

Modulation d'amplitude :

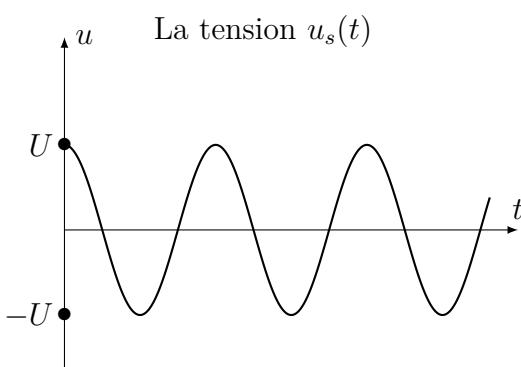
La modulation d'amplitude :

Principe :

La modulation est obtenue par combinaison de deux ondes.

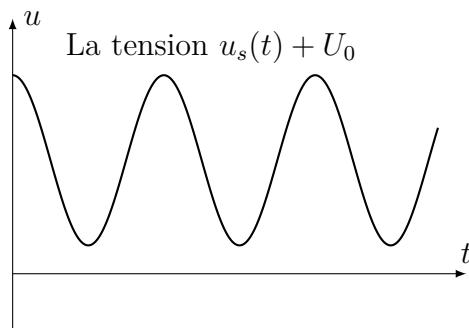
La première onde est liée à l'information à transmettre. Elle est supposée sinusoïdale, d'amplitude U_{s_m} et de fréquence f_s , la tension correspondante s'écrit alors :

$$u_s = U_{s_m} \cos(2\pi f_s t)$$



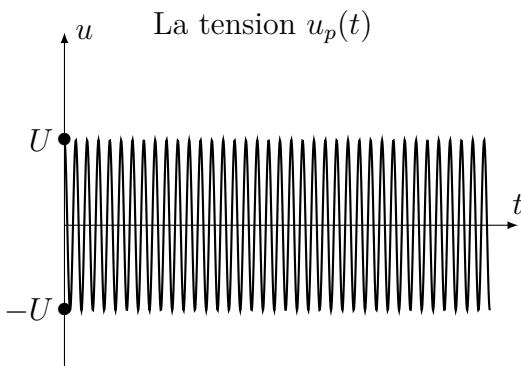
Dans le cas de la modulation d'amplitude, on ajoute à cette tension u_s une tension continue U_0 appelée tension de décalage (ou offset).

$$u_s + U_0 = U_{s_m} \cos(2\pi f_s t) + U_0$$

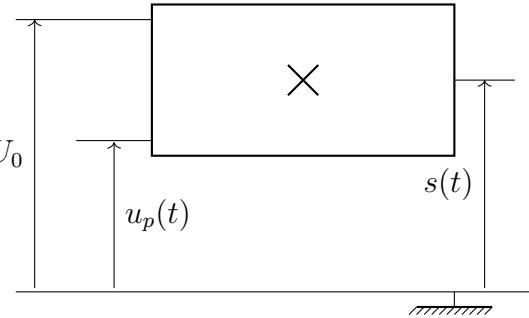


La seconde est la porteuse, onde sinusoïdale de haute fréquence et d'amplitude constante. Elle est produite par l'oscillateur de l'émetteur qui délivre une tension de la forme :

$$u_p = U_{p_m} \cos(2\pi f_p t)$$

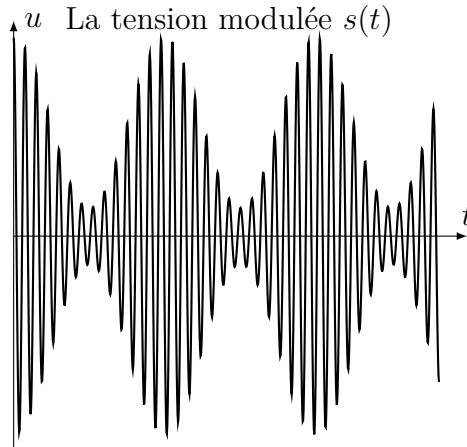


Un circuit électronique, appelé multiplicateur, donne en sortie une tension modulée $s(t)$ proportionnelle au produit des tensions $u_s(t) + U_0$ et $u_p(t)$ avec un coefficient multiplicateur k exprimé généralement en V^{-1} .



Le multiplicateur donne en sortie la tension :

$$s(t) = k \cdot u_p(t) \cdot (u_s(t) + U_0)$$



En remplaçant les fonctions par leurs expressions, on trouve :

$$\begin{aligned} s(t) &= k \cdot U_{p_m} \cos(2\pi f_p t) (U_{s_m} \cos(2\pi f_s t) + U_0) \\ &= k \cdot U_{p_m} U_0 \cos(2\pi f_p t) \left(\frac{U_{s_m}}{U_0} \cos(2\pi f_s t) + 1 \right) \end{aligned}$$

On pose $A = k U_{p_m} U_0$ et $m = \frac{U_{s_m}}{U_0}$.

A est l'amplitude de la tension modulée, et m le taux de modulation.

D'où :

$$s(t) = A \cos(2\pi f_p t) (m \cos(2\pi f_s t) + 1)$$

Théoriquement :

On sait que l'expression mathématique d'une tension s'écrit sous la forme suivante :

$$u(t) = U_m \cos(2\pi f t)$$

Pour que le signal modulant aura une expression mathématique, on pose $U_m = A(m \cos(2\pi f_s t) + 1)$

$$\begin{aligned} -1 &\leq \cos(2\pi f_s t) \leq 1 \\ -m &\leq m \cos(2\pi f_s t) \leq m \\ 1 - m &\leq m \cos(2\pi f_s t) + 1 \leq 1 + m \\ A(1 - m) &\leq A(m \cos(2\pi f_s t) + 1) \leq A(1 + m) \end{aligned}$$

On posons : $U_{m_{\max}} = A(m + 1)$ et $U_{m_{\min}} = A(m - 1)$, donc l'amplitude U_m varie entre une valeur maximale et une autre minimale :

$$U_{m_{\min}} \leq U_m \leq U_{m_{\max}}$$

Manipulons le rapport $\frac{U_{m_{\max}}}{U_{m_{\min}}}$:

$$\begin{aligned}\frac{U_{m_{\max}}}{U_{m_{\min}}} &= \frac{A(m+1)}{A(-m+1)} \\ U_{m_{\min}}(1+m) &= U_{m_{\max}}(1-m) \\ U_{m_{\min}} + mU_{m_{\min}} &= U_{m_{\max}} - mU_{m_{\max}} \\ m(U_{m_{\max}} + U_{m_{\min}}) &= U_{m_{\max}} - U_{m_{\min}} \\ m &= \frac{U_{m_{\max}} - U_{m_{\min}}}{U_{m_{\max}} + U_{m_{\min}}}\end{aligned}$$

Notion de surmodulation :

Lorsque la valeur de U_0 varie on obtient les courbes suivantes :

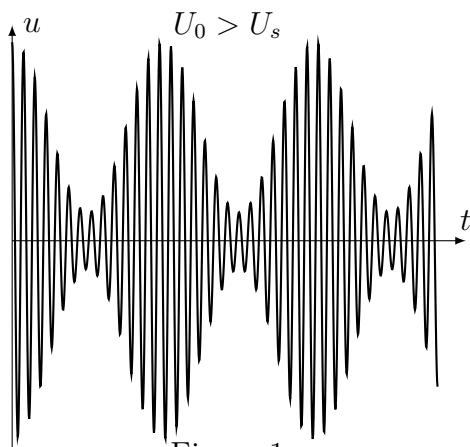


Figure 1

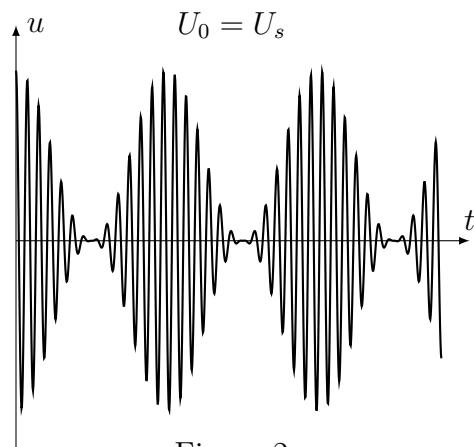


Figure 2

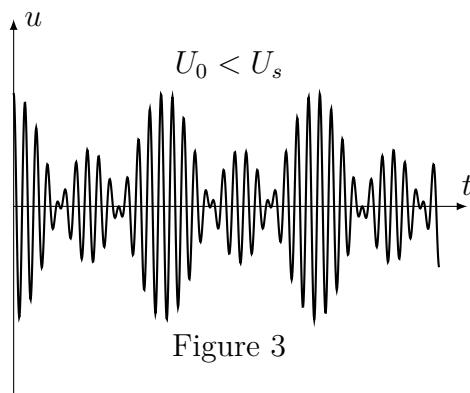


Figure 3

La modulation est de bonne qualité sur la figure 1 et mauvaise sur les figures 2 et 3.

On constate alors que pour avoir une modulation de bonne qualité, la tension de décalage doit être supérieure à l'amplitude de l'onde transmise. Autrement dit :

$$U_0 > U_s \implies m = \frac{U_s}{U_0} < 1$$

On parle de la surmodulation dans les deux autres figures.

Lorsque la valeur de f_p la fréquence de l'onde porteuse varie on obtient les courbes suivantes :

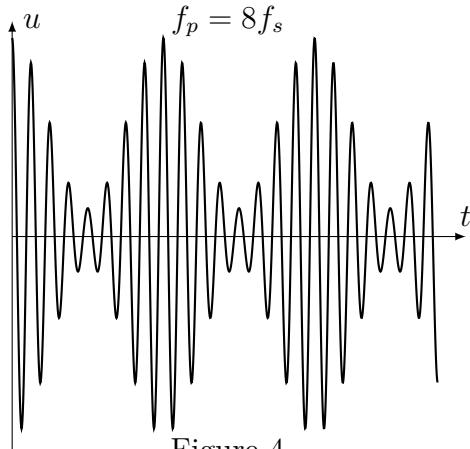


Figure 4

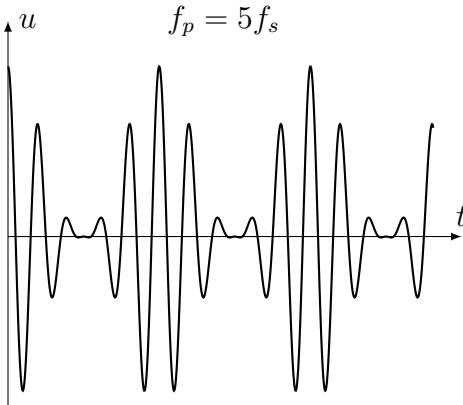


Figure 5

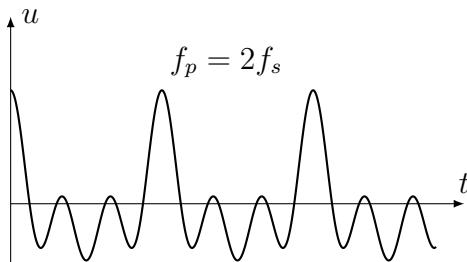


Figure 6

La modulation est de bonne qualité sur la figure 4 et mauvaise sur les figures 5 et 6. On constate alors que pour avoir une modulation de bonne qualité, la fréquence de l'onde porteuse doit être très supérieure à la fréquence de l'onde transmise :

$$f_p \gg f_s$$

Analyse fréquentielle :

On sait que :

$$s(t) = A \cos(2\pi f_p t) (m \cos(2\pi f_s t) + 1)$$

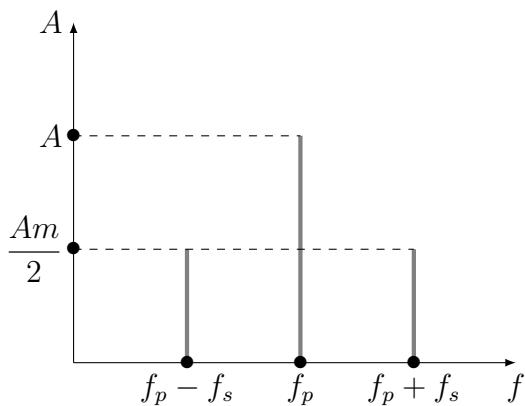
En développant cette expression on obtient :

$$\begin{aligned} s(t) &= Am \cos(2\pi f_p t) \cos(2\pi f_s t) + A \cos(2\pi f_p t) \\ &= \frac{Am}{2} (\cos(2\pi(f_p + f_s)t) + \cos(2\pi(f_p - f_s)t)) + A \cos(2\pi f_p t) \\ &= \frac{Am}{2} \cos(2\pi(f_p - f_s)t) + A \cos(2\pi f_p t) + \frac{Am}{2} \cos(2\pi(f_p + f_s)t) \end{aligned}$$

Utiliser l'identité :

$$\cos q \cos p = \frac{1}{2} [\cos(q + p) + \cos(q - p)]$$

Cela correspond à la somme de trois tensions sinusoïdales des fréquences respectives : $f_p - f_s, f_p, f_p + f_s$, leurs valeurs se situent dans le domaine des fréquences qui correspondent aux ondes hertziennes à grande portée.



Une condition est toutefois nécessaire pour cela : il faut que la bande passante du circuit oscillant de l'émetteur englobe l'intervalle de fréquences $[f_p - f_s; f_p + f_s]$

Conclusion :

La modulation d'amplitude consiste à modifier l'amplitude d'une onde porteuse de fréquence très élevée par l'onde à transmettre, auquelle on ajoute une tension continue.

La démodulation :

Principe :

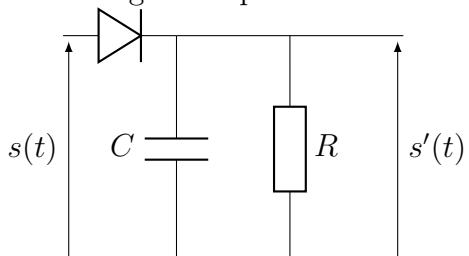
La démodulation consiste à détecter l'enveloppe de l'onde modulée et la séparer de la tension de décalage, pour retrouver à la réception l'onde transmise.

Les étapes de la démodulation :

Détection de l'enveloppe :

On utilise un montage détecteur d'enveloppe appelé encore (filtre passe-bas).

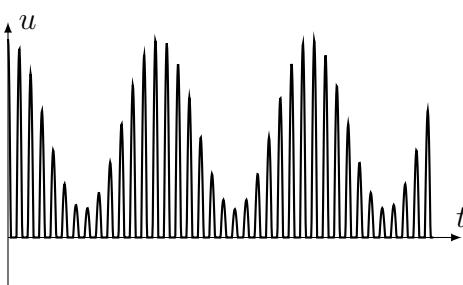
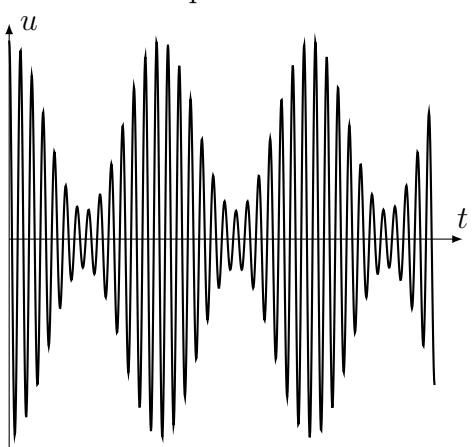
Ce montage nous permet de trouver l'onde émise, il comporte une diode associée à un dipôle RC.



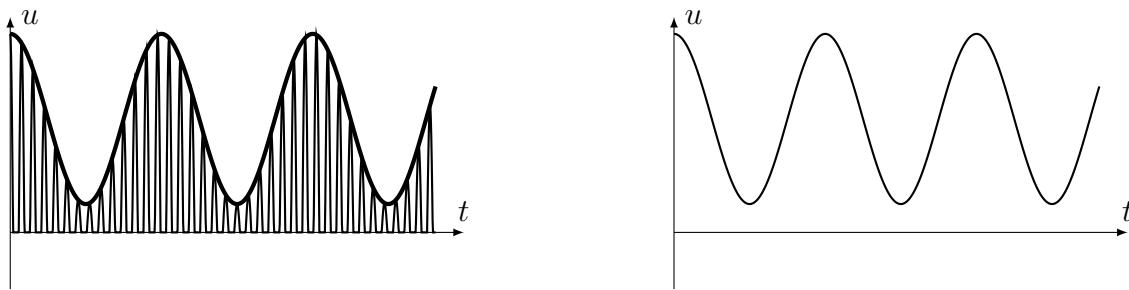
À l'entrée du montage on applique directement la tension $s(t)$ représentant l'onde modulée délivrée par le multiplicateur, et on observe à la sortie une tension $s'(t)$ semblable à l'onde modulante.

Une condition est toutefois nécessaire pour obtenir une bonne démodulation est la vérification du : $T_p \ll \tau = RC < T_s$, car le condensateur ne doit pas être déchargé au cours de cette période, la condition peut être énoncée autrement : $f_s < \frac{1}{\tau} \ll f_p$.

La diode bloque les alternances négatives et donne la tension suivante :



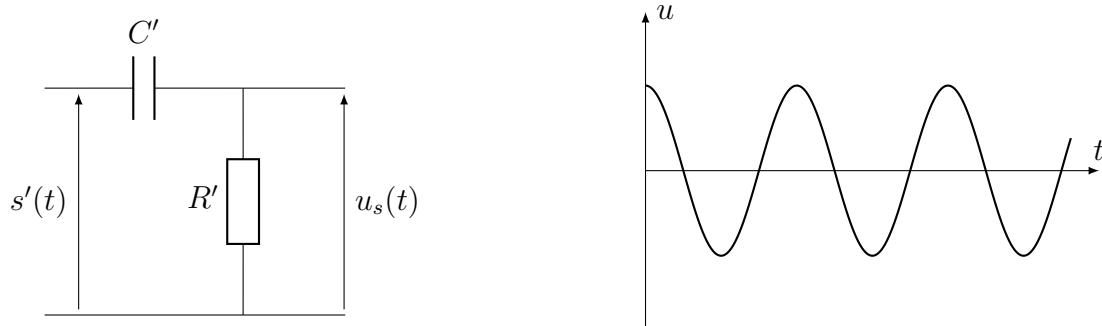
Et le dipôle RC élimine les hautes fréquences, et on obtient l'enveloppe $s'(t)$:



Élimination de la tension de décalage :

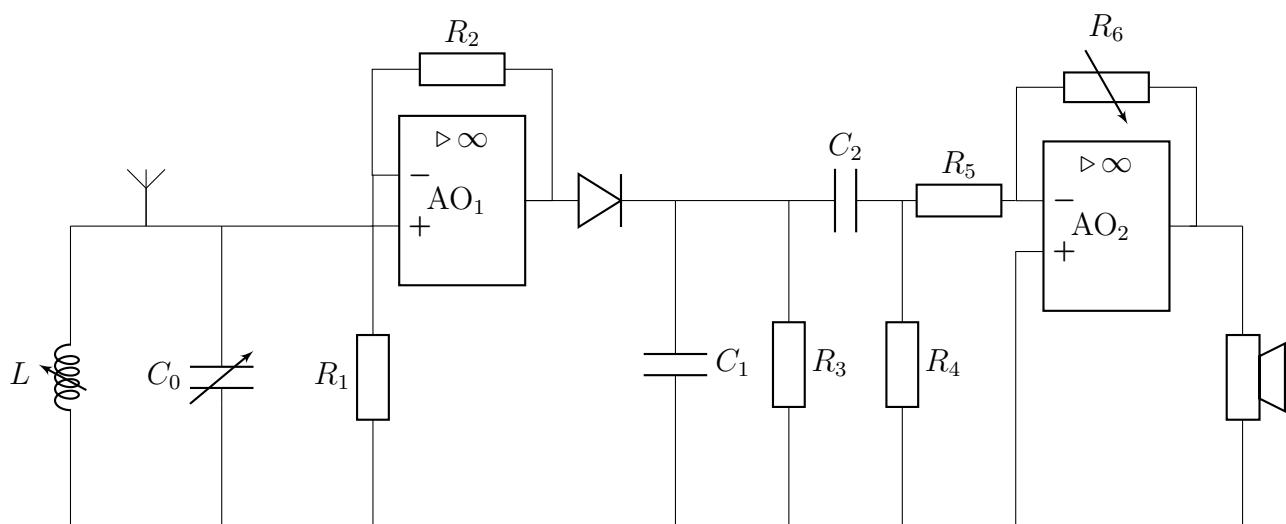
On utilise un filtre $R'C'$ passe-haut.

L'onde $s'(t)$ est appliquée à l'entrée de ce montage, et à la sortie on observe la tension $u_s(t)$ émise. On élimine la tension constante U_0 par le condensateur C' , et on obtient le signal original $u_s(t)$.



Le récepteur radio :

Le montage du récepteur radio :



Les éléments du récepteur radio :

Un récepteur radio AM se compose les éléments suivants :

- . Une antenne qui capte les ondes radio.
- . Un circuit (LC_0) qui nous permet de sélectionner la fréquence de l'onde porteuse qu'on veut capturer.

Cette sélection se réalise en variant l'inductance de la bobine ou la capacité du condensateur jusqu'à que la fréquence propre du circuit (LC_0) soit égale à la fréquence de l'onde porteuse $f_0 = f_p$, où $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_0}}$.

- . On utilise un amplificateur avant et après la réception du signal modulé $s(t)$:

Préamplification : (Avant la réception) Afin d'obtenir une tension supérieure à la tension seuil de la diode, il faut amplifier la tension délivrée par le dipôle (LC_0).

Amplification : (Après la réception) On amplifie l'onde de manière à obtenir une tension suffisante aux bornes du haut parleur, ce circuit est constituée d'un potentiomètre, qui nous permet de régler l'intensité du courant dans l'haut parleur.

. Un circuit de démodulation d'amplitude qui comporte un circuit de détection d'enveloppe et un autre d'élimination de la tension continue.