

## TP19 – Analyse spectrale

Jusqu'à maintenant, c'est le mode temporel de l'oscilloscope qui a toujours été utilisé pour mesurer les signaux étudiés. Mais il ne s'agit pas toujours de la représentation la plus pertinente d'un signal. C'est notamment le cas lorsqu'on étudie la réponse fréquentielle d'un filtre, où l'analyse du spectre du signal donne beaucoup d'informations. Les oscilloscopes numériques disposent d'un mode FFT (Doc. 2), ce qui permet de les utiliser comme analyseurs de spectre.

### Objectifs

- Gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses.
- Mettre en œuvre une méthode de mesure de fréquence ou de période.
- Choisir de façon cohérente la fréquence d'échantillonnage et la durée totale d'acquisition.
- **Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition.**
- **Étudier le filtrage linéaire d'un signal non sinusoïdal à partir d'une analyse spectrale.**

### Signaux classiques

La décomposition en série de Fourier des signaux carré et triangle de fréquence  $f_s$  est :

$$s_{\text{carré}}(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{\substack{n>0 \\ \text{impair}}} \frac{1}{n} \sin(2\pi n f_s t) \quad \text{et} \quad s_{\text{triangle}}(t) = \frac{8}{\pi^2} \sum_{\substack{n>0 \\ \text{impair}}} \frac{1}{n^2} \cos(2\pi n f_s t).$$

1. Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant d'étudier le spectre d'un signal carré (et seulement s'il reste du temps en fin de TP, d'un signal triangle) avec l'oscilloscope :
  - déterminer les fréquences des harmoniques du signal et les comparer à la fréquence du mode fondamental ;
  - étudier l'évolution de l'amplitude des harmoniques.

On comparera les résultats obtenus à la décomposition théorique du signal et on s'appuiera sur des graphiques pertinents.

### Filtrage d'un signal

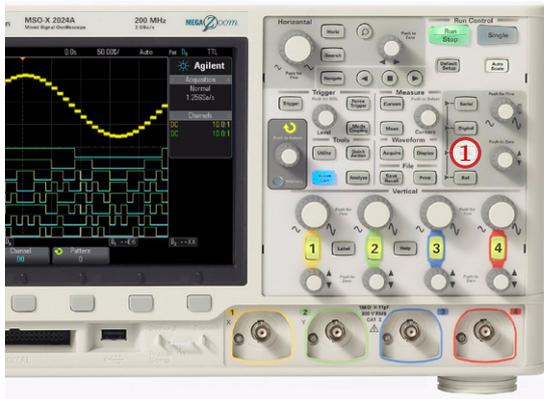
2. Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant, à l'aide d'un filtre à réaliser, d'atténuer fortement les harmoniques d'un signal triangulaire de façon à le rendre le plus sinusoïdal possible. On représentera notamment les spectres des signaux d'entrée et de sortie et on justifiera les choix réalisés. Plusieurs filtres peuvent convenir : expérimentez !

## Documents

### Document 1 – Matériel

- GBF et oscilloscope ;
- bobine  $L \approx 45 \text{ mH}$  ou  $11 \text{ mH}$  ;
- boîte à décade  $R$  et  $C$  ;
- câbles.

Document 2 – Module Math : FFT à l'oscilloscope numérique



L'oscilloscope numérique est capable de réaliser des opérations mathématiques plus ou moins complexes en temps réel sur les signaux qu'il mesure. Appuyer sur « Math » ① :

- les boutons situés sous l'écran permettent de sélectionner le type d'opération à effectuer et la ou les voies sur lesquelles l'opération est effectuée ;
- les deux boutons rotatifs situés à droite de la zone « Math » permettent de décaler et de dilater verticalement le résultat.

L'opération qui permet d'obtenir le spectre d'un signal  $s(t)$  est la **transformée de Fourier**. L'oscilloscope dispose d'un module FFT (fast Fourier transform) qui permet de s'en approcher si on travaille dans de bonnes conditions :

- le calcul porte sur le signal affiché sur l'écran : il faut veiller à ce que celui-ci remplisse bien l'écran (assez ample mais sans dépasser) en réglant la sensibilité verticale ;
- on peut montrer que la résolution du spectre obtenu s'améliore quand on augmente le temps d'acquisition : on travaillera donc avec un maximum de périodes à l'écran ;
- l'oscilloscope **numérise** un signal analogique. Il travaille donc sur un tableau de valeurs (échantillons) prises tous les  $\tau_e$ , c'est-à-dire avec une fréquence d'échantillonnage  $f_e = 1/\tau_e$ . Il faut garder suffisamment de points pour décrire correctement une période : le critère de Nyquist – Shannon indique qu'il faut au minimum deux valeurs par période, soit  $f_e \geq 2f$ . La fréquence d'échantillonnage (sampling rate) est indiquée à droite de l'écran : elle diminue quand la durée d'acquisition augmente.

**Il faut donc choisir une durée d'acquisition aussi grande que possible, tout en conservant une fréquence d'échantillonnage au moins supérieure au double de la fréquence du signal.**

En pratique :

- Appuyer su « Math », puis sélectionner l'opération « FFT ».
- Sélectionner la source (voie 1 ou 2) dont on veut obtenir le spectre.
- Réglage automatique de l'échelle verticale : « Autre FFT » puis « Config auto ».
- Pour plus de lisibilité, choisir l'unité verticale en valeur efficace (VRMS).
- En général, il ne reste plus qu'à régler la sensibilité horizontale de façon à travailler sur une durée  $\tau$  suffisante pour obtenir des raies fines et bien réparties sur l'écran.
- Pour ne visualiser que le spectre, enlevez le signal de l'écran en appuyant sur le bouton lumineux de la voie correspondante.

On peut lire la fréquence et l'amplitude d'une harmonique, avec le bouton « Cursors » :

- Source : Math ;
- X1 X2 : pour mesurer des fréquences ;
- Y1 Y2 : pour mesurer des amplitudes.