

TP n°27 : modulation d'amplitude : forme des signaux et analyse spectrale.

→ But du TP : le but de ce TP est l'étude des signaux obtenus après une modulation en amplitude d'un signal $s(t)$. On étudie d'abord la modulation avec porteuse à l'aide du multiplieur AD633 déjà étudié dans un TP précédent. La forme des signaux et leur spectre seront donnés. Puis, on étudie la modulation AM sans porteuse à l'aide de LabView. Enfin, on utilise le logiciel de simulation LTSPICE pour montrer comment on peut produire un signal de modulation BLU.

1) analyse des signaux d'une modulation en amplitude avec porteuse.

Rappel des notations : on appellera dans tout le TP :

- $s(t)$: signal de fréquence f et d'amplitude \hat{S} est le signal modulant BF à transmettre.
- $p(t)$: signal sinusoïdal de fréquence f_0 et d'amplitude \hat{P} est la porteuse HF.

Les signaux seront donc écrits : $s(t) = \hat{S} \cdot \cos(2\pi.f.t)$ et $p(t) = \hat{P} \cdot \cos(2\pi.f_0.t)$

- Rappeler alors l'expression du signal de sortie du modulateur $v(t)$ si on sait que la modulation se fait avec porteuse (on fera intervenir l'indice de modulation m)

On veut réaliser une modulation d'amplitude avec porteuse à l'aide du composant AD633 (déjà étudié au TP précédent). On rappelle que le composant AD633 fournit une tension de sortie W telle que :

$$W = \frac{(X_1 - X_2) \cdot (Y_1 - Y_2)}{10} + Z$$

- Donner alors le schéma de câblage de ce composant si on veut réaliser l'opération de modulation d'amplitude avec porteuse et indiquer la relation entre m et \hat{S} .
- Réaliser le montage avec : $s(t)$ sinusoïdal avec $f = 100$ Hz, $f_0 = 1$ kHz, $\hat{S} = 5$ V et $\hat{P} = 1$ V.

Relever sur un même graphe les chronogrammes de $s(t)$, $p(t)$ et $v(t)$.

Sur le chronogramme de $v(t)$, indiquer théoriquement les valeurs extrêmes positives de $v(t)$ en fonction de \hat{P} et de m et mesurer m .

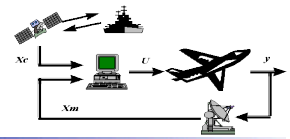
Donner l'expression de l'enveloppe supérieure de $v(t)$ et en déduire que le signal $s(t)$ y est présent.

A l'aide de l'oscilloscope Agilent, tracer les spectres des signaux $s(t)$ et $v(t)$ successivement.

Valider la hauteur des raies (utiliser la fenêtre « flat top » pour minimiser l'effet de l'échantillonnage de l'oscilloscope)

Comparer au spectre théorique pour $v(t)$.

- Reprendre l'analyse spectrale de $s(t)$ et de $v(t)$ avec $s(t)$, signal carré tel que $f = 100$ Hz et d'amplitude $\hat{S} = 5$ V. Retrouver à l'aide de couleurs le spectre de $s(t)$ dans le spectre de $v(t)$.
- Reprendre le montage avec $s(t)$ sinusoïdal tel que $f = 100$ Hz mais imposer $\hat{S} = 9$ V, puis $\hat{S} = 11$ V : visualiser les deux signaux $s(t)$ et $v(t)$. Retrouve-t-on le signal $s(t)$ dans l'enveloppe supérieure de $v(t)$? Calculer la valeur de l'indice de modulation m dans les deux cas et conclure. Comment appelle-t-on la modulation dans le cas où $\hat{S} = 11$ V ?



2) analyse des signaux d'une modulation sans porteuse à l'aide de LabView.

Grâce au logiciel Labview, il est facile générer un signal modulé en amplitude, de modifier ses caractéristiques temporelles et fréquentielles en modifiant les caractéristiques de la porteuse et du signal modulant.

Rappels importants.

● Pour générer correctement un signal sinusoïdal de fréquence f , il faut choisir en pratique une fréquence d'échantillonnage F_e telle que **$F_e \geq 10.f$**

Si le nombre d'échantillons choisi a pour valeur N , le signal sera généré pendant **$\Delta t = N.T_e$**

● La qualité du spectre en amplitude du signal est conditionnée par le choix de F_e et de N . La résolution ou le pas de calcul (écart minimal entre deux valeurs de fréquence sur l'axe

horizontal) est donné par : $\Delta f = \frac{F_e}{N}$.

Pour visualiser deux raies voisines, il faut travailler sur un grand nombre d'échantillons.

D'autre part, par défaut, le spectre est toujours affiché avec une échelle horizontale allant de 0 à $F_e/2$.

Ouvrir le fichier : « modulation_AM.vi ».

Le « vi » permet de créer deux signaux : $v_{BF}(t) = V \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) + V_{offset}$ et $V_{HF}(t) = V_p \cdot \sin(2\pi \cdot f_p \cdot t)$.

Le « vi » réalise alors la modulation suivante $v_{AM}(t) = k \cdot v_{HF}(t) \cdot v_{BF}(t)$. avec $k = 1$.

A l'aide de la copie du diagramme du « vi » fournie en annexe, indiquer où se trouvent les signaux $v_{BF}(t)$, $V_{HF}(t)$ et $v_{AM}(t)$.

Une modulation avec porteuse a pour expression : $v_{AM}(t) = p(t) \cdot (1 + m \cdot s(t))$ où $s(t)$ est le signal modulant, $p(t)$ la porteuse et m l'indice de modulation.

Donner alors les expressions de $s(t)$, $p(t)$ et m en fonction des données.

Montrer que les valeurs des variables de la face avant du « vi » permettent d'avoir $m = 0,5$.

Faire une copie de la face avant du « vi » avec l'évolution temporelle des signaux et leur spectre.

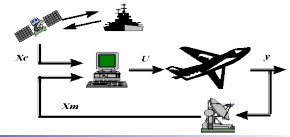
Valider la hauteur des raies obtenues en dBV.

Quelle variable de la face avant faut-il mettre à zéro pour effectuer une modulation sans porteuse, c'est-à-dire : $v_{AM}(t) = p(t) \cdot m \cdot s(t)$?

Effectuer cette simulation et noter les changements sur les signaux et sur les spectres.

Faire une copie de la face avant du « vi » avec l'évolution temporelle des signaux et leur spectre.

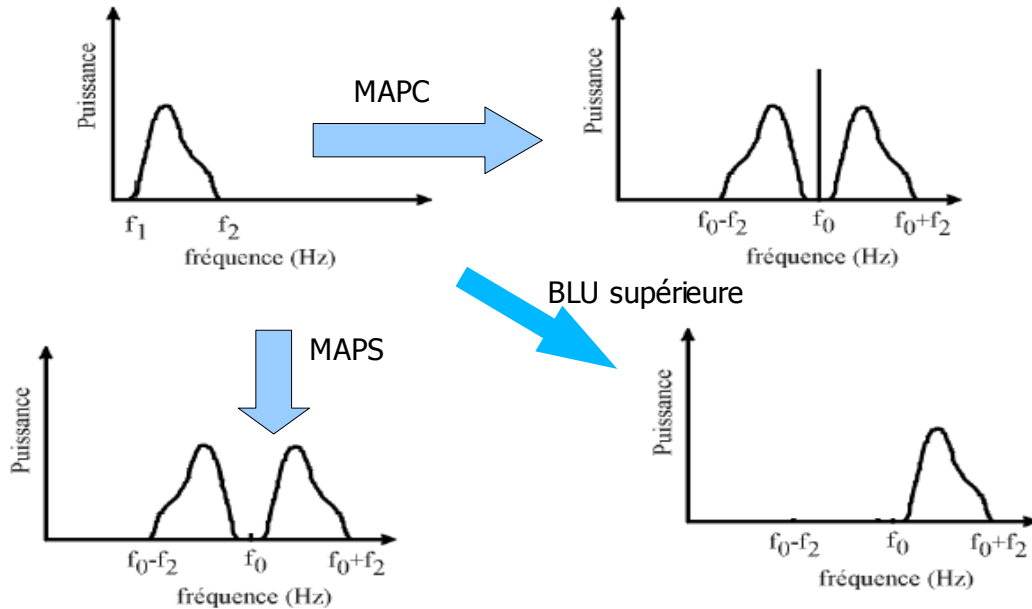
Valider la hauteur des raies obtenues en dBV.



3) analyse des signaux d'une modulation BLU à l'aide de LTSPICE.

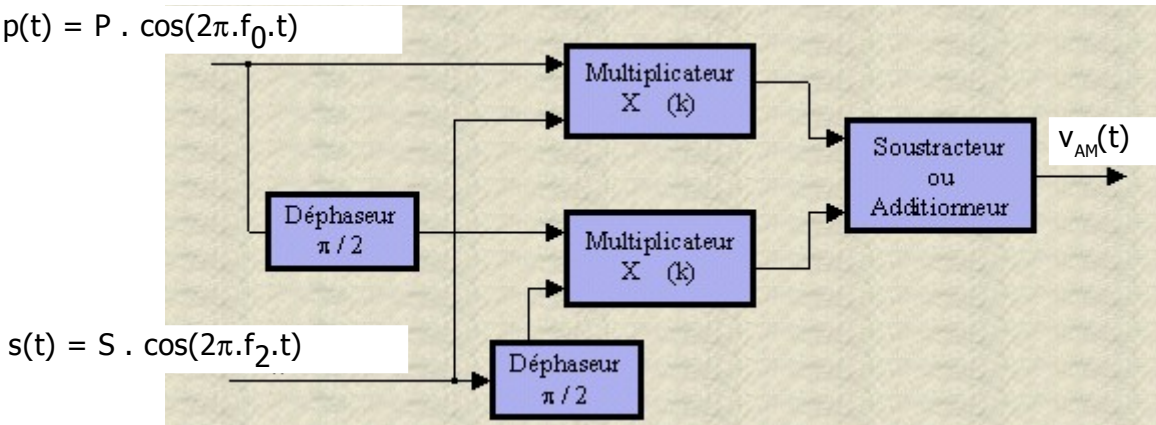
On réalise une modulation BLU (Bande Latérale Unique)

On rappelle les spectres des signaux modulés en amplitude si on a une modulation à porteuse conservée (MAPC), une modulation à porteuse supprimée (MAPS) ou une modulation BLU :



On réalise cette modulation en déphasant les signaux modulant et porteuse :

$$p(t) = P \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$$



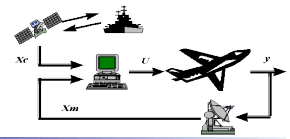
A l'aide du schéma ci-dessus, montrer que $v_{AM}(t) = k \cdot P \cdot S \cdot \cos(2\pi \cdot (f_0 + f_2) \cdot t)$ en se souvenant que :

- un retard de $(\pi/2)$ change un cosinus en sinus.
- on a la formule : $\cos(a) \cdot \cos(b) + \sin(a) \cdot \sin(b) = \cos(a+b)$

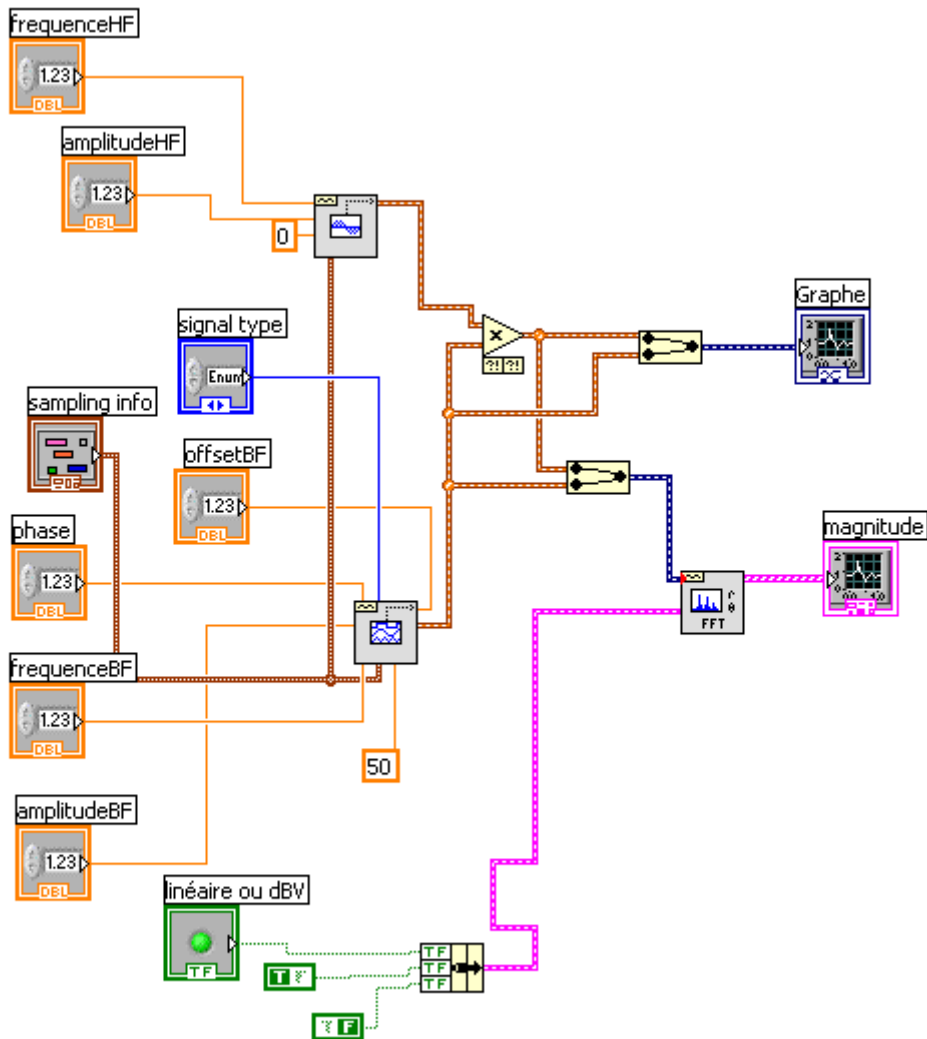
Ouvrir le fichier : « BLU.asc »

Identifier les signaux modulant et porteuse.

Relever les signaux S_{maps} et S_{blu} et tracer leurs spectres. Noter la différence entre les deux spectres.



Annexe : diagramme du VI modAM.vi.



Annexe : brochage du composant AD633.

