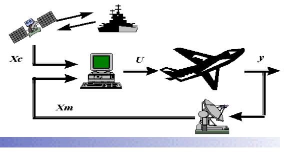


TP n°8 : obtention des spectres de signaux usuels.

But du TP : ce huitième TP de BTS SE a pour but l'étude de la manière d'obtenir le spectre d'un signal sinusoïdal et carré avec un rapport cyclique variable. On débute par une prise en main de l'oscilloscope numérique et de sa fonction FFT. Puis, on utilise cet appareil sur un signal sinusoïdal et sur un signal carré TTL. Enfin, on étudie le spectre d'un signal rectangulaire de rapport cyclique différent de ½ en citant quelques applications pratiques.

1) Prise en main de l'oscilloscope numérique et de sa fonction FFT.

On appelle $s_1(t)$ le signal sinusoïdal d'amplitude 2 V et de fréquence f1 = 10 kHz.
On appelle $s_2(t)$ le signal issu de la borne TTL du GBF de fréquence f2 = f1.
Effectuer les réglages nécessaires pour afficher sur l'écran de l'oscilloscope numérique 2 périodes complètes des signaux.

Mesures automatiques.

a) Faire apparaître sur l'oscilloscope, pour le signal sinusoïdal, la mesure :

- de sa valeur efficace
- de son amplitude *(à ne pas confondre avec l'amplitude crête à crête)*

Valider la relation existant entre ces deux mesures.

b) Faire apparaître, pour le signal TTL, la mesure :

- de son excursion crête à crête
- de sa valeur moyenne $\langle s_2 \rangle$.
- de la valeur efficace S_2.
- de la valeur efficace de sa composante alternative S_{2AC}

Donner la relation théorique entre S_2 , $\langle s_2 \rangle$et S_{2AC}.

Relevé de spectres d'amplitude des signaux $s_1(t)$ et $s_2(t)$:

On impose qu'un front montant du signal TTL coïncide avec la 2ème graduation de l'écran et ce quelle que soit la base de temps choisie. Pour ce réglage, on activera le menu horizontal.

L'oscilloscope numérise le signal, c'est-à-dire qu'il effectue un échantillonnage du signal à la fréquence fe et une quantification de ce signal.
La fréquence d'échantillonnage,normalement exprimée en Hz, représente le nombre d'échantillons pris par seconde. Le constructeur indique ici sa valeur en Sa/s ou S/s (Sample/s: échantillon par seconde).
Sachant que la prise d'échantillons se fait sur deux périodes et en rappelant la valeur de la sensibilité de l'échelle des temps, donner le nombre d'échantillons N pris sur les signaux analogiques et mémorisés dans la fenêtre d'observation.

L'obtention du spectre d'un signal est expliquée dans l'annexe.

Déterminer théoriquement la valeur de « center » et de « span » si on veut obtenir le spectre de $s_1(t)$ et de $s_2(t)$ en faisant apparaître l'harmonique de rang 10 au moins.

Imprimer le spectre de $s_1(t)$ avec ces réglages et comparer la position des raies par rapport au spectre théorique.

Noter la hauteur de la raie correspondant à f = 10 kHz : cette mesure est en dBV.
On rappelle que la valeur efficace (en Volt) des raies et la hauteur en dBV sont reliées par la relation : $H_{dBV} = 20.\log(H_V / H_{ref})$ avec $H_{ref} = 1$ V .

Donner la valeur mesurée de H_V. Comparer cette valeur avec la valeur efficace de $s_1(t)$.

Remplir le tableau ci-dessous avec les valeurs mesurées et calculer le taux de distorsion harmonique du GBF.

f	f_1=10 kHz	$2.f_1$	$3.f_1$	$4.f_1$	$5.f_1$	$6.f_1$	$7.f_1$	$8.f_1$	$9.f_1$	$10.f_1$
H_{dbV}										
H_V										

THD = ?

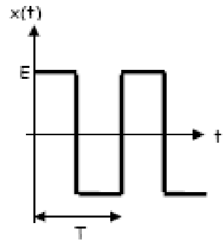
2) Spectre d'un signal TTL (rapport cyclique 1/2).

Appliquer la méthode utilisée sur le signal $s_1(t)$ pour visualiser le spectre de $s_2(t)$.
Imprimer le résultat avec les dix harmoniques sur l'écran.

Noter dans le tableau ci-dessous les valeurs efficaces des différentes raies :

f	f_2=10 kHz	$2.f_2$	$3.f_2$	$4.f_2$	$5.f_2$	$6.f_2$	$7.f_2$	$8.f_2$	$9.f_2$	$10.f_2$
H_{dbV}										
H_V										

Une étude théorique a donné pour la décomposition en série de Fourier d'un signal carré de rapport cyclique ½ :



$$x(t) = \frac{4E}{\pi}\left[\sin(\omega t) + \frac{\sin(3\omega t)}{3} + \frac{\sin(5\omega t)}{5} + \dots\right]$$

En adaptant la formule à notre cas, donner l'amplitude Cn des 10 premiers harmoniques (n=1,2,...10) , ainsi que la valeur efficace Cn qui lui correspond :

f	f_2=10 kHz	$2.f_2$	$3.f_2$	$4.f_2$	$5.f_2$	$6.f_2$	$7.f_2$	$8.f_2$	$9.f_2$	$10.f_2$
$\hat{c}n$										
Cn										

Comparer les résultats théoriques et pratiques.

3) Spectre d'un signal carré de rapport cyclique différent de ½ .

On considère un moteur à courant continu dont on veut mesurer la vitesse de rotation.
Le dispositif mis en jeu est conforme au schéma de principe de la figure 1 :

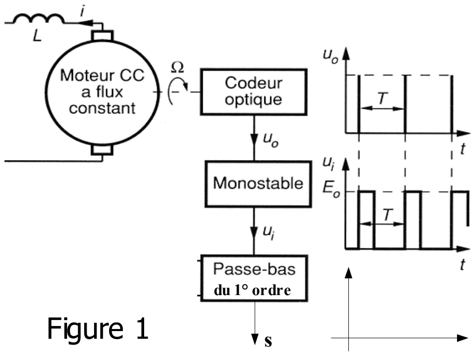


Figure 1

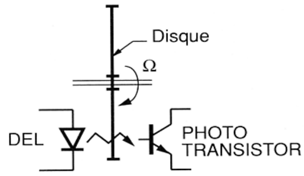


Figure 2

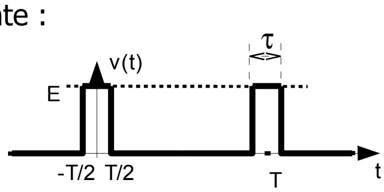
Le codeur optique est constitué d'un disque, solidaire de l'arbre du moteur, comportant **20** encoches régulièrement réparties sur sa périphérie. Ce disque, comme le montre la figure 2, coupe le flux lumineux entre une diode électroluminescente et un photo-transistor.
A chaque présence d'une encoche, le flux lumineux reçu par le phototransistor crée une impulsion en sortie du codeur optique.

La tension u(t) en sortie du capteur est donc d'une suite d'impulsions dont la période T dépend de la vitesse de rotation du moteur (notée n_V).
Sachant que la vitesse de rotation n_V du moteur peut évoluer entre 12,5 tr/s et 50 tr/s, justifier que la fréquence de u(t) va, dans ses conditions, évoluer entre 250 et 1000 Hz.

Le monostable délivre une impulsion positive de hauteur E = 10 V et de durée τ = 0,6 ms.
Le signal de sortie du monostable v(t) a donc la forme suivante :

Donner l'expression littérale de <v(t)>.

Chiffrer numériquement <v(t)>pour les deux cas extrêmes.



Pour obtenir une tension image de la vitesse du moteur, on rajoute un filtre passe-bas dont le but est d'extraire la valeur moyenne de v(t), image de T et donc de la vitesse du moteur n_v.

On désire obtenir un taux d'ondulation en sortie inférieur à 10 % et on rappelle la définition du taux d'ondulation : $\boxed{\tau_{\text{ond}} = \frac{\text{valeur efficace de l'ondulation}}{\text{valeur moyenne du signal}}}$

Le signal v(t) sera modélisé par un GBF qui délivrera un signal [0-10 V] carré tel que f = 300 Hz et de rapport cyclique $\frac{\tau}{T}$ =0,2.

étude du spectre théorique :
La décomposition en série de Fourier théorique d'un signal tel que v(t) est donnée par :

$$v(t)=E\cdot\frac{\tau}{T}+\sum_{n=1}^{n=\infty} An\cdot\cos(n\cdot\omega\cdot t) \text{ avec } An=\frac{2\cdot E}{n\cdot\pi}\cdot\sin\left(n\pi\cdot\frac{\tau}{T}\right)$$

Justifier rapidement qu'on ne retrouve que des fonctions cosinus dans la décomposition de v(t).
Calculer la valeur moyenne de v(t).

Remplir le tableau ci-dessous récapitulant les amplitudes théoriques du fondamental et des premiers harmoniques, ainsi que les valeurs efficaces des composantes :

f	f_3=300 Hz	$2.f_3$	$3.f_3$	$4.f_3$	$5.f_3$	$6.f_3$	$7.f_3$
$\widehat{cn}$							
Cn							

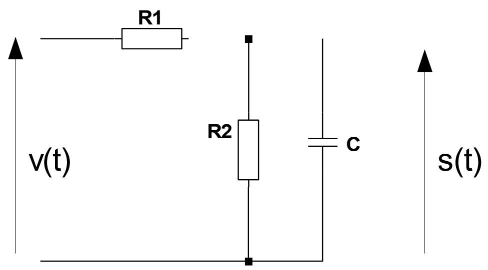
mesure du spectre de v(t) :
à l'aide de la fonction FFT de l'oscilloscope Agilent, faire apparaître le spectre du signal v(t) avec les 7 premiers harmoniques. Imprimer le spectre obtenu.
Mesurer la hauteur des différentes raies et remplir le tableau ci-dessous :

f	f_3=300 Hz	$2.f_3$	$3.f_3$	$4.f_3$	$5.f_3$	$6.f_3$	$7.f_3$
H_{dbV}							
H_V							

Comparer les dernières lignes du tableau.

étude du filtre appliqué sur v(t) :
on applique à la tension de sortie du monostable un filtre passe-bas dont le schéma est donné ci-dessous :

Valeurs des composants :
$R1 = 20\ k\Omega$
$R2 = 100\ k\Omega$
$C = 560\ nF$



A l'aide du logiciel LTSPICE, effectuer la simulation et obtenir la courbe de gain du diagramme de Bode.
En déduire le gain et l'amplification pour les fréquences intéressantes du tableau ci-dessous :

f	f_3=300 Hz	$2.f_3$	$3.f_3$	$4.f_3$	$5.f_3$	$6.f_3$	$7.f_3$
Vn							
Gain							
Amplification							
Sn							

Faire le montage et imprimer le spectre de s(t). Mesurer la hauteur des raies du spectre de s(t) et en déduire les valeurs efficaces correspondantes.

f	f_3=300 Hz	2.f_3	3.f_3	4.f_3	5.f_3	6.f_3	7.f_3
H_{dbV}							
H_V							

Comparer aux valeurs théoriques.

Faire apparaître sur l'oscilloscope la mesure automatique de :

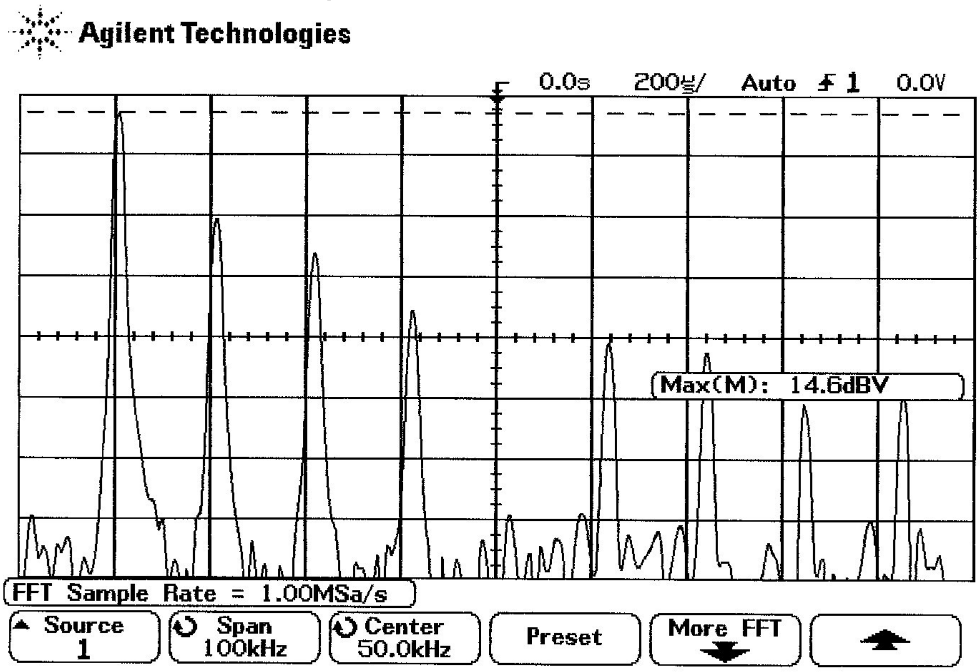
- ➔ la valeur moyenne de s(t).
- ➔ la valeur efficace de l'ondulation (la partie alternative) de s(t).

Calculer alors le taux d'ondulation : $\boxed{\tau_{ond} = \frac{\text{valeur efficace de l'ondulation}}{\text{valeur moyenne du signal}}}$ et vérifier que celui-ci est inférieur à 10%.

Annexe : utilisation de la fonction FFT avec l'oscilloscope numérique Agilent 54622A.

L'obtention du spectre d'un signal se fait par la commande : MATHS $\rightarrow$ FFT
On doit indiquer en plus, avec la commande « Settings »:

- ➔ la source à partir de laquelle on veut tracer le spectre.
- ➔ la position de la fréquence centrale (« **center** » : au milieu du tracé).
- ➔ l'étendue de la représentation spectrale (« span » : variation de fréquence pour tout l'écran, c'est-à-dire 10 carreaux).



La fréquence d'échantillonnage est réglée par le bouton qui permet de sélectionner la sensibilité de l'échelle des temps.