

TP n°5 : Échantillonnage d'un signal analogique

But : Se confronter à des problématiques en relation avec l'échantillonnage d'un signal analogique et l'analyse spectrale numérique. On rappelle qu'échantillonner consiste à prélever la valeur du signal analogique $u_a(t)$ à numériser pendant un temps τ faible, périodiquement toutes les T_e secondes. On définit la fréquence d'échantillonnage par $F_e = \frac{1}{T_e}$. Nous illustrerons tout d'abord le principe de l'échantillonnage à l'aide d'un simple **multiplieur** avant d'étudier un circuit électronique échantillonneur très utilisé dans l'industrie : le LF 398 appelé **échantillonneur bloqueur**.

1 Échantillonneur par multiplication

1.1 Montage

La théorie indique que le signal échantillonné $u_{éch}(t)$ est obtenu par la multiplication du signal analogique $u_a(t)$ par un signal échantillonneur $w(t)$, de période T_e et d'amplitude unité :

$$u_{éch}(t) = u_a(t) \times w(t)$$

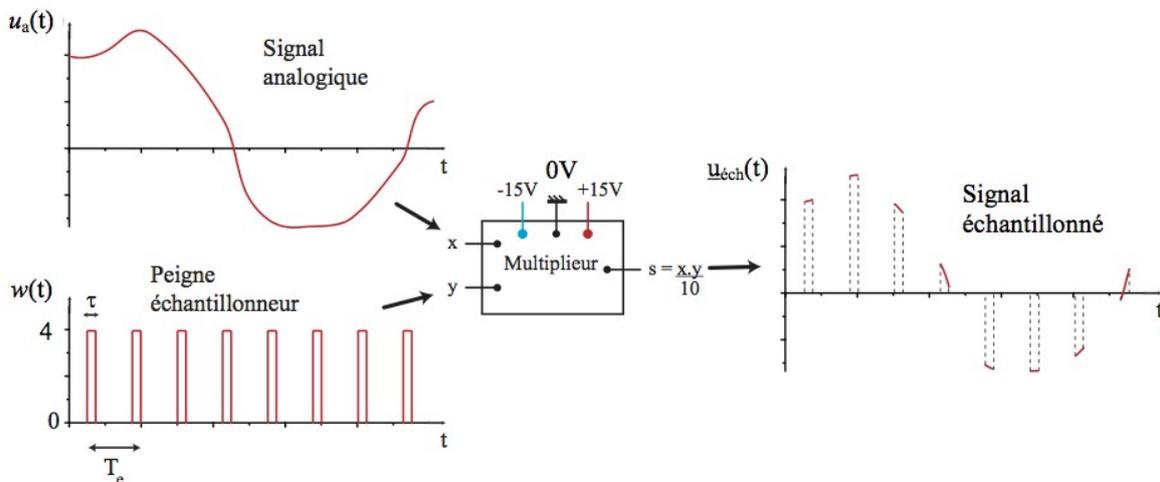


Figure 1

- On considère un signal analogique $u_a(t)$ sinusoïdal de fréquence $f_0 = 1,0$ kHz et d'amplitude 4,0 V émis par un premier GBF₁. Régler ce GBF.
- La tension $w(t)$ est donnée par un second GBF = GBF₂. Il délivre une tension en forme de "peigne" comprise entre 0V et 4V et de fréquence $F_e = 10$ kHz, représentée sur la Figure 1 (on choisit cela au lieu de 0V et 1V afin que le signal de sortie soit mieux visible sur l'écran). Le rapport cyclique est : $\rho = \tau/T_e$. Régler GBF₂ et le rapport cyclique à 10 % (valeur minimale qu'on peut obtenir avec ces GBF).
- Pour obtenir le signal échantillonné $u_{éch}(t)$ on utilise un circuit électronique **multiplieur**¹ dont le schéma de branchement est donné sur la Figure 1 : il faut d'abord relier

1. Les multiplieurs dont nous disposons en TP ont un gain $k = 1/10$. Si x et y sont les deux tensions appliquées entre chacune des deux entrées et la masse, la tension de sortie (entre la borne de sortie et la masse) vaut $u_s = k \times x \times y$.

le multiplieur à son alimentation dédiée $\pm 15V$ et sa "masse" à la sortie 0V de cette alimentation.

—> Appel professeur pour vérifier les réglages

- Brancher les GBF en dernier, la masse de ceux-ci étant reliée au 0V de l'alimentation des multiplieurs (c'est la masse commune du montage).

1.2 Observations

- Observer le signal échantillonné $u_{\text{éch}}(t)$ à l'oscilloscope.
- Envoyer ce signal sur la voie EA0 de la carte d'acquisition de l'ordinateur et le visualiser grâce au logiciel **Synchronie**. On réglera les paramètres d'acquisition de Synchronie : nombre de points N d'acquisition et fréquence d'échantillonnage $F_e(\text{Synch})$ de sorte à bien visualiser $u_{\text{éch}}(t)$ et à ne pas être gêné par l'échantillonnage que fait Synchronie². On doit avoir $F_e \ll F_e(\text{Synch})$.
- Visualiser le spectre de $u_{\text{éch}}(t)$ et mesurer les fréquence des différentes "raies". Conclure.

2 Échantillonneur bloqueur

Si le signal obtenu est effectivement échantillonné, celui-ci ne reste pas constant pendant un temps suffisamment long. Or, les circuits électroniques chargés de la quantification du signal (placés après l'échantillonneur) nécessitent de travailler avec des tensions pratiquement constantes durant chaque intervalle T_e afin de leur attribuer une valeur numérique stable. En pratique, on utilise donc un **échantillonneur-bloqueur**.

2.1 Montage

Le composant électronique est un LF398 : il doit être impérativement relié à une alimentation $\pm 15V$ avant toute connexion au GBF. La masse du montage est toujours la sortie 0V de cette alimentation.

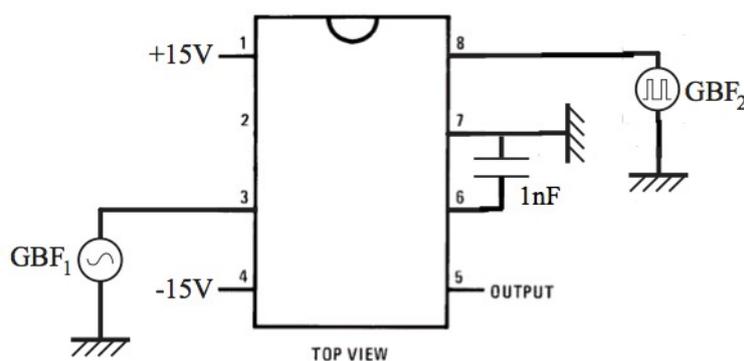


Figure 2

- Réaliser le montage de la Figure 2 sur une plaquette de connexion.
- Les deux GBF sont les mêmes qu'avant : mêmes réglages et mêmes fréquences $f_0 = 1,0$ kHz et $F_e = 10$ kHz. Faire vérifier le montage avant de connecter les générateurs.

2. On réalisera que le signal affiché par synchronie résulte de l'échantillonnage de $u_{\text{éch}}(t)$. C'est pour ne pas être gêné par cet échantillonnage supplémentaire, en particulier dans la visualisation du spectre de $u_{\text{éch}}(t)$ qu'on doit régler N et $F_e(\text{Synch})$ de façons judicieuses.

- Le signal échantillonné $u_{\text{éch}}(t)$ est la tension entre la sortie 5 (OUTPUT) du LF 398 et la masse commune du montage. Envoyer ce signal sur la voie $EA0$ de la carte d'acquisition, afin de le visualiser avec Synchronie.
- C'est le condensateur $C = 1,0 \text{ nF}$ qui "bloque" la valeur de $u_{\text{éch}}(t)$ durant chaque période T_e .

2.2 Observations

Dans la suite on pose $F_{\text{Nyquist}} = F_e/2$ (fréquence de Nyquist).

- Analyse pour $f_0 < F_{\text{Nyquist}}$. Réaliser l'échantillonnage d'une sinusoïde de fréquence $f_0 = 1,0 \text{ kHz}$ avec $f_e = 10 \text{ kHz}$. Représenter le signal temporel et son spectre en amplitude. Mesurer les fréquences des différentes "raies" du spectre et conclure.
- Même question pour $f_0 = F_{\text{Nyquist}}$ puis pour $f_0 > F_{\text{Nyquist}}$.

2.3 Mise en évidence auditive du repliement du spectre

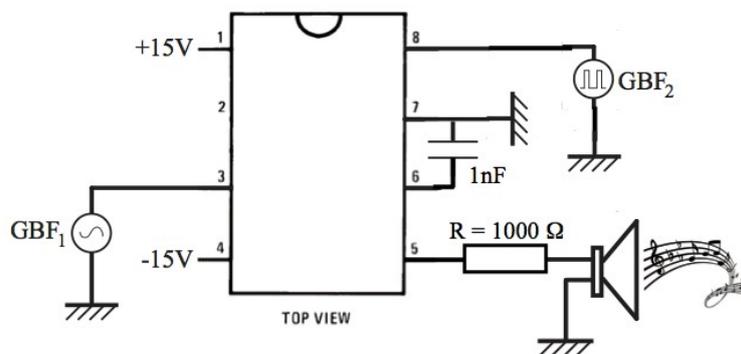


Figure 3

Brancher un haut-parleur en série avec une résistance $R = 1000 \Omega$ à la sortie 5 (OUTPUT) de l'échantillonneur réglé avec $F_e = 44,1 \text{ kHz}$; réaliser l'échantillonnage d'une sinusoïde dont on fera varier la fréquence f_0 de 100 Hz à $44,1 \text{ kHz}$. Expliquer le signal perçu en sortie du haut-parleur.