

T.P. MODULATION D'AMPLITUDE
ANALYSE DE SPECTRE
Etude pratique

1 Utilisation de l'analyseur de spectre numérique

Sur l'oscilloscope H.P., la fréquence d'échantillonnage s'affiche quand on change de calibre (unité kiloéchantillons/s au lieu de kHz). La fenêtre affichée correspond à l'intervalle $[0, f_e/2]$. Dans le menu "FFT", la valeur de $f_e/2$ est indiquée sous "Freq Span"

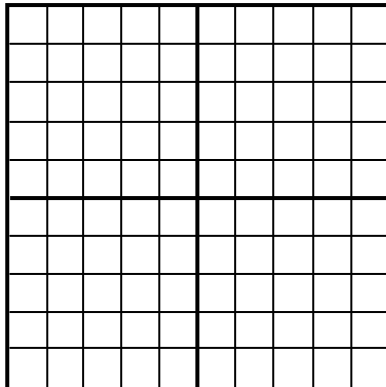
Prendre garde tout au long du T.P. à ce que le signal ne comprenne pas de fréquences supérieures à $f_e/2$, ou alors qu'elles soient d'amplitudes négligeables. Choisir f_e en conséquence

1.1 Envoyer sur la voie 1 de l'analyseur un signal *sinusoïdal* de fréquence 25 kHz.

Réglage de l'analyseur:

Passer en mode analyseur (touche \pm , menu « fonction 2 » ON).
Sélectionner Menu de « fonction 2 » puis Operand 1 et opération FFT
Choisir $f_e=500$ k Sa/s (ce qui correspond à 20 points/période) en agissant sur le bouton time/div, la valeur de f_e s'affiche pendant le réglage.
Faire disparaître le signal en mettant la voie 1 sur « off »
Entrer dans le menu FFT
Choisir: Window (fenêtre) Hanning et Autoscale pour l'échelle.

Relever l'oscillogramme du spectre :



Titre :

Observations :

sensibilité horizontale :

sensibilité voie 1 :

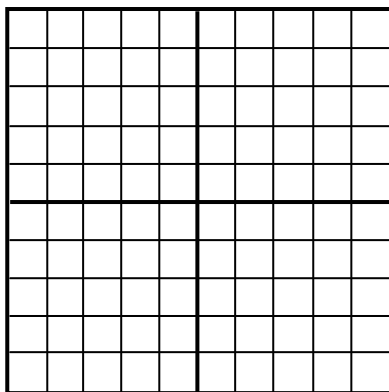
sensibilité voie 2 :

Utiliser le curseur pour faire la mesure de la fréquence des raies (il faut choisir la source F_2 dans cursor). Y-a-t-il des harmoniques ? Expliquer.

Réglage de l'analyseur:

Choisir $f_e=200$ k Sa/s (ce qui correspond à 8 points/période) en agissant sur le bouton time/div.
Entrer dans le menu FFT
Choisir: Autoscale pour l'échelle.

Relever l'oscillogramme du spectre :



Titre :

Observations :

sensibilité horizontale :

sensibilité voie 1 :

sensibilité voie 2 :

Utiliser le curseur pour faire la mesure de la fréquence des raies: (il faut choisir la source F_2 dans cursor). Y-a-t-il des harmoniques ? Expliquer.

Mesurer l'amplitude: avec le curseur horizontal mesurer la hauteur du pic; elle est donnée en « décibelVolt »= $20\log[V_{\text{eff}}(\text{en volts})]$.

Réactiver la voie 1 et mesurer la valeur efficace du signal.

La valeur obtenue pour le spectre est-elle en accord avec la valeur efficace du signal ?

1.2 Observation du repliement:

Envoyer un signal de fréquence 15kHz.

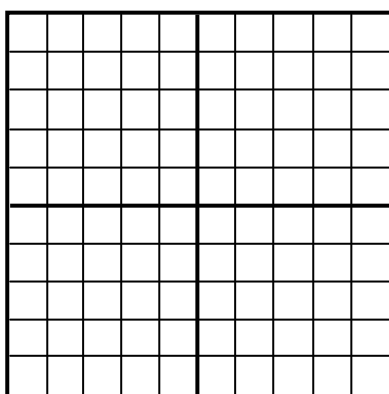
Réglage de l'analyseur:

Choisir $f_e=20 \text{ k Sa/s}$ en agissant sur le bouton time/div.
 Entrer dans le menu FFT
 Choisir: Autoscale pour l'échelle.

Expliquer pourquoi le spectre est replié :

A quelle fréquence doit-on trouver la raie repliée ?

Relever l'oscillogramme du spectre :



Titre :

Observations :

sensibilité horizontale :

sensibilité voie 1 :

sensibilité voie 2 :

Mesurer la fréquence de la raie avec le curseur. Cette valeur correspond-elle à la valeur attendue ?

1.3 Envoyer sur l'analyseur un signal créneau de fréquence 25 kHz.

Réglage de l'analyseur:

Choisir $f_e=1$ MSA/s en agissant sur le bouton time/div.
 Entrer dans le menu FFT
 Choisir: Autoscale pour l'échelle.

Que pensez-vous du choix de f_e ? Mesurer l'amplitude A du créneau.

Mesurer les fréquences des 3 premières composantes ainsi que leurs amplitudes.

Fréquence théorique	Fréquence mesurée	Amplitude efficace théorique en (V) [°]	Amplitude théorique en décibel Volts	Amplitude mesurée en décibel Volts
n=1 → f=25 kHz		$a_1 = \frac{4A}{\pi\sqrt{2}}$		
n=3 → f=75 kHz		$a_3 = \frac{a_1}{3}$		
n=5 → f=125 kHz		$a_5 = \frac{a_1}{5}$		

Cela correspond-il à ce que l'on attend ?

Dans la suite, il faut vous inspirer des précédents réglages pour observer le spectre attendu en choisissant vous-mêmes f_e .

2 Modulation d'amplitude (A.M.)

2.1 Signal modulé

On désire obtenir un signal modulé en multipliant deux signaux de fréquences différentes. Dans toute l'étude on se limitera à des signaux sinusoïdaux, puisque tout signal périodique pourra être décomposé en somme de signaux sinusoïdaux, cependant on ajoutera au signal modulant (basse fréquence) une tension continue ε .

Le signal basse fréquence (B.F.) ou signal modulant est $s_m(t) = A_m \cos(2 \pi f_m t) + \varepsilon$.

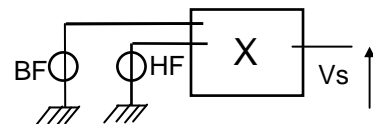
Le signal haute fréquence (H.F.) ou porteuse est $s_p(t) = A_p \cos(2 \pi f_p t)$.

Le signal modulé est $s(t) = B(1 + m \cos(2 \pi f_m t)) \cos(2 \pi f_p t)$, avec m appelé indice de modulation.

2.2 Observation du signal modulé

Ne pas oublier d'alimenter le multiplieur, et de relier les masses à l'oscilloscope ou aux générateurs.
Attention le multiplieur introduit un facteur k dans la multiplication.

Brancher aux entrées X et Y du multiplieur un signal de fréquence $f_m = 1$ kHz et un signal de fréquence $f_p = 10$ kHz. Il existe sur le multiplicateur une entrée Z qui doit être connectée à la masse.



Pour régler les valeurs de m , on détermine d'abord les rapports théoriques des trapèzes en mode XY, puis soit on modifie la tension d'offset, soit on modifie l'amplitude du signal modulant jusqu'à obtenir les trapèzes désirés.

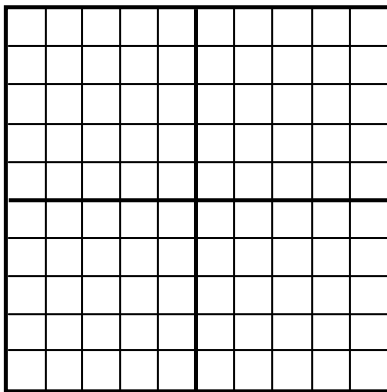
Observer l'onde modulée et la modulante en mode défilement (MAIN) et en mode XY pour plusieurs valeurs de m (environ: 0.5, 1, 2). Relever les oscillogrammes ainsi que les spectres.

Remarque :

si l'amplitude est trop forte, il peut y avoir saturation du multiplieur , et introduction d'harmoniques dans le spectre

De même si le calibre sur l'oscilloscope est trop petit, le signal « sort de l'écran » et l'oscilloscope analyse ce signal comme s'il était saturé.

m=0.5



Oscillogramme mode MAIN

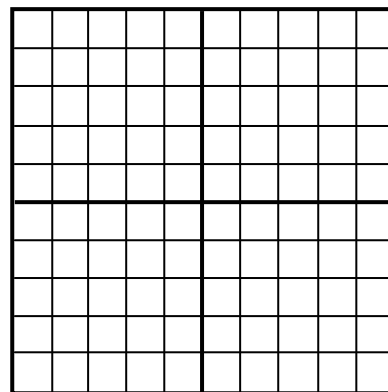
Titre :

Observations :

sensibilité horizontale :

sensibilité voie 1 :

sensibilité voie 2 :



Oscillogramme en XY

Titre :

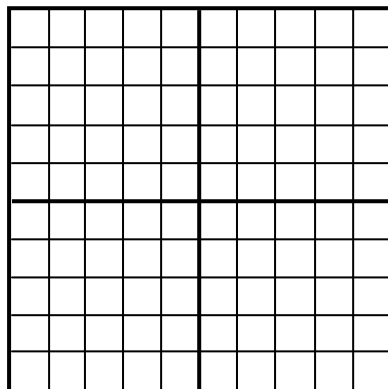
Observations :

sensibilité horizontale :

sensibilité voie 1 :

sensibilité voie 2 :

Vérifier que le signal B.F. se superpose à l'enveloppe du signal modulé. Pour cela activer le vernier sur les oscilloscopes numériques (menu de la voie 1 ou 2). Dessiner ce signal sur l'oscillogramme.



Titre :

Observations :

sensibilité horizontale :

sensibilité voie 1 :

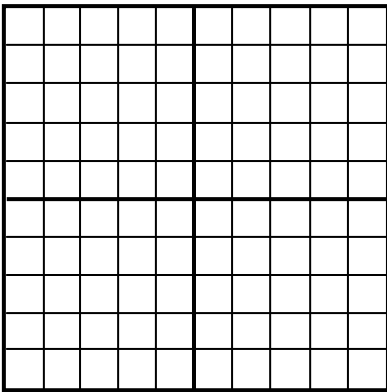
sensibilité voie 2 :

Spectre

Mesurer les fréquences des raies et les amplitudes. Pour déterminer B, on utilise le fait que l'amplitude maximale du signal modulé est (1+m)B.

Fréquence théorique	Fréquence mesurée	Amplitude efficace théorique (V)	Amplitude efficace théorique en dBVolt	Amplitude mesurée en dBVolt
		$\frac{mB}{2\sqrt{2}} =$		
		$\frac{B}{\sqrt{2}} =$		
		$\frac{mB}{2\sqrt{2}} =$		

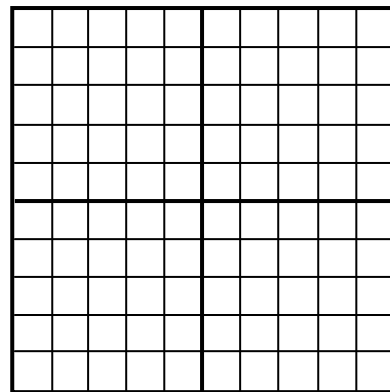
m=1



Oscillogramme mode MAIN

Titre :
Observations :

sensibilité horizontale :
sensibilité voie 1 :
sensibilité voie 2 :

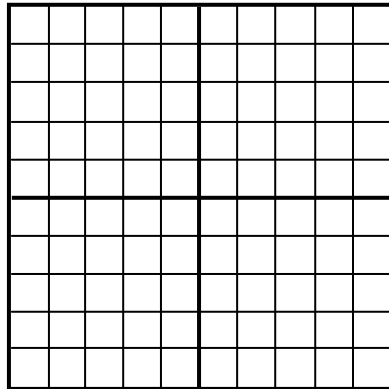


Oscillogramme en XY

Titre :
Observations :

sensibilité horizontale :
sensibilité voie 1 :
sensibilité voie 2 :

Vérifier que le signal B.F. se superpose à l'enveloppe du signal modulé. Pour cela activer le vernier sur les oscilloscopes numériques (menu de la voie 1 ou 2). Dessiner ce signal sur l'oscillogramme.



Spectre

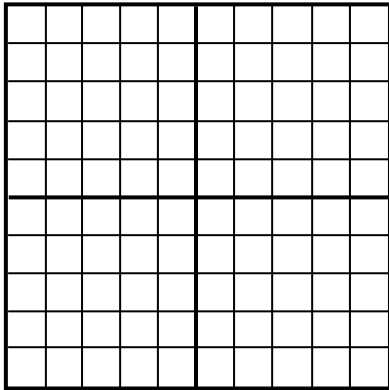
Titre :
Observations :

sensibilité horizontale :
sensibilité voie 1 :
sensibilité voie 2 :

Mesurer les fréquences des raies et les amplitudes :

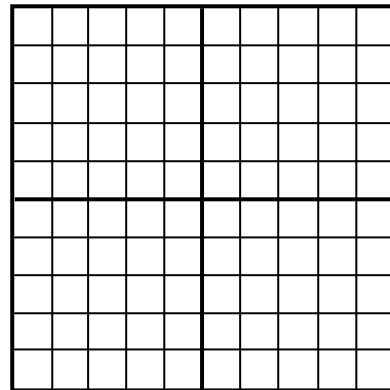
Fréquence théorique	Fréquence mesurée	Amplitude efficace théorique (V)	Amplitude efficace théorique en dBVolt	Amplitude mesurée en dBVolt
		$\frac{mB}{2\sqrt{2}} =$		
		$\frac{B}{\sqrt{2}} =$		
		$\frac{mB}{2\sqrt{2}} =$		

m=2



Oscillogramme mode MAIN

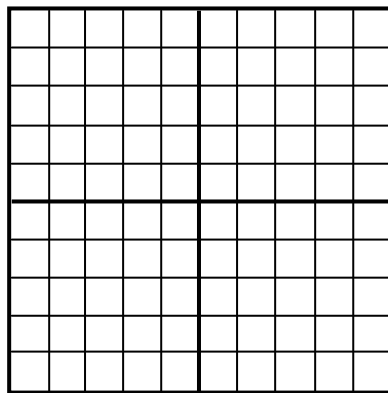
Titre :
 Observations :
 sensibilité horizontale :
 sensibilité voie 1 :
 sensibilité voie 2 :



Oscillogramme en XY

Titre :
 Observations :
 sensibilité horizontale :
 sensibilité voie 1 :
 sensibilité voie 2 :

Vérifier que le signal B.F. se superpose à l'enveloppe du signal modulé. Dessiner ce signal sur l'oscillogramme.



Spectre

Titre :
 Observations :
 sensibilité horizontale :
 sensibilité voie 1 :
 sensibilité voie 2 :

Mesurer les fréquences des raies et les amplitudes :

Fréquence théorique	Fréquence mesurée	Amplitude efficace théorique (V)	Amplitude efficace théorique en dBVolt	Amplitude mesurée en dBVolt
		$\frac{mB}{2\sqrt{2}} =$		
		$\frac{B}{\sqrt{2}} =$		
		$\frac{mB}{2\sqrt{2}} =$		