

DE L'ANALOGIQUE AU 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 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 | 0×2^0 | 1×2^0 | $1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ | (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) Quel est 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) DE L'IMAGE ANALOGIQUE A L'IMAGE NUMERIQUE

X Niveaux de gris :

Lors d'une prise de photo en noir et blanc, le capteur mesure l'intensité lumineuse moyenne reçue par chaque pixel. Cette intensité lumineuse (grandeur analogique) est convertie par chaque pixel du capteur en une tension (grandeur analogique). Cette tension est ensuite quantifiée et numérisée en fonction du nombre de bits disponibles du C.A.N. (Convertisseur Analogique Numérique):



Une image en noir et blanc ne nécessite que deux niveaux de gris : le noir et le blanc. Chaque pixel est codé par un seul bit pouvant prendre 2 valeurs : 0 (noir) ou 1 (blanc). 0 1



2 bits permettent de coder $2^2 = 4$ niveaux de gris : 00 01 10 11



3 bits permettent de coder $2^3 = 8$ niveaux de gris

000 001 010 011 100 101 ? ?



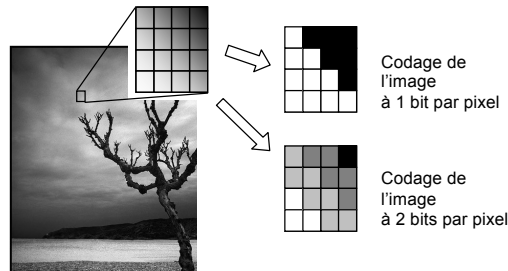
4 bits permettent de coder $2^4 = 16$ niveaux de gris

0000 0001 0010 ? 0100 0101 0110 0111 1000 1001 ...

↑ Figure 11 : nuances de gris

- 2) Donner le codage sur 3 bits du gris précédent le blanc et celui du blanc.

- 3) Donner le codage sur 4 bits de la 4^e nuance de gris en partant du noir (le noir est considéré comme une nuance de gris)



- 4) Un octet est une unité composée de 8 bits. Combien de nuances de gris peuvent être numérisées sur un octet ?

X Codage des couleurs: Dans les années 80, la définition colorimétrique des images était faible : 4 bits ($2^4=16$ couleurs possibles pour chaque pixel) puis 8 bits. Aujourd'hui, on est plutôt sur 16 bits pour le bas de gamme, la situation courante étant 24 bits.

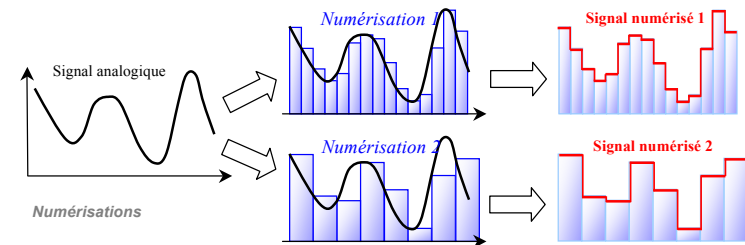
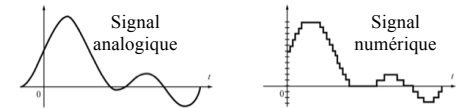
- 5) Calculer le nombre de couleurs possibles pour chaque pixel en 8bits, 16bits puis 24 bits.

- 6) Sachant que l'œil humain peut discerner jusqu'à 10 millions de couleurs. Laquelle de ces résolutions est la plus adaptée ? Quel sera son inconvénient ?

III) 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).



- 7) Le premier signal est codé sur 16 niveaux, le deuxième sur 8 niveaux possibles. A combien de bits cela correspond-il ?

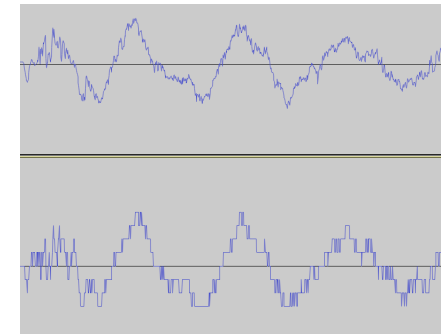
- 8) Que faut-il pour qu'un signal numérisé soit le plus proche possible du signal analogique ? Quel est le principal inconvénient d'un signal numérisé très fidèle au signal analogique ?

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).

- 9) Sur combien de niveaux est codé le son en 6 bits, et celui en 16 bits ?

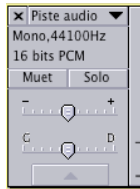
- 10) Ecoutez les extraits codés en 16 bits, en 6 bits puis en 4 bits. Commentaires...



Zoom sur les extraits en 16 et 4 bits dans AUDACITY

X Manipulation 2: Fréquence d'échantillonnage

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.

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

- 12) Comparez l'aspect des deux sinusoïdes, puis expliquez le risque d'un sous échantillonnage.
- 13) Téléchargez le dernier extrait sonore (4410Hz) et écoutez son influence sur la qualité du son.
- 14) Comptez le nombre de quantifications sur une période de la deuxième sinusoïde. Est ce cohérent avec sa fréquence d'échantillonnage ?
- 15) 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 fichier 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)

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