



## TP 1

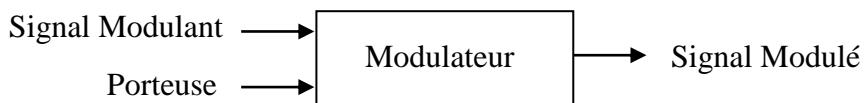
### - Modulation/Démodulation en Amplitude (AM) -

#### 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 ?

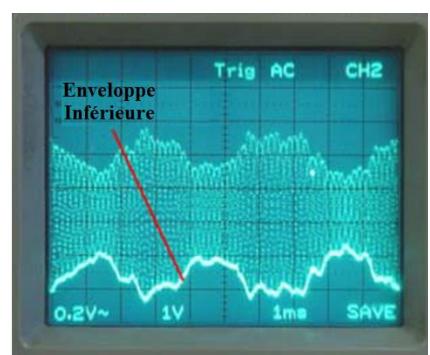
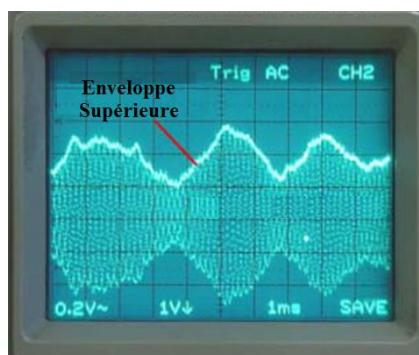
En travaillant à une fréquence  $f_0$  élevée, l'antenne sera donc de taille réduite

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

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

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

- 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 :  $\pm V_p(1 + k \cdot s(t))$ ; en outre, la porteuse oscille entre les enveloppes supérieure et inférieure. L'enveloppe supérieure s'écrit :  $V_p(1 + k \cdot s(t))$  et l'enveloppe inférieure  $-V_p(1 + k \cdot s(t))$



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

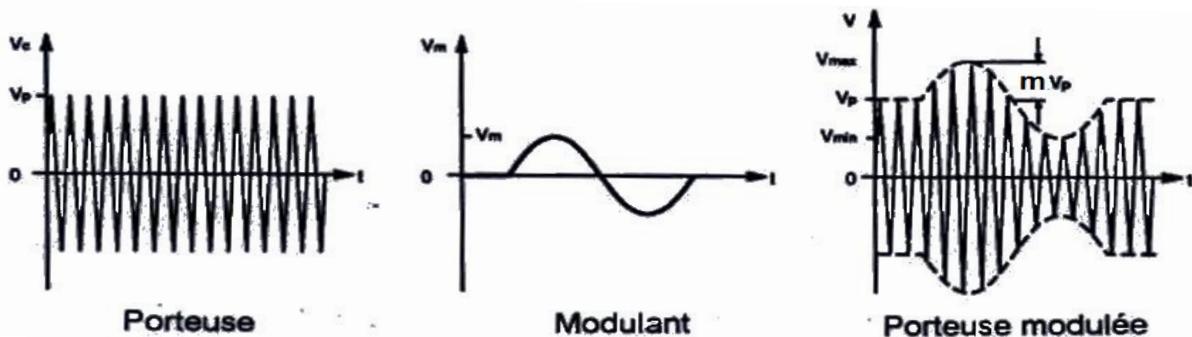
Lorsque le signal modulant est sinusoïdal, on a  $s_m(t) = V_m \cdot \cos(\Omega t)$  et la porteuse modulée s'écrit :

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

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

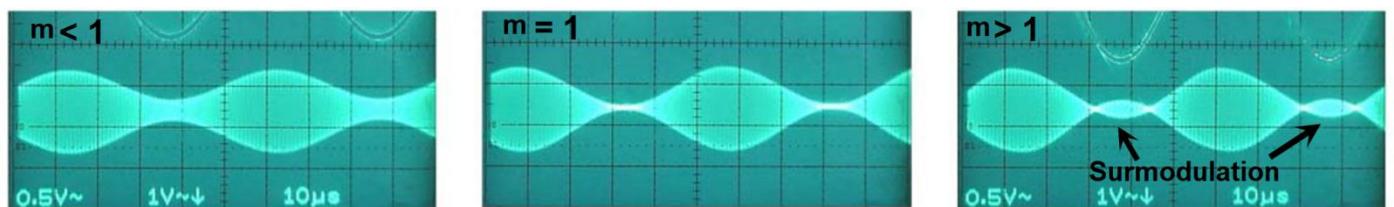
Ici pour une alternance positive (l'enveloppe supérieure), l'amplitude varie entre  $V_p(1+m)$  et  $V_p(1-m)$

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 appeler aussi détecteur d'enveloppe (le signal transmis (modulant) ne peut pas être restitué correctement).



## PARTIE.1

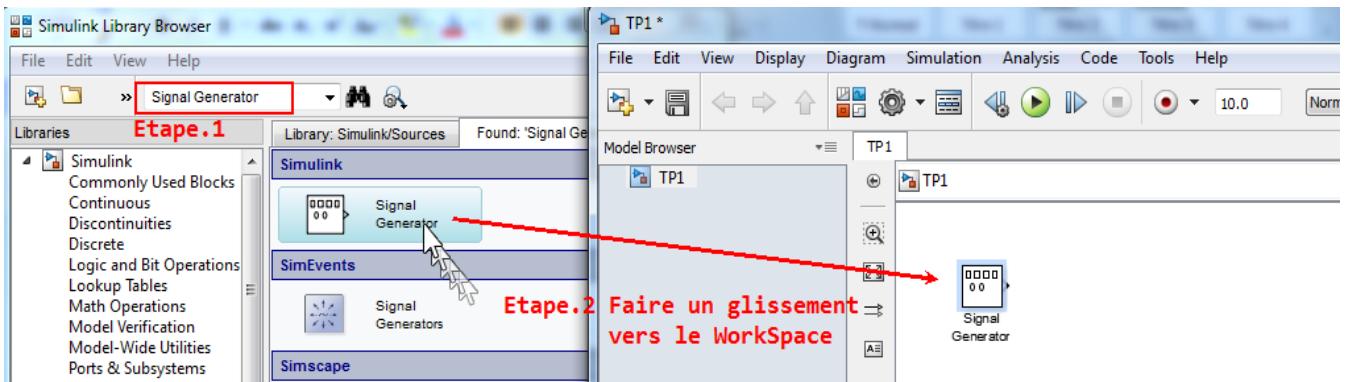
A l'aide du logiciel Simulink, nous allons produire une modulation d'amplitude de l'équation suivante :

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

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.

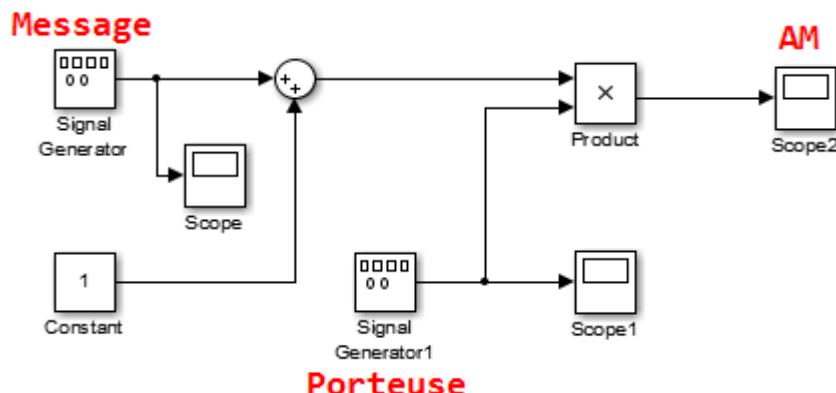
## Manipulation.1

- 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 (**Eqt 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

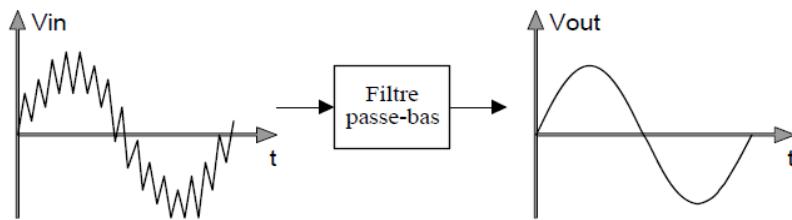
- 6- Observer puis représenter vos signaux ?
- 7- Mesurer les amplitudes limites atteintes  $V_{\max}$  et  $V_{\min}$  par ce signal AM ?
- 8- Vérifier que  $V_{\max} = V_p (1 + m)$  et  $V_{\min} = V_p (1 - m)$  ? Commenter ?
- 9- Interpréter et vérifier l'indice de modulation ?
- 10- Que se passe-t-il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

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

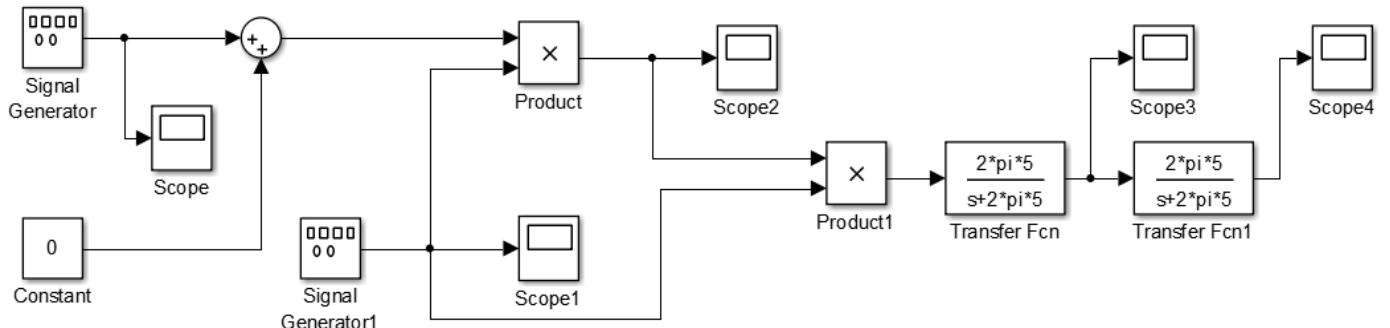
## Manipulation.2

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

- Un 2<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> bloc de la multiplication avec le signal modulé et la porteuse.
- 3- Raccorder la sortie du 2<sup>ème</sup> bloc de la multiplication avec le 1<sup>er</sup> bloc de la fonction de transfert (Transfer Fcn).
- 4- Paramétrier la fonction de transfert (nominateur et dénominateur) sachant que  $f_c = 5 \text{ Hz}$ .
- 5- Mettez un 1<sup>er</sup> bloc de visualisation (Scope3).
- 6- Raccorder La sortie du bloc Transfer Fcn à un autre Transfer Fcn1.
- 7- Mettez un 2<sup>ème</sup> bloc de visualisation (Scope4).
- 8- Exécuter la simulation.
- 9- Observer vos signaux ? Commenter ?



**Figure.4** Schéma de la démodulation AM en Simulink.

**Référence :**

- P. Ribièvre « 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<sup>ème</sup> année License en Télécommunication, Année Universitaire 2017/2018.
- M. Shenoy « AM Generation using Simulink ». Site Web: electrosome.com <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.