TP de physique n° 6 — Modulation-démodulation

1 — Modulation d'amplitude

On souhaite réaliser une modulation d'amplitude :

— la porteuse est sinusoïdale, de fréquence f_p, soit $p(t) = P_0 \cos(2\pi f_p t)$;

— le signal à transmettre est de fréquence f_s, soit $s(t) = S_0 \cos(2\pi f_s t)$ dans le cas d'un signal sinusoïdal.

Dans le cas d'un signal à transmettre sinusoïdal, le signal modulé peut s'écrire

$$w(t) = W_0 \left[1 + m\cos(2\pi f_s t)\right] \cos(2\pi f_p t),$$

où m est appelé taux de modulation.
On dispose de deux GBF et d'un multiplieur dont le fonctionnement est rappelé en annexe.
On prendre $f_p = 50$ kHz et $f_s = 500$ Hz.

1. Proposer et réaliser un montage permettant de réalisant une modulation d'amplitude avec porteuse.

Il faudra ajouter une composante continue U_0 au signal délivré par l'un des GBF : lequel ?

Déterminer le taux de modulation en fonction des caractéristiques S_0, P_0 et U_0 des signaux générés par les GBF.

2. Observer les signaux $s(t)$ (voie CH1) et $w(t)$ (voie CH2) à l'oscilloscope. Comment synchroniser la base de temps pour observer une enveloppe stable à l'écran ?

3. Estimer le taux de modulation sur l'oscillogramme, et comparer à la valeur attendue d'après les caractéristiques des signaux délivrés par les GBF.

On observera l'effet d'une modification du taux de modulation sur le signal modulé $w(t)$.

Quelle est l'allure du signal modulé si l'on prend un signal $s(t)$ triangulaire ?

4. Effectuer l'acquisition du signal $w(t)$ à l'aide de l'interface Sysam, et réaliser une analyse spectrale à l'aide de Latis-Pro afin de visualiser le spectre du signal modulé. Comparer avec les résultats théoriques.

On justifiera le choix des paramètres d'acquisition de Latis-Pro (Points réglant le nombre de points de l'échantillon, Te réglant la période d'échantillonnage et Total réglant la durée de l'échantillon) de façon à réaliser une analyse spectrale exploitable :

— respect du critère de Nyquist-Shannon ;

— résolution spectrale suffisamment fine pour distinguer les raies du spectre.

2 — Démodulation par détection synchrone

5. À l'aide du deuxième multiplieur, former le signal

$$z(t) = k w(t) p(t)$$

où k est la constante du multiplieur, $w(t)$ le signal modulé et $p(t)$ la porteuse.

Quel est le spectre théorique de $z(t)$?

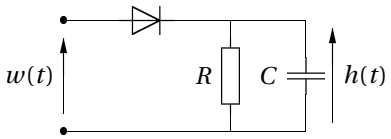
6. Quel filtrage permet de démoduler, le signal $w(t)$, c'est-à-dire de récupérer la fréquence f_s du signal à transmettre ?

Proposer une réalisation de ce filtre à l'aide d'une résistance R et d'un condensateur C, et précisant votre choix des valeurs de R et de C.

Réaliser le montage, et observer le signal démodulé (on comparera avec le signal initial $s(t)$ à l'oscilloscope).

3 — Démodulation par détection d'enveloppe

On se propose d'utiliser un élément non linéaire : le détecteur d'enveloppe à diode :



7. Que peut-on dire de l'évolution de $h(t)$:

— quand la diode est passante ?

— quand la diode est bloquée ?

On choisit $RC = 2 \times 10^{-4}$ s.

8. Justifier cette condition.

Que se passe-t-il si RC est notablement plus grand que cette valeur ? Et si RC est notablement plus petit ?

9. Réaliser le montage du détecteur d'enveloppe et effectuer une démodulation pour une porteuse sinusoïdale.

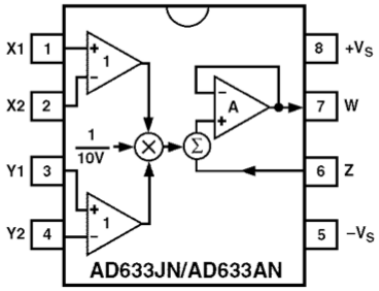
Cette méthode est-elle utilisable en cas de surmodulation ? Le vérifier expérimentalement.

Modifier les valeurs de RC, et vérifier les conclusions de la question 9.

10. Le signal obtenu en sortie est-il satisfaisant ? Proposer un filtrage permettant de l'améliorer, et le réaliser.

4 — Annexe : le multiplieur AD633

Le circuit AD633 est un multiplieur analogique permet d'effectuer la multiplication de deux tensions algébriques. Son schéma de principe est rappelé sur la figure.



Le signal de sortie est donné (en volts) par $\boxed{W = \dfrac{(X_1 - X_2)(Y_1 - Y_2)}{10} + Z}$.

Son fonctionnement nécessite une alimentation symétrique ±15 V.

L'amplitude des tensions d'entrée doit être inférieure à 10 V.

➤ **La borne Z ne doit jamais rester non connectée. Si aucun signal n'y est envoyé, il faut la relier à la masse.**

Dans ce TP, les bornes X_2, Y_2 et Z sont reliées à la masse et les bornes X_1 et Y_1 sont alimentées par les tensions $e_1(t)$ et $e_2(t)$. On a alors $w(t) = k e_1(t) e_2(t)$ avec $k = 0{,}1\ \text{V}^{-1}$.