

TP SIGNAUX ET SYSTEMES

TP 3 : Echantillonnage de signaux

Objectifs du TP :

- Utilisation d'un échantillonneur simple et d'un échantillonneur-bloqueur
- Visualisation des signaux dans les domaines temporel et fréquentiel
- Etude du filtre anti-repliement

Ce TP s'effectue sur une séance de 4 heures. Un compte rendu sera à remettre par binôme. Tout retard sur la remise du compte rendu sera sanctionné par une pénalité de 1 point par jour de retard.

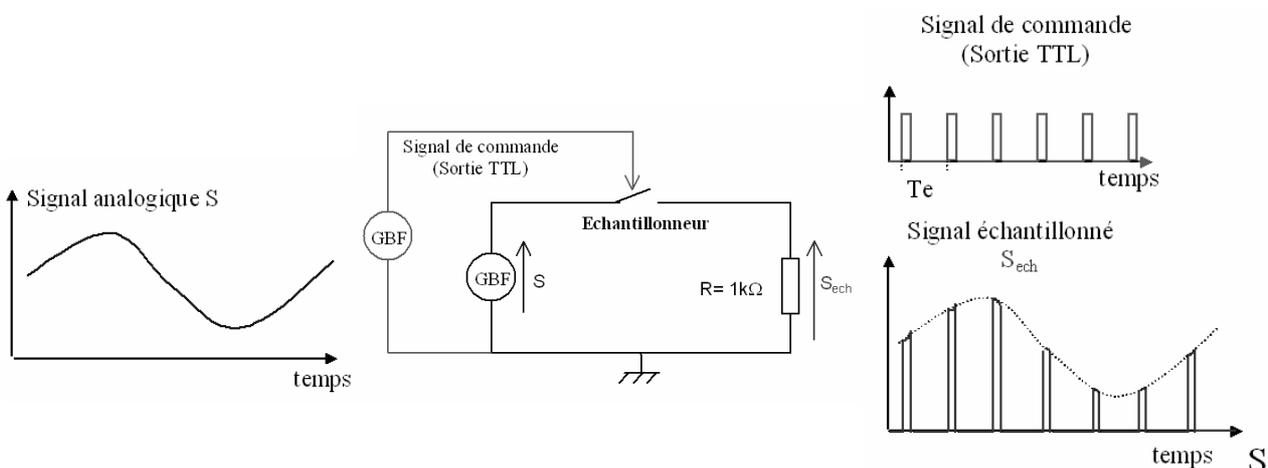
Actuellement, les chaînes de transmission comportent de plus en plus de signaux numériques : Réseau Téléphonique, DAB (Digital Audio Broadcasting, etc...), ... Au début de la chaîne de transmission, se trouve un signal analogique (par exemple, la voix). Il est donc nécessaire de traduire le signal analogique en un signal numérique.

Les convertisseurs analogique-numérique (CAN) sont des dispositifs qui permettent de convertir un signal analogique, fonction du temps, en données numériques. Le temps (T_c) nécessaire à cette opération de conversion rend impossible la conversion du signal analogique à tous les instants. On prélève alors la valeur du signal analogique à instants réguliers espacés au moins d'un temps $T_e > T_c$. Cette opération est appelée **échantillonnage du signal analogique** et est réalisée par un échantillonneur.

Par ailleurs, il est nécessaire pour obtenir une conversion correcte que la grandeur analogique ne varie pas pendant la durée de la conversion, pour cela on choisit, après la phase d'échantillonnage de mémoriser (ou de bloquer) cette valeur pendant toute la durée de conversion, on aboutit ainsi à un dispositif dit échantillonneur-bloqueur.

L'échantillonneur : Rôle et Schéma de principe

Un échantillonneur a pour rôle de prélever régulièrement et pendant un très court instant l'allure du signal analogique à traiter. Un échantillonneur peut être schématisé par un simple commutateur commandé électroniquement. L'échantillonnage d'un signal analogique peut être vu comme le résultat de la multiplication de ce signal par un "train" d'impulsion. Soit :



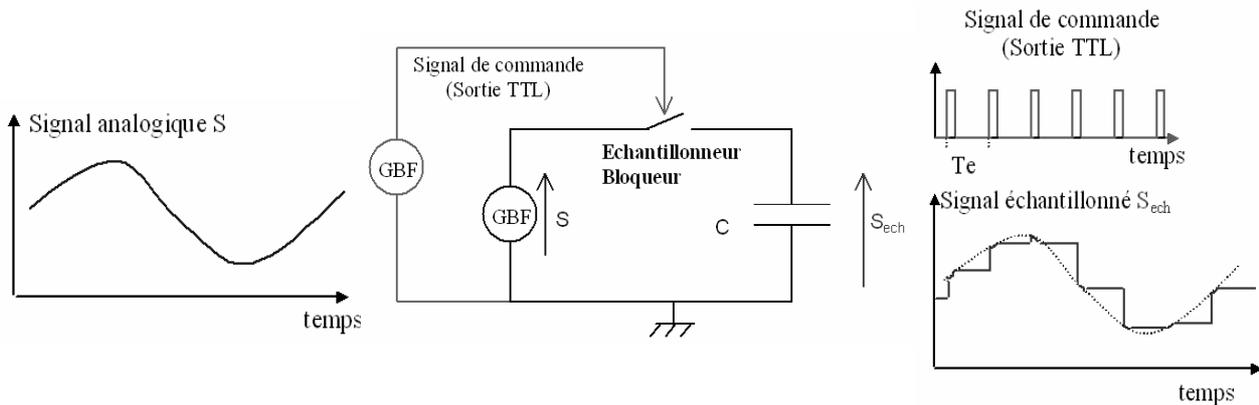
Schématisation d'un échantillonneur

L'échantillonneur-bloqueur

L'utilisation d'un échantillonneur seul n'est pas suffisante car le convertisseur analogique numérique doit pouvoir disposer de la valeur à convertir durant toute la durée de conversion. On rajoute pour cela un circuit de mémorisation, l'ensemble formant ainsi l'échantillonneur-bloqueur.

Rôle et Schéma de principe

Un échantillonneur-bloqueur a pour rôle de prélever et de fixer régulièrement et pendant un court intervalle ΔT_e la valeur du signal analogique à traiter. Un échantillonneur peut être schématisé par un simple commutateur commandé électroniquement suivi d'une capacité.



Manipulations

I. Echantillonnage simple

A l'aide du circuit échantillonneur simple, réaliser l'échantillonnage d'un signal $e(t)$ sinusoïdal de fréquence 100 Hz, d'amplitude $2V_{pp}$.

On utilisera le générateur Agilent pour générer ce signal. On précise que l'impédance d'entrée de l'échantillonneur est élevée.

De plus pour un fonctionnement correct, l'échantillonneur doit être chargé par quelques k Ω .

Le signal de commande de l'échantillonneur est un signal de type TTL généré par le générateur Centrad. On prendra la fréquence du signal de commande égale à 1 kHz.

1. Effectuer l'échantillonnage pour différentes valeurs du rapport cyclique α du signal de commande : $\alpha = 10/90$ (10%) ; 50-50 (50%) et 90-10 (90%).

Observer le signal obtenu à l'aide de l'oscilloscope.

Quelle valeur de α donne un résultat proche de l'échantillonneur parfait ?

2. Pour la valeur de α trouvée précédemment, observer le spectre.

Que pensez-vous de l'amplitude des raies ?

Faire varier la valeur de α et observer le spectre. Commenter.

3. Pour la valeur de α optimale, diminuer la fréquence du signal de commande.

- Quelle est l'incidence sur le spectre du signal échantillonné ?
- Quelle doit être la valeur limite de la fréquence du signal de commande ?
- Relever cette valeur et retrouver le théorème de Shannon.

II. Echantillonnage et blocage d'un signal

A l'aide du circuit échantillonneur-bloqueur, réaliser l'échantillonnage d'un signal $e(t)$ sinusoïdal de fréquence 40 Hz, d'amplitude 5Vpp.

La fréquence d'échantillonnage est de 400 Hz.

Observer le signal à l'oscilloscope.

Faire varier la valeur du rapport cyclique α .

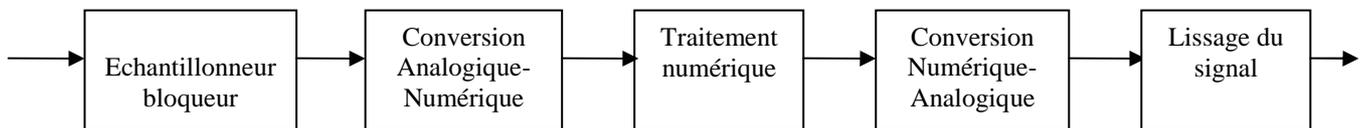
Quelle valeur de α vous paraît-elle la plus appropriée sachant que le CAN met un certain temps à convertir la valeur en binaire ?

Noter l'influence de la fréquence d'échantillonnage sur le spectre du signal.

III. Lissage du signal

On s'intéresse à présent à la restitution du signal après traitement.

Voici la structure typique d'une chaîne d'acquisition/traitement/restitution.



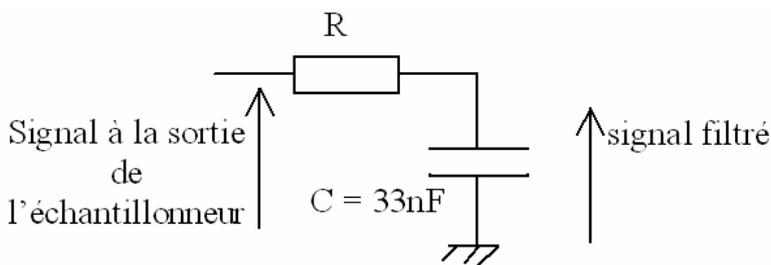
En sortie d'un convertisseur numérique-analogique, le signal est « en marche d'escalier », comme après un échantillonneur-bloqueur. Il faut alors supprimer ces marches d'escalier.

Le signal d'entrée est sinusoïdal de fréquence 40 Hz, d'amplitude 5Vpp.

La fréquence d'échantillonnage sera choisie à 400 Hz.

Pour retrouver une sinusoïde parfaite, que faut-il enlever dans le spectre du signal de sortie ?

Pour ce faire, déterminer R afin de réaliser un filtre passe-bas de fréquence de coupure 70 Hz à partir d'un condensateur de 33 nF. Le placer après la sortie de l'échantillonneur-bloqueur.



Voit-on toujours les marches ?

Voit-on toujours les raies dues à l'échantillonnage ?

Si oui, que faut-il faire pour les atténuer encore ?

Essayez avec une fréquence d'entrée de 20Hz puis 10Hz. Expliquez ce que vous constatez.

On considère à présent un signal triangulaire d'amplitude 3V de fréquence 40 Hz.

Effectuez la même démarche que précédemment.

Peut-on obtenir un résultat de lissage satisfaisant ? Pourquoi ?

IV. Filtre anti-repliement

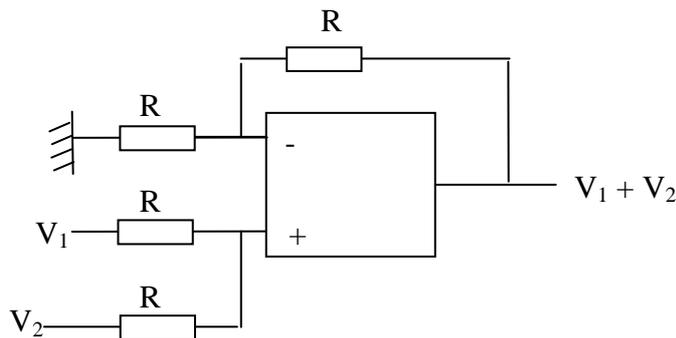
1. Lancer un morceau de musique sur le PC.

Observer le signal sur l'oscilloscope et l'analyseur de spectre.

Quelles sont les fréquences présentes dans le signal ?

2. A l'aide d'un montage additionneur, additionner ce son avec un signal sinusoïdal d'amplitude $1V_{pp}$, de fréquence 42 kHz. On utilisera le générateur Agilent avec le réglage High Z Load.

Observer le spectre du signal à la sortie de l'additionneur.



Montage additionneur R = 1 kΩ

3. Réaliser l'échantillonnage de ce signal avec un échantillonneur-bloqueur à la fréquence 44.1 kHz (fréquence d'échantillonnage utilisée pour les CD musicaux).

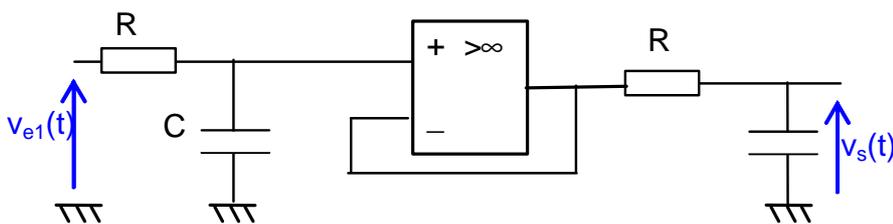
Observer le spectre et commenter.

Que pensez-vous du signal audio résultant ?

4. Pour éviter le phénomène précédent, on réalise le filtrage du signal avant l'échantillonnage.

Ce filtre est appelé filtre anti-repliement car il évite le repliement de spectre.

Pour cela, on utilise le filtre du second ordre suivant :



La fréquence de coupure est $f_c = 1/(2\pi RC)$.

Sachant que $C = 2,2nF$, déterminer R.