

TP 1

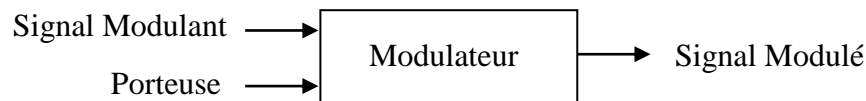
- Modulation/Démodulation en Amplitude (AM) -

But du TP :

L'objectif de ce TP est de visualiser et analyser un signal modulé en amplitude (AM).

Rappels Théoriques :

En général, le schéma bloc d'un modulateur est le suivant :



- Le signal modulant peut être analogique de forme quelconque, ou numérique.
- La porteuse est de forme sinusoïdale.

Pour produire un signal temporel modulé en amplitude, il faut :

- **Signal Modulant** : Une information basse-fréquence $s_m(t)$ qui peut être un signal audiofréquence, vidéo, analogique ou numérique.
- **Signal Porteur** : Une porteuse sinusoïdale $e_0(t)$ (il possède une fréquence élevée).

Pourquoi la Porteuse doit-avoir une fréquence élevée ?

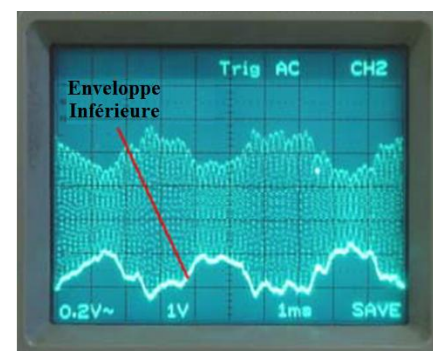
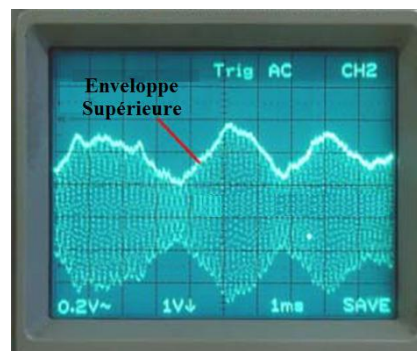
En travaillant à une fréquence f_0 élevée, l'antenne sera donc de taille réduite

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f_0} \quad \left\{ \begin{array}{l} \lambda : \text{Longueur d'onde.} \\ c : \text{Vitesse de la lumière (300 000 000 m/s).} \end{array} \right.$$

Donc, la porteuse modulée en amplitude (AM) s'écrit alors comme :

$$e(t) = V_p(1 + k.s_m(t))\cos(\omega_p t)$$

- En l'absence de signal modulant $s_m(t) = 0$ implique $e(t) = e_0(t) = V_p\cos(\omega_p t)$
- En présence de modulation l'amplitude de la porteuse s'écrit : $\pm V_p(1 + k.s(t))$; en outre, la porteuse oscille entre les enveloppes supérieure et inférieure. L'enveloppe supérieure s'écrit : $V_p(1 + k.s(t))$ et l'enveloppe inférieure $-V_p(1 + k.s(t))$



Rappelons que V_p représente l'amplitude de la tension porteuse, ω_p la fréquence angulaire de la porteuse et k représente le **gain du multiplicateur**

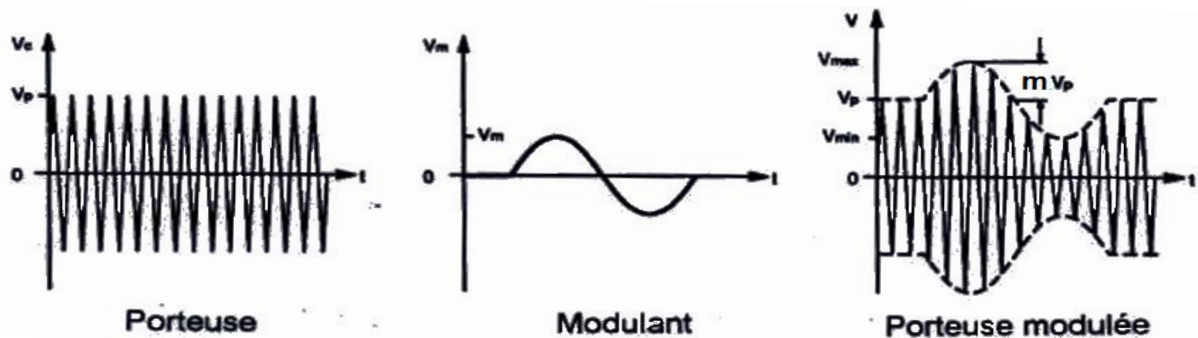
Lorsque le signal modulant est sinusoïdal, on a $s_m(t) = V_m \cdot \cos(\Omega t)$ et la porteuse modulée s'écrit :

$$\begin{aligned} e(t) &= V_p[1 + k \cdot V_m \cdot \cos(\Omega t)]\cos(\omega_p t) \\ &= V_p[1 + m \cdot \cos(\Omega t)]\cos(\omega_p t) \end{aligned}$$

Où m représente l'**indice de modulation** (appelé aussi **taux de modulation** ou **profondeur de modulation**), généralement exprimé en %.

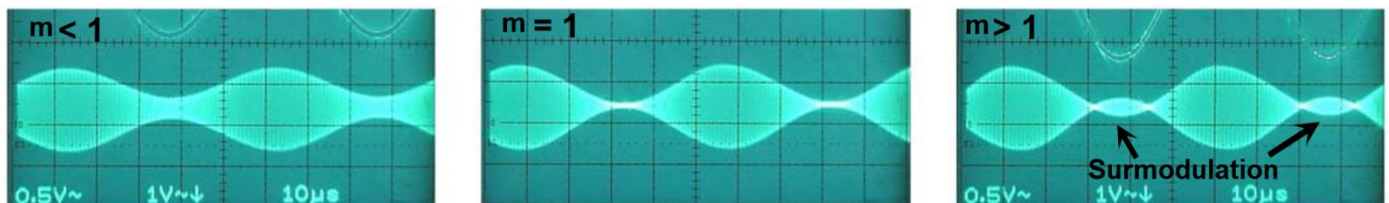
Ici pour une alternance positive (l'enveloppe supérieure), l'amplitude varie entre $V_p(1 + m)$ et $V_p(1 - m)$

On peut définir aussi l'indice de modulation comme suit : $m = (V_{\max} - V_{\min}) / (V_{\max} + V_{\min})$



Remarque: l'indice de modulation m n'est défini que dans le cas où le signal modulant est sinusoïdal.

L'indice de modulation utilisé en AM est en principe inférieur à 1, une valeur de m supérieure à 1 correspond à une **surmodulation**. Ce dernier sera à l'origine d'une distorsion inacceptable si le récepteur utilise un détecteur crête appelé aussi détecteur d'enveloppe (le signal transmis (modulant) ne peut pas être restitué correctement).



PARTIE.1

A l'aide du logiciel Simulink, nous allons produire une modulation d'amplitude de l'équation suivante :

$$AM = [1 + \cos(2\pi t)]\cos(40\pi t) \quad (\text{Eq 1})$$

Ceci est obtenu en effectuant une multiplication des deux signaux avec un temps d'échantillonnage $T_e = 1/100$. Autrement, il suffit d'implémenter l'équation d'AM (**Eq 1**) sous forme de bloc.

Manipulation.1

- 1- Exécuter Matlab → Ouvrez Simulink Library Browser → New Model → File → Save → Bureau → TP1
- 2- Chercher dans la rubrique de recherches (Enter search item) de la bibliothèque de Simulink (Simulink Library Browser) les blocs concernés : Deux blocs Signal Generator ; Un bloc Constant ; Trois blocs Scope ; Un bloc Product et Un bloc Sum (ou bien Add). En les glissant chaque fois dans le Workspace du Simulink (Voir la Figure.1)

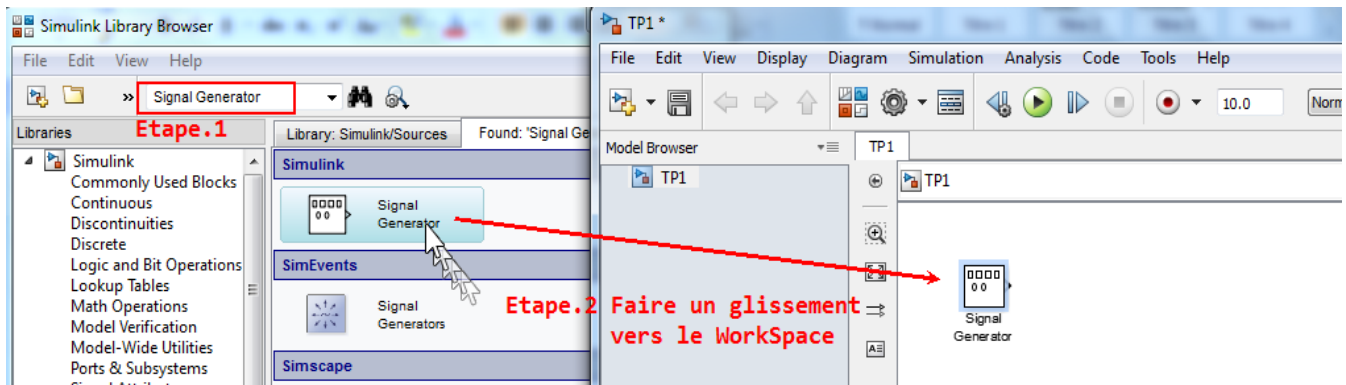


Figure.1 Comment glissé un bloc dans le WorkSpace du Simulink.

3- Dans le WorkSpace du Simulink, raccorder les blocs entre eux comme ci-dessous :

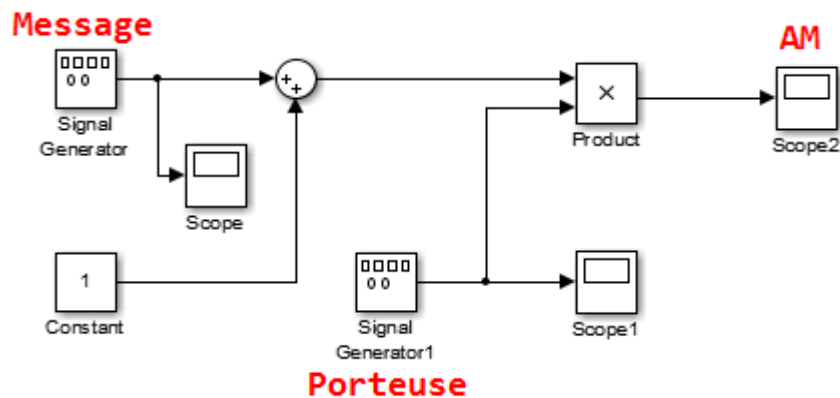



Figure.2 Schéma de la modulation AM en Simulink.

- 4- Régler les paramètres de chaque bloc de l'équation d'AM (**Eq 1**) avec un double click :
 - Bloc du Message (Signal Generator) : Amplitude et fréquence.
 - Bloc de la Porteuse (Signal Generator1) : Amplitude et fréquence.
 - Bloc de Produit (Product) : Temps d'échantillonnage $T_e = 1/100$.
- 5- Exécuter la simulation en appuyant sur  qui se trouve en haut de la barre du votre Model.

Interprétation & Questions

- 6- Observer puis représenter vos signaux ?
- 7- Mesurer les amplitudes limites atteintes V_{\max} et V_{\min} par ce signal AM ?
- 8- Vérifier que $V_{\max} = V_p (1 + m)$ et $V_{\min} = V_p (1 - m)$? Commenter ?
- 9- Interpréter et vérifier l'indice de modulation ?
- 10- Que se passe-t-il lorsque $m = 0.3$ ensuite $m = 2$? Commenter ?
- 11- Calculer la longueur de cette antenne ? Commenter ?

PARTIE.2

Pour la démodulation AM il existe plusieurs méthodes, parmi elle, la **démodulation d'amplitude par Détection Synchrone** (connu aussi comme **Détection Cohérente**). Rappelons que ce dernier permet d'extraire des signaux de faible amplitude dans une bande de fréquence donnée même noyées dans du bruit important, par multiplication du signal AM avec un signal sinusoïdal en phase (synchrone) de fréquence identique à la porteuse.

La détection comprend donc : un multiplieur et un filtre passe bas.

Pourquoi on utilise un filtre passe bas ? On utilise les filtres passe-bas pour réduire l'amplitude des composantes de fréquences supérieures à la celle de la coupure.

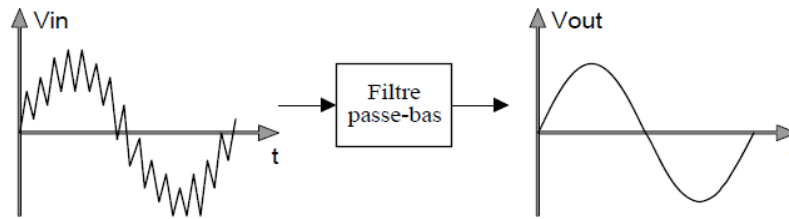


Figure.3 But du filtre passe bas.

En pratique, il est impossible d'obtenir une caractéristique aussi parfaite que celle illustrée précédemment. En effet, on ne peut que se rapprocher de celle-ci en augmentant l'ordre du filtre.

Il faudra premièrement choisir une fréquence de coupure pour le filtre. Cette fréquence doit être entre 1 Hz et 20 Hz, selon les données du problème. Il ne faut pas que la fréquence choisie soit trop près de 1 Hz, car le signal risquerait d'être un peu atténué.

Pour réaliser un filtre passe bas (LPF) dans Simulink, on utilise le bloc de fonction de transfert de Laplace :

- Simulink Library Browser -> Simulink -> Continuous -> Transfer Fcn

La fonction de transfert de Laplace pour LPF = $\begin{cases} \text{Nominateur} = [\omega_c] \\ \text{Dénominateur} = [1 \ \omega_c] \end{cases} \quad \omega_c = 2\pi f_c$

Manipulation.2

La partie de transmission AM est faite dans la précédente manipulation.1, nous allons maintenant reconstituer le signal transmis grâce à :

- Un 2^{ème} bloc de Multiplication (Product1)
- Deux filtres passes bas (Transfer Fcn) et (Transfer Fcn1)
- Deux blocs de visualisation des signaux (Scope3) et (Scope4)

Suivez les points suivants :

- 1- Modifier la valeur du bloc de constant à zéro afin de synchroniser le signal modulant.
- 2- Raccorder le 2^{ème} bloc de la multiplication avec le signal modulé et la porteuse.
- 3- Raccorder la sortie du 2^{ème} bloc de la multiplication avec le 1^{er} bloc de la fonction de transfert (Transfer Fcn).
- 4- Paramétrer la fonction de transfert (nominateur et dénominateur) sachant que $f_c = 5$ Hz.
- 5- Mettez un 1^{er} bloc de visualisation (Scope3).
- 6- Raccorder La sortie du bloc Transfer Fcn à un autre Transfer Fcn1.
- 7- Mettez un 2^{ème} bloc de visualisation (Scope4).
- 8- Exécuter la simulation.
- 9- Observer vos signaux ? Commenter ?

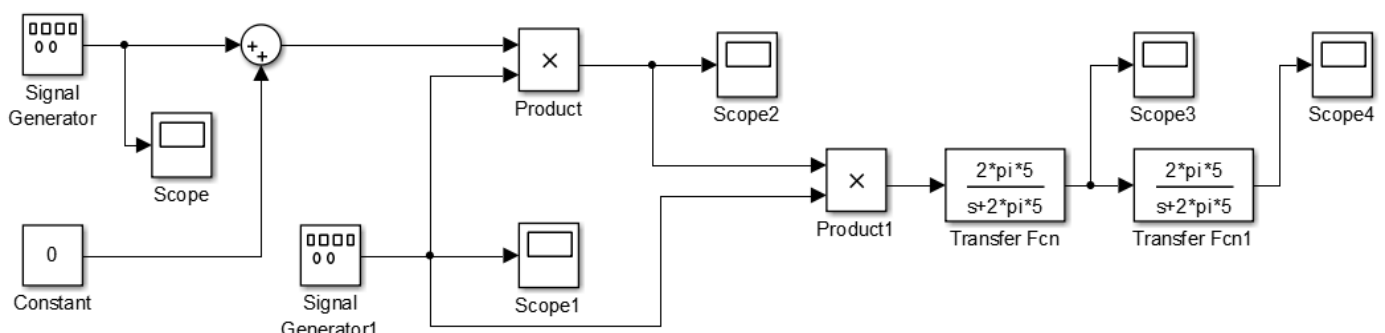


Figure.4 Schéma de la démodulation AM en Simulink.

Référence :

- P. Ribière « Modulation et démodulation d'amplitude ». Collège Stanislas. Année Scolaire 2016/2017.
- J-P. Muller « Modulation d'amplitude » Physique appliquée. Sept. 2009.
- P.Poulichet « Modulation analogique en amplitude et en fréquence ». Ecole de la chambre de commerce et de l'industrie de Paris. Mars 2010.
- F. Karim « Transmission Analogique – Travaux Pratique ». Université Aboubekr Belkaïd Tlemcen, Faculté de Technologie. Département de Télécommunications, 3^{ème} année License en Télécommunication, Année Universitaire 2017/2018.
- M. Shenoy « AM Generation using Simulink ». Site Web: [electrosome.com](https://electrosome.com/am-generation-simulink/) <https://electrosome.com/am-generation-simulink/> November 20, 2013.
- S. Faruque « Chapter 2: Amplitude Modulation (AM) ». Radio Frequency Modulation Made Easy, SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering. 2017.
- « Chapter 3: Amplitude Modulation ». Wireless Information Transmission System Lab. Institute of Communications Engineering. National Sun Yat-sen University.
- J. Levasseur « Filtres passe-bas », résumé. Octobre 2006.