

Ce TP se concentre sur :

1. L'effet de l'échantillonnage sur un signal analogique.
2. L'importance de la fréquence d'échantillonnage (condition de Nyquist-Shannon).
3. La conception et l'analyse d'un filtre numérique passe-bas du premier ordre.

Expérience 1 : effet de l'échantillonnage sur la représentation temporelle

Va : **sinusoïde (valeur moyenne nulle) amplitude 5 V, fréquence 1 kHz** .

- Visualiser le signal sur l'oscilloscope et l'envoyer sur la voie EA0 de Latis Pro

Cocher « ajouter les courbes »

Choisir « déclenchement sur voie EA0 ».Source EA0

Le signal est visualisé à la fois sur un oscilloscope (référence analogique) et acquis par Latis Pro (numérique) via la voie EA0.

- Faire la succession des acquisitions (mode non permanent) pour chaque cas ci-dessous. Touche F10. À droite, la liste des différentes courbes apparaît. À tout moment, on peut cliquer et sélectionner une courbe, la retirer ou la rajouter.

Paramètres de l'acquisition :

- Durée d'acquisition fixe : 0,1 s.
- Fréquences d'échantillonnage variables : plusieurs cas seront étudiés.

PUIS dilater l'échelle de t pour visualiser correctement les signaux. Pour cela, à l'aide de la souris, effectuez des mouvements vers la droite, sur l'axe des temps.

Acquisition	Nb points	Période T_e en μs	Fréquence f_e en kHz
1	10 000	10	100
2	1 000	100	10
3	400	250	4
4	200	470	2.1
5	200	530	1.9
6	200	550	1.8

Commenter l'allure des courbes obtenues (théorème de Shannon-Nyquist plus ou moins bien respecté, phénomène d'aliasing ...).

Expérience 2 : analyse spectrale du signal échantillonné .

V_a : carré , amplitude 5 V, fréquence 2 kHz.

- Fréquences harmoniques présentes : uniquement les harmoniques impaires $3f_0, 5f_0, \dots$
- L'amplitude des harmoniques diminue plus lentement que pour le triangle ($1/n$).

On veut déterminer quelles sont les fréquences des harmoniques du signal analogique V_a.

Remarque : pour faire les calculs de l'analyse de Fourier, LatisPro rééchantillonne le signal pour avoir un nombre de points égal à une puissance de 2, donc prendre un nb de points = puissance de 2 $2^{13} = 8192$

Bien respecter les nombres ci-dessous pour étudier l'échantillonnage du signal et non l'échantillonnage dû à la FFT !

Faire les acquisitions ci-dessous, une par une, et ouvrir une 2ème fenêtre pour visualiser le spectre du signal échantillonné.

Traitements/calculs spécifiques/analyse de Fourier/ Avancé : résultat 0-f_e : on n'aura que les fréquences comprises entre 0 et la fréquence d'échantillonnage f_e

Acquisition	Nb points	Période T _e en μ s	Fréquence f _e en kHz
1	8190	10	100
2	8150	20	50
3	8175	40	25
4	8180	100	10
5	8150	200	5
6	8167	300	3.3

Pour chaque acquisition décrire ou représenter le spectre observé, interpréter.

Clic droit sur « réticule » pour afficher les valeurs de l'amplitude et de la fréquence de chaque raie du spectre.

Noter en particulier les effets de l'échantillonnage sur la représentation fréquentielle du signal et que respecter le théorème de Nyquist est crucial pour éviter l'aliasing et garantir une représentation fidèle du spectre du signal.

Expérience 3 : filtrage numérique d'un signal

étude théorique

On désire réaliser un filtre passe-bas du premier ordre.

En analogique, le circuit passe-bas du premier ordre le plus simple est :

La forme canonique de la fonction de transfert complexe en régime sinusoïdal est

On prendra $H_0 = 1$ dans toute la suite.

L'équation différentielle entre l'entrée $E(t)$ et la sortie $S(t)$, en introduisant la constante de temps τ du filtre est :

Filtre passe-bas numérique (méthode Euler)

Soit $E(t)$ le signal délivré par le GBF, $S(t)$ le signal filtré, on posera $S[0]=0$

Soit T_e la période d'échantillonnage du signal $E(t)$.

$E[n]$ et $S[n]$ sont les valeurs respectives de $E(t)$ et $S(t)$ à l'instant d'échantillonnage $t_n = n T_e$

Si la période d'échantillonnage est petite une approximation d'ordre 1 de la dérivée dS/dt à l'instant t_n est :

$$dS/dt \approx \frac{S[n] - S[n-1]}{T_e}$$

- $S[n]$ est la valeur de la sortie à l'instant t_n ,
- $S[n-1]$ est la valeur de la sortie à l'instant t_{n-1} ,
- T_e est la période d'échantillonnage.

En déduire l'expression de $S[n]$ en fonction de $S[n-1]$, T_e , τ et $E[n-1]$. (Reporter l'expression ci-dessus dans l'équation différentielle).

Réalisation du filtre numérique dans LatisPro

On veut un gain statique $H_0 = 1,0$ et une fréquence de coupure $f_c = 1,0$ kHz.

- Envoyer le signal du GBF sur EA0, renommer E la courbe (clic droit : « propriétés de la courbe »)
 - Nb points : 20 000 période $T_e = 2 \mu s$ ($f_e = ?$)
 - Lancer l'acquisition
 - Paramétrage du calculateur « Traitement/feuille de calcul »
 - Te=2e-6
 - fe=1/Te
 - fc=.....
 - tau=
 - S=table(0) ""
 - S[n]=....
 - « Calcul/exécuter »
 - Faire tracer S dans la même fenêtre que E
- Commenter l'allure obtenue pour S(t) (on pourra faire varier la fréquence du signal E(t))

sortie CNA

dans « paramètres d'émission » : « sortie active »
cliquer sur « courbe » et choisir « S »
Le signal filtré est en sortie SA1.
Visualiser S(t) sur l'oscilloscope.