

• Objectifs

- Comprendre la différence analogique/numérique
- Comprendre que la qualité d'une numérisation dépend d'un certain nombre de paramètres
- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique

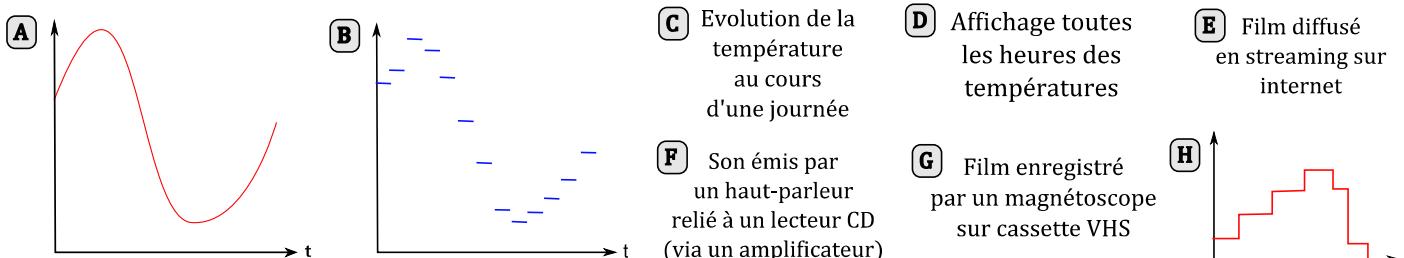
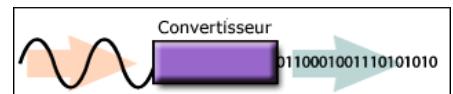
• Matériel nécessaire aux manipulations :

- GBF + Voltmètre sur AC
- Centrale d'acquisition et son logiciel
- Casques audio + Micro relié à l'ordinateur
- Logiciel Audacity + Notice Audacity

I. Signal analogique, signal numérique

- Un signal analogique est un ensemble **continu** d'informations (Exemple : capteurs de température, son, ...)
- Un signal binaire est ensemble discret (c'est-à-dire discontinu) d'informations.
- Les ordinateurs ne traitent que des données binaires (0 ou 1), pour numériser un signal, il faut **discréteriser** les informations : on parle de **numérisation**.
- Ces 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** :

1.1. Classer les signaux décrits ou représentés ci-dessous en « analogique » ou « numériques »

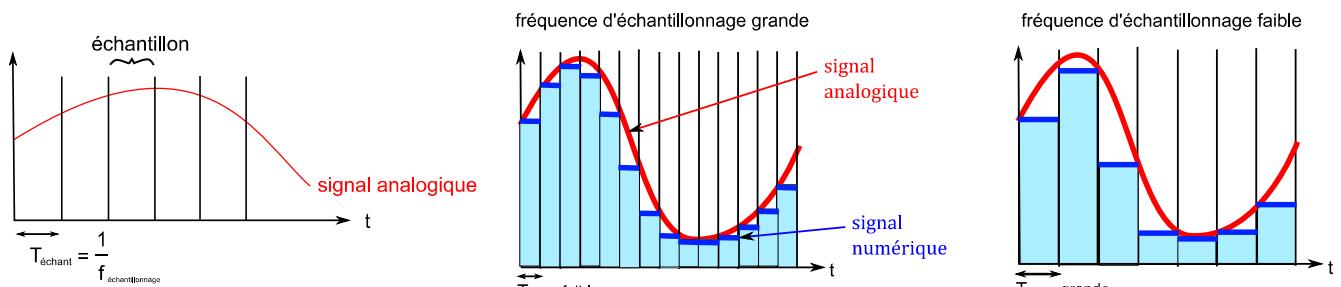


- La numérisation est d'autant meilleure que le signal numérique se rapproche du signal analogique initial.
- Pour cela, plusieurs paramètres ont leur importance, en particulier la fréquence d'échantillonnage et la quantification.

II. La fréquence d'échantillonnage

1. Généralités

- Pour numériser un signal, il faut le découper en **échantillons** (« samples » en anglais) de durée égale T_e .
- La **fréquence d'échantillonnage** correspond au nombre d'échantillons par seconde : $F_e = 1/T_e$



1.1. Compléter en barrant un des deux adjectifs entre les crochets :

- Plus la fréquence d'échantillonnage sera grande, plus la période d'échantillonnage sera [grande / petit], plus le nombre d'échantillons sera [grand / petit], plus le signal numérique sera [proche/éloigné] du signal analogique et donc [meilleure/moins bonne] sera la numérisation :

2. Approche expérimentale

- Régler le GBF de la manière suivante :
- Le GBF délivre un signal électrique analogique (signal continu au sens mathématique du terme) : $f = 100 \text{ Hz}$ et $U=4 \text{ Volts}$
- Relier ensuite le GBF au convertisseur DIDALAB comme indiqué en annexe, on utilisera l'oscilloscope numérique et le logiciel SX-METRO pour visualiser les tensions.
- Nous allons réaliser une acquisition avec SX-METRO: régler les paramètres de manière à réaliser une acquisition de durée totale 0,5 ms

➤ Signal sinusoïdal
➤ Fréquence 100 Hz
➤ Amplitude mesurée au voltmètre (sur AC donc valeur efficace mesurée) : 4 V.

2.1. 1^{er} cas : faible fréquence d'échantillonnage

- Régler le convertisseur de manière à ce que la fréquence d'échantillonnage soit $F_E = 1 \text{ kHz}$.
- Observer et conclure.

2.2. 2nd cas : grande fréquence d'échantillonnage

- Régler le convertisseur de manière à ce que la fréquence d'échantillonnage soit de 512 kHz.
- Observer et conclure quant au choix de la fréquence d'échantillonnage.

➤ **Théorème de Shannon**

- Pour numériser convenablement un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit au moins deux fois supérieure à la fréquence du signal à numériser.

2.3. En se remémorant le domaine de fréquence audible par l'homme, expliquer pourquoi les sons des CD sont échantillonnés à 44,1 kHz.

2.4. La voix humaine est comprise dans une bande de fréquence comprise entre 100 et 3400 Hz. Quelle fréquence d'échantillonnage doit-on choisir pour la téléphonie ?

3. Influence de la fréquence d'échantillonnage sur les hautes fréquences du signal analogique

- A l'aide du logiciel Audacity (voir notice ci-jointe)
 - Enregistrer un son à l'aide du logiciel et d'un micro en 44kHz et 16 bits. L'enregistrer dans votre dossier personnel sous le nom : « **44.wav** »
 - Ré-échantillonner le son à l'aide du logiciel en 8kHz. L'enregistrer sous le nom : « **8.wav** » (**audacity : pistes / rééchantillonner**)
- 3.1.** Ecouter ces deux sons en passant. Conclure.
- 3.2.** Ré-échantillonner le son « **8.wav** » en son 48 kHz. L'enregistrer en « **8vers48.wav** ». L'écouter. Le son est-il meilleur maintenant ?
- 3.3. Exercice**
 - Un son aigu a une fréquence de 10 kHz. Un son grave a une fréquence de 100 Hz
- 3.3.1** Calculer les périodes de ces deux sons.
- 3.3.2** Si la fréquence d'échantillonnage choisie pour numériser ces sons est de 1 kHz, calculer la durée des échantillons.
- 3.3.3** Conclure : Si l'on réduit la fréquence d'échantillonnage, quel type de son est alors mal numérisé ?

4. Conclusion

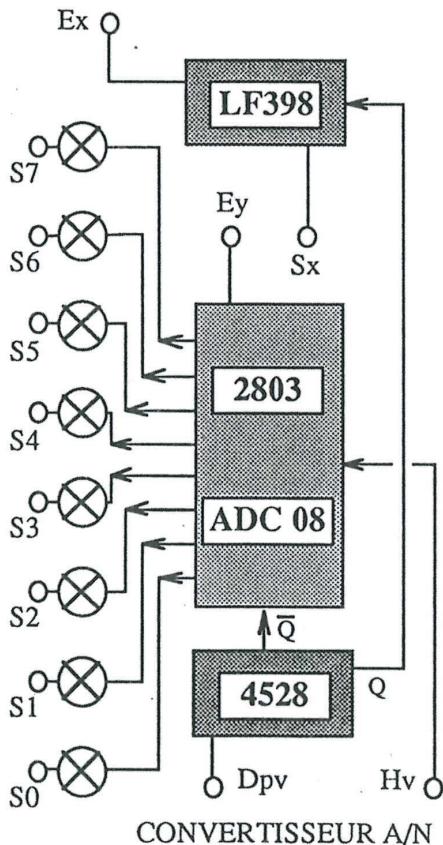
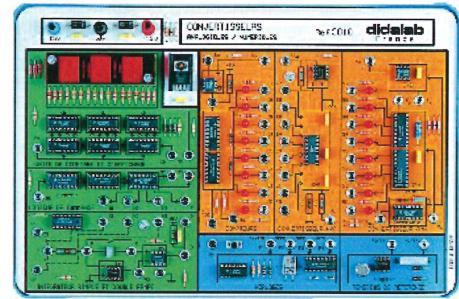
- Deux idées à retenir sur le choix de la fréquence d'échantillonnage :
 - Il faut choisir F_E de manière
 - Une fréquence F_E trop faible enlève l'information portant sur
- Ordres de grandeurs

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

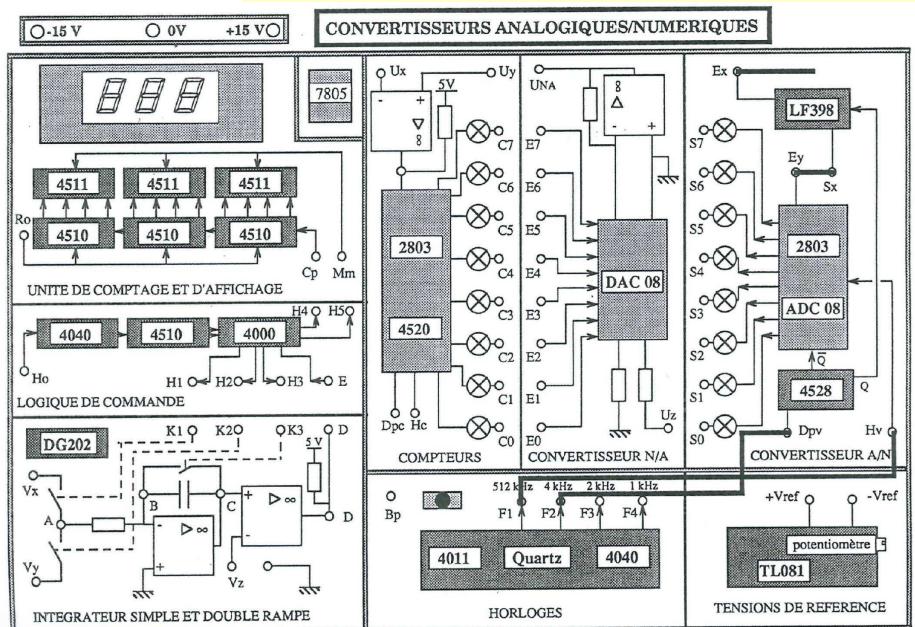
ANNEXE UTILISATION DU CONVERTISSEUR DIDALAB

C. Echantillonnage

Réaliser le montage selon les indications ci-dessous, puis placer un voltmètre en +Vref et un voltmètre en Uy afin de mesurer la tension issue de la numérisation du signal + Vref.



Convertisseur EDD038100
Alimentation stabilisée 15Volts
Voltemètres
Circuits compteurs et convertisseur.
Générateurs de tension continue et alternative.



4.3.1 EHANTILLONEUR BLOQUEUR

4.3.1.1 Montage

- Appliquer en Ex une tension sinusoïdale u de fréquence $f = 100\text{Hz}$ et d'amplitude $\hat{u} = 4\text{V}$.
- Relier les bornes Dpv et F2.
- Visualiser, à l'oscilloscope, la tension d'entrée de l'échantillonneur-bloqueur et la tension de sortie disponible sur la borne Sx.

4.3.1.2 Expérimentation

- Relever les chronogrammes des deux tensions précédentes.
- Modifier la fréquence du signal d'entrée du monostable en reliant la borne Dpv successivement à la borne F4, puis à la borne F3, puis à la borne F2 et enfin à la borne F1.
- Quelle est l'influence de la fréquence d'échantillonnage sur la forme du signal de sortie ? L'échantillonneur bloqueur fonctionne-t-il correctement quelle que soit la fréquence d'échantillonnage ?
- Relier la borne Dpv à la borne F4. Modifier la fréquence du signal d'entrée (1kHz, 5kHz et 10kHz par exemple). L'échantillonneur bloqueur fonctionne-t-il correctement quelle que soit la fréquence de la tension d'entrée ?

La quantification

5. Présentation de la quantification

- Lors de la numérisation, il faut également discréteriser 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**.

6. 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 **4 bits**, on peut écrire $2^4 = \dots$ valeurs
- Avec **n bits**, on peut écrire valeurs

6.1. Conversion d'un nombre binaire en nombre décimal : un exemple vaut mieux qu'un long discours :

- Que vaut l'octet (ensemble de 8 bits) **10110010** en décimal ?

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

- Ici **10110010 = 1x128 + 0x64 + 1x32 + 1x16 + 0x8 + 0x4 + 1x2 + 0x1 = 178**

6.2. Exemples d'écriture binaire

6.2.1 Ecrire la valeur décimale de l'octet 01001101.

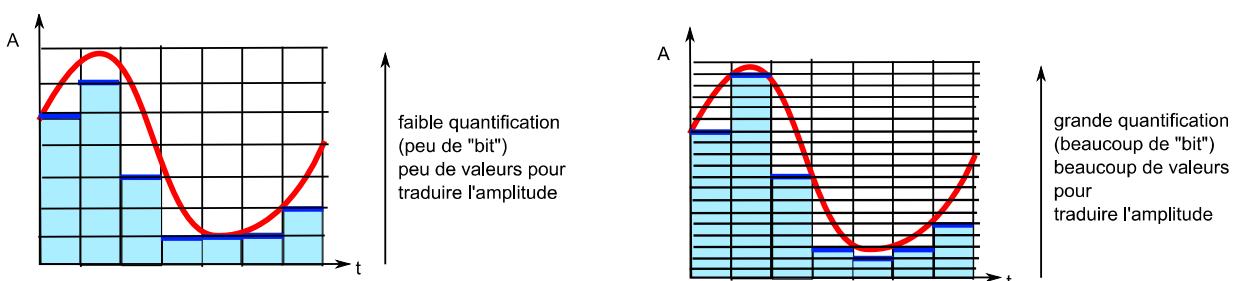
6.2.2 Écrire, en binaire, la valeur maximale que peut prendre une grandeur codée sur 4 bits puis calculer sa valeur en décimal.

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

6.3. Exemples de quantifications

6.3.1 Avec une quantification de 16 bits (soit une séquence binaire de 16 zéros ou un), de combien de valeurs dispose-t-on pour traduire l'amplitude du signal dans chaque échantillon ?

6.3.2 Même question avec une quantification de 8 bits (soit une séquence binaire de 8 zéros ou un).



6.3.3 Compléter en barrant un des deux adjectifs entre les crochets :

- Lors de la quantification, plus le codage s'effectue avec un nombre important de bits, plus l'amplitude du signal numérique sera *[proche/éloignée]* de celle du signal analogique et donc *[meilleure/moins bonne]* sera la numérisation.
- Ordres de grandeurs

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

6.4. Exercice

6.4.1 Calculer le nombre de « paliers » dont on dispose pour décrire l'amplitude en 24 bits. Idem en 4 bits.

6.4.2 Lequel permettra de bien distinguer un son intense d'un son moins intense ?

7. Influence de la quantification sur la qualité d'un son

- Enregistrer un son à l'aide du logiciel et d'un micro en 44kHz et 32 bits. L'enregistrer en **son_44kHz_32bits.wav**
- Modifier la quantification du fichier audio en 16 bits. L'enregistrer en **son_44kHz_16bits.wav**
- Ecouter les deux fichiers audio ainsi créés : **son_44kHz_16bits.wav** et **son_44kHz_16its.wav**

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

III. Choix des critères de numérisation

- L'échantillonnage consiste à prélever périodiquement des échantillons d'un signal analogique.
La quantification consiste à affecter une valeur numérique à chaque échantillon prélevé.
Plus la fréquence d'échantillonnage et la quantification sont grandes, meilleure sera la numérisation.

1. Alors pourquoi se restreindre au niveau de ces valeurs ?

- Piste de réflexion et information :

Le nombre N d'octets (ensemble de 8 bits) nécessaires pour « décrire » numériquement une minute de son est:

$$\Rightarrow N = F \times \frac{Q}{8} \times 60 \times n \text{ avec } F \text{ fréquence d'échantillonnage en Hz ; } Q \text{ : quantification en bits ; } n \text{ : nombre de voies}$$

(si le son est stéréo, n= 2 ; en mono : n = 1) ; N s'exprime en octets.

1.1. Exemples

1.1.1 Calculer la taille occupée, en octets puis Mo, d'une minute du son d'un CD audio (44,1 kHz et 16 bits, stéréo):

1.1.2 Même question pour le son d'un film encodé au format « ac3 » sur un DVD (48 kHz et 24 bits, stéréo):

1.1.3 Un réseau informatique domestique de mauvaise qualité possède un débit binaire (nombre d'octets pouvant circuler sur le réseau par seconde) de 230 ko/s. Le son du CD pourra-t-il être transmis sur ce réseau ? Et celui du DVD ?

2. Exercice bilan

- Une personne mal attentionnée télécharge sur un forum 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, voulant une qualité « DVD » pour la chanson, modifie le fichier et le transforme en 48 kHz et 24 bits stéréo.
- 2.1.** Calculer le poids en octet de la chanson avant transformation.
- 2.2.** Même question après transformation.
- 2.3.** Décrire la sensation auditive que l'on éprouve en écoutant le fichier téléchargé avant transformation.
- 2.4.** La qualité de la chanson a-t-elle été améliorée par la transformation ?
- 2.5.** Comment la personne peut-elle améliorer la qualité du fichier téléchargé ?

• Remarque intéressante

➤ Traditionnellement, en informatique, 1 ko n'est pas 1000 octets mais 1024 octets (en fait 2^{10}).

De même, 1 Mo n'est pas 10^3 ko mais 1024 ko !!

➤ Conserver en tête que 1 kilo $\approx 10^3$ et 1 méga $\approx 10^6$.

Réglage de la fréquence d'échantillonnage.



Réglage de la quantification (quantité d'informations musicales par paquet).



Copie d'écran du réglage de la quantification sur audacity

Animation

La numérisation d'un son

Une fois transformé en signal électrique (par exemple à l'aide d'un microphone), comment le son devient-il un signal numérique ?

Compétences expérimentales évaluées

- Réaliser un montage expérimental.
- Analyser un résultat expérimental.

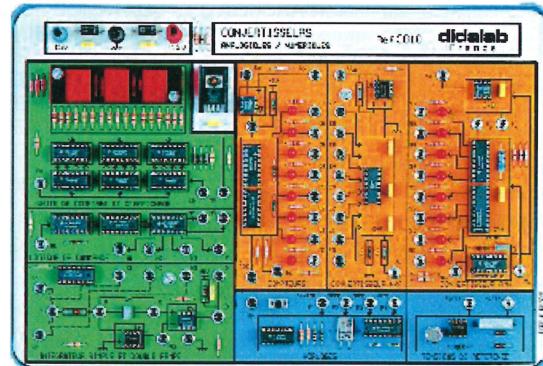
Principe

Les morceaux de musique au format « numérique » (Fig. 1) résultent de la numérisation de signaux électriques.

Le principe de cette numérisation peut être facilement mis en œuvre au laboratoire.



Fig. 1 Lecteur MP3.



Mise en œuvre au laboratoire

Convertisseur EDD038100

Alimentation stabilisée 15Volts

Voltmètres

Circuits compteurs et convertisseur.

Générateurs de tension continue et

A. Quantification de valeurs de tension

Réaliser le montage selon les indications ci-dessous, puis placer un voltmètre en +Vref et un voltmètre en Uy afin de mesurer la tension issue de la numérisation du signal + Vref.

- Relier les bornes :
 - Uz à +Vref,
 - U_{NA} à Uy,
 - C0 à E0, C1 à E1, C2 à E2, C3 à E3, C4 à E4, C5 à E5, C6 à E6 et C7 à E7.

- L'entrée d'horloge Hc des compteurs est reliée à Bp.

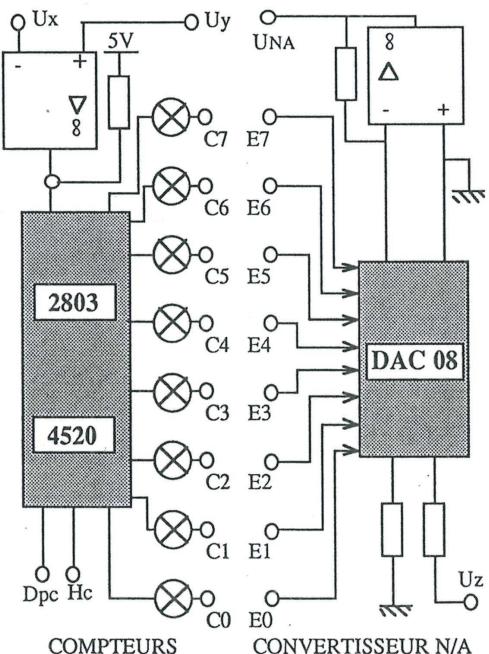
- Relier Dpc à +5V : quels sont les états des DEL ?

- Supprimer la liaison Dpc à +5V. Les états des diodes changent-ils ?

- Appuyer une fois sur le bouton poussoir : quelle est la combinaison binaire affichée ?

- Appuyer une deuxième fois sur le bouton poussoir : quelle est la nouvelle combinaison binaire ?

- Combien de fois faut-il appuyer sur le bouton poussoir pour que la combinaison 1111111 soit affichée ?



1. Recopier et compléter le tableau suivant. On classera les valeurs de Uy par ordre croissant. On notera la position 0 ou 1 dans la case correspondant à chaque interrupteur.
2. Que remarque-t-on entre deux valeurs de Uy ?
3. Avec quatre interrupteurs, on obtient 16 valeurs de tension entre 0 V et Vref. Combien en obtient-on avec 8 interrupteurs ?

B. Numérisation d'une tension électrique

Réaliser le montage selon les indications ci-dessous, puis placer un voltmètre en U_x (notée U par la suite) et un voltmètre en U_y .

- Appliquer en U_x une tension continue $U = 2V$.

- Relier les bornes :

- U_z à $+V_{ref}$,
- U_{NA} à U_y ,
- C_0 à E_0 , C_1 à E_1 , C_2 à E_2 , C_3 à E_3 , C_4 à E_4 , C_5 à E_5 , C_6 à E_6 et C_7 à E_7 .

- L'entrée d'horloge H_c des compteurs étant reliée à F_1 (c'est-à-dire à 512 kHz), visualiser les tensions disponibles à la sortie du comparateur et à la borne U_{NA} .

- Relier l'entrée de mise à zéro D_p à B_p . Après avoir appuyé sur le bouton poussoir puis l'avoir relâché, relever :
 - l'état des DEL,
 - et la valeur de U_y .

En déduire le nombre binaire N correspondant à la tension U .

En réglant V_{ref} à +5,12V, la résolution est de 20mV par saut de 1 bit.
Déterminer à quelle valeur de la tension U , ce nombre binaire correspond-il ?

- Réaliser le montage et régler U à une valeur quelconque puis, à l'aide des seuls interrupteurs, retrouver le nombre binaire qui lui est associé.

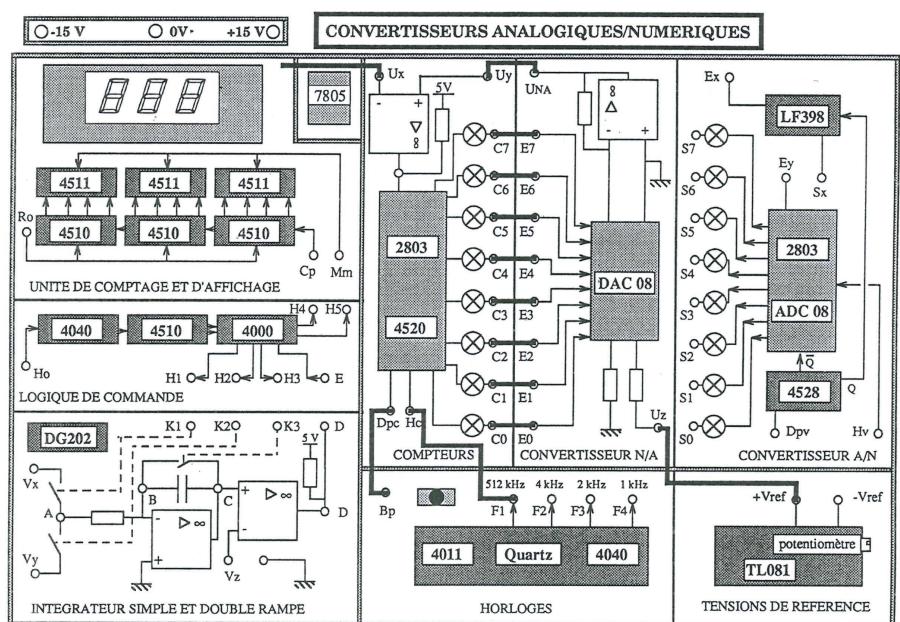
- En déduire la valeur de la tension U (en V). Mesurer U au voltmètre et comparer les deux valeurs.

- Reproduire l'expérience avec différentes valeurs de U .

- Expliquer la méthode utilisée pour parvenir le plus rapidement possible au résultat.

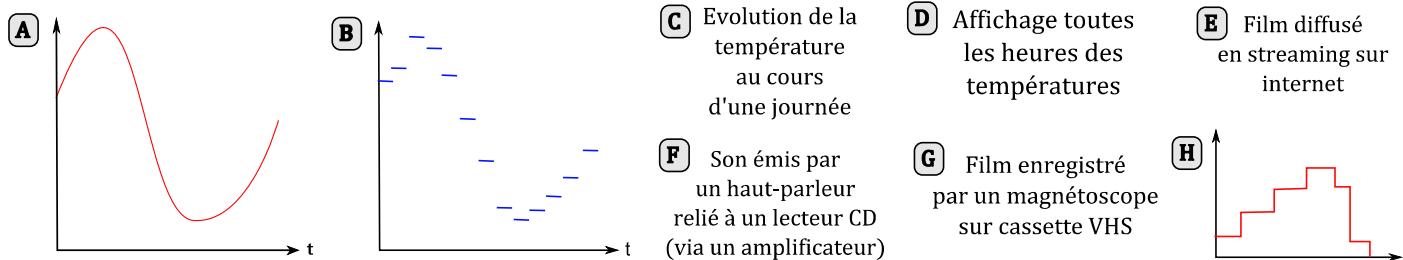
- En quoi cette méthode permet-elle de quantifier U ?

- Cette méthode est-elle précise ? Quel serait l'intérêt d'utiliser 8 bits plutôt que 4 ?



I. Signal analogique, signal numérique

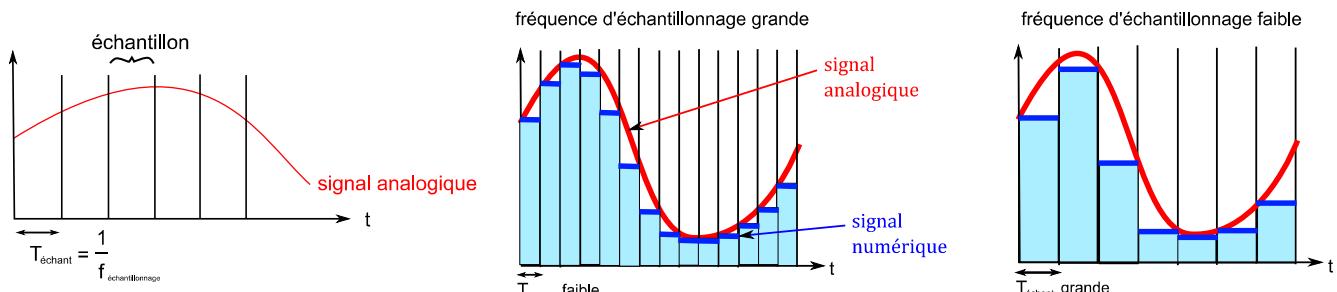
- 1.1. Classer les signaux décrits ou représentés ci-dessous en « analogique » A C ou « numériques » B D E G H



II. La fréquence d'échantillonnage

1. Généralités

- Pour numériser un signal, il faut le découper en **échantillons** (« samples » en anglais) de durée égale T_e .
- La **fréquence d'échantillonnage** correspond au nombre d'échantillons par seconde : $F_e = 1/T_e$



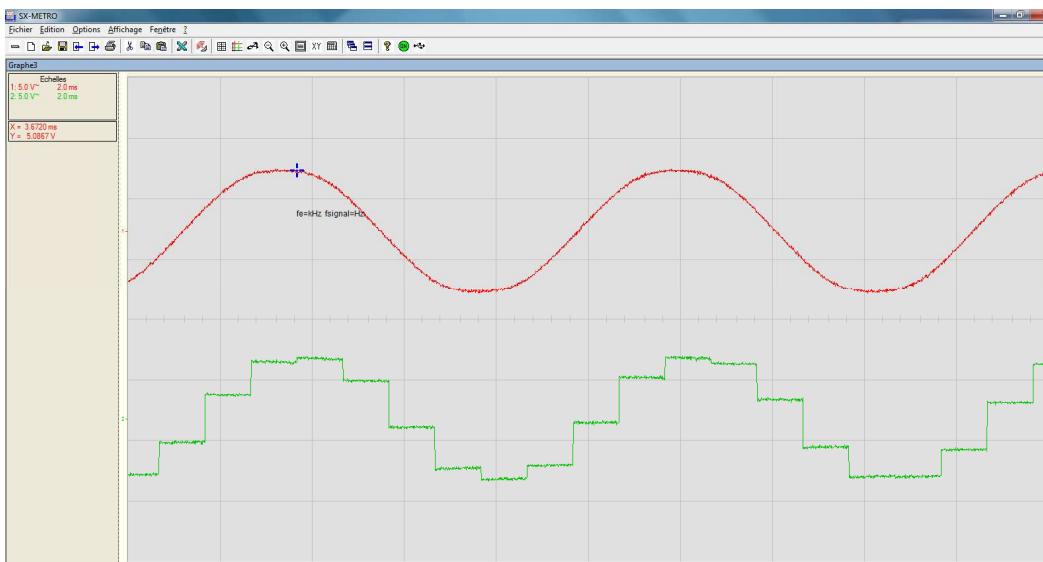
- 1.1. Compléter en barrant un des deux adjectifs entre les crochets :

➤ Plus la fréquence d'échantillonnage sera grande, plus la période d'échantillonnage sera [*petite*], plus le nombre d'échantillons sera [*grand*], plus le signal numérique sera [*proche*] du signal analogique et donc [*meilleure*] sera la numérisation :

2. Approche expérimentale

2.1. 1^{er} cas : faible fréquence d'échantillonnage

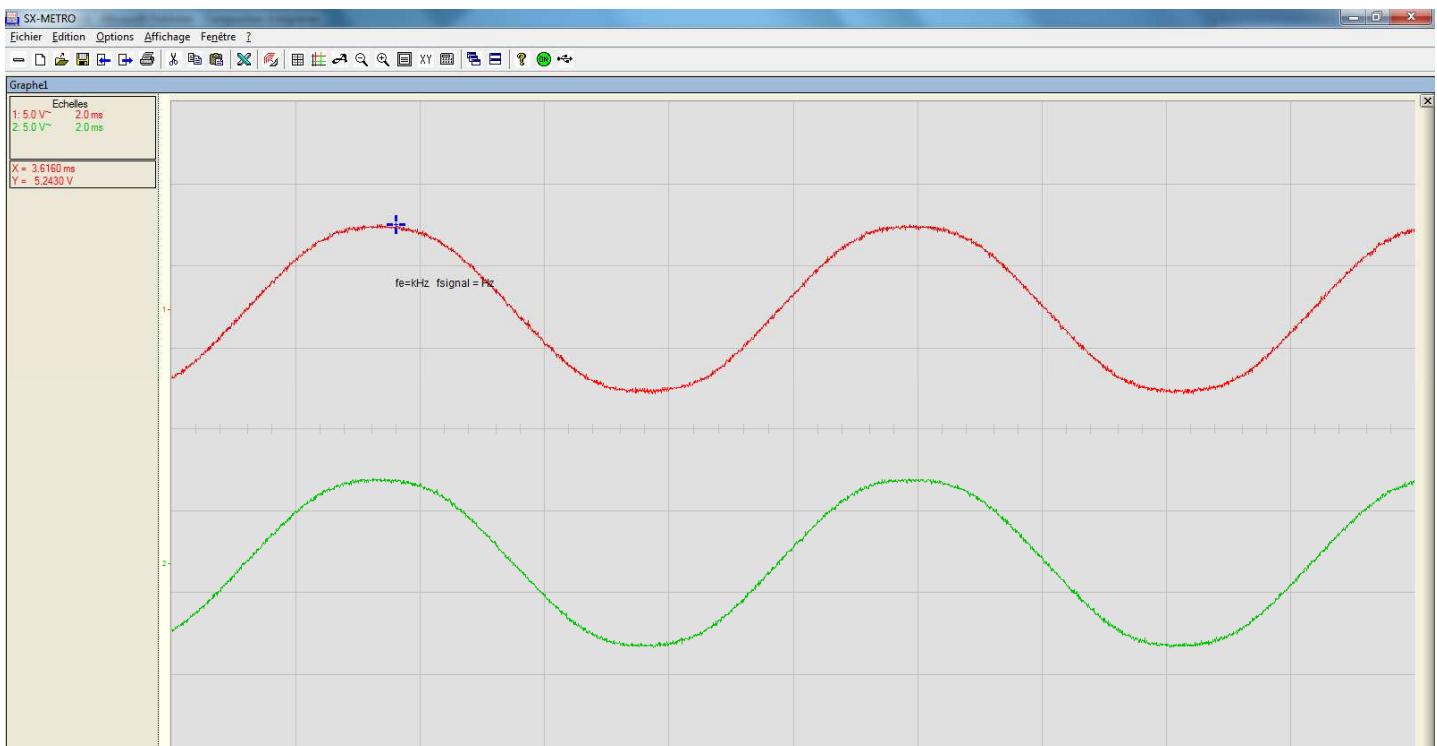
- Régler le convertisseur de manière à ce que la fréquence d'échantillonnage soit $F_e = 1 \text{ kHz}$.



- Observer et conclure : le signal échantillonné ne correspond pas parfaitement au signal analogique

2.2. 2nd cas : grande fréquence d'échantillonnage

- Régler le convertisseur de manière à ce que la fréquence d'échantillonnage soit de 512 kHz.
- Observer et conclure quant au choix de la fréquence d'échantillonnage : Pour numériser convenablement un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage bien supérieure à la fréquence du signal à numériser



2.3. En se remémorant le domaine de fréquence audible par l'homme, expliquer pourquoi les sons des CD sont échantillonnés à 44,1 kHz. **Les sons audibles ont une fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz. Selon le critère de Shanon, il faut Fe égale au double de la fréquence audible soit au maximum 2*20 kHz= 40kHz, ce qui correspond bien à l'échantillonnage proposée.**

2.4. La voix humaine est comprise dans une bande de fréquence comprise entre 100 et 3400 Hz. Quelle fréquence d'échantillonnage doit-on choisir pour la téléphonie ? **2* 3,4 kHz = 6,8 kHz soit 7 kHz**

3. Influence de la fréquence d'échantillonnage sur les hautes fréquences du signal analogique

- A l'aide du logiciel Audacity (voir notice ci-jointe)
 - Enregistrer un son à l'aide du logiciel et d'un micro en 44kHz et 16 bits. L'enregistrer dans votre dossier personnel sous le nom : « **44.wav** »
 - Ré-échantillonner le son à l'aide du logiciel en 8kHz. L'enregistrer sous le nom : « **8.wav** » (**audacity : pistes / rééchantillonner**)
- 3.1.** Ecouter ces deux sons en passant. Conclure : **Le son ré-échantilloné paraît plus grave, d'intensité sonore moindre : la qualité du son a diminué.**
- 3.2.** Ré-échantillonner le son « **8.wav** » en son 48 kHz. L'enregistrer en « **8vers48.wav** ». L'écouter. Le son est-il meilleur maintenant ? **Non, la qualité est encore moindre, les informations perdues lors du premier rééchantillonnage ne peuvent pas être retrouvées par un deuxième rééchantillonnage.**

Exercice

- Un son aigu a une fréquence de 10 kHz. Un son grave a une fréquence de 100 Hz
- 3.3.1** Calculer les périodes de ces deux sons. $T(\text{aigu})=1/10000 = 0,10 \text{ ms}$ $T(\text{grave})=1/100 = 10,0\text{ms}$
- 3.3.2** Si la fréquence d'échantillonnage choisie pour numériser ces sons est de 1 kHz, calculer la durée des échantillons. $T_e = 1/1000 = 1,0 \text{ ms}$
- 3.3.3** Conclure : **Si l'on réduit la fréquence d'échantillonnage, quel type de son est alors mal numérisé ? le critère de shanon reste vérifié pour le son grave, il ne l'est plus pour le son aigu.**

4. Conclusion

- Deux idées à retenir sur le choix de la fréquence d'échantillonnage :
 - Il faut choisir F_E de manière élevée
 - Une fréquence F_E trop faible enlève l'information portant sur les sons aigus.
- Ordres de grandeurs

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

La quantification

5. Présentation de la quantification

- Lors de la numérisation, il faut également discréteriser 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**.

6. 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 **4** bits, on peut écrire $2^4 = \dots$ valeurs
- Avec **n** bits, on peut écrire valeurs

6.1. Conversion d'un nombre binaire en nombre décimal : un exemple vaut mieux qu'un long discours :

- Que vaut l'octet (ensemble de 8 bits) **10110010** en décimal ?

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

- Ici **10110010** = **1x128 + 0x64 + 1x32 + 1x16 + 0x8 + 0x4 + 1x2 + 0x1** = **178**

6.2. Exemples d'écriture binaire

6.2.1

Ecrire la valeur décimale de l'octet 01001101 = **0x128 + 1x64 + 0x32 + 0x16 + 1x8 + 1x4 + 0x2 + 1x1** = **77**

6.2.2 Écrire, en binaire, la valeur maximale que peut prendre une grandeur codée sur 4 bits puis calculer sa valeur en décimal.

	2^3 = 8	2^2 = 4	2^1 = 2	2^0 = 1
Octet =	1	1	1	1
somme de:	1 x 8	1 x 4	1 x 2	1 x 1

Valeur en décimal : **15**

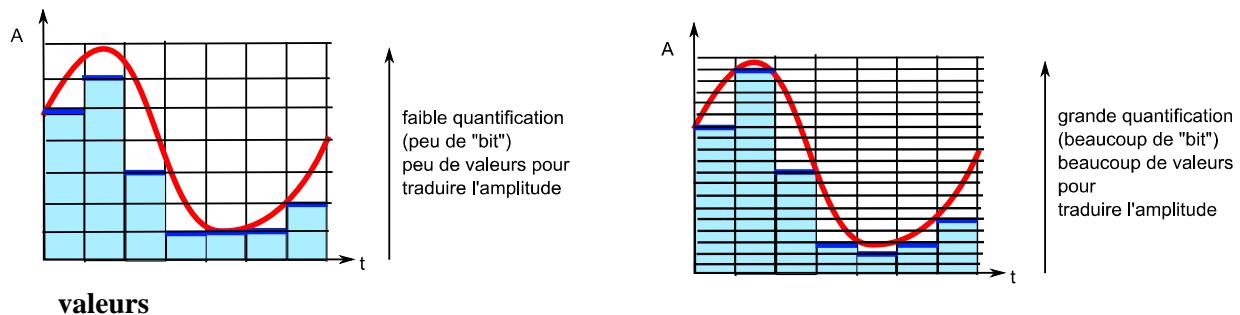
- Ecrire l'octet correspondant au nombre 15 : Ici **0x128 + 0x64 + 0x32 + 0x16 + 1x8 + 1x4 + 1x2 + 1x1** = **15** soit **00001111**

6.2.3 Même question pour le 16. Peut-on « coder » 16 sur 4 bits ? **Impossible, la valeur maximale que l'on peut coder en 4 bits est 15 !**

6.3. Exemples de quantifications

6.3.1 Avec une quantification de 16 bits (soit une séquence binaire de 16 zéros ou un), de combien de valeurs dispose-t-on pour traduire l'amplitude du signal dans chaque échantillon ? $2^{16} = 65\,536$ valeurs

6.3.2 Même question avec une quantification de 8 bits (soit une séquence binaire de 8 zéros ou un). $2^8 = 256$



6.3.3 Compléter en barrant un des deux adjectifs entre les crochets :

- 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.
- Ordres de grandeurs

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

6.4. Exercice

6.4.1 Calculer le nombre de « paliers » dont on dispose pour décrire l'amplitude en 24 bits : $2^{24} = 16\ 777\ 216$ **valeurs**

Idem en 4 bits. $2^4 = 16$ **valeurs**

6.4.2 Lequel permettra de bien distinguer un son intense d'un son moins intense ? le premier bien sûr

7. Influence de la quantification sur la qualité d'un son

- Enregistrer un son à l'aide du logiciel et d'un micro en 44kHz et 32 bits. L'enregistrer en **son_44kHz_32bits.wav**
 - Modifier la quantification du fichier audio en 16 bits. L'enregistrer en **son_44kHz_16bits.wav**
 - Ecouter les deux fichiers audio ainsi créés : **son_44kHz_16bits.wav** et **son_44kHz_16bits.wav**
- 7.1. Que remarque-t-on lorsque l'on réduit la quantification ? **Le son est de moins bonne qualité.**

III. Choix des critères de numérisation

1. Alors pourquoi se restreindre au niveau de ces valeurs ?

- Piste de réflexion et information :

Le nombre N d'octets (ensemble de 8 bits) nécessaires pour « décrire » numériquement une minute de son est:

➤
$$N = F \times \left(\frac{Q}{8}\right) \times 60 \times n$$
 avec F fréquence échantillonnage en Hz ; Q : quantification en bits ; n : nombre de voies (si le son est stéréo, n= 2 ; en mono : n = 1) ; N s'exprime en octets.

1.1. Exemples

1.1.1 Calculer la taille occupée, en octets puis Mo, d'une minute du son d'un CD audio (44,1 kHz et 16 bits, stéréo): $N = 44,1 \cdot 10^3 \cdot 16/8 \cdot 60 \cdot 2 = 10,6 \text{ Mo}$

1.1.2 Même question pour le son d'un film encodé au format « ac3 » sur un DVD (48 kHz et 24 bits, stéréo):
 $N = 48 \cdot 10^3 \cdot 24/8 \cdot 60 \cdot 2 = 17,3 \text{ Mo}$

1.1.3 Un réseau informatique domestique de mauvaise qualité possède un débit binaire (nombre d'octets pouvant circuler sur le réseau par seconde) de 230 ko/s.

Le son du CD pourra-t-il être transmis sur ce réseau ?

Il faut un débit de $D = 10,6 \text{ Mo}/60 = 177 \text{ ko/s}$ il peut être transmis

Et celui du DVD ? Il faut un débit de $D = 17,3 \text{ Mo}/60 = 288 \text{ ko/s}$ il ne peut pas être transmis

2. Exercice bilan

- Une personne mal attentionnée télécharge sur un forum 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, voulant une qualité « DVD » pour la chanson, modifie le fichier et le transforme en 48 kHz et 24 bits stéréo.

2.1. Calculer le poids en octet de la chanson avant transformation.

$$N = 16 \cdot 10^3 \cdot 8/8 \cdot 60 \cdot 3 \text{ minutes} \cdot 1 = 2,88 \text{ Mo}$$

2.2. Même question après transformation.

$$N = 48 \cdot 10^3 \cdot 24/8 \cdot 60 \cdot 3 \text{ minutes} \cdot 2 = 51,84 \text{ Mo}$$

2.3. Décrire la sensation auditive que l'on éprouve en écoutant le fichier téléchargé avant transformation.

Bonne qualité auditive avec manque de profondeur due au son mono.

2.4. La qualité de la chanson a-t-elle été améliorée par la transformation ?

Non il est impossible de passer à une meilleure qualité.

2.5. Comment la personne peut-elle améliorer la qualité du fichier téléchargé ? **On peut augmenter le niveau sonore su audacity ou encore ajouter des effets (réverbération pour plus de profondeur)**