

Nous avons vu dans le chapitre précédent comment émettre un signal modulé en amplitude. La réception radio consiste à capter ce signal, le démoduler afin de récupérer le signal informatif et le transformer en signal sonore.

On se propose, pour simplifier l'étude, d'utiliser un signal informatif sinusoïdal de fréquence f .

1. Réception du signal modulé en amplitude : le circuit d'accord

Pour filtrer le signal modulé en amplitude, il faut un circuit électrique capable de sélectionner une bande de fréquences comprise entre $F - f$ et $F + f$, avec F la fréquence de la porteuse et f la fréquence du signal modulant.

La sélection se fait sur un poste radio en tournant le bouton de recherche de station. On intervient alors sur le circuit d'accord constitué d'une bobine et d'un condensateur associés en parallèle en modifiant soit l'inductance de la bobine, soit la capacité du condensateur [Doc. 1].

Au § 1, page 106, on a observé que l'amplitude de la tension aux bornes du dipôle (L, C) passe par un maximum U_{Cmax} pour une fréquence égale à la fréquence propre F_0 du dipôle (L, C) parallèle [Doc. 2], soit :

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

On détermine graphiquement les deux fréquences f_1 et f_2 pour lesquelles la tension aux bornes du dipôle (L, C) est égale à $\frac{U_{Cmax}}{\sqrt{2}}$.

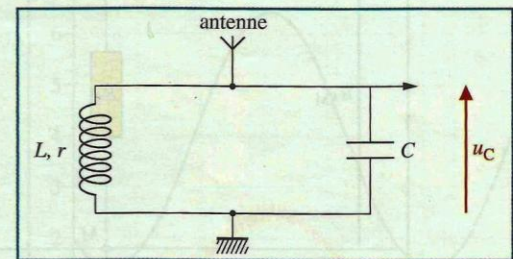
Pour toutes les fréquences comprises entre f_1 et f_2 , la tension U_C est supérieure à $\frac{U_{Cmax}}{\sqrt{2}}$.

Cela correspond aux fréquences des signaux convenablement sélectionnés par le dipôle (L, C) .

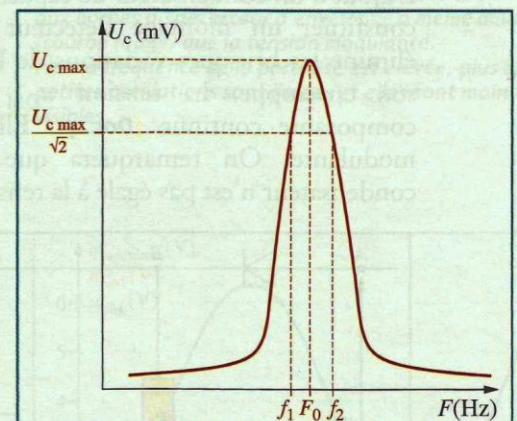
La plage de fréquence $\Delta f = f_2 - f_1$ est appelée bande passante à -3 dB du dipôle (L, C) . Le dipôle (L, C) est utilisé comme filtre passe-bande pour la tension.

Pour une bonne réception du signal modulé en amplitude d'une radio :

- un dipôle (L, C) servant de circuit d'accord doit être relié à l'antenne de réception de la radio ;
- la fréquence propre F_0 du circuit d'accord utilisé en filtre passe-bande doit être égale à la fréquence F de la porteuse ;
- la bande passante Δf du circuit d'accord doit encadrer le spectre en fréquence $[F - f, F + f]$ du signal modulé en amplitude, sans être trop large, afin de ne pas capter le spectre en fréquence des stations voisines.



Doc. 1 Schéma du circuit d'accord d'un récepteur radio. La tension u_C aux bornes du condensateur est modulée en amplitude.



Doc. 2 Courbe de réponse en tension d'un dipôle (L, C) soumis à une tension sinusoïdale de fréquence F .

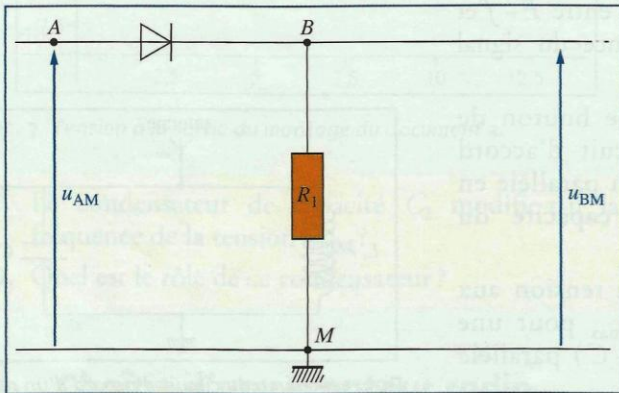
2. La démodulation

Le circuit d'accord permet de sélectionner le signal modulé en amplitude. Le signal informatif ou modulant est contenu dans les enveloppes supérieure et inférieure du signal modulé en amplitude [Doc. 3].

La démodulation va permettre d'isoler ce signal informatif.

2.1 Le montage redresseur

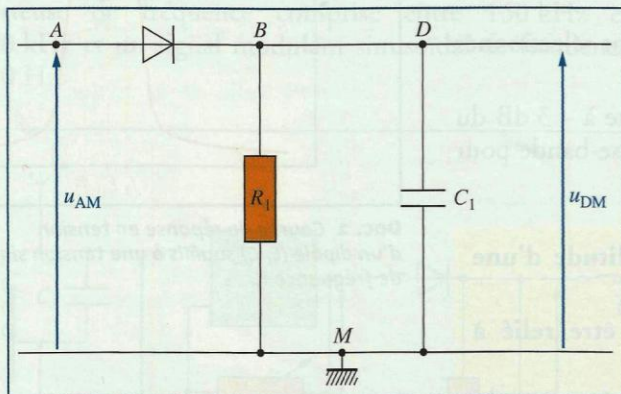
La diode associée au conducteur ohmique de résistance R_1 [Doc. 4] ne laisse passer le courant que dans un sens (de A vers B). Cela élimine les valeurs négatives de la tension modulée en amplitude u_{AM} [Doc. 5]. La tension modulée u_{BM} est dite redressée.



Doc. 4 Montage redresseur. La tension modulée u_c aux bornes du condensateur du circuit d'accord est appliquée entre A et M : $u_c = u_{AM}$.

2.2 Le montage détecteur d'enveloppe

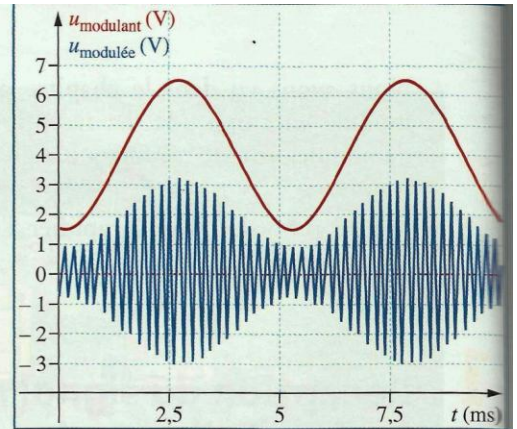
L'ajout d'un condensateur de capacité C_1 au montage précédent permet de constituer un montage détecteur d'enveloppe [Doc. 6]. Ce montage élimine les brusques variations de la tension redressée et permet d'isoler son enveloppe. La tension u_{DM} obtenue est dite démodulée avec composante continue [Doc. 7]. Elle a la même allure que la tension modulante. On remarquera que la tension u_{DM} obtenue avec le condensateur n'est pas égale à la tension u_{BM} obtenue sans le condensateur.



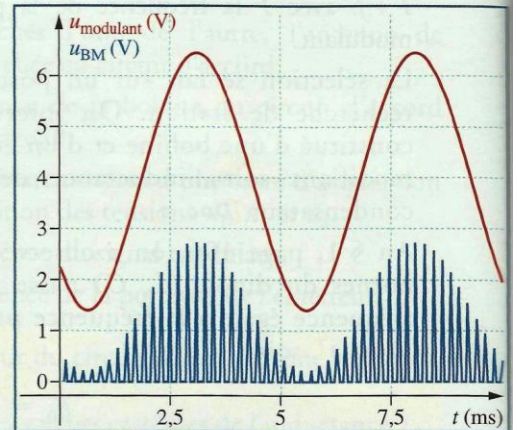
Doc. 6 Pour détecter l'enveloppe, on associe au montage redresseur le condensateur C_1 .

Comment se comporte le dipôle $R_1 C_1$ lorsqu'il est soumis à la tension modulée en amplitude redressée ?

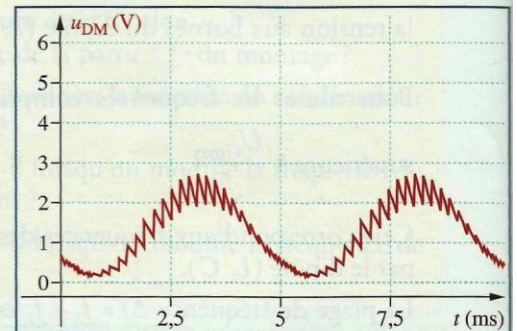
À la date t_M [Doc. 8] le condensateur est soumis à la tension modulée redressée u_{BM} de valeur supérieure à la tension à ses bornes u_{DM} . Le condensateur se charge de façon quasi instantanée.



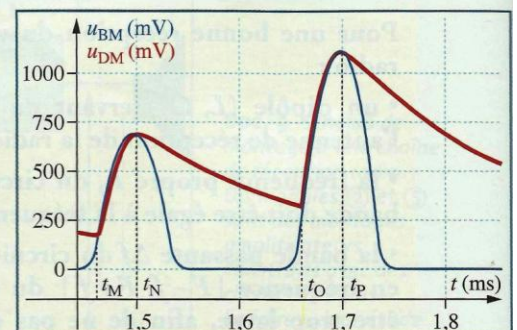
Doc. 3 Signal modulé en amplitude (en bleu) et signal informatif (en rouge). La porteuse a une fréquence F beaucoup plus grande que la fréquence f du signal informatif.



Doc. 5 Tension u_{BM} modulée en amplitude après redressement.



Doc. 7 Tension u_{DM} à la sortie du détecteur d'enveloppe.



Doc. 8 Tension modulée redressée u_{BM} et tension u_{DM} à la sortie d'un montage détecteur de crête.

La tension u_{DM} suit l'évolution du signal modulé jusqu'à la date t_N .

Au-delà de la date t_N , la tension modulée redressée u_{BM} est inférieure à u_{DM} . La diode est bloquée, le condensateur se décharge à travers le conducteur ohmique de résistance R_1 jusqu'à la date t_O .

Lors de la décharge, le dipôle $R_1 C_1$ a une constante de temps $\tau_1 = R_1 C_1$. Afin que la décharge ne soit pas trop rapide, τ_1 doit être nettement supérieure à la période T de la porteuse, $T \ll \tau_1$.

À la date t_O , la tension modulée redressée u_{BM} devient supérieure à u_{DM} . Le condensateur se charge à nouveau instantanément en suivant l'évolution de la tension modulée jusqu'à la date t_p .

Nous venons de voir que la décharge du condensateur à travers R_1 doit être lente par rapport à la période T de la porteuse. Il faut, en revanche, qu'elle soit suffisamment rapide par rapport à la période T_{mod} du signal modulant. On peut le noter par $\tau_1 < T_{modulant}$ [Doc. 9].

Dans le cas contraire, la tension u_{DM} à la sortie de détecteur d'enveloppe n'a plus l'allure du signal modulant.

Le dipôle $R_1 C_1$ du montage détecteur d'enveloppe doit avoir une constante de temps τ_1 telle que :

$$T_{porteuse} \ll \tau_1 < T_{modulant}$$

Et donc :

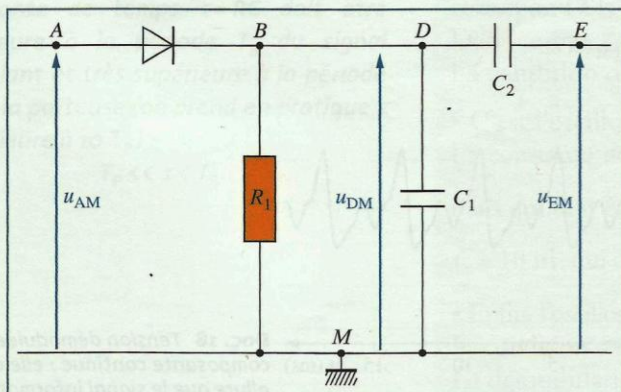
$$f < \frac{1}{\tau_1} \ll F$$

avec f la fréquence du signal informatif ou modulant et F celle de la porteuse.

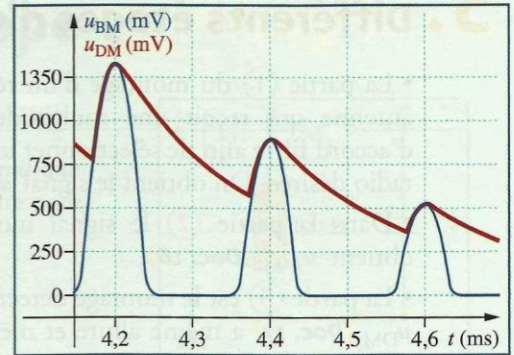
Les conditions ci-dessus étant respectées, la tension u_{DM} à la sortie du montage détecteur d'enveloppe aura une allure d'autant plus proche de celle du signal informatif ($u_{modulant}$) que la fréquence F de la porteuse sera élevée [Doc. 10].

2.3 Élimination de la composante continue

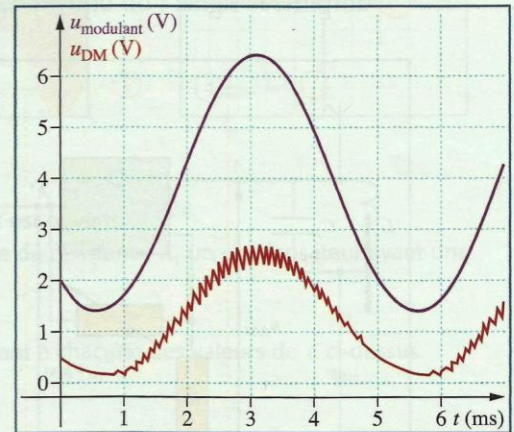
La tension u_{DM} a la même allure et la même fréquence que celles du signal informatif. Cette tension a une composante continue que l'on élimine en ajoutant un condensateur de capacité C_2 à la sortie du montage détecteur d'enveloppe [Doc. 11]. La tension u_{EM} est symétrique par rapport à l'axe des abscisses [Doc. 12].



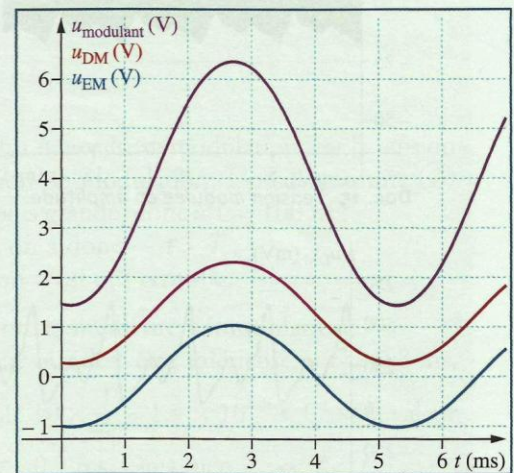
Doc. 11 Montage permettant de récupérer le signal informatif sans composante continue.



Doc. 9 Le condensateur se décharge suffisamment vite. L'allure de la courbe de la tension u_{DM} se rapproche de celle de l'enveloppe du signal modulant.



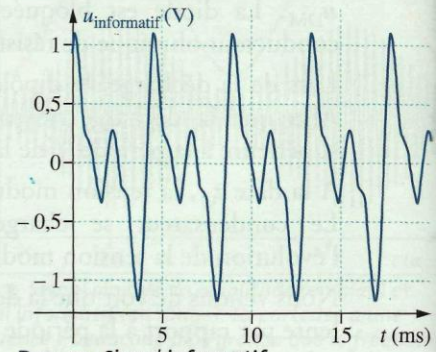
Doc. 10 Aux petites oscillations près, la tension aux bornes du détecteur d'enveloppe a même allure (courbe rouge) que la tension modulante. Plus la fréquence de la porteuse est élevée, plus les petites oscillations sont lissées et elles sont moins visibles.



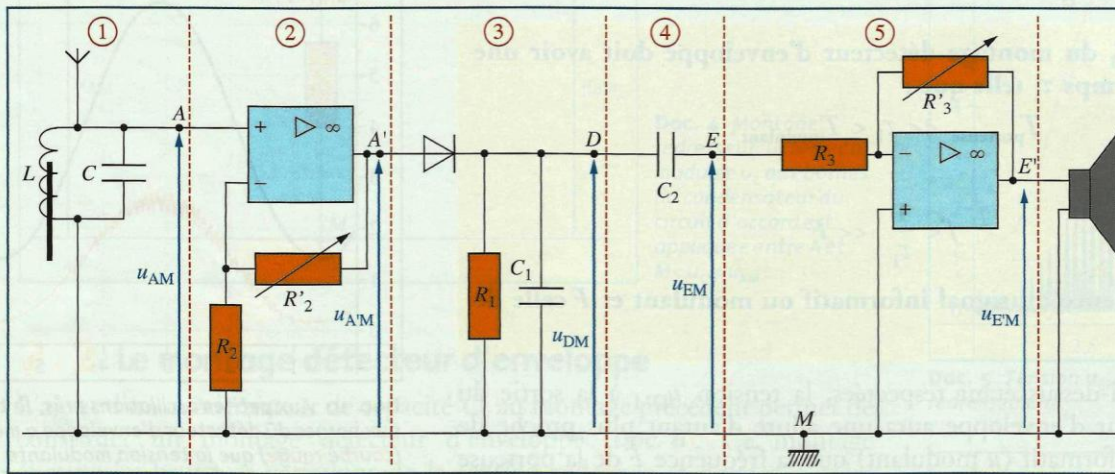
Doc. 12 $u_{modulant}$: signal informatif ; u_{DM} : signal à la sortie du montage détecteur d'enveloppe. Les petites oscillations du document 10 ne sont pas visibles, car la fréquence de la porteuse est élevée ; u_{EM} : signal sans composante continue.

3. Différents étages d'un récepteur radio

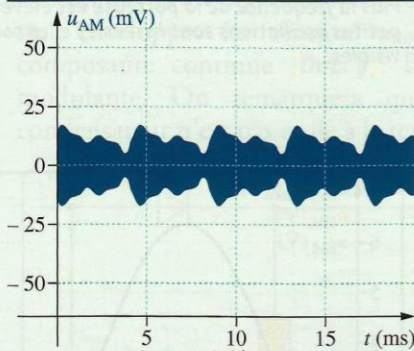
- La partie ① du montage d'un récepteur radio [Doc. 14] comporte une antenne qui reçoit une multitude d'ondes hertziennes que le circuit d'accord filtre afin de sélectionner le signal modulé en amplitude de l'onde radio désirée. On obtient le signal u_{AM} [Doc. 15].
- Dans la partie ② le signal modulé en amplitude est amplifié. On obtient $u_{A'M}$ [Doc. 16].
- La partie ③ est le montage détecteur d'enveloppe. À sa sortie, la tension u_{DM} [Doc. 17] a même allure et même fréquence que le signal informatif [Doc. 13].
- Le condensateur de la partie ④ enlève la composante continue de la tension u_{DM} ; on obtient u_{EM} [Doc. 18].
- La tension u_{EM} est trop faible pour alimenter le haut-parleur. La partie ⑤ amplifie le signal; on obtient $u_{E'M}$ qui alimente le haut-parleur.



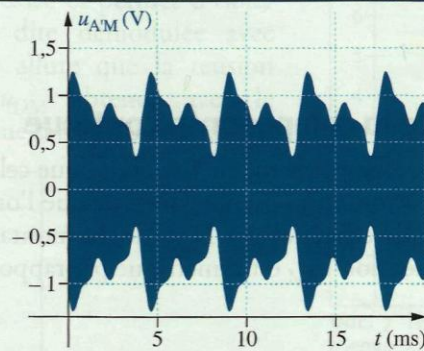
Doc. 13 Signal informatif.



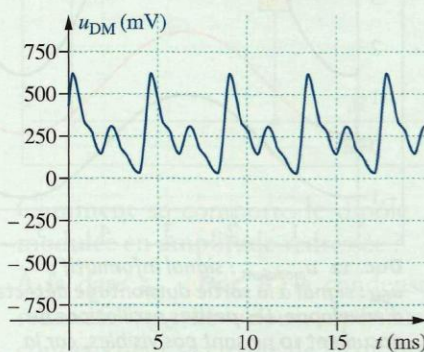
Doc. 14 Schéma de montage d'un récepteur radio.



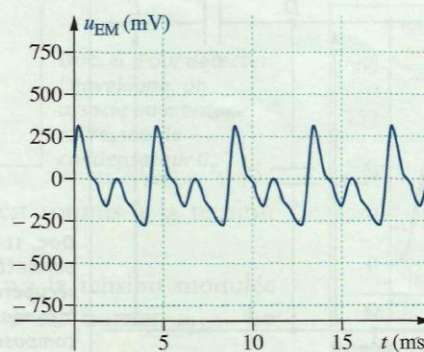
Doc. 15 Tension modulée en amplitude.



Doc. 16 Tension modulée amplifiée.



Doc. 17 Tension démodulée avec composante continue.



Doc. 18 Tension démodulée sans composante continue : elle a même allure que le signal informatif.