

TP Modulation - Démodulation

Nous cherchons ici à reproduire de façon simplifiée le mode de transport des informations hertziennes comme la radio AM.

Principe

Les ondes radios de basses fréquences sont diffractées sur les bâtiments et non réfléchies dans le ciel. Elle se dispersent donc très rapidement. La solution à apporter consiste donc à faire porter ce signal (entre 20Hz et 20 kHz) par un signal dit «onde porteuse» de haute fréquence. Des porteuses de fréquences différentes peuvent de plus être utilisées pour chaque radio, ce qui permet de ne pas brouiller les signaux de ces radios.

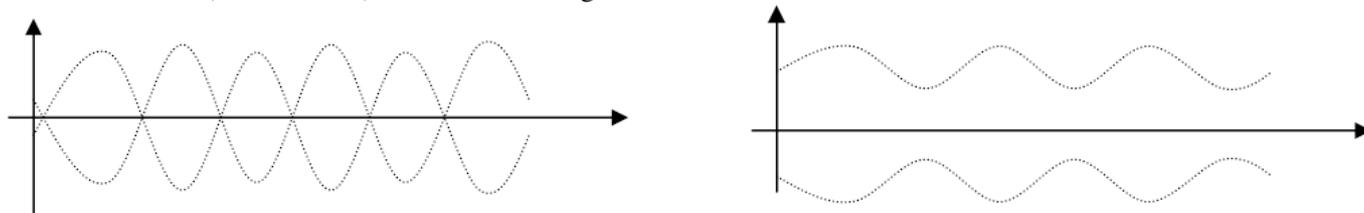
Les radios émettent ainsi des bandes de fréquences transportées par des porteuses spécifiques comme France Inter dont la porteuse en AM est 162kHz (europe 1 :182kHz) et la bande passante de 0 à 9kHz.
(Grandes ondes 100kHz à 375 kHz et les Petites Ondes 375kHz à 3Mhz).

I - Modulation du signal par un multiplicateur

Il s'agit de transporter un signal informatif de fréquence $f = 250$ Hz qui se propage mal par un signal porteur de fréquence $f_p \gg f$. Nous allons pour cela multiplier ce signal par le signal de la porteuse $f_p = 25$ kHz. On parle de modulation en amplitude (AM).

Il y a deux possibilités :

- Si on les multiplie on obtient : $V_0 \cos(2\pi f.t) \times V_p \cos(2\pi f_p.t)$ (cas de gauche)
- Si on les multiplie après avoir ajouté un off-set on obtient : $K.[m.\cos(2\pi f.t) + 1] \times V_p \cos(2\pi f_p.t)$ où m est l'indice de modulation. (cas de droite). On obtient les signaux suivants :



Réalisation

On utilisera deux GBF pour les deux fréquences f et f_p . A partir de la plaquette des multiplicateurs, réaliser ces deux types de produit de signaux. Observer les signaux d'entrée et leur produit en modifiant la synchronisation.

Observer le spectre du produit avec la fonction FFT (Fast Fourier Transform) du menu Math ou (+/_). Régler la fréquence centrale et la fréquence par division de l'axe de fréquence en abscisse pour vous centrer sur les raies. Combien de raies observe-t-on dans chaque cas ?

Montrer mathématiquement que le produit de deux sinusoïdes peut s'écrire comme une somme de deux sinusoïdes. Quelles sont leurs fréquences respectives ? Confirmer expérimentalement ce résultat sur le spectre. Que change l'offset sur le signal ?

$$K.[m.\cos(2\pi f.t) + 1] \times V_p \cos(2\pi f_p.t) =$$

$$= K.V_p \cos(2\pi f_p.t) + \frac{K.m.V_p}{2} [\cos(2\pi(f_p+f).t) + \cos(2\pi(f_p-f).t)]$$



Le signal est prêt à être transmis par une antenne émettrice (ce que nous ne ferons pas ici...)
 Le signal est alors reçu par une antenne réceptrice, et il faut donc le démoduler.
 Nous allons voir ici deux méthodes de démodulation en amplitude.

II - Application à la démodulation synchrone par un multiplicateur

Cette méthode utilise un second multiplicateur (présent sur la plaquette : X).
 A partir du raisonnement mené sur un produit de fonctions sinusoïdales, deviner l'allure du spectre obtenu par multiplication de la sortie avec un signal de fréquence f_p .

Réalisation

A l'aide d'un cavalier envoyer la sortie du premier multiplicateur sur l'entrée X du second. Envoyer un doublon du signal de la porteuse sur l'entrée Y. Cette fréquence correspondrait sur un véritable poste de radio au bouton de réglage de la station radio. Obtient-t-on le signal espéré ?

Observer à nouveau le spectre en sortie. Régler l'échelle de fréquence de façon à observer toutes les fréquences de 0Hz à 60kHz. Comparer les signaux avant et après la seconde multiplication.

Le résultat correspond-t-il à la théorie ?

Zoomer ensuite sur les basses fréquences 0Hz à 1kHz et comparer les signaux avant et après la seconde multiplication. (éventuellement baisser la tension d'entrée).

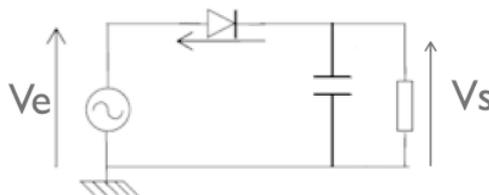
On souhaite alors récupérer le signal d'intérêt par un filtrage passe bas. Pourquoi ?

A l'aide d'un second cavalier envoyer la sortie dans le filtre à 3kHz.

Quel signal obtient-t-on ? Mesurer sa fréquence et vérifier son spectre.

III - Application à la démodulation par détection de crêtes

Le signal reçu est envoyé dans un détecteur de crête :



La fréquence de coupure du détecteur de crête doit être ajustée pour se situer entre celle de la porteuse et celle du signal. Pourquoi ? A partir des deux fréquences déduire le temps $\tau=RC$, puis R en prenant $C = 100nF$.

Réalisation : câbler le détecteur de crête.

Mesurer la fréquence du signal obtenu, dans les deux cas envisagés : avec ou sans offset.

Que se passe-t-il si la fréquence du détecteur n'est pas adaptée ?

Quelle est finalement l'intérêt de l'offset pour cette méthode ?

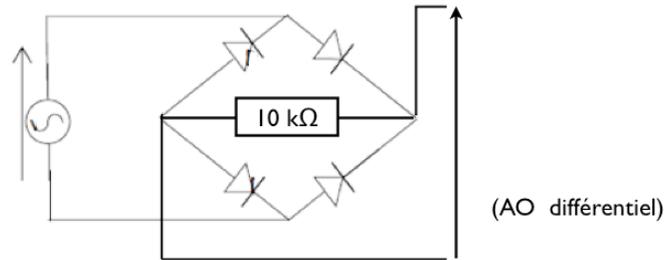
IV Réalisation d'alimentation continue [Uniquement si tout le reste est terminé].

En combinant un redressement et une détection de crêtes, on peut obtenir une tension quasiment continue si la constante $\tau = RC$ est grande devant la période initiale du signal. On prendra $f = 1\text{kHz}$. Nous procéderons par étape.

Réalisation de l'étage de redressement

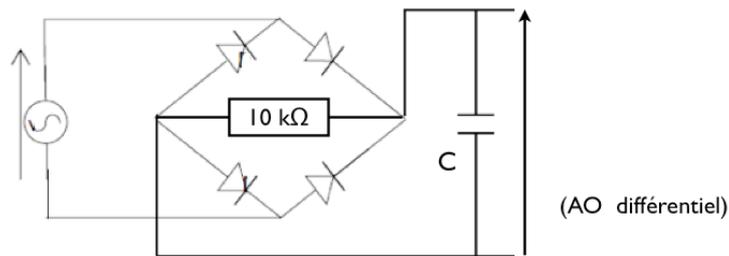
Réaliser un pont de diode avec quatre diodes silicium qui alimentent une résistance variable de $R=10\text{k}\Omega$.

On observera la tension aux bornes de la résistance, au moyen d'un AO différentiel (AO soustracteur sur plaquette). Diminuer progressivement la résistance jusqu'à $R=10\Omega$. Que se passe t-il ? Pourquoi ?



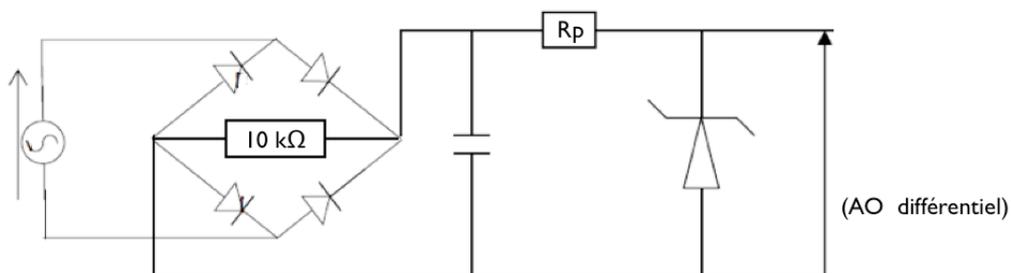
Réalisation de l'étage de filtrage

Revenir à $R=10\text{k}\Omega$. On place en parallèle sur R , un condensateur C . Quelle capacité minimale doit t-on donner à C pour que le signal soit sensiblement constant (moins de 50% de variation). Comment trouver cette valeur ? Que se passe t-il si $C \sim 1\mu\text{F}$? Pourquoi ? On prendra pour l'instant $C = 100\text{nF}$, pour garder des défauts.



Réalisation de l'étage de stabilisation

La tension continue a un sérieux défaut : elle dépend fortement de la charge, on dit qu'il s'agit d'une tension non stabilisée. Pour la stabiliser, il suffit d'utiliser une diode Zener avec résistance de protection $R_p = 47\text{k}\Omega$. Attention : bien vérifiée le câblage et penser à déplacer l'AO différentiel.



Faire varier la tension d'entrée. Qu'observe t-on pour une valeur importante ? Quelle est la tension ainsi obtenue en sortie ?