

Chapitre2

Modulation et Démodulation d'Amplitude

2.1. Introduction

Les techniques de modulation sont des procédés de transmission de l'information (parole, musique, vidéo, données ...), utilisés dans les systèmes de télécommunication.

La modulation est utilisée pour deux raisons :

1. L'adaptation de conditions de transmission du canal (perturbation, propagation,...)
2. Les possibilités de multiplexage temporel, fréquentiel, et de code (TDM, FDM, CDM)

2.2. Définition

La modulation consiste à transformer un signal connu par le signal à transmettre. Le signal à transmettre est appelé signal d'information.

Lorsqu'on module un signal, on appelle :

- **porteuse** : le signal connu
- **modulant** : le signal d'information
- **modulé** : le signal résultant de la transformation de la porteuse par le modulant.

2.3. Principe de la modulation

Caractéristique d'un signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est entièrement défini par trois caractéristiques qui sont :

- son amplitude A
- sa fréquence f
- sa phase θ

Le signal sinusoïdal s'écrit de la manière suivante :

$$v(t) = A \sin(2\pi f t + \theta)$$

on ne modifie qu'un paramètre sur les trois. On différencie ainsi trois types de modulations qui sont :

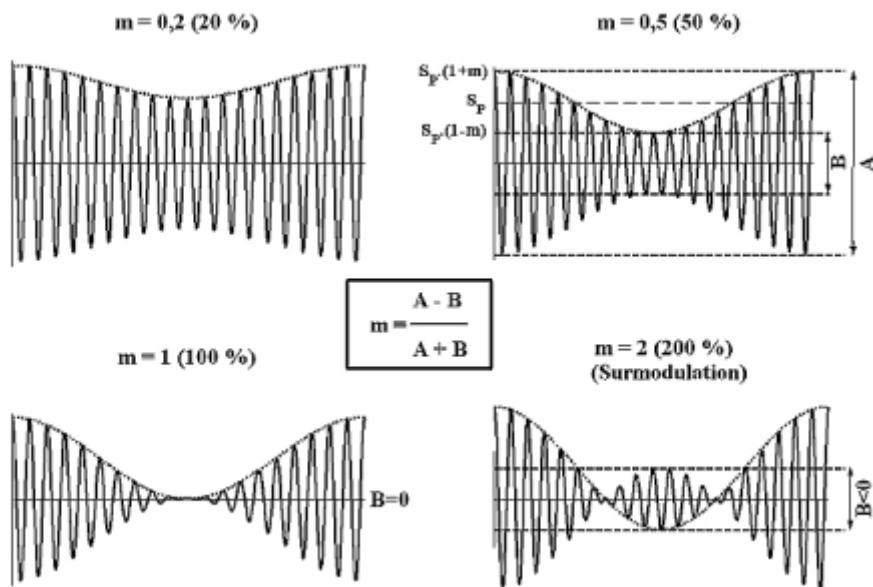
- Modulation d'Amplitude (AM)
- Modulation de Fréquence (FM).
- Modulation de Phase (PM)

2.4. Modulation d'amplitude

La modulation d'amplitude est la première modulation employée en Télécommunication de par sa simplicité de mise en œuvre.

Le taux de modulation, notée m est caractéristique du modulateur. Il représente l'amplitude du signal modulé par rapport à l'amplitude de la porteuse.

Sur la figure ci-dessous, on représente différentes valeurs de m .

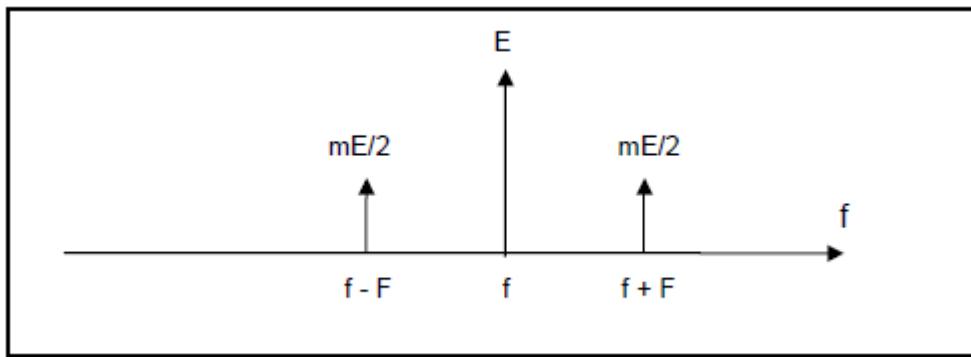


2.4.1. Spectre d'un signal AM :

Si le signal modulant est sinusoïdal, le spectre se calcule facilement :

$$\begin{aligned} e(t) &= E (1 + m\cos(\Omega t)) \cos(\omega t) \\ &= E \cos(\omega t) + Em\cos(\Omega t)\cos(\omega t) \\ &= E \cos(\omega t) + \frac{Em\cos(\omega+\Omega)t}{2} + \frac{Em\cos(\omega-\Omega)t}{2} \end{aligned}$$

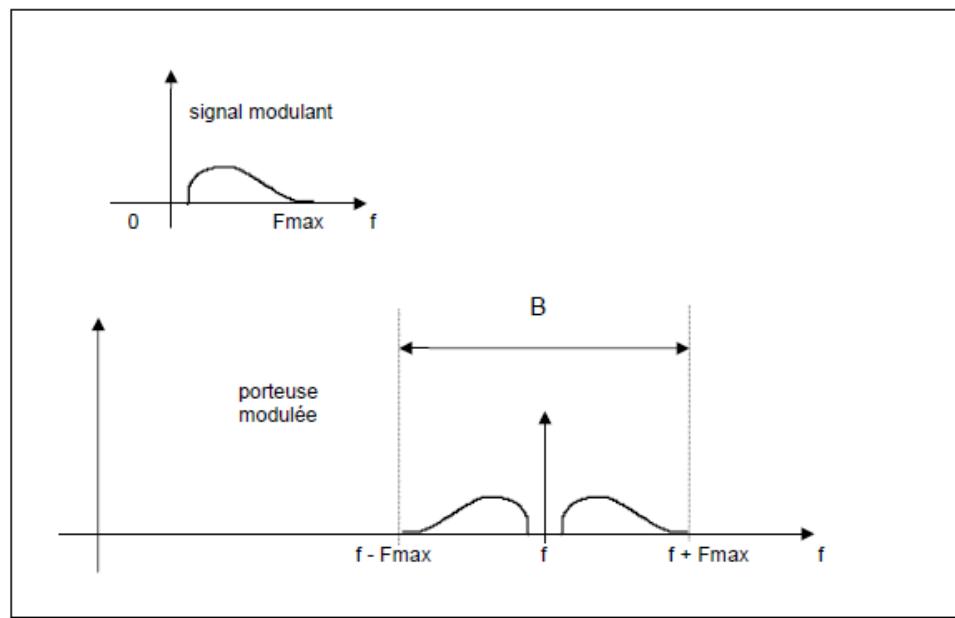
Le spectre est donc formé de 3 raies et a l'allure suivante :



Si le signal modulant est sinusoïdal (spectre limité à 1 raie),

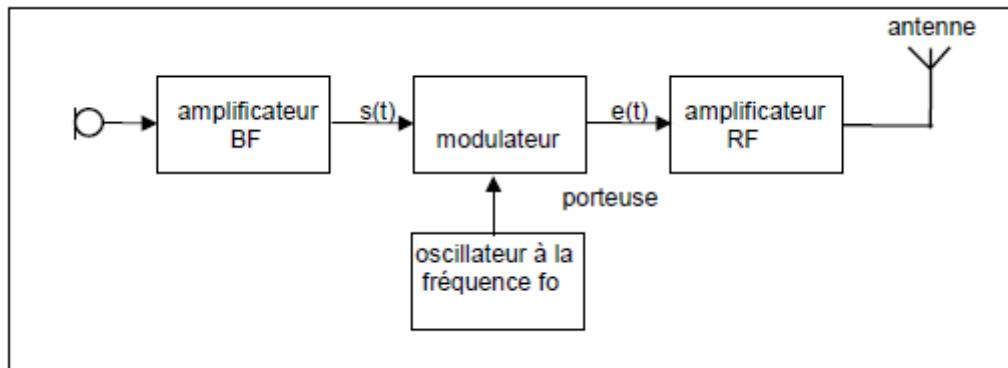
Au cas d'un signal modulant $s(t)$ quelconque :

- la forme du spectre de $s(t)$ est plus riche qu'une simple raie
- on appelle F_{max} la fréquence la plus élevée contenue dans le signal modulant
- le spectre de $s(t)$ se retrouve de part et d'autre de la porteuse dans le spectre du signal modulé



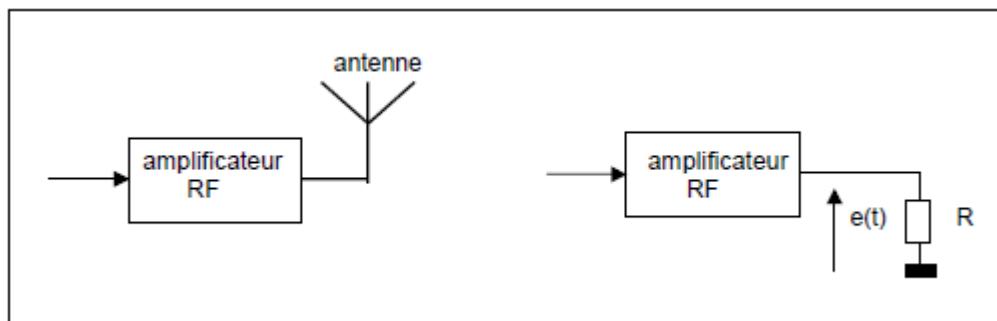
2.4.2. Production d'un signal AM avec porteuse :

Lorsqu'on veut transmettre un signal en AM, on module la porteuse par l'information basse-fréquence à l'aide d'un modulateur :



Structure d'un émetteur AM

Le signal AM est appliqué à l'antenne qui se comporte vis-à-vis de l'amplificateur de sortie comme une charge résistive R :



La puissance totale dissipée dans l'antenne et donc émise vaut :

$$P = \frac{E^2}{2R} + \frac{(mE/2)^2}{2R} + \frac{(mE/2)^2}{2R} = \frac{E^2}{2R} \left(1 + \frac{m^2}{2} \right)$$

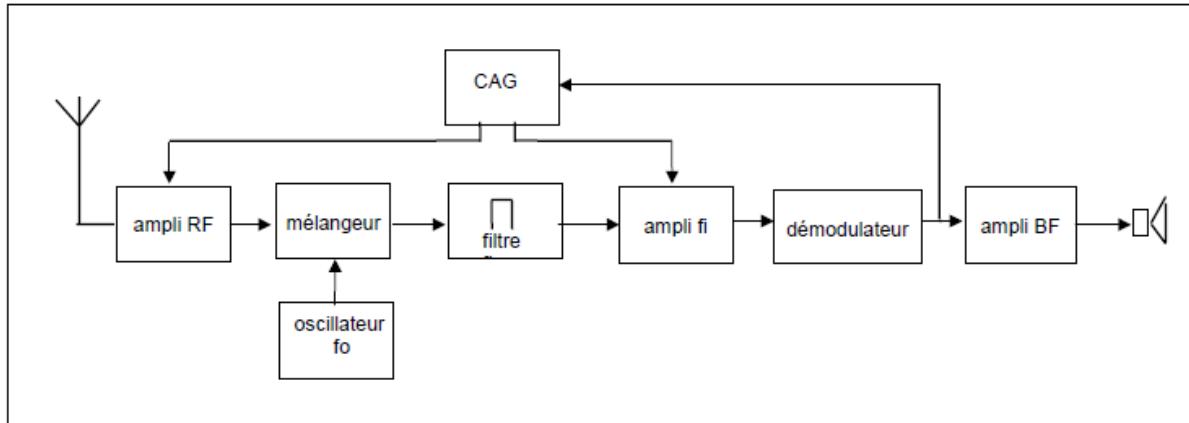
On peut noter l'importance de la puissance de la porteuse, qui est émise même en l'absence de signal modulant, alors que l'information se trouve dans les bandes latérales.

On a donc eu l'idée de supprimer la porteuse et d'émettre uniquement les deux bandes latérales (modulation en bande latérale double) ou une seule bande latérale (bande latérale unique), technique très utilisée aujourd'hui dans les communications mobiles.

2.5. Démodulation d'un signal AM : le détecteur crête

La démodulation consiste à extraire l'information $s(t)$ à partir du signal modulé $e(t)$.

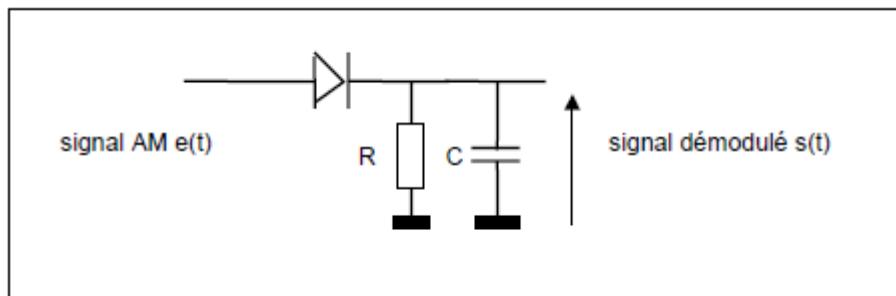
Dans un récepteur AM, le signal peut être démodulé une fois qu'on a sélectionné l'émetteur que l'on désire capter. La sélection est faite à l'aide de la structure habituelle : oscillateur local-mélangeur.



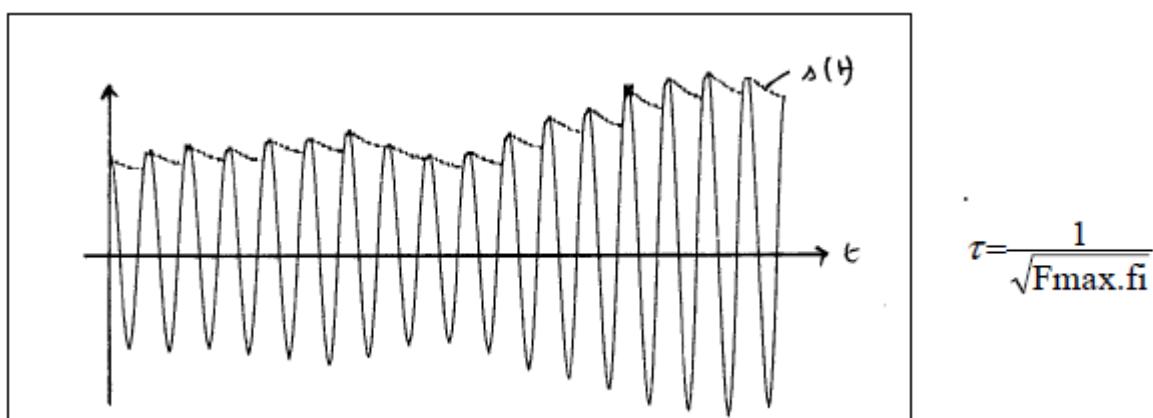
Structure d'un récepteur AM

Le signal AM à démoduler, à la fréquence intermédiaire fi, peut être traité par un détecteur crête ou un démodulateur synchrone.

2.5.1. Le détecteur crête (Détection d'enveloppe)



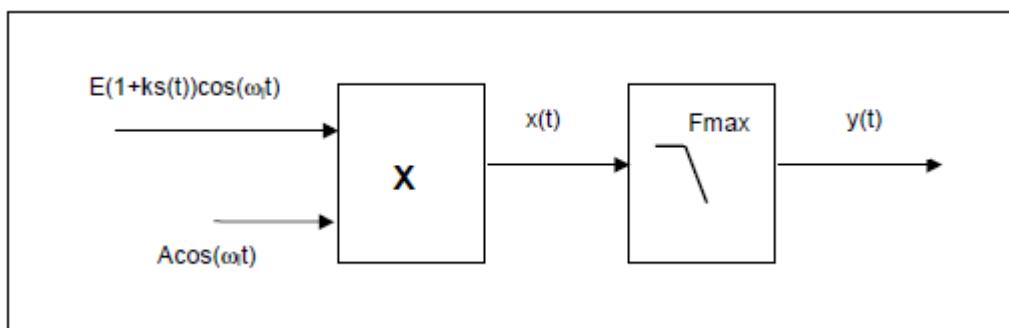
La constante de temps τ du circuit RC doit être grande devant la période de la porteuse et faible devant la période de variation du signal modulant $1/f_0 \ll RC \ll 1/F_M$



Un étage amplificateur à contrôle automatique de gain (CAG) est introduit pour éviter les excursions importantes de $s(t)$ (cas de surmodulation).

2.5.2. Démodulation d'un signal AM : le détecteur synchrone

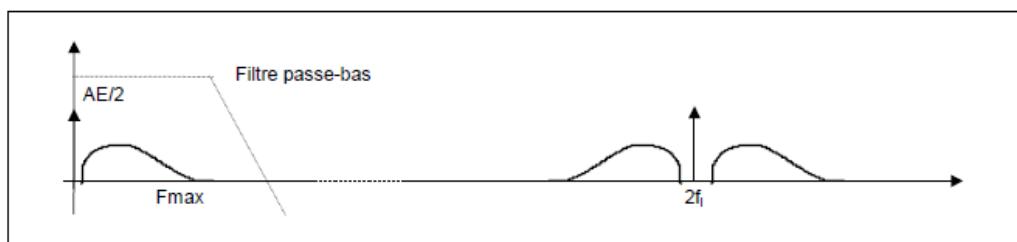
Dans une démodulation synchrone, on multiplie simplement le signal AM par un signal sinusoïdal en phase (synchrone) avec la porteuse :



$$x(t) = AE(1+ks(t))\cos^2(\omega_l t) = AE(1+ks(t)) \frac{1 + \cos(2\omega_l t)}{2}$$

$$= \frac{AE}{2} + \frac{AEks(t)}{2} + \frac{AE(1+ks(t)) \cos(2\omega_l t)}{2}$$

Le tracé du spectre de $x(t)$ montre bien que ce signal contient, en partie basse, le signal basse-fréquence modulant $s(t)$ qui nous intéresse :



Après filtrage et suppression de la composante continue , nous obtenons le signal : $y(t) = \frac{AEk \cdot s(t)}{2}$