

TP N° 30 : ANALYSEUR DE SPECTRE

Le but de ce TP est de mettre en évidence la décomposition en série de Fourier d'un signal périodique. L'utilisation d'un filtre très sélectif permet de filtrer une composante d'un signal périodique et donc de la mettre en évidence dans le signal. C'est le principe de fonctionnement des analyseurs de spectre.

I. Filtre sélectif.

1. Etude théorique du filtre.

On considère le circuit de la figure.

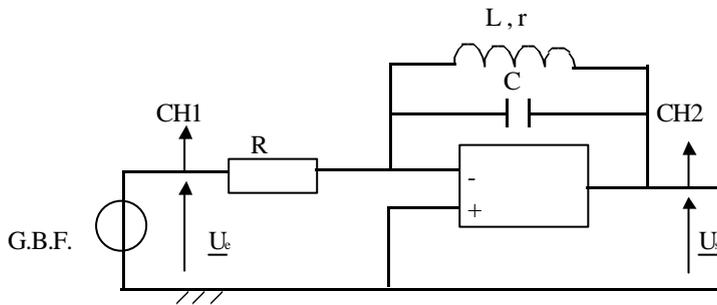
Déterminer la fonction de transfert du montage $\underline{H}(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$ en fonction des divers éléments du circuit en négligeant la résistance de

la bobine, l'A.O., supposé idéal fonctionnant en régime linéaire. On posera $\omega_1 = \frac{1}{\tau_1} = \frac{R}{L}$ et $\omega_2 = \frac{1}{\tau_2} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Tracer alors le gain en décibels en fonction de $\log \omega$ en se plaçant dans le cas où $\omega_2 < \omega_1$.

Déterminer la fréquence f_0 pour laquelle le gain passe par un « maximum ».

Expliquer pourquoi ce maximum n'est pas infini du point de vue expérimental.



2. Etude expérimentale du filtre.

Réaliser le montage de la figure avec un A.O. TL081 dont le brochage est rappelé à la fin de ce TP.

Prendre $R = 10 \text{ k}\Omega$, $L = 0,13 \text{ H}$ (bobine solénoïde de faible résistance), $C = 0,165 \mu\text{F}$ puis $C = 10 \text{ nF}$.

Les mesures sont à faire pour chaque valeur de la capacité.

Choisir un signal sinusoïdal délivré par le G.B.F. d'amplitude faible (pour ne pas atteindre la saturation de l'amplificateur, se placer pour $f = f_0$ au seuil de la saturation).

Utiliser un métrix pour mesurer $U_{s,\text{dB}}$ ($U_{s,\text{dB}} = 20 \log \frac{U_s}{U_{\text{réf}}}$ où $U_{\text{réf}} = 0,775 \text{ V}$) : déterminer ainsi la fréquence f_0 pour laquelle le signal

de sortie est maximal (cette mesure expérimentale fait foi car la valeur de L n'est pas parfaitement connue).

Déterminer les fréquences f_1 et f_2 correspondant à la bande passante ($U_{s,\text{dB}}(f_1) = U_{s,\text{dB}}(f_2) = U_{s,\text{dB}} - 3$).

En déduire le facteur de qualité du circuit $Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$.

II. Observation des composantes de Fourier d'un signal périodique à l'aide d'un filtre sélectif.

1. Principe.

Nous avons réalisé au I un filtre de facteur de qualité élevé, donc sélectif, de fréquence centrale f_0 fixe.

Il « suffit » de modifier les fréquences du signal à analyser de façon à ce qu'elles soient successivement égales à f_0 .

La décomposition en série de Fourier d'un signal $s(t)$ périodique s'écrivant :

$$s(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos(k2\pi ft) + B_k \sin(k2\pi ft)) \text{ avec } C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \text{ amplitude de l'harmonique de rang } k ;$$

pour analyser un signal périodique de fréquence f il faut d'abord fixer $f = f_0$ puis $kf = f_0$ pour chaque valeur de k : on fait donc décroître la fréquence du signal à analyser depuis une valeur supérieure à f_0 . Le filtre sélectif donnera u_s non nul pour $f = f_0$, le

fondamental, puis pour les différentes harmoniques présentes dans le signal à analyser telles que $f = \frac{f_0}{k}$.

2. Expérience.

On se propose de faire l'analyse spectrale d'un signal carré symétrique de valeur maximale U_m puis celle d'un signal triangulaire symétrique de valeur maximale U_m .

On rappelle les développements en série de Fourier de ces deux signaux :

- signal carré : $u(t) = \frac{4U_m}{\pi} (\sin(2\pi f t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi 3f t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi 5f t) + \dots)$
- signal triangulaire : $u(t) = -\frac{8U_m}{\pi^2} (\cos(2\pi f t) + \frac{1}{3^2} \cos(2\pi 3f t) + \frac{1}{5^2} \cos(2\pi 5f t) + \dots)$

On opère successivement pour les deux valeurs de la capacité, la valeur de U_m étant choisie pour ne pas atteindre la saturation de l'amplificateur (se placer pour $f = f_0$ au seuil de la saturation).

Pour le fondamental et chaque harmonique, noter la fréquence f qui donne un signal de sortie u_s non nul, en déduire l'ordre k par la relation $k = \frac{f_0}{f}$ (la valeur de f_0 étant celle déterminée expérimentalement au I.2.), mesurer l'amplitude correspondante C_k .

Rassembler les résultats ci-dessous.

a) $C = 0,165 \mu F$.

- Signal carré :

f(Hz)				
$k = f_0 / f$				
$C_k (V)$				
$1/k$				

Tracer C_k en fonction de $\frac{1}{k}$. Conclure.

b) $C = 10 nF$.

- Signal carré :

f(Hz)				
$k = f_0 / f$				
$C_k (V)$				
$1/k$				

Tracer C_k en fonction de $\frac{1}{k}$. Conclure.

- Signal triangulaire :

f(Hz)				
$k = f_0 / f$				
$C_k (V)$				
$1/k^2$				

Tracer C_k en fonction de $\frac{1}{k^2}$. Conclure.

- Signal triangulaire :

f(Hz)				
$k = f_0 / f$				
$C_k (V)$				
$1/k^2$				

Tracer C_k en fonction de $\frac{1}{k^2}$. Conclure.

Remarque : les signaux de faible amplitude sont souvent déformés (ronflement et bruit évoqués dans le cours d'électrocinétique VII. paragraphe IV.1.) : il n'est pas possible de mesurer l'amplitude de la dernière harmonique des tableaux.

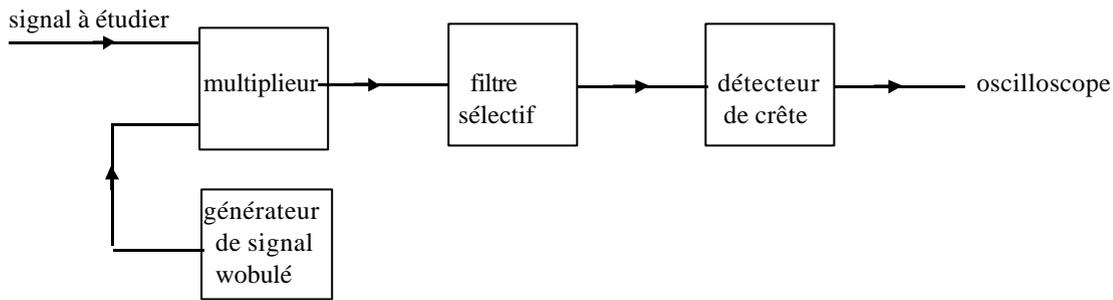
III. Principe d'un analyseur de spectre.

Le balayage en fréquence est assuré par l'intermédiaire d'un multiplicateur analogique (dit encore multiplieur), composant non linéaire à deux entrées effectuant le produit de la tension à analyser par celle délivrée par un G.B.F. wobulé (tension de fréquence variable). (Le multiplicateur analogique sera étudié au TP 31.)

Le filtre sélectif à fréquence de résonance fixe f_0 est du type de celui étudié ci-dessus.

La mesure de l'amplitude de chaque harmonique est assurée par l'intermédiaire du détecteur de crête (étudié au TP 11).

Le schéma unifilaire correspondant est le suivant :



IV. Analyse spectrale avec le logiciel Synchronie.

Cette analyse a été présentée au TP 29 : s'y référer.

Etudier le développement en série de Fourier des deux signaux précédents (signal carré et signal triangulaire), émis à une fréquence de 1200 Hz : relier la sortie du G.B.F. à l'entrée analogique A0, paramétrer dans le menu acquisition 1000 points et une durée de 5 μ s . Il faut que l'amplitude des signaux à analyser soit suffisamment importante pour détecter le maximum d'harmoniques : ne plus utiliser la sortie atténuée du G.B.F .

Procéder aux mesures suivantes (à l'aide du réticule) et imprimer la fenêtre d'analyse.

- Signal carré :

fréquence				
amplitude				

- Signal triangulaire :

fréquence				
amplitude				

Soient (f , C) la fréquence et l'amplitude du fondamental ; (f_k , C_k) la fréquence et l'amplitude de l'harmonique de rang k .
 Effectuer les calculs suivants :

- Signal carré :

f_k/f				
C_k/C				
$k_{théorique}$				

- Signal triangulaire :

f_k/f				
C_k/C				
$k_{théorique}$				
$k^2_{théorique}$				

Conclure.

Brochage de l'A.O. TL081.

