

## TP 12 de Physique : Conversion analogique-numérique

### Capacités exigibles :

- Connaître et savoir utiliser la relation entre la résolution (nombre de bits) et le quantum d'un convertisseur analogique numérique (CAN)
- Savoir choisir un convertisseur analogique numérique (CAN) (résolution, pleine échelle, temps de conversion)
- *Mettre en œuvre un convertisseur analogique numérique (CAN) et relever la caractéristique de transfert, la pleine échelle, le temps de conversion et la fréquence d'échantillonnage*

### Capacités expérimentales :

- Réaliser une acquisition d'un signal grâce à LATISPRO
- Réaliser une conversion analogique-numérique

Dans le TP 11, nous avons étudié l'échantillonnage d'un signal analogique  $s(t)$ . En sortie de l'échantillonneur bloqueur, le signal est alors nommé  $s_{e+b}(t)$ . Dans ce TP, on s'intéresse à la suite du processus permettant de numériser une tension : la quantification / le codage.

### A faire à la maison sur copie double : préparer l'ensemble de l'appel 0

#### I. Conversion analogique-numérique (CAN) pour des fichiers sonores :

##### A. Dans la vie quotidienne :



Visualiser la vidéo suivante :  
« Quantifier et coder les échantillons provenant d'un signal analogique »



1. Citer le nom d'un support, stockant un signal sonore analogique.

Vous trouverez ci-dessous les caractéristiques des convertisseurs analogique-numérique (CAN) utilisés pour coder différents signaux de la « vie quotidienne » :

	Son via un téléphone	Fichier sonore « .flac »	Son stocké sur un CD	Son stocké sur un blu-ray	Son diffusé en HDTV
Fréquence d'échantillonnage	$f_e = 8 \text{ kHz}$	$f_e = 192 \text{ kHz}$	$f_e = 44,1 \text{ kHz}$	$f_e = 96 \text{ kHz}$	$f_e = 32 \text{ kHz}$
Résolution $n$ du CAN	12 bits	24 bits	12 bits	24 bits	16 bits

2. Parmi les exemples proposés dans le tableau, quel signal numérique est le « plus proche » du signal analogique d'origine ?
3. Un signal codé avec un CAN ayant la plus grande fréquence d'échantillonnage et la plus grande résolution  $n$  est-il de « meilleure qualité » que ce même signal mais analogique ?
4. Citer deux avantages de la numérisation d'un signal.

### B. Influence de la résolution :

Télécharger les deux fichiers sonores nommés « TP22\_piano\_44kHz\_16bits.wav » et « TP22\_piano\_44kHz\_8bits.wav ». Écouter tout d'abord le fichier sonore codé sur  $n = 16 \text{ bits}$  puis sur  $n = 8 \text{ bits}$ .

5. Quel phénomène apparaît davantage, en plus du signal sonore (les notes de piano), lorsque la résolution  $n$  est faible ?

**APPEL 0 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

### II. Numérisation réalisée par la carte SYSAM-SP5 :

#### A. Pas de quantification, indiqué par le constructeur :

*A l'aide de la formule présente en bas de la page 12 du chapitre 06 :*

6. Dans la fiche technique de la carte d'acquisition SYSAM-SP5 (disponible sur le site), rechercher la valeur de la tension pleine échelle (notée  $\Delta U$  et dont l'unité est le Volt) et la résolution (notée  $n$  et dont l'unité est le bit) du CAN présent dans cette carte d'acquisition.
7. Calculer la valeur de référence (celle du constructeur) du pas de quantification en  $mV$ , noté  $q_{réf}$ .

**APPEL 1 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

#### B. Pas de quantification expérimental :

Régler le GBF HAMEG afin de créer un signal analogique triangulaire alternatif  $s(t)$ , de fréquence  $f = 100 \text{ Hz}$ , d'amplitude  $1,5 \text{ V}$ . **La LED « OUTPUT ON » du GBF doit être éteinte.**

Puis, connecter la carte d'acquisition SYSAM-SP5 afin de réaliser l'acquisition du signal  $s(t)$  sur la voie EA0.

Ouvrir le logiciel nommé LATISPRO. Sélectionner la voie EA0, en mode acquisition temporelle, mettre  $N = 256\,000 \text{ points}$  et la période d'échantillonnage sur  $T_e = 100 \text{ ns}$ .

**APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

Lancer l'acquisition du signal : la carte échantillonne le signal analogique et le quantifie. Le code binaire est envoyé via le câble USB. Afin de l'afficher pour l'utilisateur, le logiciel LATISPRO réalise une conversion numérique-analogique. Sur l'écran, vous visualiser le signal numérique  $s_{num}(t)$ .

Double-cliquer sur le nom de l'axe des ordonnées EA0 afin d'adapter l'échelle du graphe. Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA0, puis Propriétés et choisir comme style « croix » (seulement !) en noir.

A l'aide de l'outil LOUPE, zoomer plusieurs fois sur une zone de la courbe obtenu afin de visualiser des échantillons répartis sur deux valeurs quantifiées.

*On pourra appeler l'enseignant pour vérifier le zoom réalisé.*

8. A l'aide de l'outil Réticule (et de la fonction Nouvelle Origine), réaliser le mesurage du pas de quantification (en  $mV$ ), noté  $q_{exp}$ .
9. Vérifier, à l'aide d'un calcul, la compatibilité des deux valeurs du pas de quantification.

### **APPEL 3 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

#### C. Période d'échantillonnage :

On rappelle que la période d'échantillonnage est ici  $T_e = 100 \text{ ns}$  (valeur de référence saisie dans LATISPRO).

10. A l'aide de l'outil Réticule (et de la fonction Nouvelle Origine), réaliser la mesure de la période d'échantillonnage  $T_e$ , en nanosecondes (sans souci d'incertitude).
11. Vérifier, sans aucun calcul, la compatibilité des deux valeurs de la période d'échantillonnage.
12. A l'aide de la profondeur de mémoire et de  $T_e = 100 \text{ ns}$ , déterminer la valeur de la durée totale de l'acquisition de ce numériseur, notée  $\Delta t$ , en milliseconde.
13. La valeur calculée de  $\Delta t$  correspond-elle à celle observée sur le graphe ? Si ce n'est pas le cas, appeler l'enseignant.

Lors de cette numérisation, le signal analogique a été sur-échantillonné. Réaliser une nouvelle acquisition, en changeant entre autres, la valeur de  $T_e$ , afin de numériser correctement le signal analogique sans le sur-échantillonner. *On pourra faire plusieurs tests avant de réaliser l'appel.*

### **APPEL 4 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

#### III. Étude du convertisseur analogique-numérique Pierron (maquette MT 4721) :

##### A. Pas de quantification, indiqué par le constructeur :

La maquette contient un convertisseur analogique-numérique. Le constructeur indique que la tension pleine échelle est  $\Delta U = 5,0 \text{ V}$ . Chaque DEL, numérotée de D0 à D7, permet de visualiser l'état logique d'un bit.

14. Calculer la valeur de référence (celle du constructeur) du pas de quantification en  $mV$ , noté  $q_{réf}$ .

##### B. Pas de quantification expérimental :

Le CAN est un système actif : il doit être alimenté avec des tensions  $+15 \text{ V} / 0\text{V} / -15 \text{ V}$  qui sont fournies par l'alimentation AL 890N. Réaliser le branchement de cette **alimentation uniquement** sur la maquette.

Allumer ensuite l'alimentation SEFRAM 6330 et mettre au minimum les boutons « Current » et « Voltage » de la partie gauche.

**APPEL 5 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

Ouvrir l'annexe 01 afin de vous aider dans la suite de la réalisation du système. Une fois le système réalisé, appeler l'enseignant. Imprimer l'annexe 02.

**APPEL 6 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

Réaliser les deux premières mesures présentes sur l'annexe 02 devant l'enseignant. On veillera à manipuler avec précautions l'alimentation SEFRAM 6330.

15. Compléter l'ensemble de l'annexe 02, en réalisant l'ensemble des mesures.

On souhaite tracer la courbe représentant  $M_{(10)}$  en fonction de la valeur mesurée du signal échantillonné  $s_{éch}$ . Nous allons utiliser le logiciel Regressi pour obtenir cette courbe. Ouvrir Regressi, puis aller dans le menu Fichier et sélectionner Nouveau / Clavier. Saisir dans la fenêtre qui s'ouvre, les informations suivantes :

- Première ligne : symbole « Sech » qui a pour unité « V »
- Deuxième ligne : symbole « M » sans unité.

Cliquer sur « Ok ». Un tableur avec deux colonnes et une ligne apparaît : saisir ligne par ligne, l'ensemble de vos mesures.

Aller dans l'onglet « Graphe » et vérifier que les points de  $M_{(10)}$  en fonction de la valeur mesurée du signal échantillonné  $s_{éch}$  sont tracés. Cliquer sur l'icône « Coord » qui vous permet de paramétrer correctement votre graphe (il ne faut que des croix noires non reliées).

Cliquer ensuite sur « Modèle » et saisir dans le champ libre, la formule suivante :

$$M = \text{Sech}/q$$

Cliquer enfin sur « Ajuster ».

Regressi vous permet ainsi d'accéder à la valeur expérimentale du pas de quantification  $q_{exp}$ .

16. Noter sur votre copie la valeur expérimentale du pas de quantification  $q_{exp}$  (sans prendre en compte l'incertitude indiquée par Regressi).

17. Sans calculer de z-score ou d'écart normalisé, conclure sur la compatibilité de la valeur de référence et de la valeur expérimentale du pas de quantification.

**APPEL 7 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

C. Pour aller plus loin :

18. Évaluer les incertitudes-types (de type B) pour chaque valeur mesurée de  $s_{éch}$ .

Les saisir sur Regressi (Onglet Tableur puis Incertitudes). Réajuster le calcul du modèle sur Regressi.

19. Conclure sur la compatibilité de la valeur de référence et de la valeur expérimentale du pas de quantification, en calculant un z-score.

20. La conversion de la valeur échantillonnée est-elle instantanée avec ce système ?

**APPEL 8 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**