

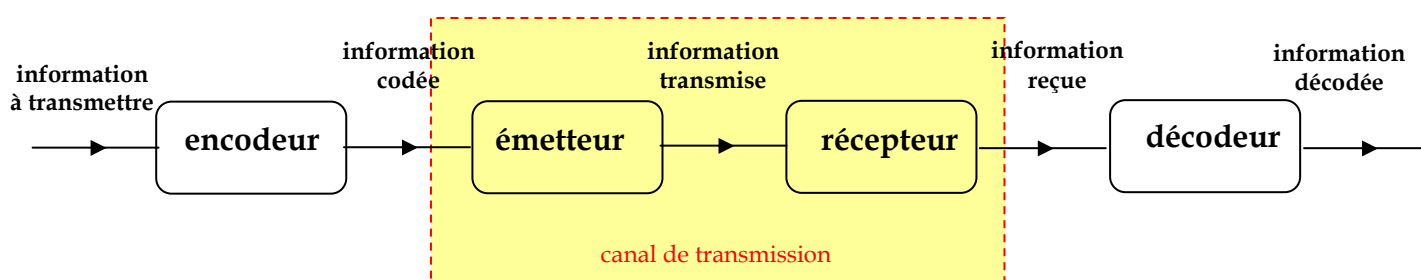
Numérisation de l'information

Une information est un élément de connaissance codé à l'aide de règles communes à un ensemble d'utilisateurs. Le langage, l'écriture sont des exemples de ces règles.

1 - Comment les informations sont-elles transmises ?

1.1 - Chaînes de transmission

La **chaîne de transmission** d'informations est l'ensemble des éléments permettant de transférer de l'information d'un lieu à un autre. On appelle **canal de transmission** le dispositif par lequel les informations sont transmises de l'émetteur au récepteur.



Suivant le milieu de transmission, les signaux sont de nature et/ou de fréquence différentes,

- dans l'atmosphère : son, ultrasons, ondes électromagnétiques
- dans les câbles électriques : signaux électriques
- dans les fibres « optiques » : onde électromagnétique (lumière visible, IR, etc.)

1.2 - Evolution des chaînes de transmission d'information

Les techniques de transmission se sont développées au milieu du XX^{ème} siècle avec l'avènement de l'électronique. On peut souligner plusieurs évolutions notables,

- Le passage de l'électricité à l'électronique a permis la miniaturisation des dispositifs
- Le développement de l'informatique a permis de coder tous les types d'informations (sonores, vidéos, textes, etc.) et de les transmettre par les mêmes procédures et les mêmes réseaux
- Le passage du fil de cuivre à la fibre optique a permis d'améliorer la qualité et le débit des transmissions
- La téléphonie mobile, le Wi-Fi, le Bluetooth ont permis de s'affranchir des liaisons filaires.

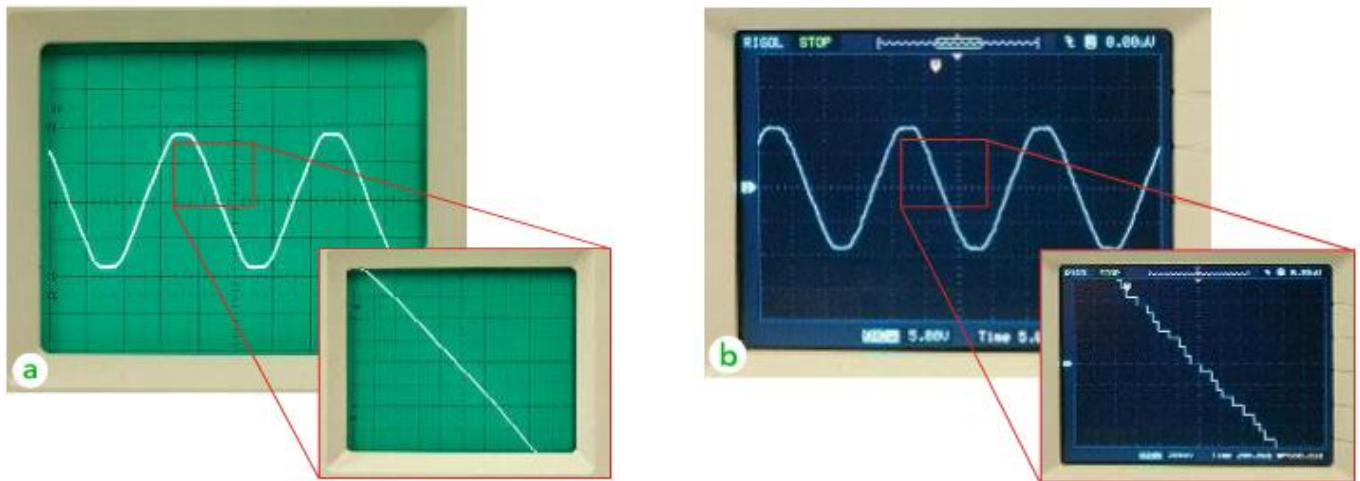
<http://www.submarinecablemap.com/>

2 - Qu'est-ce qu'un signal numérique ?

2.1 - Signaux analogiques et signaux numériques

Les grandeurs analogiques sont particulièrement bien adaptées à la description du monde qui nous entoure. Ces grandeurs varient de manière continue en fonction du temps : l'intensité de la voix, la pression atmosphérique, la température en un lieu donné, etc. sont de ces grandeurs analogiques.

Ces grandeurs sont converties en signaux électriques par des capteurs (microphones, pressiomètres, thermomètres, etc.). Ces signaux sont parfois analogiques, parfois numériques (ils varient par paliers).



Les systèmes de mesure analogique sont progressivement remplacés par des systèmes d'acquisition numérique. Le stockage, la duplication et le transport sont plus fiables si les signaux sont numériques.

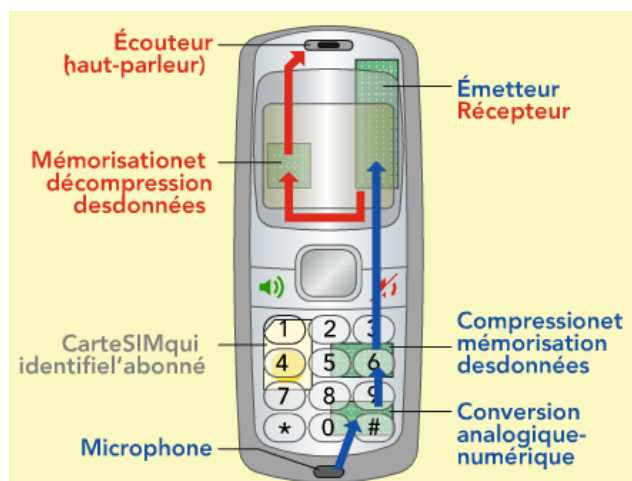
Les ordinateurs ne traitent (en interne) que des signaux numériques.



Lors d'un appel téléphonique, le microphone d'un téléphone analogique convertit les signaux sonores en signaux électriques. Ces signaux varient de façon continue au cours du temps. Une ligne filaire (la ligne téléphonique) achemine ces signaux électriques jusqu'à un autre téléphone analogique. Le haut-parleur de ce téléphone convertit les signaux électriques en signaux sonores identiques à ceux émis initialement.

Lors d'un appel téléphonique, le son de la voix est capté par le microphone du téléphone qui le transforme en signal électrique analogique. Ce signal est numérisé, c'est-à-dire transformé en valeurs discrètes, et transporté par des ondes électromagnétiques jusqu'aux antennes-relais des opérateurs.

Une fois réceptionné par un autre mobile, le signal subit la transformation inverse jusqu'à la restitution de la conversation. Ces opérations successives sont si rapides qu'elles semblent instantanées à l'utilisateur.



2.2 - Le codage binaire

Un système numérique, comme un ordinateur, est composé de circuits électroniques. Chacun d'eux peut fournir deux niveaux de tension électrique : une tension basse codée 0 et une tension haute codée 1 – on parle de langage binaire.

Un bit est la plus petite unité d'information numérique ; il ne peut prendre que deux valeurs : 0 ou 1. Tout nombre décimal peut être codé en information binaire. Par exemple, l'ensemble des entiers de 0 à 256 peut être codé sur 8 bits, comme nous le verrons plus tard.

2.3 – De l'analogique au numérique

Un signal analogique peut être numérisé par un convertisseur analogique-numérique ou CAN.

2.3.1 – Résolution du convertisseur

La plus petite variation de tension analogique que peut repérer un convertisseur est appelée **résolution** ou **pas** du convertisseur. Cette résolution dépend du nombre de bits du convertisseur, ainsi que de son calibre ; elle s'exprime en volts.

Le **calibre** définit l'intervalle des valeurs mesurables de la tension analogique à numériser ; la largeur de cet intervalle est appelée **plage de mesure**.

Le pas p d'un convertisseur dépend de son nombre de bits n et de sa plage de mesure,

$$p = \frac{\text{plage de mesure}}{2^n}$$

La résolution ou pas d'un convertisseur fixe les valeurs que pourra prendre la tension numérisée. Ces valeurs sont des multiples entiers du pas.

Calibre (V)	Plage de mesure (V)	Pas (mV)
-10; +10	20	≈ 4,9
-5; +5	10	≈ 2,4
-1; +1	2	≈ 0,49
-0,2; +0,2	0,4	≈ 0,098
0; +5	5	≈ 1,2

2.3.2 – Numérisation du signal

Toute conversion analogique-numérique comporte trois étapes.

a) Echantillonnage

Le convertisseur prélève des échantillons de signal analogique à intervalles de temps T_e égaux appelés périodes d'échantillonnage. La fréquence d'échantillonnage f_e est le nombre de prélèvements effectués par seconde,

$$f_e = \frac{1}{T_e}$$

La fréquence d'échantillonnage est réglable, mais ne peut dépasser la valeur maximale indiquée par le constructeur.

Centrale d'acquisition multifonctions rapide



- Connexion sur l'ordinateur via bus USB 2.0 High Speed (480 Mbit/s).
- Étage d'entrée analogique à 4 convertisseurs 12 bits, 10 MHz.
- Calibres d'entrées ± 10 V, ± 5 V, ± 1 V et $\pm 0,2$ V.

La centrale Sysam-SP5 a une fréquence d'échantillonnage maximale de 10 Mhz : elle peut effectuer jusqu'à 10 millions de prélèvements par seconde. Le codage des signaux se fait sur 12 bits : selon le calibre utilisé (choisi automatiquement par la centrale), la résolution est variable.

Calibre	Plage de mesure	Résolution
[-10 ; +10V]	20 V	0,3 mV
[-5 ; +5V]	10 V	0,15 mV
[-1 ; +1V]	2 V	30 μ V
[-0,2 ; +0,2V]	0,4 V	6 μ V

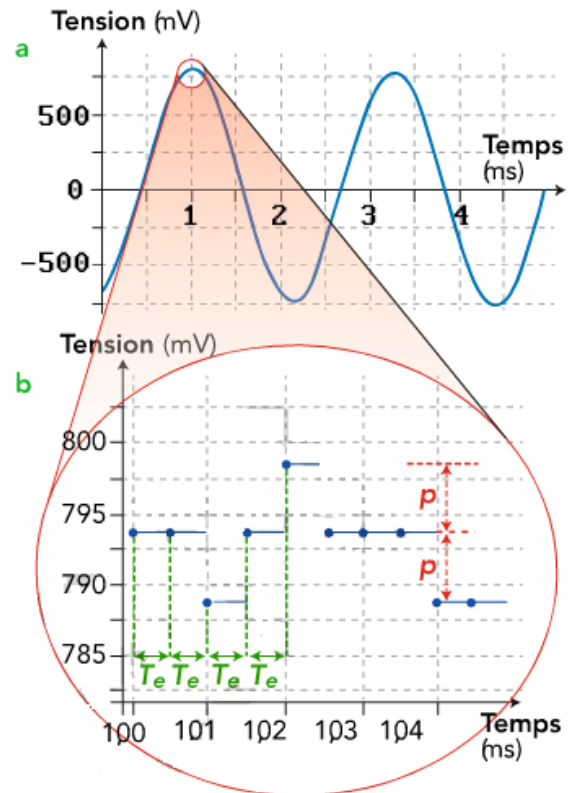
b) Quantification

La valeur de l'échantillon prélevé est comparée à l'ensemble des valeurs (multiples entiers du pas) permises par la résolution du convertisseur ; elle est remplacée par la valeur permise la plus proche.

c) Codage

La valeur permise est codée par un nombre binaire.

La qualité de la conversion (sa fidélité) est d'autant plus grande que le pas du convertisseur est petit et que sa fréquence d'échantillonnage est élevée.



3 - Quelles sont les caractéristiques d'une image numérique ?

Prenons l'exemple d'un télescope spatial : les images qu'il obtient sont envoyées sur Terre sous forme de données binaires que les ordinateurs des Observatoires interprètent.

Une image numérique peut être affichée sur un écran plat comme ceux des téléphones portables. Un tel écran est divisé en pixels ; chacun de ces pixels est divisé en sous-pixels colorés en rouge, vert et bleu. Ainsi, l'image est pixellisée.

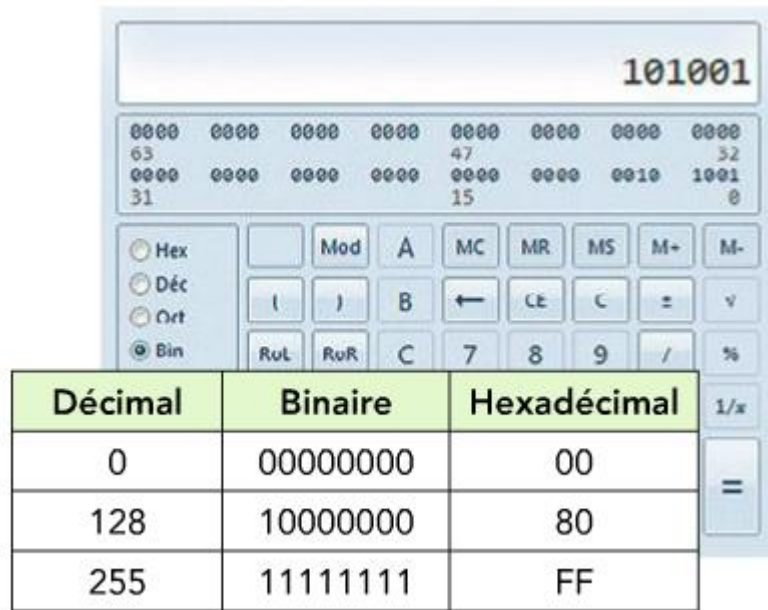
3.1 - Codage du pixel en couleur

Parmi les différents types de codages, le codage RVB 24 bits est le plus utilisé. Chaque sous-pixel est codé sur un octet, constitué d'une séquence de 8 bits ; chaque bit ne pouvant prendre que deux valeurs (0 ou 1), la valeur de l'octet est comprise entre 00000000 et 11111111 : en numération décimale, un octet peut donc prendre toutes les valeurs entières comprises entre 0 et 255.

$$\begin{aligned}
 &1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^7 \\
 &= 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 \\
 &= 255
 \end{aligned}$$

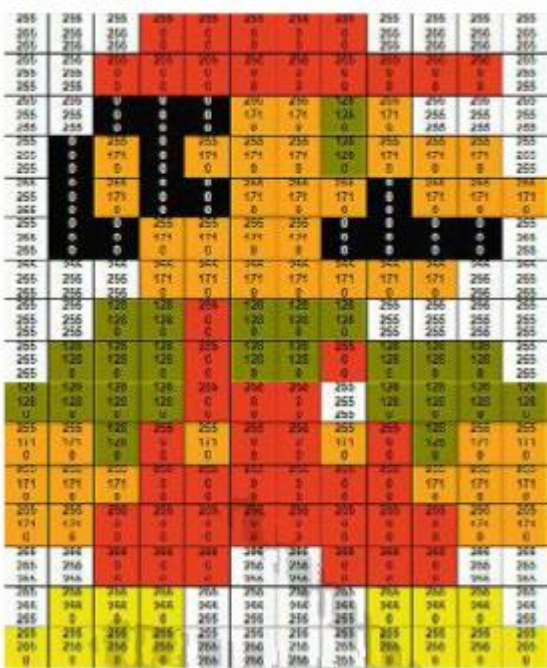
R								V								B							
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
1 octet								1 octet								1 octet							
24 bits																							

Pour réduire la longueur de l'écriture des codages, on utilise aussi l'écriture hexadécimale (base 16). On passe de l'une à l'autre des écritures à l'aide de tableurs ou d'appliquettes.



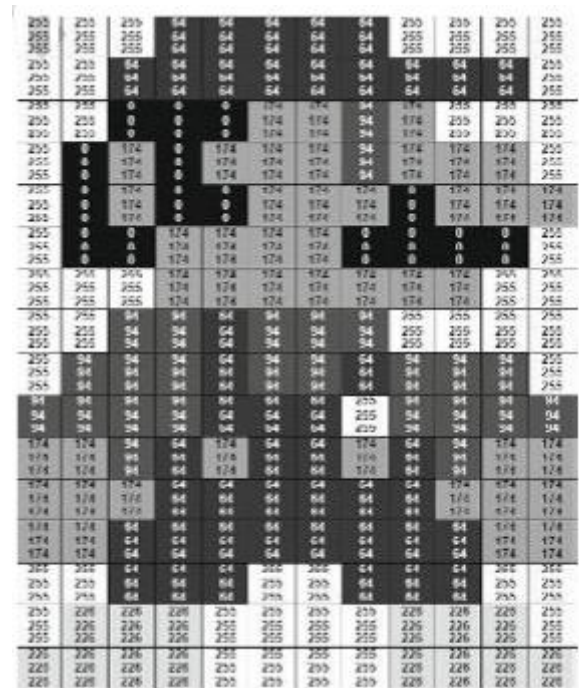
La couleur de la lumière colorée émise par chaque sous-pixel peut ainsi être décomposée en 256 nuances différentes, ce qui représente $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$ couleurs soit environ 16 millions de couleurs. Le mode 32 bits permet d'atteindre près de 4 milliards de couleurs ! Chaque pixel d'une image peut ainsi être codé.

En codage RVB 24 bits, il est également possible 256 nuances de gris en associant la même valeur à tous les sous-pixels.



Chaque pixel est codé par 3 nombres.

R	0	255	128	255	255	255
V	0	0	128	171	255	255
B	0	0	0	0	0	255



Codage de la même image en niveaux de gris

R	0	64	94	174	226	255
V	0	64	94	174	226	255
B	0	64	94	174	226	255

3.2 - Définition et taille d'une image

La **définition** correspond au nombre de pixels qui la constituent. Ainsi, une image à 640×480 comporte $640 \times 480 = 307\,200$ pixels.

La **taille** de cette image est la place qu'occupe le codage de tous les pixels qui la constituent. Elle s'exprime en octets et est donnée par la relation

$$\text{taille} = \text{nb octet par pixel} \times \text{définition}$$

Par exemple, si l'image précédente est codée en 24 bits (soit 3 octets), sa taille est de $3 \times 640 \times 480 = 921\,600$ octets.

En niveaux de gris, un pixel peut être codé par un seul octet et dans ce cas, la taille de l'image serait de $1 \times 640 \times 480 = 307\,200$ octets.

En réalité, la taille du fichier correspondant est légèrement supérieure, car quelques octets supplémentaires sont utilisés pour coder ses caractéristiques : format, nombre de lignes, de colonnes, nom du fichier, etc.

Les préfixes « kilo », « méga », « giga » placé devant une unité multiplient cette dernière par une puissance de 10. Or, en informatique, on utilise les puissances de 2 : ainsi, un kibioctet correspond à $2^{10} = 1\,024$ octets et son symbole est Kio ; le mébioctet (Mio) représente $2^{20} = 1\,048\,576$ octets.

La taille de l'image couleur ci-dessus est donc de $921\,600 / 1\,024 = 900$ Kio

Par abus de langage, le kibioctet est encore très souvent assimilé au kilo-octet (Ko). Pourtant, ces deux quantités sont différentes,

$$1 \text{ Ko} = 1\,000 \text{ octets} \neq 1 \text{ Kio} = 1\,024 \text{ octets}$$