



Concevoir son propre démodulateur

POUR LES NULS[®]

Envie d'écouter une radio pirate dans votre quartier ?

Éditions Caminando

Par Jason CHEMIN et Cécile DUTHOIT
Etudiants en 3e année MIC, INSA Toulouse

Sommaire

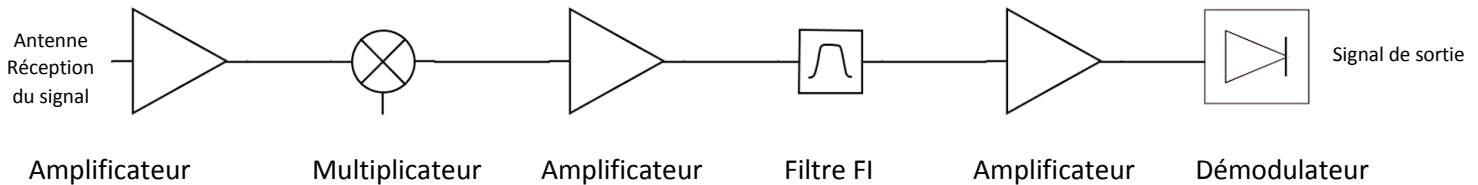


1. Montage global
2. Les différents modules
 - a. Les amplificateurs
 - b. Le multiplieur
 - c. Le filtre FI
 - d. Le démodulateur

1. Montage global :

Le but de notre tutoriel est d'apprendre à concevoir et fabriquer un récepteur radio AM. Vous pourrez alors réceptionner toutes les ondes modulées en amplitude (modulation AM), et les démoduler afin d'écouter les radios publiques AM (Radio France par exemple) et même les radios pirates de votre quartier !

Le montage global peut se résumer à ce schéma :



Voyons plus précisément la conception et l'utilité de chaque module.

2. Les différents modules :

a. Les amplificateurs de tension :

Le but des amplificateurs est, comme leur nom l'indique, d'amplifier la tension reçue en entrée, d'un coefficient spécifique au montage. La tension qui circule dans les fils tout au long du montage est en effet atténuée par la résistance des différents composants. Certains ont même un facteur 1/10, comme le multiplieur que nous verrons plus tard. Il faut alors d'autant plus compenser cette baisse d'amplitude.

Il faut cependant résister à l'envie de mettre un amplificateur avec un gain très élevé pour limiter le nombre de module.

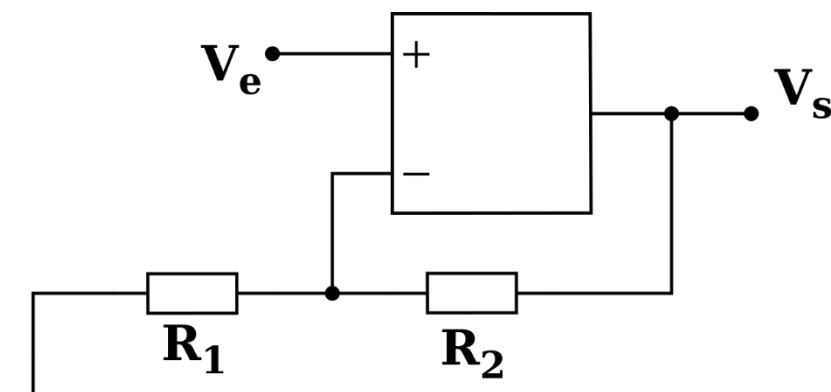
Explication :

Un amplificateur présente un produit gain-bande propre, qui fait qu'avec un gain trop élevé, la bande passante diminue. Pensez donc à regarder la doc de l'amplificateur que vous utiliserez, afin de ne pas dépasser un certain seuil de gain.

Rappelons que nous opérons une démodulation en AMPLITUDE. Il faut par conséquent faire attention à conserver une amplitude moyenne suffisamment élevée pour que l'ensemble de la démodulation se passe bien.



Montage de l'amplificateur de tension :



Il faut choisir la valeur des résistances R1 et R2 en fonction de la variation de tension souhaitée. Avec une loi des mailles, on retrouve la relation suivante entre les tensions d'entrée Ve et de sortie Vs

$$V_s = V_e \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Nous visons donc un amplificateur de facteur 10 environ, autrement dit, nous voulons

$$1 + R_2/R_1 = 10 \Leftrightarrow R_2/R_1 = 9 \Leftrightarrow R_2 \sim 9R_1$$

Nous choisirons par exemple des valeurs telles que R1 = 10 kOhm et R2 = 100 kOhm.

b. Le multiplieur :

Passons maintenant à l'étape suivante. Rappelons le but de toute cette opération. Vous souhaitez écouter certaines fréquences radio, n'est-ce pas ? Certaines, celles que vous voulez, pas forcément toujours la même. Il faut donc trouver un moyen de jouer sur la fréquence à réceptionner. Vous sentez donc arriver à grand pas le rôle du multiplieur, et à raison !

Le multiplieur va permettre de multiplier la tension d'entrée (le signal à démoduler) avec un signal que nous allons générer. Utilisez un GBF pour générer un signal sinusoïdal de fréquence f0 et d'amplitude crête à crête d'environ 10V. Nous allons jouer sur cette fréquence f0 pour pouvoir choisir la fréquence à démoduler.

Le multiplieur va amortir la tension en sortie d'un facteur 1/10 environ. On va compenser cette atténuation par la présence d'amplificateurs de tension présentés plus tôt, mais aussi en donnant au signal variable une amplitude relativement importante (par exemple, 10V)



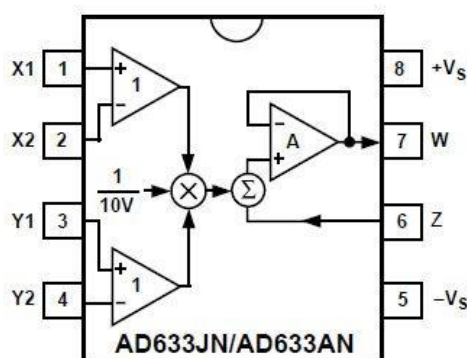
Que se passe-t-il du côté fréquentiel ?

Le spectre est décalé de f0, dans les positifs et dans les négatifs.

En jouant sur f0, nous pouvons déplacer le spectre, que nous isoleront ensuite à l'aide du filtre FI.

Le montage en pratique :

Nous utiliserons un composant déjà assemblé, par exemple l'AD633, qu'il nous suffira de câbler convenablement.



Câblez le signal modulé sur l'entrée X1, et le signal du GBF sur l'entrée Y1. La sortie du multiplieur est en W.

En faisant varier f0, vous pourrez donc récupérer en sortie telle ou telle fréquence.

Pensez à raccorder les entrées inutilisées sur la masse afin d'éviter l'effet antenne.



c. Le filtre FI

Nous disposons donc d'une fréquence FI fixe -fixée en fonction de f_0 envoyée dans le multiplieur- autour de laquelle sont disposées deux plages de fréquence contenant l'information sur notre signal.

$FI = f_p - f_0$, donc en fonction de la fréquence à réceptionner (f_p), vous pourrez faire varier f_0 sur votre GBF afin de retrouver la fréquence d'amplitude max du filtre FI, et ainsi récupérer en sortie de votre démodulateur, le signal modulant souhaité.

FI sera donc notre fréquence de référence afin de réaliser le filtre. Un filtre FI est un filtre passe-bande qui va nous permettre de ne garder que la plage de fréquence utile. C'est à dire celle entre FI et FI+Fmax.

Fmax est la fréquence maximum de notre signal (le modulant).

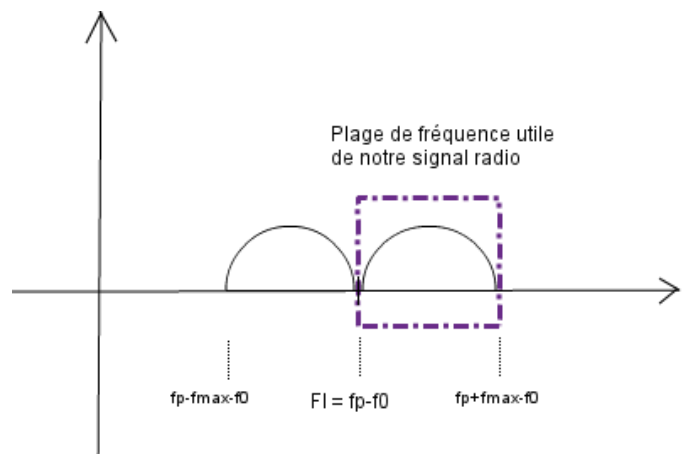


Diagramme montrant la plage de fréquence utile de notre signal

Dans le commerce, vous pouvez trouver différents types de filtre FI. Ici, nous allons donner un exemple avec un filtre possédant les caractéristiques suivantes :

- Une amplitude max à 60 kHz
- Des amplitudes min dans la bande passante de 57 et 63 kHz
- Entre le max et le min, on dispose d'une atténuation de 3 dB

Il possède donc une bande passante de 6 kHz autour de la fréquence 60 kHz.

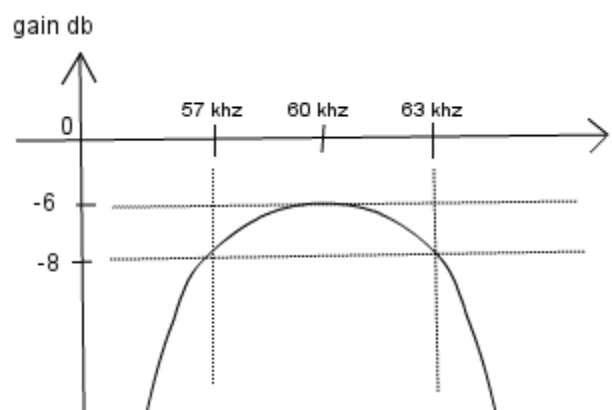


Diagramme de Bode de notre filtre FI

On va placer FI aux environs 60 kHz afin d'obtenir toutes les fréquences utiles entre FI et FI+fmax.

A la fin de notre filtre FI, on place un filtre passe-haut afin d'éliminer la composante continue, et recentrer le signal sur l'axe des abscisses.

Utilisez un filtre passe-haut de premier ordre (montage RC). Pour plus d'informations, vous référer au volume Les bases de l'électronique pour les nuls aux éditions Caminando.



Détails techniques pour les pas si nuls que ça :

Toutes ces explications sont vérifiées dans le cadre d'un filtre FI idéal qui permettrait d'obtenir seulement les fréquences entre FI et FI+fmax en atténuant assez toutes les autres fréquences. Mais avec le filtre FI dont nous disposons, on peut voir que l'atténuation des fréquences entre FI-fmax et FI ne sera pas suffisante.

Donc le seul moyen de retrouver au mieux notre signal d'origine sera de se placer directement à la fréquence FI, et d'utiliser la plage de fréquences de FI-fmax à FI+fmax. On perdra alors de l'information sur les hautes fréquences qui seront atténuées.

Dans cet exemple, cela ne change pas grand-chose, mis à part pour le choix de la fréquence f0 afin de retrouver notre signal.

d. Le démodulateur

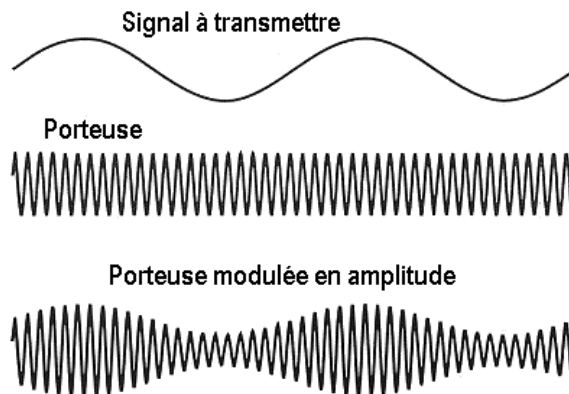
Vous avez finalement réussi à filtrer le signal reçu en ne conservant que la plage de fréquence sur laquelle est émise la radio AM voulue. Les fréquences du signal utile sont donc situées entre 57 et 63 kHz.

Passons maintenant à la dernière étape, la plus intéressante...

La récupération du signal modulant :

Petit lexique des signaux :

- signal modulant : signal d'information que l'on veut transmettre
- porteuse : signal à haute fréquence que l'on va moduler avec l'amplitude du signal d'information
- signal modulé : produit des deux ci-dessus, signal qui va être transmis puis démodulé



Les différents signaux dans le cadre de la modulation AM

Nous avons récupéré le signal modulé (3^e signal du schéma ci-dessus), il s'agit maintenant de le démoduler afin de retrouver le signal modulant (1^{er} sur le schéma). Il faut par conséquent supprimer la porteuse (2^e sur le schéma) en isolant l'enveloppe du signal. Il faut procéder en deux étapes, chacune en mettant en place un montage.

Le montage détecteur de crêtes :

L'objectif est de ne garder que l'enveloppe supérieure de la porteuse, qui se trouve être le signal modulant (voir schéma ci-dessus). Pour cela on place dans un premier temps une diode, afin de ne garder que la partie positive du signal.

Faites bien attention au sens de la diode ! Dans un sens elle est passante, et va supprimer la partie négative (au-dessous d'environ 0.6 V en général), mais dans l'autre elle est bloquante (et vous n'aurez plus aucune tension en sortie) ! Pour plus d'informations, vous référer au volume Les bases de l'électronique pour les nuls aux éditions Caminando.



Le montage lisseur :

On place ensuite un filtre passe-bas en série pour lisser notre enveloppe.

Les caractéristiques du filtre doivent être choisies de manière à reproduire au mieux notre signal d'origine.

A capacité fixe, si on place une résistance faible, le temps de décharge sera très rapide, et inversement avec une résistance forte.

A vous de tester et de voir quelle valeur prendre pour votre résistance. Dans cet exemple, nous n'allons pas utiliser un filtre du 1^{er} ordre.

En effet, utiliser un filtre du premier ordre présente un problème. On induit un retard de phase assez fort, c'est à dire que notre signal sera retardé dans le temps par rapport au signal émis. Afin de filtrer correctement et d'obtenir le meilleur signal possible en sortie, on choisit donc d'utiliser un filtre du second ordre et possédant donc une pente de -40 dB/décade et un déphasage assez faible sur les fréquences sur lesquelles on travaille. On a choisi comme exemple le filtre de Rauch, un filtre actif du second ordre.

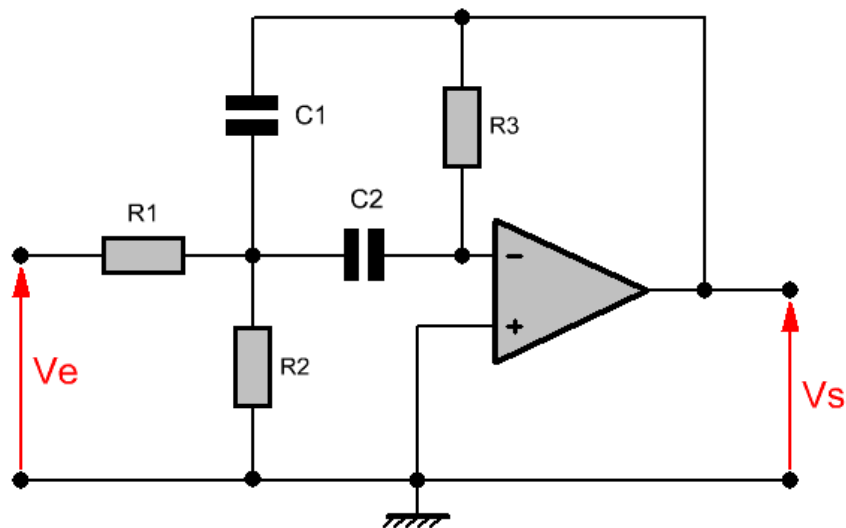


Schéma d'un filtre de Rauch

On veut avoir une fréquence de coupure aux alentours de 30 kHz et on utilise des résistances de 100 kOhm afin de débiter le moins de courant possible dans le circuit.

Le calcul de la fréquence de coupure est : $f_c = \frac{2 \cdot \pi}{R \cdot \sqrt{C1 \cdot C2}}$

On admet au départ que $C1 = C2 = C$. Si vous effectuez le calcul, vous trouverez donc $C = 56 \text{ pF}$ (sinon, faites confiance !).

Testez ensuite votre filtre avec un sinus modulé en amplitude dont la porteuse est située à environ 60 kHz, puis ajustez la capacité C1 afin d'obtenir le meilleur sinus possible.

Bilan : vous avez réussi à retrouver au mieux le signal d'origine émis. Bravo !

Pour choisir la fréquence que vous souhaitez écouter, jouez sur la fréquence f_0 du GBF en entrée du multiplieur, et utilisez la relation suivante :

Fréquence centrale du filtre FI : $60 \text{ kHz} = f_p$ (fréquence d'émission) – f_0

Par exemple, pour une émission à $f_p = 100 \text{ kHz}$, pour retrouver notre signal émis, il faudra mettre $f_0 = 100 - 60 = 40 \text{ kHz}$

Bonne écoute !



Retrouvez nos précieux conseils pour apprendre à moduler et envoyer vous-même vos propres ondes radio dans le volume *La modulation, ou comment mettre au point une radio pirate pour les nuls.*