

# LE SON NUMERIQUE

## I) L'INFORMATION NUMERIQUE

Les ordinateurs fonctionnent en manipulant uniquement des 0 et des 1. Toutes les données manipulées (images ou sons) doivent donc être représentées par des 0 et des 1 : on parle de représentation binaire de l'information. **L'élément d'information représenté par un zéro ou un 1 est le bit.** Historiquement, on compte les bits par paquets de 8 bits appelés **octets**.

### **X Combien de nombres un ordinateur peut-il calculer avec un octet ?**

Regardons ce qu'on peut représenter avec un octet. Chaque bit peut prendre 2 valeurs, 0 ou 1. Avec 8 bits, on peut donc représenter beaucoup de nombres.

Décimal	0	1	2	42	143
Binaire	0	1	10	101010	10001111
Calcul	$0 \times 2^0$	$1 \times 2^0$	$1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$	(1)	(2)

$$(1) : 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 42$$

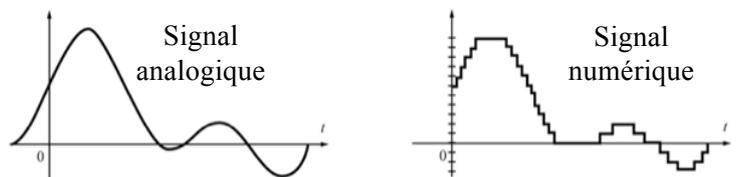
$$(2) : 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 143$$

- 1) Quelle est la valeur décimale de du nombre binaire 11011010 ?
- 2) Quel est (en binaire et en décimal) le nombre le plus grand que l'on peut représenter avec 8 bits (un octet) ? En déduire combien de nombres on peut représenter avec un octet (sur internet, c'est le nombre de couleurs possibles pour un pixel).

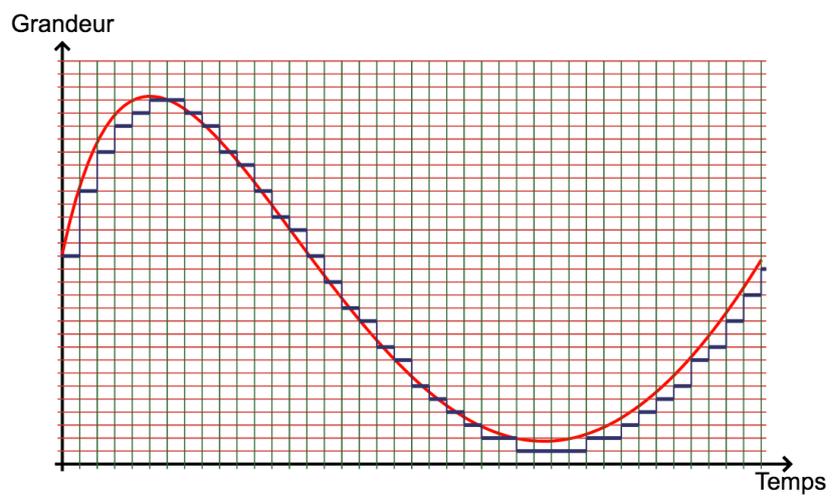
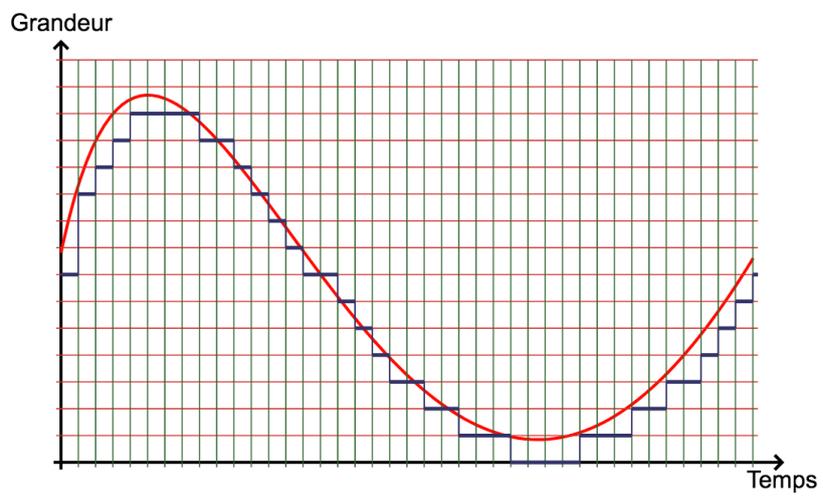
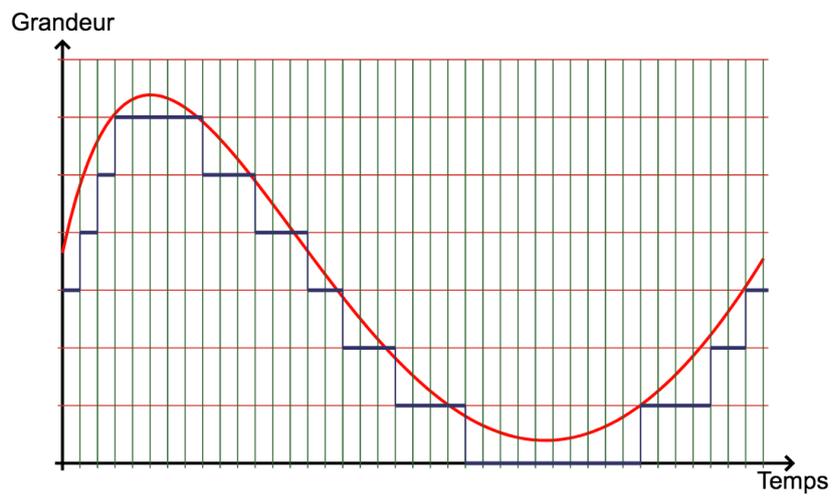
## II) NUMERISATION (QUANTIFICATION) DU SON

### **X Principe:**

Un son enregistré sur une cassette ou une piste magnétique est converti par le micro en signal électrique qui varie de manière continue : **il est analogique**. Une carte son d'ordinateur convertit ce signal sur un certain nombre de bits à intervalles de temps réguliers en données numériques binaires, **le signal est numérique**. L'intervalle de temps entre deux quantifications est appelé période d'échantillonnage  $T_e$ . On définit également la fréquence d'échantillonnage  $F_e = 1/T_e$  (nombre de quantifications par seconde).



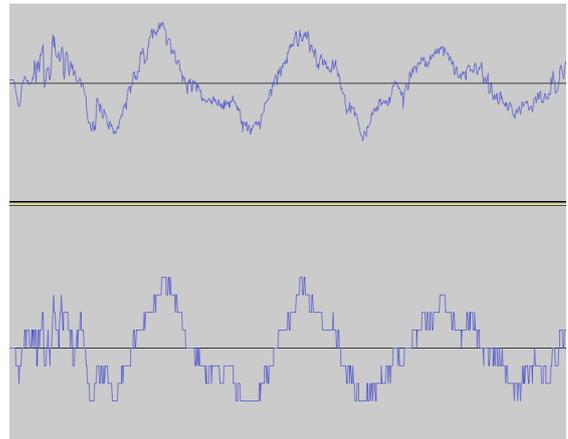
- 3) Sur combien de *niveaux de quantification* sont codés chacun des trois sons de la page suivante? A combien de bits cela correspond-il ?
- 4) Quelles sont les conditions pour qu'un signal numérisé soit le plus proche possible du signal analogique ? Quel est le principal inconvénient d'un signal numérisé très fidèle au signal analogique ?



## X MANIPULATION 1: LE BRUIT DE QUANTIFICATION

Téléchargez sur le bureau les extraits sonores **numerique.wav** (qui est codé en 16 bits), **numerique-6bits.wav** et **numerique-4bits.wav** (clic droit > ENREGISTRER).

- 6) Sur combien de niveaux est codé le son en 6 bits, et celui en 16 bits ?
  
- 7) Ecoutez les extraits codés en 16 bits, en 6 bits puis en 4 bits. Commentaires...



Zoom sur les extraits en 16 et 4 bits dans AUDACITY

## X MANIPULATION 2: FREQUENCE D'ECHANTILLONNAGE

L'électronicien américain *Shannon* a défini un critère sur la fréquence d'échantillonnage : **La fréquence d'échantillonnage Fe doit être au moins deux fois la fréquence du signal à numériser (ou quantifier).**



Dans AUDACITY, supprimez les pistes de l'expérience précédente, puis créez une nouvelle piste audio « mono » puis générez une sinusoïde à 1000 Hz. La fréquence d'échantillonnage est par défaut : 44 100 Hz.

Créez une nouvelle piste pour laquelle la fréquence d'échantillonnage est de 8000 Hz (modification en cliquant sur « PISTE AUDIO » à gauche de la piste). Puis générez à nouveau une sinusoïde de 1000 Hz.

Zoomez sur les signaux afin de visualiser trois périodes des sinusoïdes.

- 8) Comparez l'aspect des deux sinusoïdes, puis expliquez le risque d'un sous échantillonnage.
  
- 9) Comptez le nombre de quantifications pour une période de la deuxième sinusoïde. Est ce cohérent avec sa fréquence d'échantillonnage ?
  
- 10) L'oreille humaine entend les sons entre 20Hz et 20 000 Hz. Justifiez le choix de la valeur de la fréquence d'échantillonnage standard de 44 100 Hz.

### **X MANIPULATION 3: LE POIDS D'UN FICHER AUDIO**

L'extrait musical **numerique.wav** est au format standard non compressé stéréo (2 pistes), 16 bits et 44100Hz. Il dure trente secondes.

La formule permettant de connaître le poids théorique du fichier peut s'écrire :

**durée (secondes) \* taux d'échantillonnage \* 2 (stéréo) \* 2 (16 bits = 2 octets)**

11) Faites le calcul dans le cas du fichier **numerique.wav** et comparez à la valeur donnée par l'ordinateur.

### **III) TAUX DE COMPRESSION DU SON**

<b>Bitrate</b>	<b>Qualité</b>	<b>Compression</b>	<b>1 min de son occupe</b>	<b>Utilisation</b>
Référence	CD audio	Aucune	10,094MB	Toutes (chaîne Hifi, baladeur ou PC)
192 kb/s ou plus	CD audio convertée	1 :7 ou moins	1,373MB ou plus	Toutes (chaîne Hifi, baladeur ou PC)
128 kb/s	CD audio conservée (limite)	1 :11	0,915MB	Toutes (limité pour une bonne chaîne Hifi)
96 kb/s	Supportable	1 :15	703KB	PC ou baladeur
64 kb/s	Limite	1 :22	469KB	Baladeur
Moins de 64kb/s	Non supportable	1 :22 ou plus	Moins de 469KB	Non conseillé