

# THÈME 2 : SON ET MUSIQUE, PORTEURS D'INFORMATION

## Chapitre 3 : Le son, une information à numériser

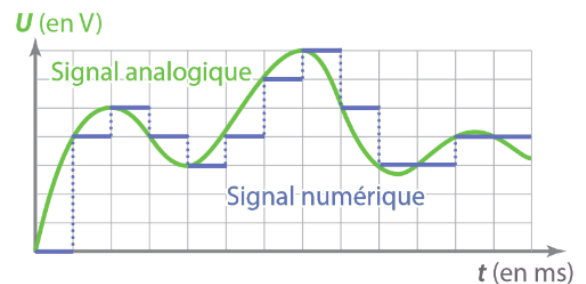


### Activité 1 : La numérisation d'un signal sonore

#### Doc.1 : Il faut convertir

À chaque fois que l'on écoute de la musique à partir d'un ordinateur, d'un smartphone celle-ci a été numérisée et constitue un fichier numérique.

Le signal sonore d'origine est un **signal analogique** (variation continue du signal au cours du temps) alors que le **signal numérisé** est une suite finie de valeurs au cours du temps.



Pour convertir un signal analogique en signal numérique, il faut le **numériser** : il s'agit de relever les valeurs du signal analogique à intervalle de temps régulier. Comme on obtient des valeurs dites « discrètes » (séparées les unes des autres), on dit aussi qu'on a **discrétisé** le signal.

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

Les valeurs discrètes sont codées en **système binaire**, c'est-à-dire en base 2, pour être lues par un ordinateur : on obtient pour chaque valeur une suite de 0 ou de 1.

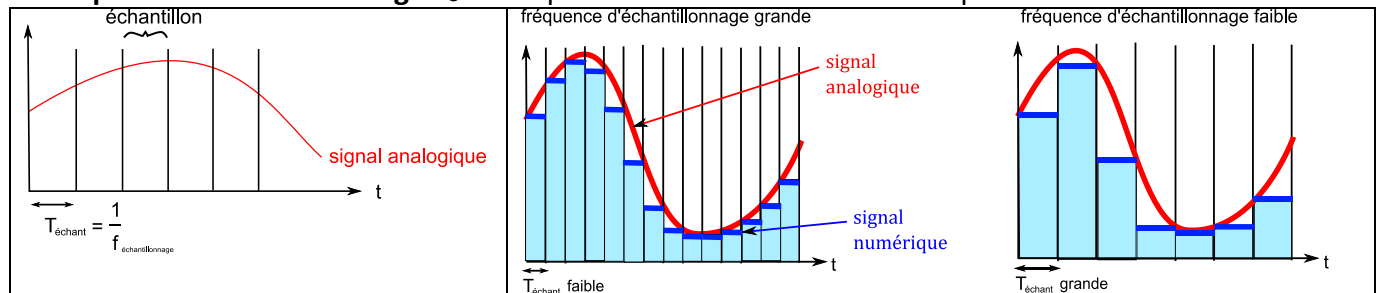
La numérisation se doit être la plus fidèle possible au signal d'origine.

#### Doc.2 : Quelles sont les deux étapes essentielles de la numérisation ?

##### L'étape 1 : L'échantillonnage

Pour numériser un signal, il faut le découper en **échantillons** de même durée (notée  $T_e$ ).

La **fréquence d'échantillonnage**  $F_e$  correspond au nombre d'échantillons par seconde.



Le coût à « payer » pour une bonne numérisation est de faire de prendre des mesures très souvent ( $T_e$  petit) et donc d'accepter d'avoir beaucoup de données numériques pour une durée donnée.

Attention pour numériser correctement un son, **il faut que la fréquence d'échantillonnage  $F_e$  soit supérieure au double de la fréquence  $f$  du son** (critère dit « de Shannon »).

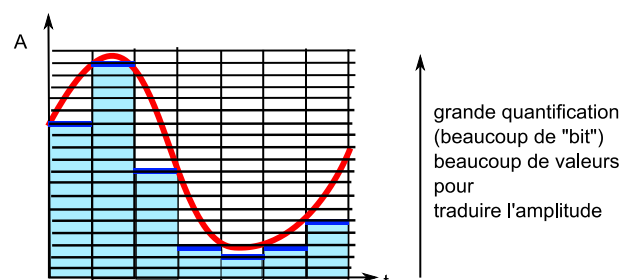
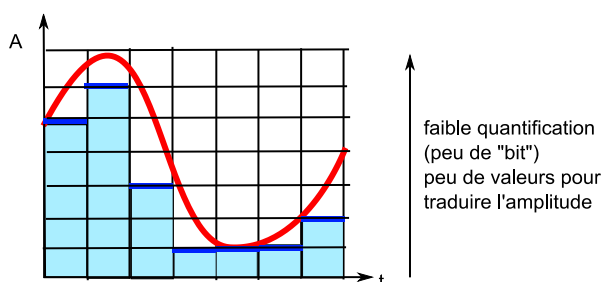
##### L'étape 2 : La quantification

On associe à chaque échantillon une valeur prédéfinie par le CAN. La valeur numérisée est ensuite codée en binaire et peut être stockée dans un ou plusieurs « bit ». Un bit (de l'anglais **binary digit**) est un chiffre binaire (0 ou 1).

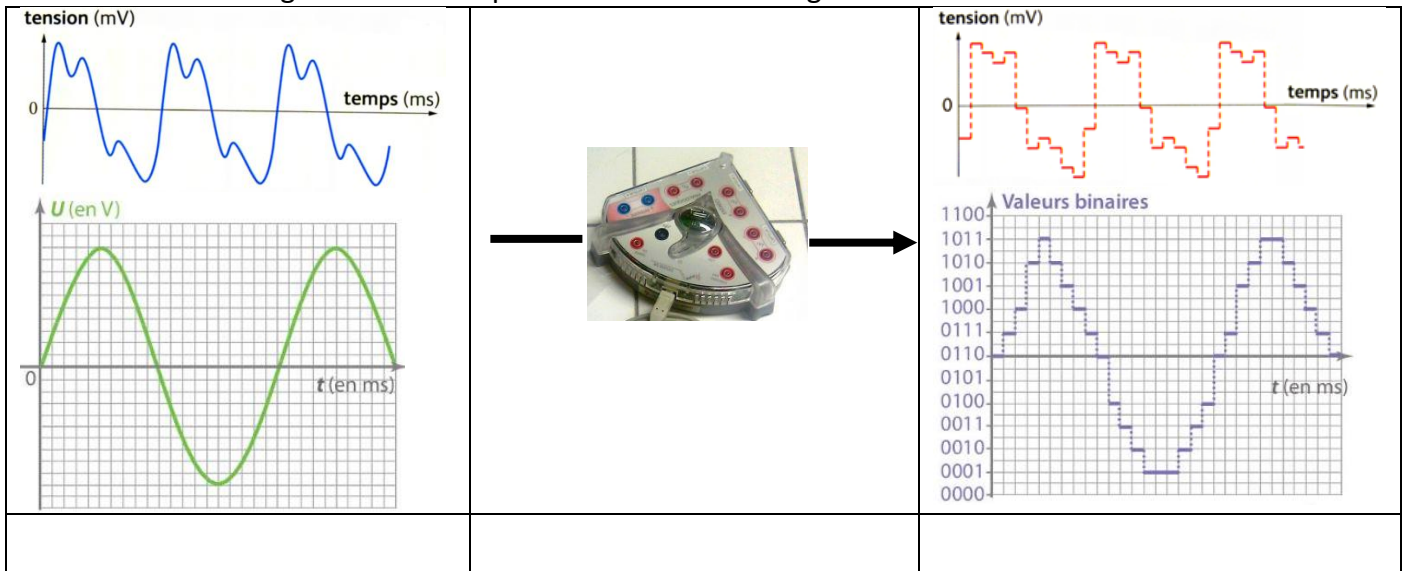
EX : Avec **2 bits**, on peut écrire : **00, 01, 10** et **11** soit **4 valeurs** soit ( $4 = 2^2$ ). La quantification vaut  $Q=2$ .

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

Le pas de quantification est le plus petit écart entre deux valeurs numériques permises par le CAN.



1. Mettre une légende dans chaque case de la dernière ligne :



2. Citer un convertisseur analogique-numérique présent dans votre smartphone.
3. Citer un convertisseur numérique-analogique présent dans votre smartphone.

4. **Fréquence d'échantillonnage**

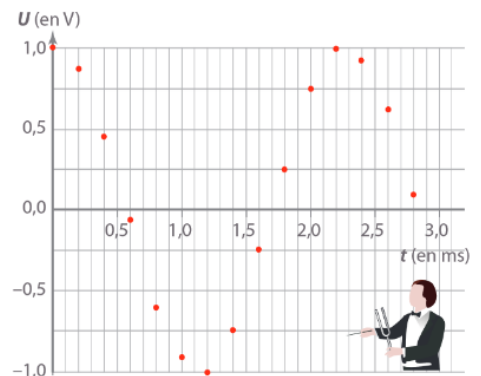
4.1 Dans les phrases ci-dessous, barrer un des deux adjectifs entre les crochets :  
 Plus la fréquence d'échantillonnage est grande :

- plus la période d'échantillonnage est [*grande/petite*]
- plus le nombre d'échantillons est [*grand/petit*],
- plus le signal numérique est [*fidèle/différent*]
- [*meilleure/moins bonne*] est la numérisation.

4.2 Sachant que la période du signal sinusoïdal analogique ci-dessus vaut 20 ms, quelle est la fréquence d'échantillonnage utilisée pour numériser ce signal ?

4.3 La **courbe ci-contre** représente l'échantillonnage d'un signal sonore émis par un diapason de note La3.

- a) Déterminer la fréquence d'échantillonnage  $F_e$ .
- b) Ce signal vous paraît-il correctement numérisé ? Justifier.



5. **Quantification**

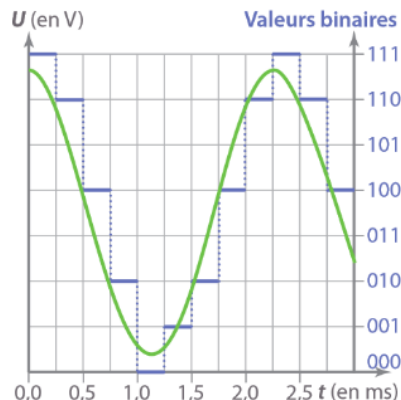
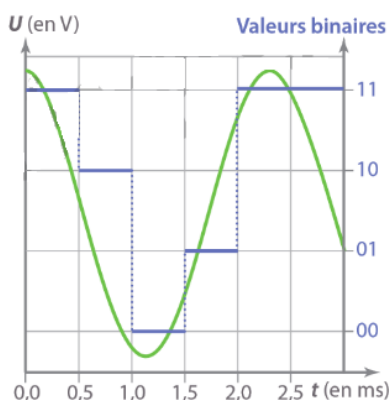
5.1 Compléter en barrant un des deux adjectifs entre les crochets :

Lors de la quantification, plus le codage s'effectue avec un nombre important de bits :

- plus la valeur du signal numérique est [*proche/éloignée*] de celle du signal analogique
- [*meilleure/moins bonne*] est la numérisation.

5.2 Deux numérisations sont représentées ci-dessous.

- a) Quelles sont les fréquences d'échantillonnage utilisées pour ces deux numérisations ?
- b) Justifier que la quantification a été faite sur 2 bits pour le signal 1 et sur 3 bits pour le signal 2 ?
- c) Repérer le pas de quantification dans les deux cas.
- d) Quel signal vous apparaît le mieux numérisé ?



## Activité 2 : Taille d'un fichier

On suppose qu'on numérise un enregistrement audio de 3 minutes à la fréquence  $f_e = 44 \text{ kHz}$ . Chaque valeur numérisée est codée sur 12 bits.

1. Calculer le nombre d'échantillons présents dans le fichier numérique.
2. Calculer le nombre de bits occupés par ce fichier.
3. Sachant qu'un octet vaut 8 bits, calculer la taille du fichier en octets.
4. **Généralisation :**

Si on appelle  $f_e$  la fréquence d'échantillonnage,  $Q$  la quantification (le nombre de bits pour chaque valeur) et  $\Delta t$  la durée de l'enregistrement, proposer une expression pour la taille du fichier numérique en octet.

5. Si on enregistre maintenant en stéréo (deux voies), quelle est la taille du fichier du début de l'activité ?
6. Comment faut-il modifier l'expression si  $n$  est le nombre de voies d'enregistrement ?

## Activité 3 : Compression d'un fichier

Répondre aux questions suivantes à l'aide des documents ci-dessous ou de vos connaissances.

Les fichiers audio sont d'abord enregistrés et numérisés sans compression au format «.wav» (*Waveform Audio File Format*).

L'opération de compression, réalisée par des algorithmes, transforme ces fichiers au format «.mp3» (*MPEG-1/2 Audio Layer III*) ou AAC (*Audio Advanced Coding*), de taille bien inférieure.

La performance des algorithmes qui réalisent cette opération est caractérisée par le taux de compression  $\tau$  (qui se lit «tau») :

$$\tau = \left(1 - \frac{\text{Taille du fichier compressé}}{\text{Taille du fichier initial}}\right)$$

Plus  $\tau$  est élevé, plus la taille du fichier est réduite.

**REMARQUES**

- Les tailles des deux fichiers doivent être exprimées dans la même unité pour calculer le taux de compression.
- Ce dernier s'exprime souvent en pourcentage, en multipliant par 100 le résultat obtenu.

Taille (en UA)

Format	Taille (en UA)
WAV	~42
MP3	~5
AAC	~3

Un fichier est environ 9 fois plus volumineux en .wav qu'en .mp3

La compression est aussi un compromis entre la taille du fichier audio et la qualité sonore de ce dernier.

Le même morceau en format .wav (non compressé) et en format .mp3 (format de compression le plus courant) ne présente pas la même qualité acoustique.

De nouvelles techniques de conversion permettent aujourd'hui d'obtenir des fichiers audio de taille suffisamment petite pour être stockés et partagés tout en garantissant une restitution du signal de haute qualité. On parle de conversion **haute résolution**.

(documents issus de *Hatier* – Enseignement scientifique)

1. Montrer qu'un morceau de 3 minutes numérisé en stéréo, échantillonné à 44,1 kHz avec une quantification de 16 bits sur chaque voie représente un fichier numérique d'environ 32 Mo.
2. Combien de fichiers de ce type peut-on stocker sur une carte SD de capacité 128 Go ?
3. Pourquoi est-il nécessaire de compresser les fichiers numériques ?
4. Que devient la taille du fichier de 32 Mo si on compresse le fichier en format MP3 avec un taux de compression de 90 % ? Combien peut-on alors mettre de morceau sur la carte SD ?