



La modulation d'amplitude consiste à modifier l'amplitude d'une onde porteuse de fréquence très élevée par le signal à transmettre auquel on ajoute une tension continue.

1 - Porteuse, signal modulant et tension continue.

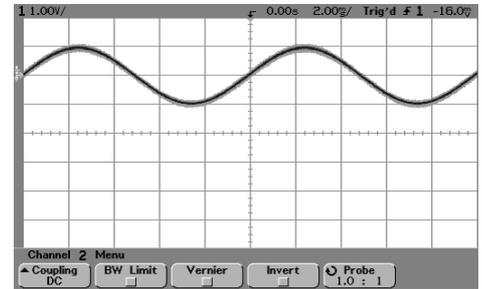
- Le signal modulant u_s est un signal de basse fréquence f_s d'amplitude U_{sm} .

Décaler la trace de la voie A de deux divisions au-dessus du milieu de l'écran, la voie 1 étant réglée 1V/div.

Envoyer le signal fourni par un GBF (GBF N°1) sur la voie 1 de l'oscilloscope : signal sinusoïdal, de fréquence $f_s=100\text{Hz}$ et d'amplitude $U_{sm}=1\text{V}$.

La synchronisation doit être effectuée sur la voie 1.

Expression du signal : $u_s=U_{sm}\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot f_s\cdot t)$

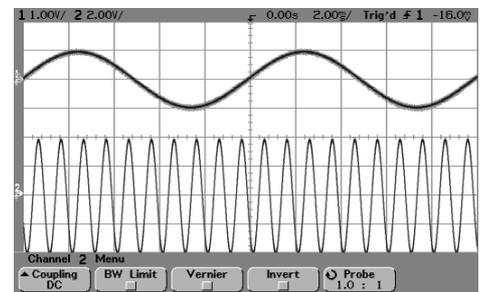


- La porteuse v_p est une onde sinusoïdale de haute fréquence F_p et d'amplitude constante. $v_p=V_{pm}\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot F_p\cdot t)$

Pour cette expérience, $V_{pm}=4\text{V}$, $F_p=1\text{kHz}$. Régler le GBF N°2 et envoyer le signal sur la voie 2 de l'oscilloscope.

Oscilloscope : voie 2 : décalage : 2 div en dessous du milieu de l'écran ; sensibilité : 2V/div.

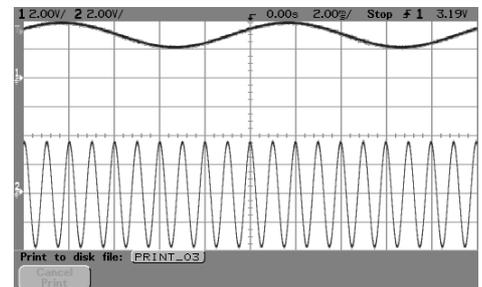
Rem : la courbe inférieure paraîtra stable si le rapport des fréquences F_p/F_s est entier. Ajuster le réglage de la fréquence F_p pour obtenir une courbe à peu près stable.



- On doit ajouter une tension de décalage U_0 au signal modulant avant de moduler la porteuse. Pour cela, la sensibilité de la voie 1 étant 2V/div, sur le GBF, sortir le bouton « DC offset » du deuxième GBF et ajouter 3V à u_s .

Tension obtenue : $v_s= u_s+U_0= U_{sm}\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot f_s\cdot t) + U_0$.

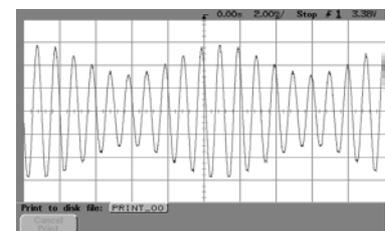
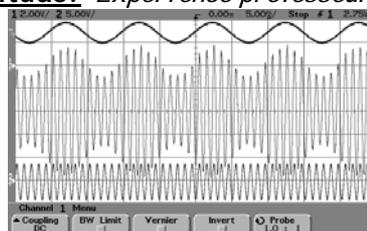
Rem : Que se passe-t-il si la voie 1 de l'oscilloscope est mise en mode « AC » ?



2 - Principe de la modulation d'amplitude. Expérience professeur

Un circuit électronique appelé multiplieur donne en sortie une tension modulée $s(t)$ proportionnelle au produit des tensions : $u=k\cdot v_s\cdot v_p$.

Il est utilisé pour la fonction mathématique multiplication des oscilloscopes à mémoire.



3 - Utilisation du multiplieur.

Ce circuit intégré doit être alimenté par une tension symétrique (+15V, 0, -15V). Commencer par effectuer les branchements correspondants et mettre sous tension. **Respecter les polarités !**

Relever la formule indiquée sur le boîtier :

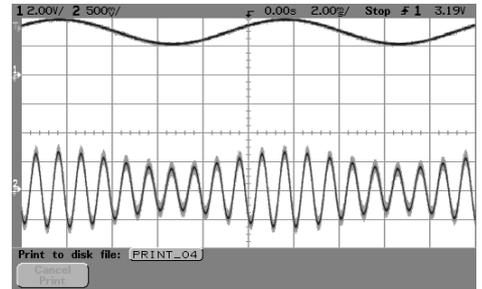
Entrées du multiplieur : le multiplieur possède deux entrées notées X et Y

Débrancher de l'oscilloscope les fils correspondant à v_s et appliquer cette tension sur X, et ceux correspondant à v_p sur Y. *Que vaut Z ? Pourquoi ?*

Sortie du multiplieur :

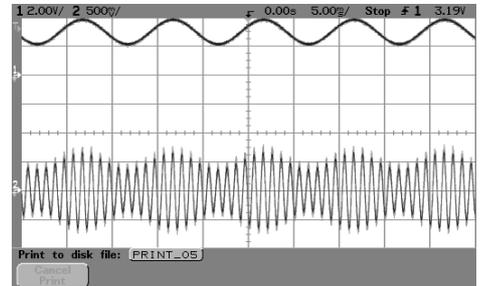
La tension de sortie u (sortie w), est appliquée sur la voie 2 de l'oscilloscope.

La tension v_s (1er GBF) est appliquée sur la voie 1 de l'oscilloscope. Déterminer sur l'écran de l'oscilloscope, la période du signal modulant, et la pseudo-période du signal modulé.



Modifier le réglage de la base de temps de façon à observer environ 5 périodes du signal modulant sur l'écran.

La tension de sortie d'un multiplieur est une tension modulée en amplitude. La tension basse fréquence module l'amplitude de la tension haute fréquence, appelée porteuse.



Ecrire l'expression de la tension de sortie en fonction des expressions des tensions d'entrée.

Une tension modulée en amplitude a pour expression générale : $u(t) = U_m(t) \cos(2\pi F_p t)$.

Exprimer l'amplitude $U_m(t)$ en fonction de u_s , et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme : $U_m(t) = a[u_s(t) + b]$

Régler les sensibilités des deux voies pour montrer que l'enveloppe de la tension modulée est proportionnelle à la tension u_s .

Pourquoi n'utilise-t-on pas la même sensibilité sur les deux voies ?

L'amplitude de la tension modulée $U_m(t)$ est une fonction affine de la tension modulante $u_s(t)$, elle s'écrit : $U_m(t) = a[u_s(t) + b]$. Elle en reproduit les variations au cours du temps.

4 - Taux de modulation

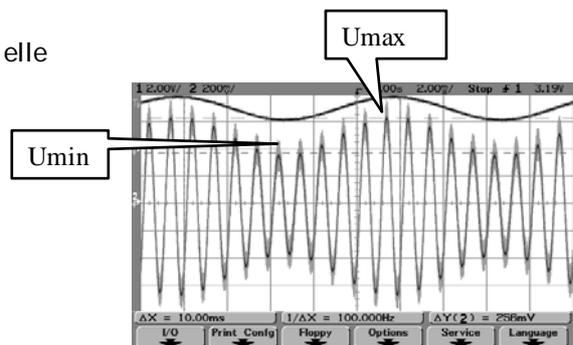
Ecrire l'expression de l'amplitude de la tension modulée et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme :

$$U_m(t) = A \times [m \cos(2\pi f_s t) + 1] \text{ ou } m = \frac{U_m}{U_0}$$

L'enveloppe de la tension modulée a la même allure que u_s , elle oscille entre $U_{\max} = a$ et $U_{\min} = b$

Trouver la relation liant m , U_{\max} et U_{\min} .

*Relever sur l'oscilloscope les valeurs de a et de b .
En déduire le taux de modulation.*

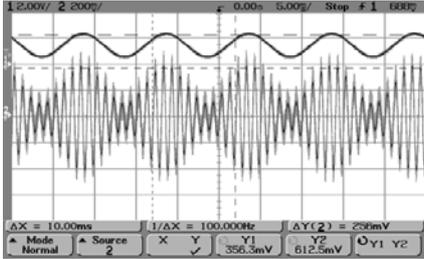


5 - Qualité de la modulation.

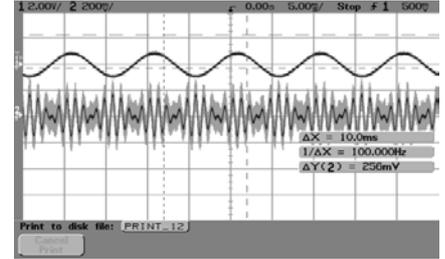
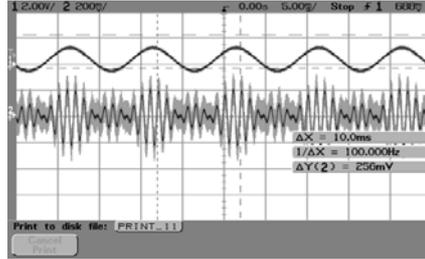
5.1 Bonne et mauvaise modulation

Diminuer la valeur de U_0 à l'aide du bouton DC offset.

L'enveloppe de la tension modulée reste-t-elle proportionnelle à la tension du signal modulant quelle que soit U_0 ?



modulation de bonne qualité



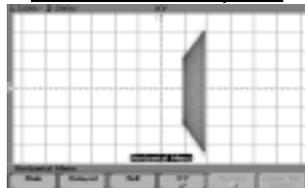
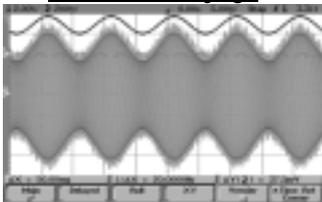
surmodulation

Pour une meilleure observation, donner la valeur 10kHz à la fréquence de la porteuse.
En mode ground, centrer les deux voies. 2V/div pour la voie 1, 200mV/div pour la voie 2.

En mode XY

En mode balayage

(méthode du trapèze)



Quelle grandeur est envoyée en abscisse ?

Quelle grandeur est envoyée en ordonnée ?

A quelles grandeurs correspondent les bases du trapèze.

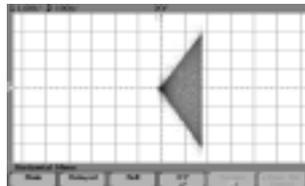
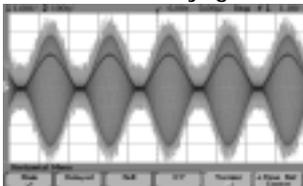
En déduire une méthode de détermination de m.

A quelle grandeur correspond la hauteur du trapèze ?

En mode balayage, réduire la tension d'offset, se placer à la limite de la surmodulation.

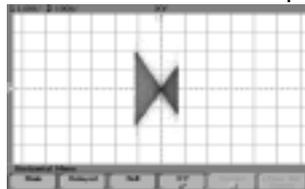
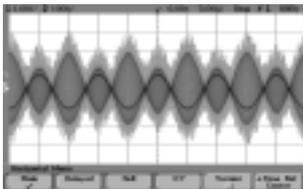
Mode balayage

mode XY



Justifier la forme obtenue.

Diminuer encore la tension d'offset et passer en surmodulation. Observer et commenter.



Modulation de mauvaise qualité

Supprimer totalement la tension d'offset ; observer et commenter.

Pour obtenir une tension modulée de bonne qualité, il faut appliquer une tension U_0 , appelée tension de décalage, supérieure à l'amplitude de la tension modulante : $U_0 > U_{sm}$

5.2 Choix des fréquences

Redonner à U_0 la valeur 3V, et donner au signal modulant la valeur 7,5kHz, et visualiser à l'oscilloscope la qualité de la modulation par la méthode du trapèze. Observations :

Pour obtenir une tension modulée de bonne qualité, il faut que la fréquence de la porteuse F_p soit largement supérieure à celle de la tension modulante f_s : $F_p > f_s$.

Donner à la fréquence de la tension modulante la valeur 100Hz, et à celle de la porteuse 100kHz, et observer dans les deux modes.

6 - Spectre en fréquence de la tension modulée *Expérience professeur.*

Revenir à la fréquence 1kHz pour la porteuse et 100Hz pour la tension modulante.

Afficher au moins 20 périodes.

Pour l'oscilloscope à disquettes :

Sélectionner « math », « FFT », « settings », « source » « voie2 », « more FFT », « window » « hanning ».

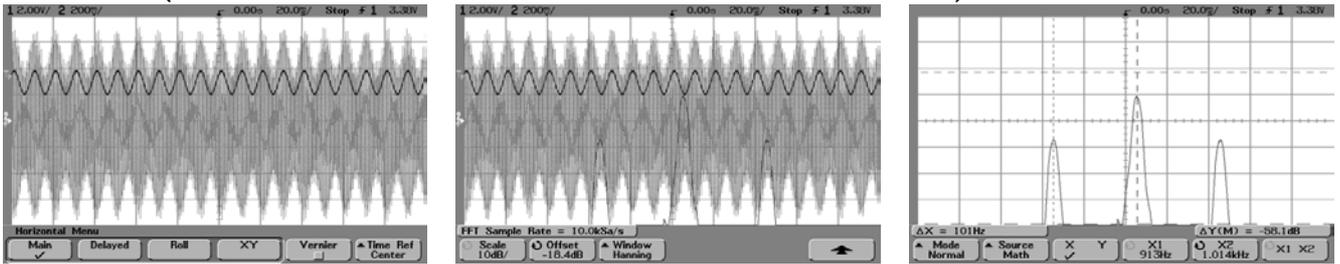
Revenir au menu précédent.

« center » : choisir la fréquence de la porteuse (ici 1 kHz) « span » : 500Hz

Pour déterminer les fréquences de « pics » :

« quick meas », faire défiler les menus et sélectionner « X at max »

« cursors » (« source » sélectionner « maths » si les voies 1 et 2 sont « on »)



Placer le premier curseur (X_1) au milieu du pic central .

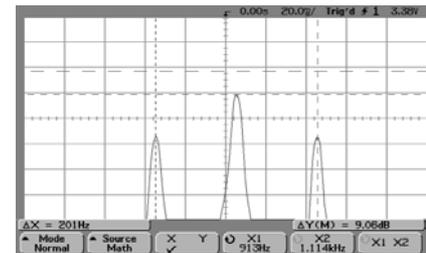
A quoi correspond la fréquence du pic central ?

Placer le deuxième curseur (X_2) au milieu d'un pic latéral.

Que vaut ΔX ?

Amener le 2^{ème} curseur sur le second pic.

Que vaut ΔX ?



En utilisant une relation mathématique du type $\cos a \cos b = \dots$ écrire $v_s(t)$ sous une somme de trois fonctions sinusoïdales.

Comparer les fréquences obtenues à celles relevées ci-dessus.

Une tension sinusoïdale de fréquence F_p , modulée en amplitude par une tension sinusoïdale de fréquence $f_s \ll F_p$, est la somme de trois fonctions sinusoïdales de fréquences $F_p - f_s$, F_p , $F_p + f_s$.