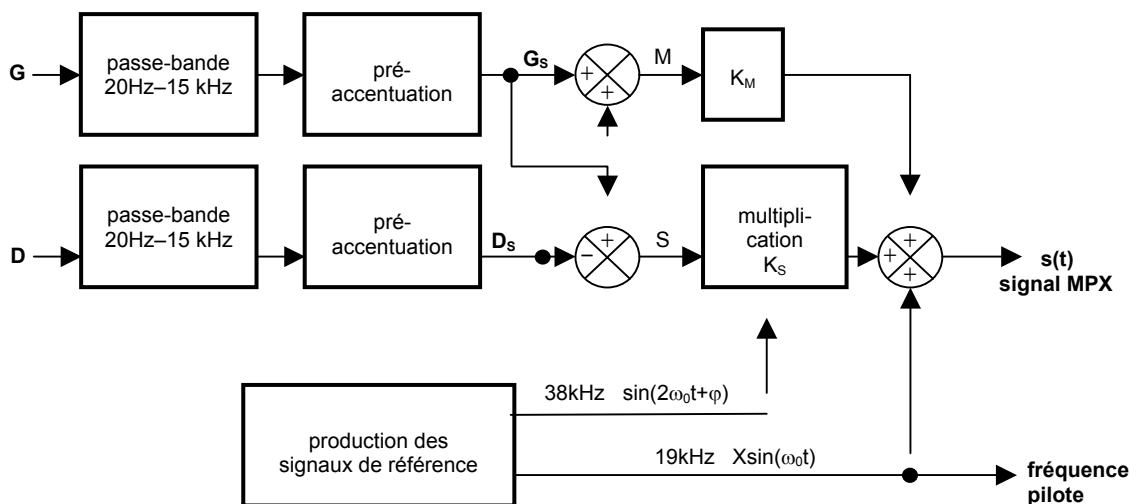
A l'émission, ces deux signaux D et G sont combinés par le codeur stéréo MPX qui fournit un signal basse-fréquence composite stéréo $s(t)$ appelé aussi signal **multiplex** destiné à moduler la porteuse de l'émetteur :



A la réception, ces deux voies seront à nouveau séparées pour être envoyées sur les haut-parleurs D et G.

Activité 1 : le signal stéréo MPX

La structure du codeur MPX est la suivante :



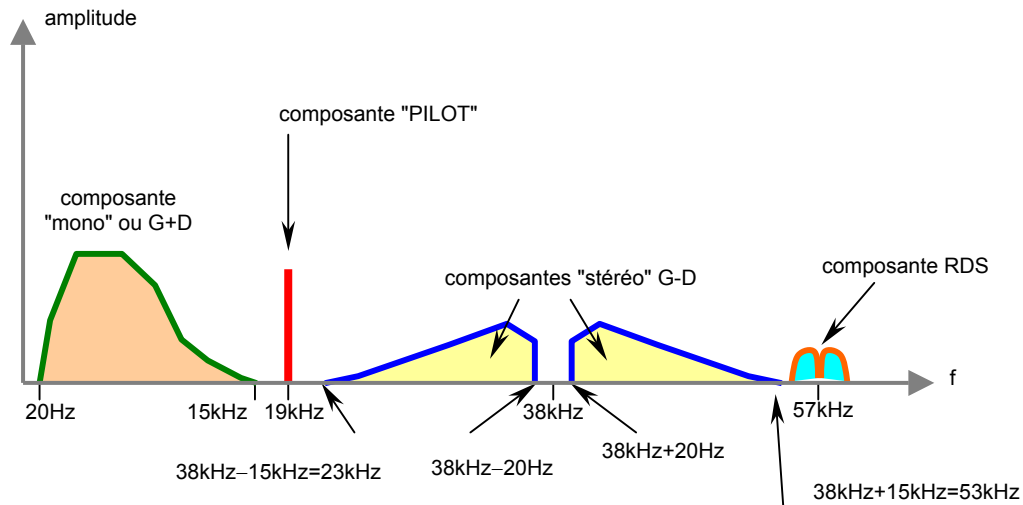
En France, les aiguës sont favorisées après 3,18 kHz. Quelle est la valeur de la constante de temps τ correspondante ?

Etablir l'expression mathématique du signal de sortie $s(t)$ en fonction de G_S , D_S , K_M , K_S , X , ω_0 et φ .

Pour $G = U\sin(\Omega t)$, que devient l'expression de $s(t)$ si on fait $G = D = 0$? $G = D$? $G = -D$?

Activité 2 : étude du signal stéréo MPX

L'allure générale du spectre d'un signal stéréo codé MPX (avec en plus la composante RDS) est le suivant :



Pour une tonalité interne de 1 kHz, observer le signal obtenu et son spectre et justifier les formes du signal et de son spectre à partir de l'expression de $s(t)$ établie précédemment dans les cas suivants :

- en mode Mono
- en mode Stéréo, aucune tonalité ($G = D = 0$, mode OFF)
- en mode Stéréo, les deux voies identiques ($L = R$ soit $G = D$)
- en mode Stéréo, les deux voies en opposition de phase ($L = -R$ soit $G = -D$)
- en mode Stéréo, voie gauche seule (Left)
- en mode Stéréo, voie droite seule (Right)

Observer l'influence sur l'oscillogramme et sur le spectre d'un changement de la fréquence de la tonalité.

Pour toute la suite du TP, câbler le banc de test selon le schéma donné en page suivante.

Activité 3 : seuil de détection « stéréo »

Le codeur MPX, configuré en mode Stéréo L avec modulation interne de 1 kHz, module le générateur RF réglé à un niveau de $60\text{dB}\mu\text{V}$.

Pour une excursion en fréquence de $\pm 75\text{ kHz}$, vérifier que l'indicateur « stéréo » de l'autoradio est allumé. Diminuer l'excursion en fréquence et noter les excursions qui provoquent l'extinction et l'allumage de l'indicateur. L'Union Internationale des Télécommunications recommande un allumage pour une excursion inférieure à 9% de l'excursion standard. Cette recommandation est-elle satisfaite pour l'autoradio ?

Activité 4 : taux de distorsion harmonique

Le codeur MPX est en mode Stéréo $L=R$ avec une modulation interne de 1 kHz, et module le générateur RF réglé à un niveau de $60\text{dB}\mu\text{V}$ et un $\Delta f = \pm 75\text{ kHz}$.

Visualiser le spectre en sortie sur les deux voies et mesurer le taux de distorsion harmonique à 1 kHz.

Activité 5 : sensibilité

Le codeur MPX est toujours en mode Stéréo L avec une modulation interne de 1 kHz, et module le générateur RF réglé à un niveau de 60dB μ V et un $\Delta f = \pm 75$ kHz.

Mesurer le rapport S/B sur la voie gauche.

Diminuer le niveau du générateur RF et mesurer la sensibilité du récepteur pour un rapport S/B = 20 dB puis S/B = 10 dB. Comparer aux valeurs annoncées par le constructeur.

Activité 6 : séparation des canaux

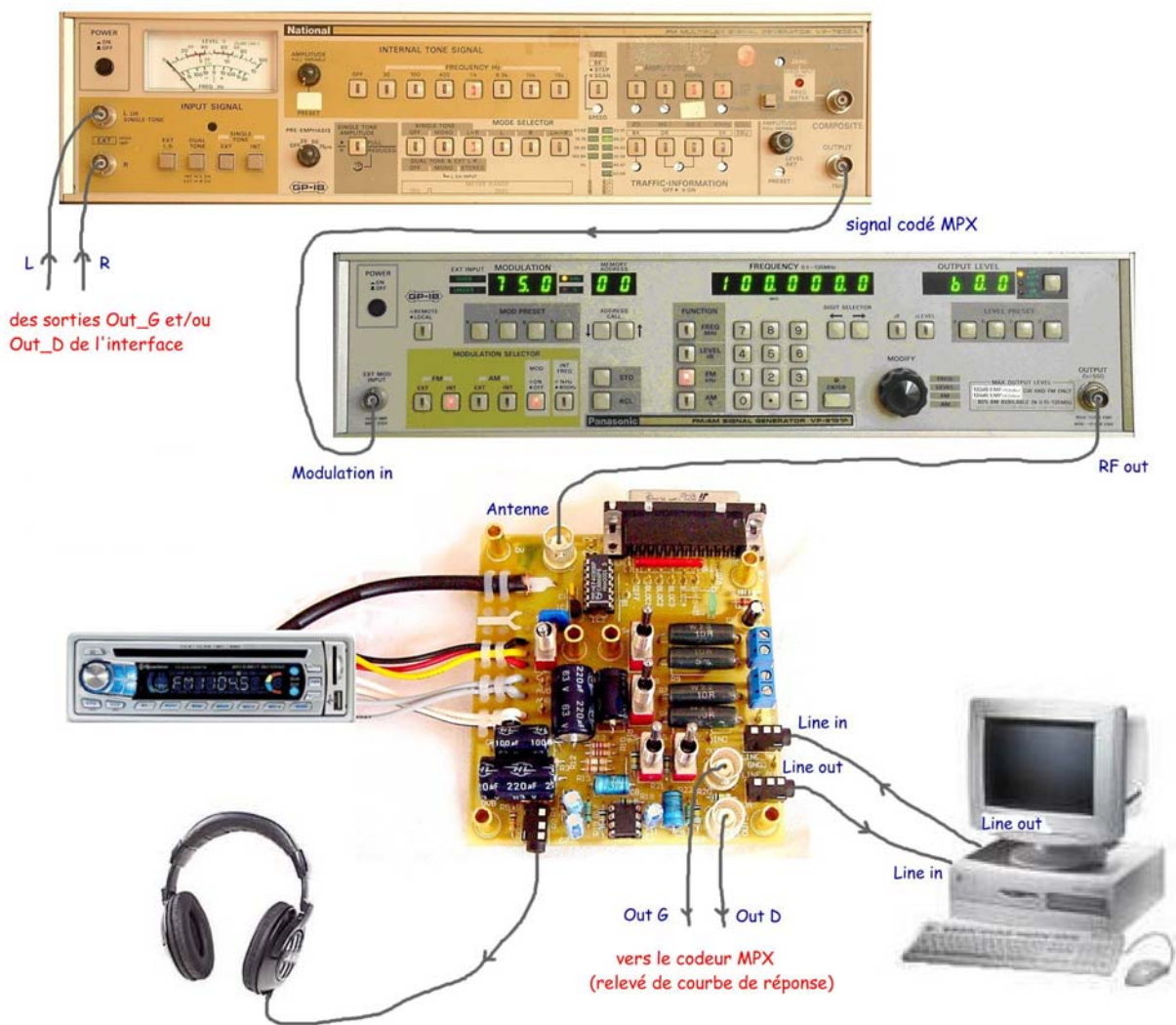
Le codeur MPX est toujours en mode Stéréo L avec une modulation interne de 1 kHz, et module le générateur RF réglé à un niveau de 60dB μ V et un $\Delta f = \pm 75$ kHz.

Visualiser le spectre en sortie sur les deux voies et mesurer la séparation des canaux. Refaire cette mesure pour un niveau RF de 40dB μ V.

Activité 7 : courbe de réponse en fréquence

Le signal modulant la voie D est maintenant fourni par le logiciel Audiotester en mode « Sweep measurement ». Pour cela, relier la sortie Out-D de l'interface à l'entrée modulation du codeur MPX.

Relever la courbe de réponse du récepteur en stéréophonie pour la voie D et en déduire ses fréquences de coupure basse et haute. Même question pour la voie G.



Autoradio en réception stéréophonique : réponses

Rédacteur :

Binôme :

Date :

Activité 1 : le signal stéréo MPX

Constante de temps τ correspondant à 3,18 kHz : $\tau = \dots\dots\dots$

Expression mathématique du signal $s(t)$ multiplex :

⇒ pour $G = D = 0$, $s(t)$ s'écrit : $s(t) = \dots\dots\dots$

⇒ pour $G = D = U \sin(\Omega t)$, $s(t)$ s'écrit : $s(t) = \dots\dots\dots$

⇒ pour $G = -D = U \sin(\Omega t)$, $s(t)$ s'écrit : $s(t) = \dots\dots\dots$

Activité 2 : étude du signal stéréo MPX

⇒ Oscillogramme et spectre :

- en mode Mono > voir courbe n°
- en mode Stéréo, $G = D = 0$ > voir courbe n°
- en mode Stéréo, $G = D$ > voir courbe n°
- en mode Stéréo, $G = -D$ > voir courbe n°
- en mode Stéréo, L seule > voir courbe n°
- en mode Stéréo, G seule > voir courbe n°

Commentaires :

.....

.....

Activité 3 : seuil de détection « stéréo »

Extinction de l'indicateur « stéréo » pour : $\Delta f = \pm \dots\dots\dots$

Allumage de l'indicateur « stéréo » pour : $\Delta f = \pm \dots\dots\dots$

Recommandation de l'UIT : $\Delta f = 9\%$ de ± 75 kHz = $\pm \dots\dots\dots$

Conclusion :

.....

Activité 4 : taux de distorsion harmonique

⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n°

Distorsion sur la voie de droite : THD = Distorsion sur la voie de gauche : THD =

Activité 5 : sensibilité

Niveau RF de 60dB μ V : ⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n° S/B =

S/B = 20 dB : ⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n° sensibilité =

S/B = 10 dB : ⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n° sensibilité =

Comparaison avec les données constructeur :
.....

Activité 6 : séparation des canaux

Niveau RF de 60dB μ V : ⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n° Séparation :

Niveau RF de 40dB μ V : ⇒ **Spectre en sortie** : > voir courbe n° Séparation :

Comparaison avec les données constructeur :
.....

Activité 7 : courbe de réponse en fréquence

⇒ **Courbe de réponse en fréquence** : > voir courbe n°

La bande passante à -3 dB va de à

Commentaire :
.....