

- Compétences exigibles :**
- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique
 - Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal

1 Signaux analogique et numérique

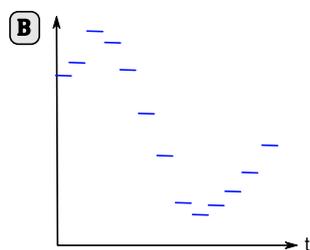
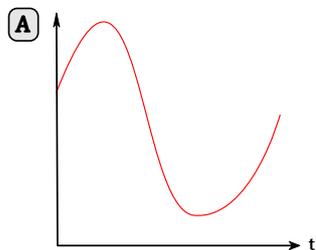
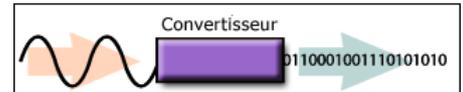
Un signal **analogique** est un ensemble **continu** d'informations.

Un signal **numérique** est un ensemble **discret** (c'est-à-dire discontinu) d'informations.

Pour transformer un signal analogique en signal numérique, c'est-à-dire pour le numériser, il faut **discrétiser** les informations. Les informations sont ensuite traduites en binaire, c'est-à-dire en ensemble de 0 ou de 1.

La numérisation est faite par un **convertisseur analogique-numérique (CAN)** :

1. Classifier les signaux décrits ou représentés ci-dessous en « analogique » ou « numériques » :



C Evolution de la température au cours d'une journée

D Affichage toutes les heures des températures

E Film diffusé en streaming sur internet

F Son émis par un haut-parleur relié à un lecteur CD (via un amplificateur)

G Film enregistré par un magnéscope sur cassette VHS

La numérisation est d'autant meilleure que le signal numérique se rapproche du signal analogique initial.

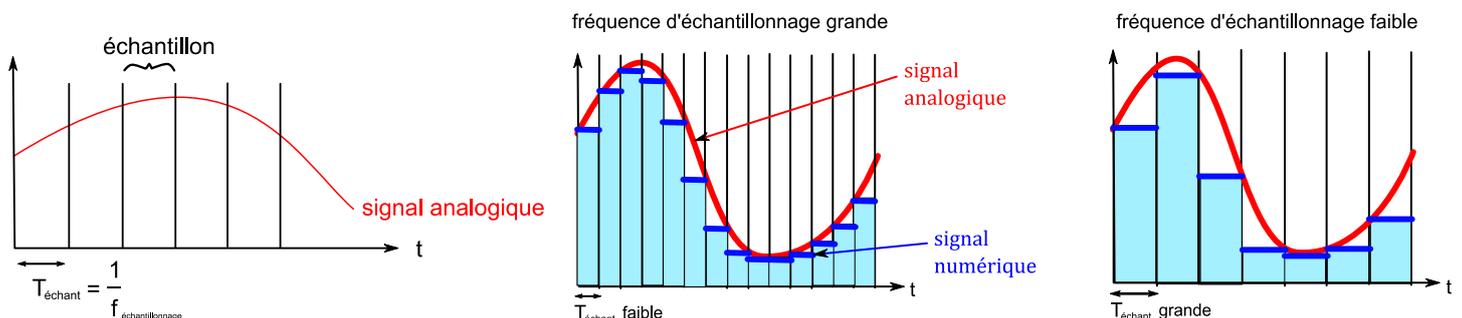
Pour cela, plusieurs paramètres importent, en particulier la **fréquence d'échantillonnage** et la **quantification**.

2 La fréquence d'échantillonnage

1. Définitions

Pour numériser un signal, il faut le découper en **échantillons** (« samples » en anglais) de durée égale T_e .

La **fréquence d'échantillonnage** (en Hz) correspond au nombre d'échantillons par seconde. On a $F_e = 1/T_e$.



Plus la fréquence d'échantillonnage sera grande, plus la période d'échantillonnage sera petite, plus le nombre d'échantillons sera important. Ainsi, plus le signal numérique sera proche du signal analogique et donc meilleure sera la numérisation.

2. Influence de la fréquence d'échantillonnage sur la numérisation d'un signal

Le GBF délivre un signal électrique analogique. On souhaite observer ce signal électrique sur un ordinateur. Il va donc falloir le numériser en passant par une carte d'acquisition, c'est-à-dire un CAN.

☞ Régler le GBF pour qu'il délivre un signal sinusoïdal de fréquence $f = 500$ Hz, d'amplitude mesurée au voltmètre $U_{\text{eff}} = 5,0$ V.

☞ Relier ensuite le GBF à la carte d'acquisition de Sysam (entrée EAO sans oublier la masse !).

☞ Réaliser les acquisitions suivantes en réglant les paramètres (période d'échantillonnage T_e et nombre de points N à calculer) pour réaliser une acquisition de durée totale 10 ms (déclenchement sur EAO, niveau 0, sens montant).

acquisition n°1 : fréquence d'échantillonnage $F_e = 500$ Hz.

acquisition n°2 : fréquence d'échantillonnage $F_e = 2$ kHz.

acquisition n°3 : fréquence d'échantillonnage $F_e = 10$ kHz.

☒ 2. Observer et conclure quant au choix de la fréquence d'échantillonnage.

3. Application à la numérisation d'un son

A l'aide du logiciel *Audacity* et d'un micro relié à la carte son de l'ordinateur :

☞ Enregistrer un son en 44 kHz et 16 bits. L'enregistrer sous le nom : « **44_votre_nom.wav** »

☞ Ré-échantillonner le son à l'aide du logiciel en 8 kHz. L'enregistrer sous le nom : « **8_votre_nom.wav** »

☞ Ecouter ces deux sons en passant par un lecteur de sons (type VLC).

☒ 3. Noter les différences et conclure.

☞ Ré-échantillonner le son « **8_votre_nom.wav** » en son 48 kHz à l'aide *d'Audacity*. L'enregistrer en « **8vers48_votre_nom.wav** ». L'écouter.

☒ 4. Le son est-il meilleur maintenant ? Interpréter.

4. Conclusions

Pour numériser un signal, il faut choisir F_e de manière à ce que

Une fréquence F_e trop faible enlève l'information portant sur

Document 1 Ordres de grandeurs de fréquences d'échantillonnage

Type de support de sons	F_e choisie
CD audio	44,1 kHz
DVD	48 kHz
Téléphonie	8 kHz
Radio numérique	22,5 kHz

☒ 5. Expliquer rapidement les différences entre les fréquences d'échantillonnage dans les appareils ci-dessus.

3 La quantification

1. Définitions

Lors de la numérisation, il faut également discrétiser les **valeurs de l'amplitude du signal**. La quantification consiste, pour chaque échantillon, à lui associer **une** valeur d'amplitude.

Cette valeur de l'amplitude s'exprime en « bit » et l'action de transformer la valeur numérique de l'amplitude en valeur binaire s'appelle le **codage**.

Document 2 Qu'est-ce qu'un bit ?

Un « bit » (de l'anglais *binary digit*) est un chiffre binaire (0 ou 1).

Avec 2 bits, on peut écrire : 00, 01, 10 et 11 soit 4 valeurs. ($4 = 2^2$).

Avec 3 bits, on peut écrire : 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 soit 8 valeurs ($8 = 2^3$).

Avec 8 bits, on peut écrire $2^8 = 256$ valeurs.

Avec n bits, on peut écrire 2^n valeurs.

Document 3 Conversion d'un nombre binaire en nombre décimal à travers un exemple

Que vaut l'ensemble de 8 bits appelé octet 10110010 en décimal ?

	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	= 128	= 64	= 32	= 16	= 8	= 4	= 2	= 1
octet =	1	0	1	1	0	0	1	0
somme de:	1×128	0×64	1×32	1×16	0×8	0×4	1×2	0×1

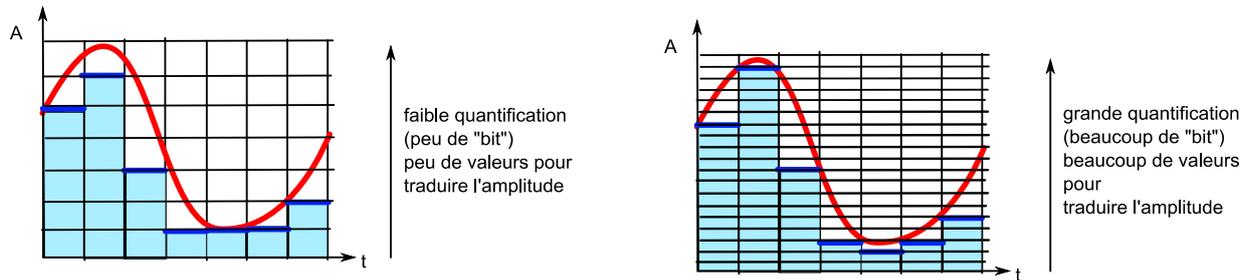
$$\text{Ici } 10110010 = 1 \times 128 + 0 \times 64 + 1 \times 32 + 1 \times 16 + 0 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 = 178$$

6. Ecrire la valeur décimale de l'octet 01001101.

7. Ecrire l'octet correspondant au nombre 15. Même question pour le 16. Peut-on « coder » 16 sur 4 bits ?

2. Exemples de quantifications

8. Avec une quantification de 16 bits, de combien de valeurs dispose-t-on pour traduire l'amplitude du signal dans chaque échantillon ? Même question avec une quantification de 8 bits.



Lors de la quantification, plus le codage s'effectue avec un nombre important de bits, plus l'amplitude du signal numérique sera proche de celle du signal analogique et donc meilleure sera la numérisation.

Document 4 Ordres de grandeurs des quantifications choisies

Type de support de sons	Quantification choisie
CD audio	16 bits
DVD	24 bits
Téléphonie	8 bits
Radio numérique	8 bits

9. Quelle quantification permet de particulièrement bien distinguer un son intense d'un son moins intense ?

3. Application sur la qualité d'un son numérisé

Les fichiers à utiliser se trouvent dans le dossier indiqué par le professeur.

Ouvrir Audacity et le fichier **tsae20 SON piano_44kHz_16bits.wav**

Modifier la quantification du fichier audio en 8 bits. L'enregistrer en **piano_44kHz_8bits_votre_nom.wav**

A partir du lecteur Windows média Player, ouvrir et écouter le fichier audio suivant : **piano_44kHz_16bits.wav**

Ouvrir et écouter maintenant le fichier : **piano_44kHz_8bits_votre_nom.wav**

10. Quelle grandeur, liée à la numérisation, ces deux fichiers ont-ils en commun ?

11. Que remarque-t-on lorsque l'on réduit la quantification ?

4 Pour les plus rapides... Tailles occupées par des sons numérisés

Une personne mal attentionnée télécharge une chanson de 3 minutes au format mp3. La chanson a été numérisée par un pirate à 16 kHz et 8 bits mono.

La personne, qui n'a pas assisté au dernier TP de l'année en TS, voulant une qualité « DVD » pour la chanson, modifie le fichier et le transforme en 48 kHz et 24 bits stéréo.

12. Calculer le poids en octet de la chanson avant transformation et après transformation.

13. La qualité de la chanson a-t-elle été améliorée par la transformation ? Si non, comment la personne peut-elle améliorer la qualité du fichier téléchargé ?

Le réseau informatique chez cette personne est de mauvaise qualité (débit binaire de 230 ko/s).

14. La chanson (avant et après transformation) pourrait-elle être transmise et écoutée en direct sur ce réseau ?

Remarque importante (les informaticiens ne sont pas aussi rigoureux que les physiciens...) :

En informatique, 1 kilooctet (1 ko) n'est pas 10^3 octets mais 1024 octets (en fait 2^{10}). De même, 1 mégaoctet (1 Mo) n'est pas 10^6 octets mais 1024 ko (2^{20}) !!! On pourra cependant faire l'approximation $1 \text{ ko} = 10^3$ o et $1 \text{ Mo} = 10^6$ o.