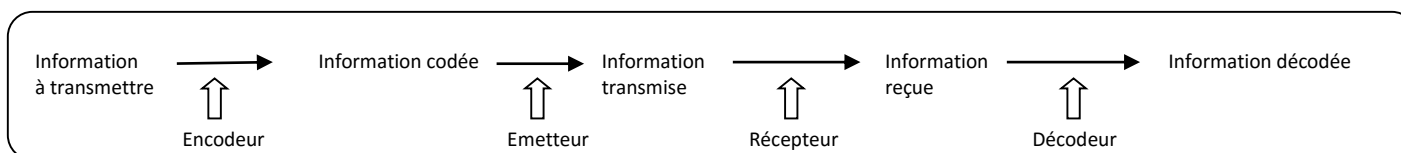


I. Transmission d'une information.

1. La chaîne de transmission.



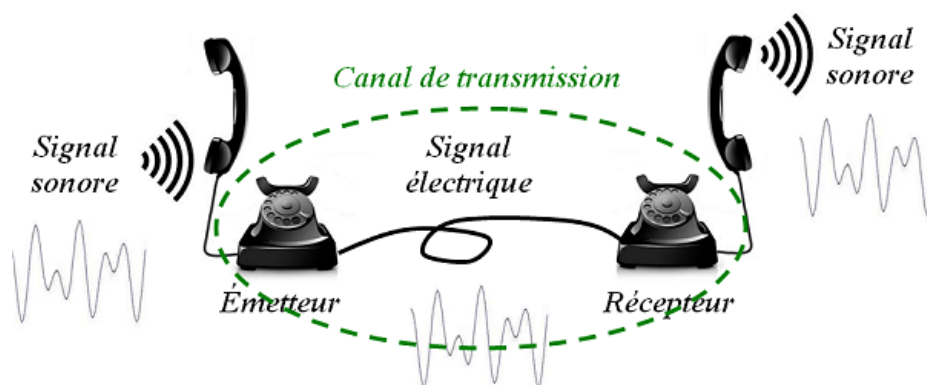
2. Transmission d'un signal numérique.

Un signal analogique est encodé par un langage binaire (0-1) puis est décodé en signal analogique. En effet, par exemple dans le cas des sons, l'oreille humaine n'est pas capable de comprendre un signal numérique.

Citer des exemples de la vie courante de systèmes utilisant un encodeur et décodeur numérique.

- Téléphonie mobile.
- TNT

3. Exemple de transmission d'un signal analogique.



Identifier les différentes parties de la chaîne de transmission modélisant la transmission de ce signal téléphonique.

Réponses :

- Encodeur : Microphone du combiné téléphonique de l'appelant.
- Emetteur : Poste téléphonique de l'appelant.
- Récepteur : Poste téléphonique de l'appelé.
- Décodeur : Microphone du combiné téléphonique de l'appelé.

## II. Conversion d'un signal analogique en signal numérique.

### 1. Le codage binaire.

Un système numérique peut fournir deux niveaux de tension électrique différents :

- un niveau haut noté 1.
- Un niveau bas noté 0.

**Un bit** est la plus petite unité d'information numérique.

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  $2^4 = 16$  valeurs  
 Avec **n** bits, on peut écrire  $2^n$  valeurs

**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
<b>Octet =</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>somme de:</b>	<b>1 x 128</b>	<b>0 x 64</b>	<b>1 x 32</b>	<b>1 x 16</b>	<b>0 x 8</b>	<b>0 x 4</b>	<b>1 x 2</b>	<b>0 x 1</b>

Ici **10110010** =  $1 \times 128 + 0 \times 64 + 1 \times 32 + 1 \times 16 + 0 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 = 178$   
 Cette valeur (178) peut correspondre par exemple à un niveau de couleur.

**Un octet** correspond à 8 bit.

Il existe des multiples d'octets      1ko :  $10^3$  octets                      1 Mo =  $10^6$  octets                      1 Go =  $10^9$  octets

Bizarrie de notation informatique

L'énoncé du bac Polynésie 2013 confond 1 Mo avec 1 Mio (mébioctet) :  
 1Mio =  $2^{20}$  octets =  $1,049 \times 10^6$  octets alors que 1 Mo =  $10^6$  octets.  
 Ils ont considérés pour la suite que 1 Mo = 1 Mio.

A l'origine 1 ko =  $2^{10}$  octets et 1 Mo =  $2^{20}$  octets ce qui entraînait des confusions.  
 1Ko = 1024 octets et non 1 ko =  $10^3$  octets (noter la subtile différence entre le grand K et le petit k)  
 d'où en 1998 l'apparition d'une "norme" qui différencie les puissances de 10 et les puissances de 2 avec  
 l'apparition des kio (kibiocet pour kilo binaire d'octets), Mio (mébioctet) qui représentent  $2^{20}$  octets,  
 le ko représente alors  $10^3$  octets et le Mo,  $10^6$  octets.

Cette "norme" n'est pratiquement pas employée d'où le maintien de la confusion.

**Exemples de quantifications :**

Avec une quantification de 16 bit (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 ?

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

**Réponses :**

On dispose de  $2^{16} = 65536$  valeurs pour traduire l'amplitude du signal dans chaque échantillon.

On dispose de  $2^8 = 256$  valeurs seulement pour traduire l'amplitude du signal dans chaque échantillon.

***Plus la quantification est grande, plus l'amplitude du signal numérique sera proche de celle du signal analogique.***

Ordres de grandeurs :

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

2. Codage d'image numérique.

2.1. Principe du codage d'une image en noir et blanc.

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. :

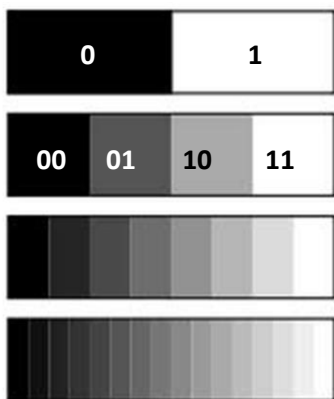


Figure 1 : nuances de gris

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

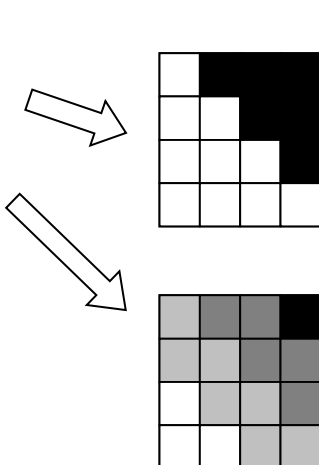
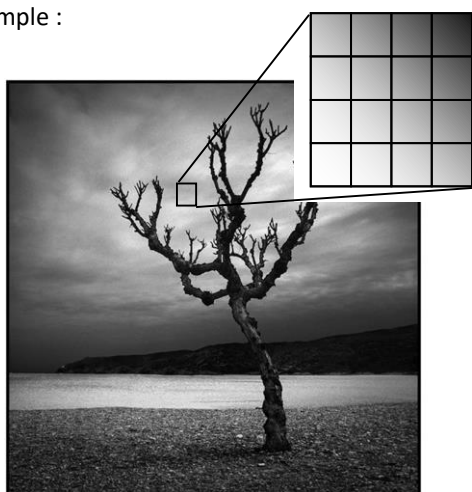
00	01	10	11
----	----	----	----

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

Exemple :



Codage de l'image à 1 bit / pixel  
( $2^1 = 2$  nuances possibles)

Codage de l'image à 2 bits / pixel  
( $2^2 = 4$  nuances possibles)

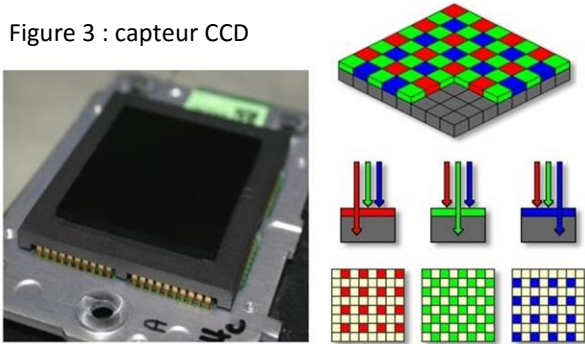
Figure 2 : restitution d'un codage

La valeur numérique codant l'intensité lumineuse ainsi que celles codant la position du pixel sur la matrice sont stockées dans la mémoire de l'appareil.

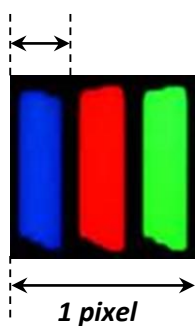
2.2. Le principe du codage RVB d'une image en couleurs.

Pour restituer toutes les couleurs d'une image on utilise la synthèse additive des couleurs avec les trois couleurs primaires lumières : le rouge (R), le vert (V) et le bleu (B).

Figure 3 : capteur CCD



1 cellule



1 pixel

Figure 14 : écran LCD



Lors de la capture d'une image, on récupère l'intensité lumineuse des trois couleurs primaires lumières grâce à des cellules photoélectriques sensibles à l'une des trois couleurs et disposées régulièrement sur la matrice du capteur.

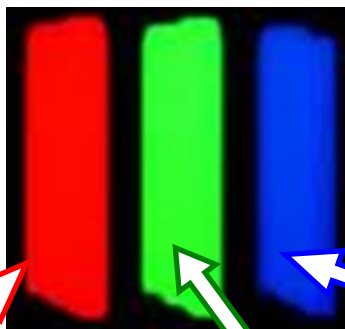
Lors de l'affichage d'une image couleur numérique sur un écran, ce dernier allume totalement ou partiellement chaque cellule (ou sous-pixel) d'un pixel, et ceci pour tous les pixels présents sur l'écran. Chaque cellule reçoit donc une information dédiée.

Pour réussir à quantifier de manière convenable (sans trop de perte par rapport à la donnée analogique tout en utilisant une mémoire raisonnable) la couleur d'un pixel (composé de 3 sous-pixels ou cellules) on utilise le plus souvent 3 octets, soit  $3 \times 8 = 24$  bits.

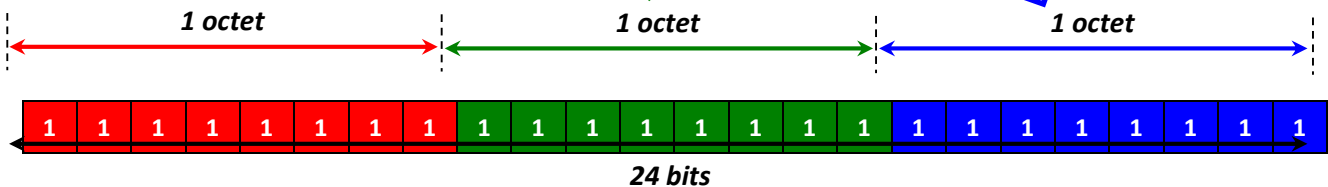
On parle alors du codage **RVB 24 bits**.

Décimal	Binaire
0	00000000
1	00000001
2	00000010
3	00000011
4	00000100
...	...
255	11111111

Figure 15 : Codage RVB



- A chaque cellule correspond un octet.
- Pour chaque cellule on peut alors avoir :  $2^8 = 256$  nuances différentes
- Ainsi, pour chaque pixel, on peut avoir :  $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$  couleurs possibles



Le code RVB du pixel en exemple ci-dessus est donc : **R255 V255 B255**.  
Les trois cellules sont allumées au maximum de leur intensité.

Questions :

- a. Convertir la valeur 12 en binaire.
- b. Quelle est la particularité d'un pixel gris ?
- c. Le code RVB d'un pixel est R253 V12 B5. Donner le code binaire de ce pixel.

A noter :

La **définition d'une image** correspond au **nombre de pixels** qui la composent. Ainsi, la définition de l'image ci-contre (en haut) est :  $9 \times 6 = 54$  pixels.

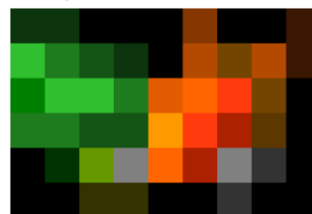
La **taille d'une image** est la **place nécessaire au stockage** de l'image. En codage RVB 24 bits, chaque pixel utilise 3 octets (soit  $3 \times 8 = 24$  bits) L'image de 54 pixels aura donc une taille de :

$$54 \times 3 = 162 \text{ octets} = 0,16 \text{ Ko}$$
$$(\text{ou } 54 \times 24 = 1296 \text{ bits})$$

Question :

L'image du bas codée en RVB 24 bits est composée de 1920 pixels sur 1080. Déterminer sa taille en Mo.

↓ **Figure 16 : définition**



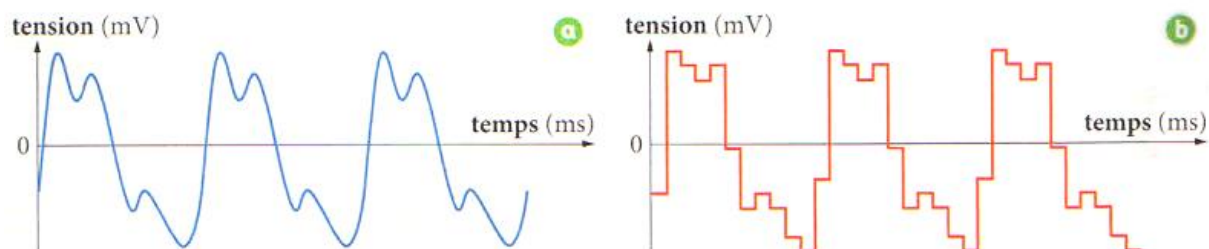
### III. Conversion d'un signal analogique en signal numérique.

#### 1. Analogique ou numérique ?

Comment reconnaître un signal analogique ou un signal numérique ?

Signal (a) : son capté par un microphone directement relié à un oscilloscope.

Signal (b) : son capté par un microphone relié à une carte son (d'acquisition) d'un ordinateur.



Source : Nathan TS 2012

Un signal est une grandeur physique qui transmet de l'information.

- Quelle est ici la grandeur physique transmettant l'information ?
- Quelle définition attribuer à un signal analogique et à un signal numérique ?
  - Informations transmises sous la forme de variations continues d'une grandeur physique.
  - Informations transmises sous la forme de valeurs discrètes d'une grandeur physique.

Valeur discrète : variable aléatoire  $X$  prenant un nombre de **valeurs** fini ou dénombrable.

- Quel signal est analogique, numérique ?
- Le signal numérique est-il plus ou moins précis que le signal analogique ?
- Pourquoi utilise-t-on de plus en plus de signaux numériques ?

#### Réponses

- La grandeur transmettant l'information est la tension.
- Un signal analogique correspond à des informations transmises sous la forme de variations **continues** d'une grandeur physique.
- Un signal numérique correspond à des informations transmises sous la forme de valeurs discrètes d'une grandeur physique.
- Le signal (a) est analogique (variations continues). Le signal (b) est numérique (valeurs discrètes).
- Le signal numérique est moins précis que le signal analogique. (sans parler des compressions de données). Il est moins « riche » en informations qu'un signal analogique.
- On utilise les signaux numériques car :
  - Le signal numérique est beaucoup moins sensible aux parasites ou au bruit.
  - Sa transmission est plus fidèle.
  - Ces signaux sont également plus faciles à corriger quand il y a des erreurs dans la transmission.

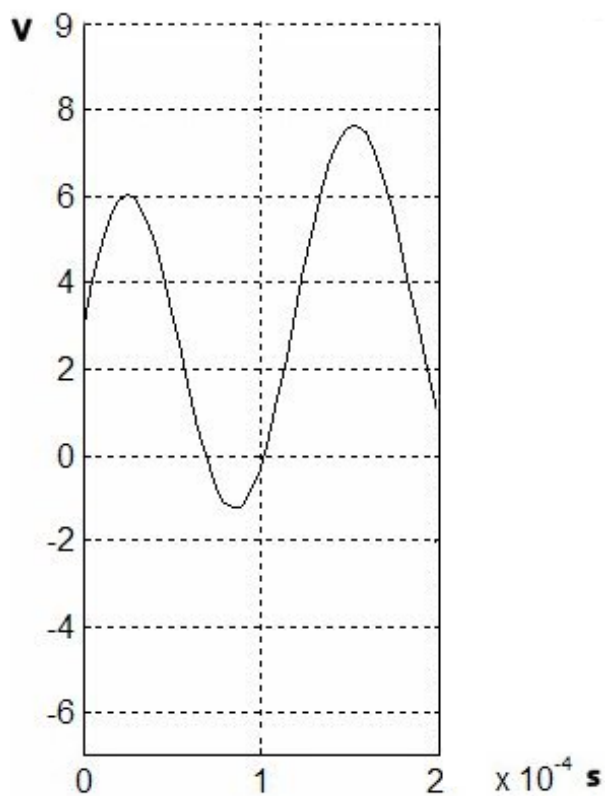
Parfois un signal numérique peut ressembler à un signal analogique du fait de l'existence d'un « bruit » venant modifier le signal.

2. Conversion d'un signal analogique en signal numérique.

Un Convertisseur Analogique Numérique (CAN) d'une carte d'acquisition réalise la conversion d'un signal analogique en signal numérique.

Il est indiqué sur le CAN que nous allons étudier 8 bits,  $f_e = 40$  kHz, calibre -7 V ; +9 V.

Nous allons convertir manuellement le signal analogique représenté ci-dessous en un signal numérique.





Pour cela, nous allons tenir compte de certains paramètres influençant la numérisation :

- **L'échantillonnage** qui est défini par la **période de résolution  $T_e$**  (ou la **fréquence d'échantillonnage  $f_e$** )  
 Dans notre cas, nous avons une fréquence  $f_e = 40 \text{ kHz}$  avec  $T_e = \frac{1}{f_e} = \frac{1}{40000} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ s}$ .

Remarque : la fréquence d'échantillonnage doit être au minimum égale au double de la fréquence du signal étudié)

- **La résolution** du convertisseur définie par le **pas  $p$** .  
 Le pas  $p$  dépend du **nombre de bits** du convertisseur.  
 Dans notre cas, nous avons un CAN à 4 bits.  
 Il y a donc  $2^4$  combinaisons de valeurs discrètes de tension possibles.  
 Le pas est égal à  $p = \frac{\text{plage de mesure}}{2^n} = \frac{9 - (-7)}{2^4} = \frac{16}{16} = 1 \text{ V}$ .

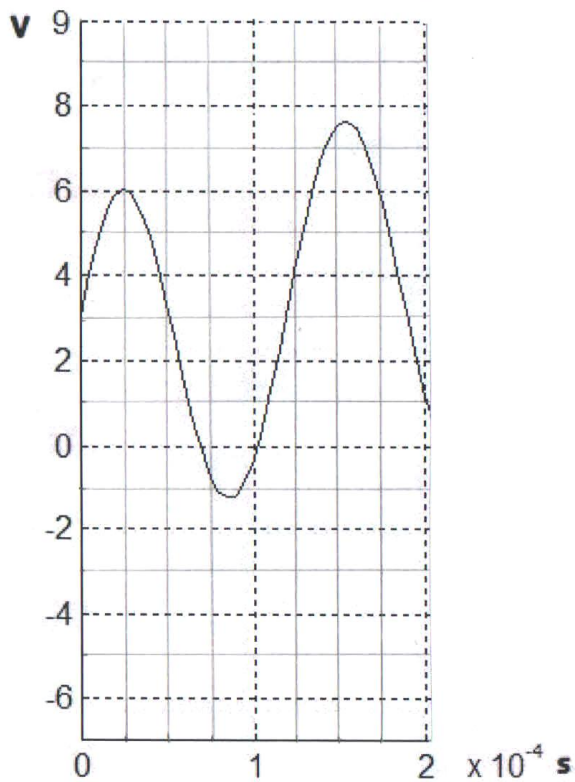
Les trois étapes de la numérisation du signal sont :

- L'échantillonnage ( $T_e$ ) : Prélèvement de valeur du signal analogique à des intervalles de temps définis par la période d'échantillonnage.
- La quantification (pas) : Remplacement d'une valeur du signal numérique par la valeur permise (multiple entier du pas) la plus proche.
- Le codage : La valeur discrète de tension est codée en une valeur binaire.  
 (Ex :  $-7 \text{ V} \rightarrow 0000$  ou  $+9 \text{ V} \rightarrow 1111$ )  
 Les valeurs intermédiaires  $-6 \text{ V}, -5 \text{ V}, -4 \text{ V}, -3 \text{ V}, -2 \text{ V} \dots$  sont codées ainsi  $0001, 0010, 0011, 0100, 0101 \dots$

Voici la description du début de la conversion manuelle :

Dans un premier temps, il faut noter sur l'axe des abscisses les différentes dates auxquelles, l'échantillonnage sera effectué.

Dans un deuxième temps, il faut tracer sur l'axe des ordonnées les différentes valeurs permises qui seront utilisées lors de la quantification.

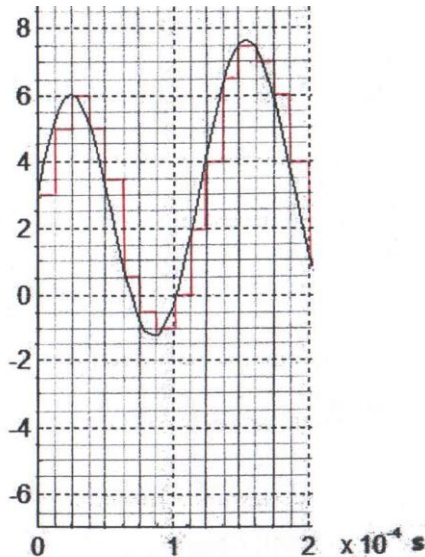


### Règles à suivre :

Sur une période d'échantillonnage  $T_e = 2,5 \times 10^{-5}$ s, tracer un trait horizontale au niveau de la valeur permise la plus proche de la courbe.

Tracer ensuite un trait vertical jusqu'à la valeur permise la plus proche de la valeur sur le signal analogique.

Poursuivre ensuite avec la même méthode.



### 3. Influence de fréquence d'échantillonnage sur la mémoire occupée par le fichier.

À partir de la durée  $\Delta t$  de l'enregistrement et de la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  (nombre d'échantillons par seconde), on peut déterminer le nombre d'échantillons  $n_e$  :  $n_e = f_e \cdot \Delta t$   
sans unité    Hz    s

De plus, chaque échantillon peut prendre un nombre de valeurs déterminées par la relation

$$n \text{ bits} = 2^n \text{ valeurs}$$

Par exemple : Un échantillon numérisé sur 8 bits peut prendre  $2^8$  soit 256 valeurs.

#### Exemple de calcul de la place occupée sur un CD : (Amérique du Sud 2013)

Dans le cas d'un CD audio, la numérisation se fait sur  $2 \times 16$  bits (stéréo) avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz. Quelle est, en Mio, la place théorique occupée sur un CD par une minute de musique non compressée ? 1 octet = 8 bits ; 1 Mio =  $2^{20}$  octets

Réponse :

Dans un premier temps, on détermine la place occupée par un échantillon numérisé en  $2 \times 16$  bits.

$$\text{Soit } \frac{2 \times 16}{8} = 4 \text{ octets.}$$

Dans un second temps, on détermine la place occupée par 1 min (60 s) de musique numérisée avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz.

La place occupée en octet est donc égale à  $4 \times f_e \times \Delta t = 4 \times 44,1 \times 10^3 \times 60 = 10,6 \times 10^6$  octets.

$$\text{Soit en Mio : } \frac{10,6 \times 10^6}{2^{20}} = 10,1 \text{ Moi.}$$