

Chapitre

Modulation et démodulation d'amplitude AM

1- Introduction

La transmission de l'information basse fréquence nécessite l'utilisation d'une porteuse «haute fréquence» modulée en amplitude par le signal à transmettre, dit signal modulant. La démodulation consiste à recueillir le signal modulant.

La modulation d'amplitude ou MA (AM en anglais) est une technique utilisée pour moduler un signal. Elle consiste en la multiplication du signal à moduler par un signal de fréquence plus élevée.

La modulation d'amplitude ainsi réalisée utilise un circuit multiplieur. Un multiplieur est un circuit intégré qui réalise le produit des tensions v_1 et v_2 appliquées en entrée :

$$s(t) = kv_1(t)v_2(t)$$

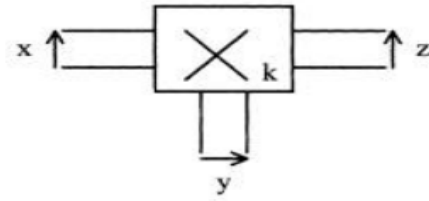
2- La modulation d'amplitude AM

Nous réaliserons une modulation d'amplitude grâce à un multiplieur analogique et nous ferons l'analyse spectrale du signal modulé.

On appelle multiplieur analogique un composant à deux entrées (x et y) et une sortie (z) tel que: $z = k x y$, avec x, y et z sont des différences de potentiel entre deux bornes du composant (entrées et sortie flottantes car non nécessairement reliées à la masse). Des alimentations A- et A+ doivent être appliquées sur le composant comme dans le cas d'un amplificateur opérationnel (composant actif).

Enfin k est une grandeur homogène à l'inverse d'une tension: pour la majorité des composants usuels $k = 0,1 \text{ V}^{-1}$.

Les multiplieurs sont des composants dont les performances sont excellentes mais un défaut demeure parfois: la présence de tensions de décalage (offsets), la relation réelle serait la suivante: $z = k (x - X_0) (y - Y_0) + Z$



Le signal porteur $x_p(t)$ ou y est de fréquence élevée (fréquence radio dépassant 100 kHz).
Son allure est la suivante :



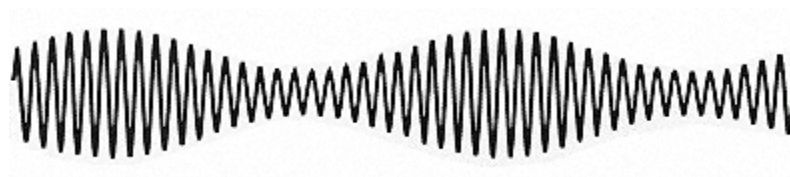
Signal porteur.

Le signal modulant $x_m(t)$ ou x est lui de fréquence relativement faible (par exemple fréquence audio inférieure à 20 kHz) :



Signal modulant.

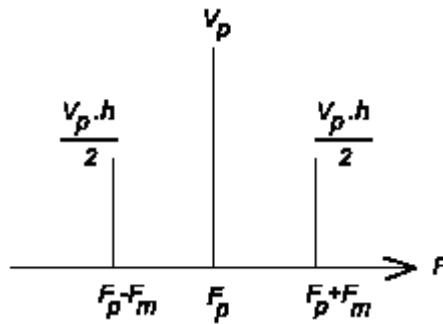
Le signal modulé (ou signal de sortie) $z(t)$, a l'allure suivante (pour un taux de modulation de 50 %) :



Signal modulé.

Le spectre de fréquences du signal modulé est un graphe présentant l'amplitude de chaque composante sinusoïdale du signal. En effet, tout signal périodique pouvant être décomposé en somme de fonctions sinusoïdales, le signal modulé est une somme de signaux sinusoïdaux, bien que l'expression trouvée précédemment soit un produit.

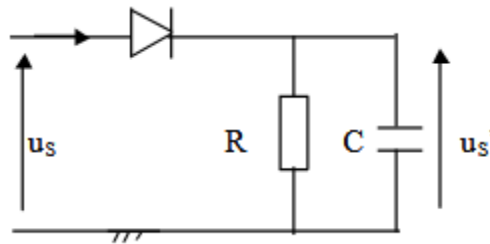
Le spectre de fréquences est le suivant (l'amplitude des raies secondaires est $A_p h/2$) :



Spectre de fréquences modulation AM

3- La Démodulation d'amplitude AM

Une fois le signal reçu, il va falloir le démoduler pour pouvoir l'utiliser. On utilise une diode pour redresser le signal modulé et un circuit RC fonctionnant en détecteur de crête pour éliminer la porteuse et ne garder que le signal modulant. Le montage suivant, utilisant un détecteur de crête :

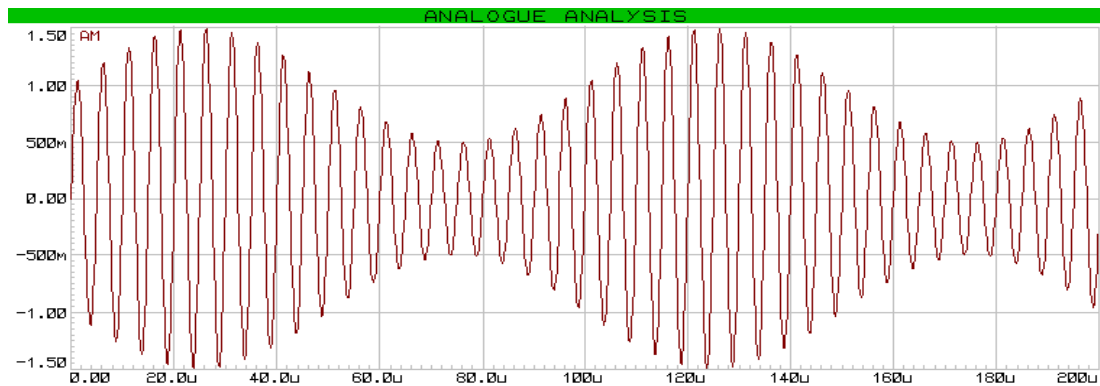


Une simple diode supprimant la partie négative du signal va faire que la valeur moyenne ne sera pas nulle mais suivra les variations du signal modulant. Un filtre passe-bas (condensateur + résistance par exemple) va alors permettre d'éliminer la composante haute fréquence et on retrouvera le signal initial. Ce circuit s'appelle détecteur d'enveloppe ou détecteur crête. La diode peut être remplacée par un pont redresseur qui permet en théorie une démodulation par détection d'enveloppe de meilleure qualité.

En pratique, il sera impossible d'avoir un signal $v_0(t)$ parfaitement synchrone de la porteuse. En effet, les fluctuations de la fréquence, aussi minimes soient elles vont entraîner une détérioration du signal audible. La correction de ce problème passe par la mise en place d'une boucle à verrouillage de phase, qui permet d'ajuster au mieux la fréquence de $v_0(t)$.

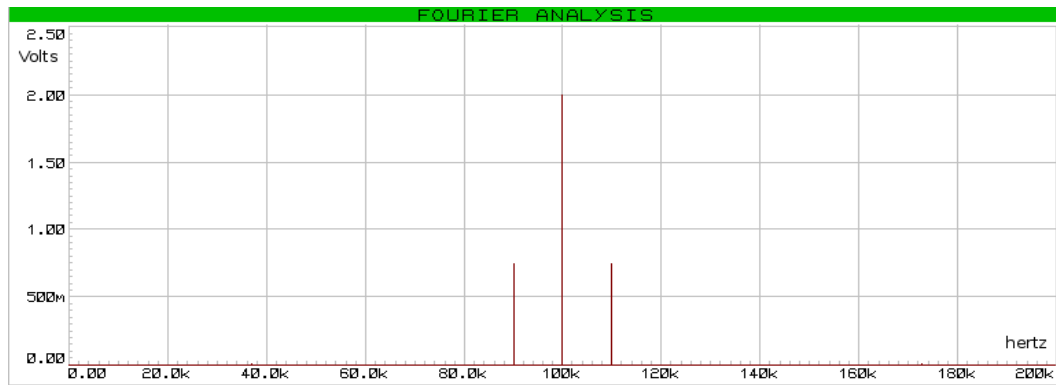
4- Exercice d'application

On donne le chronogramme d'un signal modulé AM (avec porteuse sinusoïdale et modulant sinusoïdal)



- 1) Quelle est la fréquence de la porteuse ?
 - A) 10 kHz
 - B) 20 kHz
 - C) 200 kHz
 - D) 400 kHz
- 2) Quelle est la fréquence du modulant ?
 - A) 10 kHz
 - B) 20 kHz
 - C) 200 kHz
 - D) 400 kHz
- 3) La porteuse a pour équation : $U_p(t) = A_p \sin(\omega_p t)$.
Que vaut l'amplitude A_p de la porteuse ?
 - A) 0.5 V
 - B) 1 V
 - C) 1.5 V
 - D) 2 V
- 4) Que vaut l'indice de modulation ?
 - A) 100 %
 - B) 200 %
 - C) 25 %
 - D) 50 %

On donne le spectre d'un signal modulé AM (avec porteuse sinusoïdale et modulant sinusoïdal) :



5) La fréquence de la porteuse est :

- A) 90 kHz
- B) 110 kHz
- C) 10 kHz
- D) 100 kHz

6) La fréquence du signal modulant est :

- A) 90 kHz
- B) 110 kHz
- C) 10 kHz
- D) 100 kHz

7) La puissance véhiculée par la porteuse est de 10 W.

Que vaut la puissance véhiculée par chacune des bandes latérales ?

- A) 3.75 W
- B) 7.5 W
- C) 2.8 W
- D) 1.4 W

Références Bibliographiques

- 1) Nathalie Van de Wiele – Électronique : 1ère année de CPGE scientifique, voie PCSI, document PDF : modulation, démodulation. CC-BY-NC-SA. Internet, Décembre 2020. http://ressources.unisciel.fr/sillages/physique/electronique_1a_pcsi/co/menu.html
- 2) https://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_d%27amplitude : Modulation d'amplitude. Site Web, CC-BY-SA. Internet, Janvier 2021.
- 3) <http://olivier.granier.free.fr/PC-Montesquieu445072/MOOC-PC-TP/co/modu-amplitude.html> : Étude d'un signal modulé en amplitude, applications. Site Web, CC-BY-NC-SA. Internet, Janvier 2020.
- 4) Fabrice Sincère, QCM Modulation d'amplitude (AM). Site Web, CC-BY-NC-SA. Internet, Décembre 2020. <http://fabrice.sincere.pagesperso-orange.fr/>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

