

FFT oscilloscope : Fast Fourier Transformation (TP d'initiation)

Lien avec la vidéo « Réaliser une FFT sur oscilloscope » du site

<https://cpge-reussir-tp-physique.tech/>



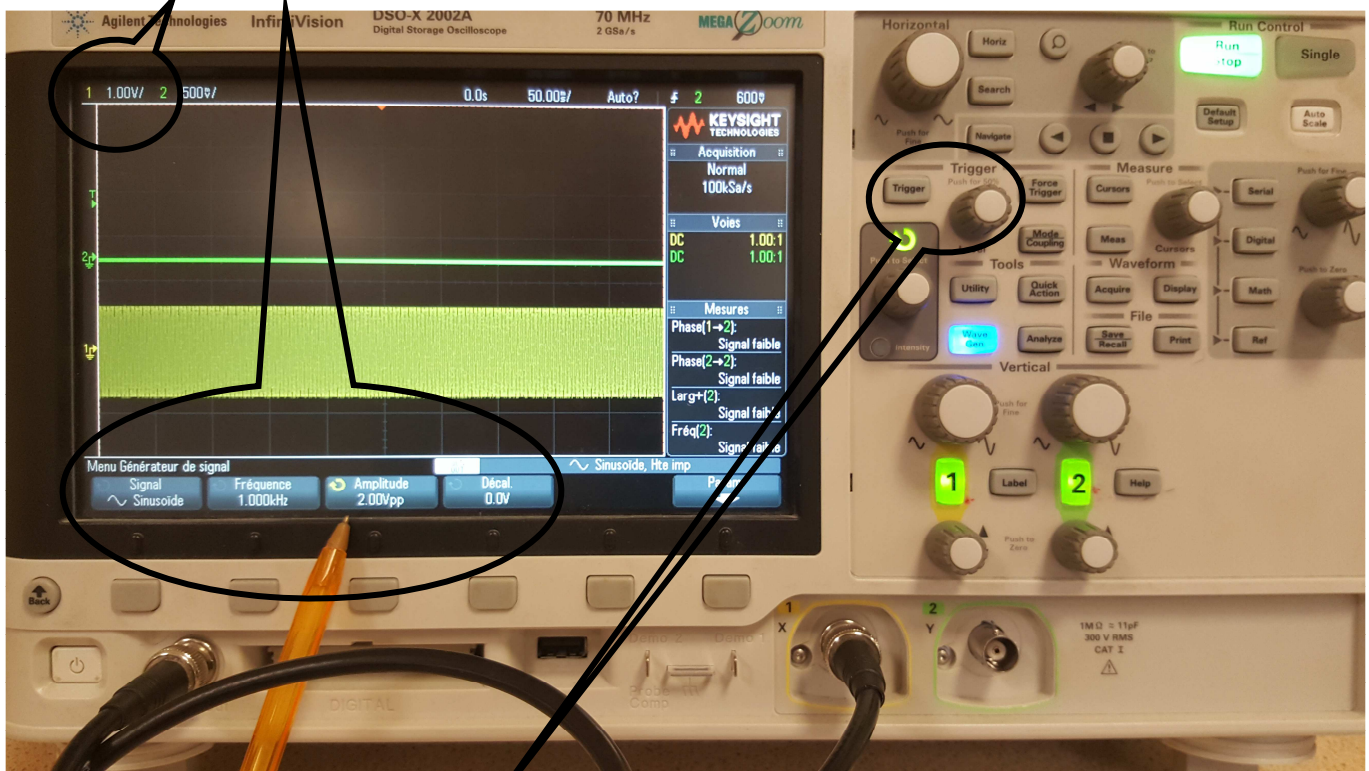
But du TP : afficher différentes figures du spectre d'une sinusoïde de fréquence f en faisant varier les réglages de la FFT de l'oscillo, avec $f = 1 \text{ kHz} = 1.000 \text{ Hz} = 10^3 \text{ Hz}$.

On garde cette fréquence constante durant la modification des réglages FFT de l'oscillo.

Cela correspond à une période de $T = 1/f = 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms}$: valeur caractéristique à connaître ici !

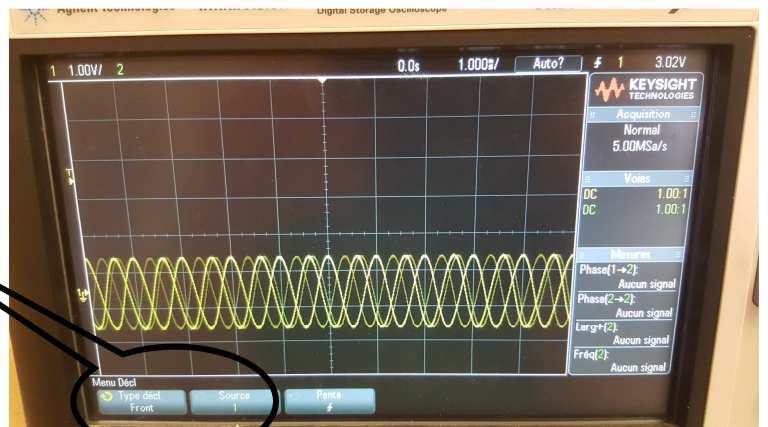
1ère étape : SYNCHRONISATION du signal → Relier un câble du GBF interne à la **voie 1** de l'oscillo.

Dans le menu du GBF interne **Wave gen** : touche bleue (lorsqu'elle est allumée !), prendre un signal d'amplitude de 1 volts environ soit 2 volts crête-à-crête (peak-to-peak PP) sans offset c'est-à-dire sans composante continue (valeur moyenne nulle) c'est-à-dire sans tension de décalage **Décal.** : réglage VERTICALE en Volts, calibre **1,00V** par carreau de la **voie 1**. → Eteindre la **voie 2**



puis SYNCHRONISER le signal : dans la sérigraphie TRIGGER, appuyer sur le bouton **Trigger** et choisir la **voie 1**.

Type de déclenchement : **Front**



et ajuster le trigger level (bouton rotatif) pour avoir une figure stable (le niveau T doit intercepter la courbe à synchroniser)

Figure 1 « correcte » :

La durée d'acquisition (largeur de l'écran) vaut $T_a = 10 T$: réglage de la base temps HORIZONTALE calibre **1ms** par carreau (affiché en haut de l'écran), une période par carreau (10 périodes à l'écran).

C'est l'aspect temporel : c'est le temps t en abscisse (t en seconde) → Monter la courbe de la **voie 1** bouton rotatif

2^{ème} étape : AFFICHAGE de la TF du signal

On cherche maintenant à afficher le spectre de Fourier et trouver un pic (une raie) de fréquence $f = 1 \text{ kHz}$ connue !

Aller dans le menu **MATH** situé dans la sérigraphie à droite de l'oscillo (0:25 sur la vidéo)

Menu sous l'écran : choisir FFT de la **voie 1**, régler la **plage** sur 10kHz (c'est la largeur de l'écran) et le **centre** sur 0 Hz. On doit obtenir un pic à 1kHz centré sur le 6^e trait de l'écran ! (3:07 sur la vidéo)

C'est l'aspect fréquentiel : c'est la fréquence f en abscisse (f en Hertz).

Bouton **autre FFT** (1:48 sur la vidéo et à 4:00) : réglage VERTICALE en mode linéaire (en **Volts RMS**)

Calibration à l'aide des 2 boutons rotatifs à droite de l'oscillo sérigraphie MATH (échelle et zéro).

Mesures possibles : voir la sérigraphie mesure (6:03 sur la vidéo). Bouton **Meas** puis source **MATH** puis **cursors** X1 mode manuel, **unités X** : Hz.

Voir aussi la dernière photo.

Figure 2 : décalage vertical du signal vers le haut de 2V environ (bouton rotatif **voie 1**)

L'oscillo calcule la FFT du signal tronqué par l'écran : ce n'est plus une sinusoïde !

On voit apparaitre dans le spectre de Fourier, d'autres pics à 2f, 3f, etc...

→ Décaler le signal vers le bas (retour à la figure 1)

Figure 3 : on augmente la durée d'acquisition à $T_a = 100.T$ càd un calibre base temps = **10 ms** par carreau.

La largeur du pic diminue : on augmente la résolution spectrale (précision) càd que la valeur $\Delta f = 3,81\text{Hz}$ en bas à droite de l'écran **Résolution FFT** diminue car le produit $T_a * \Delta f = \text{constante}$ par propriété de la transformée de Fourier TF. (2:00 sur la vidéo et à 5:13)

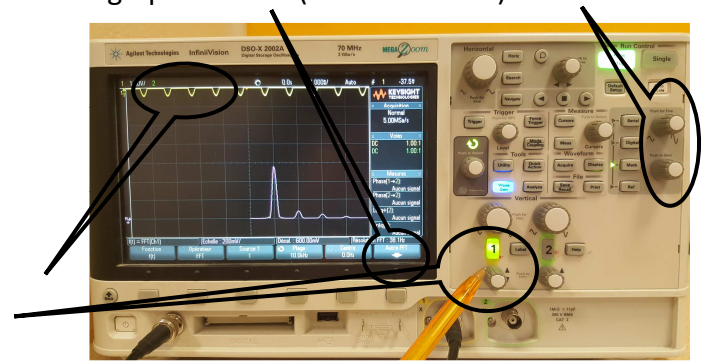
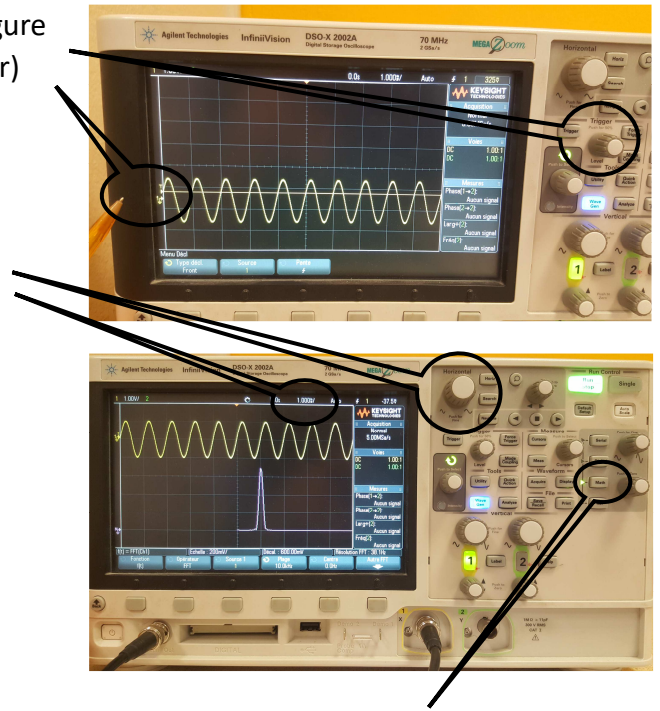


Figure 4 : on augmente encore la durée d'acquisition à $T_a = 5.000 T$ (5:30 sur la vidéo), base temps 500ms / carreau.

Apparition d'une nouvelle fréquence dans le spectre : pic à 3kHz pour $f_e = 10\text{kHz} = 10.0\text{kSa/s} = 10^3 \text{ Sample/s}$ avec Sample = échantillon. Le critère de **Shannon** n'est plus respecté : il y a repliement du spectre.

En effet, la fréquence d'échantillonnage f_e a changé, car le nombre N de points de mesures (lié la mémoire de l'oscillo) est constant : $N = T_a * f_e = T_a / T_e = \text{constante}$ car $T_a = N.T_e$ (N est le nombre d'échantillons sur l'écran). Compromis à trouver entre finesse des pics et critère de Shannon.

Figure 5 : on diminue la durée d'acquisition à $T_a = T/10$ calibre-base temps 0,01ms = 10µs par carreau.

Problème : la durée d'acquisition est inférieure à la période : $T_a = 100\mu\text{s} < T = 1\text{ms}$.

Figure 6 : échelle verticale en décibel (échelle logarithmique)

Bouton autre FFT (1 :48 sur la vidéo) : réglage VERTICALE en Décibels (V en dB) et calibration à l'aide des 2 boutons rotatifs à droite de l'oscillo sérigraphie MATH.

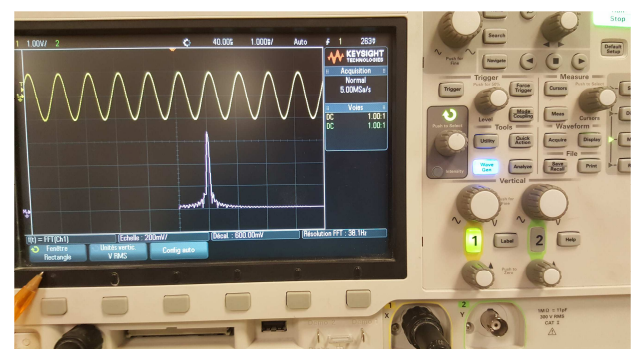
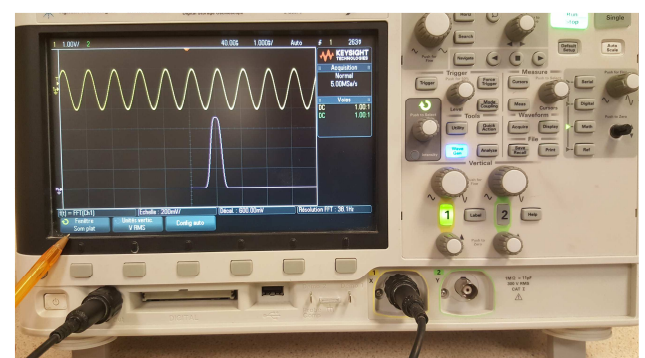
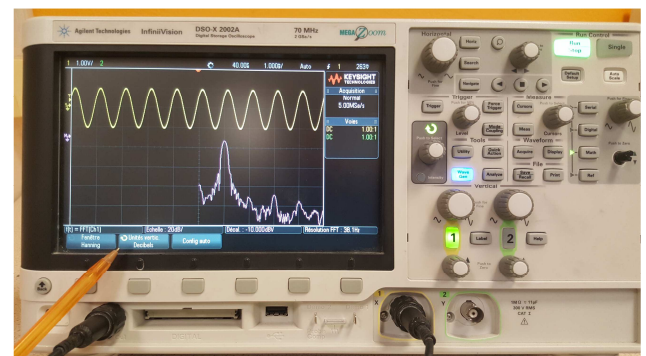
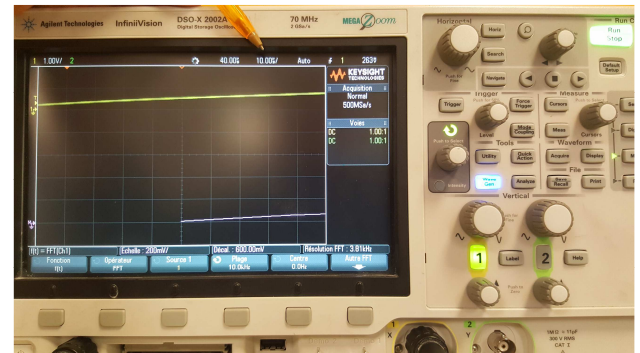
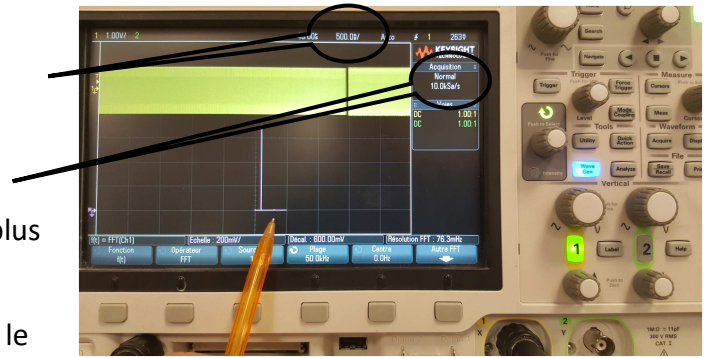
→ Revenir en volts : échelle verticale linéaire.

Figure 7 : changer la fenêtre de pondération en bas à gauche de l'écran dans le mode autre FFT (6:47 sur la vidéo)

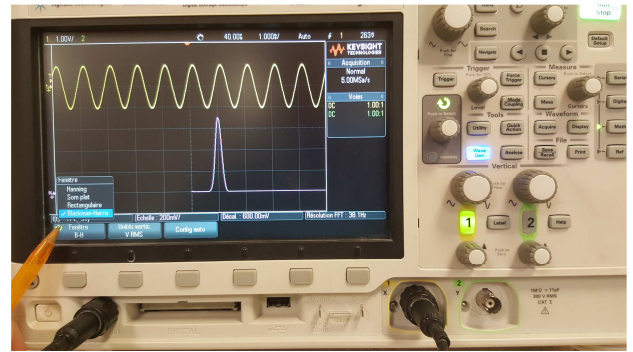
Hanning (par défaut) : grande précision (résolution) en fréquence (axe des abscisses en Hz). Voir figure 1.

Som plat : grande précision en amplitude (axe des ordonnées en Volts), mais pic moins fin (précision en fréquence plus faible). Voir ci-contre.

Rectangulaire : lien avec le sinus cardinal = TF d'une impulsion (fenêtre rectangulaire). Voir ci-contre et voir ci-dessous la TF d'une impulsion.



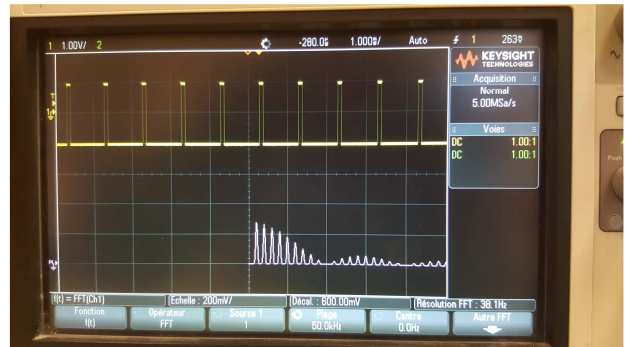
Blackman-Harris : compromis entre précision verticale (en Volts) et précision horizontale (en Hz) avec atténuation des pieds de la courbe.
 On n'a plus les maxima secondaires du sinus cardinal de la fenêtre **rectangulaire**.



Il existe d'autres fenêtres de pondération pour le calcul de la TF : Kaiser-Bessel, Hann...

Figure 8 : changer la forme du signal

Par exemple : impulsions (voir ci-contre), carré, triangle...



Pour s'entraîner : afficher la FFT d'un créneau de 10kHz d'amplitude 5 Volts (10V crête à crête)

C'est le signal utilisé pour la vidéo !



Mesures possibles : voir la sérigraphie mesure (6:03 sur la vidéo).

Bouton **Meas** puis source **MATH** puis **cursor** X1 mode manuel, **unités X** : Hz.

Remarques :

- Cet oscillo ne fait pas apparaître la valeur moyenne (offset) càd la composante continue d'un signal. Il n'y a pas de pic à la fréquence nulle ($f = 0$ Hz).
 Faire un essai en modifiant la tension de décalage **Décal.**
 (le pic à 0 Hz apparaît sur les oscillos de marque RIGOL)
- Il y a un bouton Back ↑ (retour d'écran) en bas à gauche de l'oscillo (voir la 1^{ère} photo).