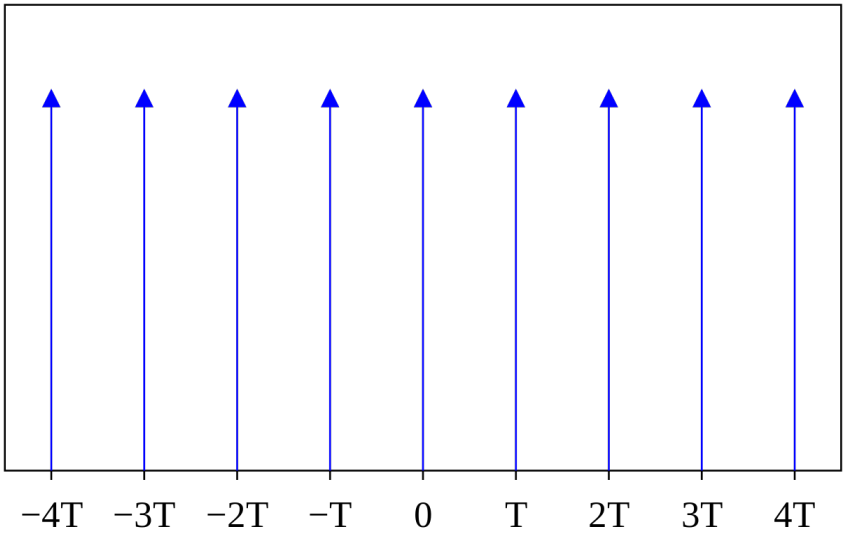
TP n°4
Effets de la numérisation d'un signal

connaissances requises	transformée de Fourier, complément de cours sur la numérisation
but du TP	Observer l'influence de la numérisation d'un signal et rechercher les limites : critère de Nyquist-Shannon
matériel	1 GBF deux sorties, 1 oscilloscope, 1 générateur peigne de Dirac avec branchement USB, une alimentation $\pm 15\,\text{V}$, 1 multiplieur AD633, boite de composants, interface FOXY, stroboscope et corde de melde
matériel prof	Stroboscope et corde de melde

Le multiplieur est celui étudié dans le TP n°2 et le filtre contenu dans le boitier a été étudié dans le TP n°1.

I) Propriétés du peigne de Dirac

Un peigne de Dirac est une succession de pics de Dirac. Les pics de Dirac sont des objets mathématiques très compliqués que l'on range dans la catégorie des distributions. Imaginons un signal gaussien limité dans le temps et tel que l'aire sous la courbe vaut 1. Si on fait tendre la largeur du signal vers 0, le pic devient de plus en plus étroit et la hauteur croît. Un pic de Dirac correspond au cas limite d'une largeur nulle.



En pratique, cela n'est pas réalisable. Un pic de Dirac en TP sera donc un signal de durée très brève. Pour générer ce peigne de Dirac, on utilise un boîtier, alimenté en 5 V par le port USB de l'ordinateur. La fréquence $f_e = \dfrac{1}{T_e}$ d'apparition des pics peut être réglée entre 1 Hz et 250 Hz environ. La largeur des pics peut également être réglée.

Le peigne de Dirac joue pour les signaux électriques le même rôle que le stroboscope pour l'observation de mouvements comme dans le cas de la corde de Melde ou de projecteur dans les (vieux) cinémas.

C'est à vous !

- Configurer l'interfaces pour prendre un nombre de points de 15000 sur une durée d'acquisition de 100 ms.
- Régler la largeur des pics à la valeur la plus faible possible mesurable par l'interface Foxy (que vaut-elle ?).
- Régler la fréquence f_e vers 200 Hz.
- Enregistrer la mesure à l'aide du logiciel Atelier Scientifique et tracer la transformée de Fourier du signal à l'aide du logiciel Régressi. Que remarque-t-on ?

☞ Dans la suite du TP on garde les mêmes réglages pour le peigne de Dirac dont on connaît la fréquence f_e.

II) Principe de la numérisation

Pour réaliser la numérisation d'un signal, on réalise le produit de ce signal par un peigne de Dirac. On injecte donc en entrée du multiplieur d'une part la tension correspondante au peigne de Dirac et d'autre part une tension sinusoïdale $y(t)$ d'amplitude du même ordre de grandeur que celle du peigne et de fréquence f_s de l'ordre de 10 Hz.

⚠ Le multiplieur doit être alimenté en $\pm 15\,\mathrm{V}$ avant d'injecter un signal sous peine de détériorations

C'est à vous !

- Enregistrer, à l'aide de l'interface Foxy, le signal sinusoïdal en entrée $y(t)$ ainsi que le signal de sortie $w(t)$ en prenant 16000 points de mesure sur une durée de 200 ms.
- À l'aide de Régressi, tracer le spectre des deux signaux. Conclusion ?
- Reprendre la même étude pour une fréquence du signal $y(t)$ de l'ordre de $\dfrac{f_e}{2}$ puis de f_e.
- Faire de même avec un signal carré.

Conclusion : Si on désigne par f_{max} la valeur la plus élevée des fréquences présentes dans le spectre et f_e la fréquence d'échantillonage, on observe que le spectre du signal d'entrée ne se recouvre pas sur lui même si :

$$\boxed{\quad <\quad}$$

Il s'agit du **critère de Shannon** pour l'échantillonage d'un signal.