

## PARTIE III : AGIR

- Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations.
- Recueillir et exploiter des informations concernant des éléments de chaînes de transmission d'informations et leur évolution récente.
- Associer un tableau de nombres à une image numérique.
- Mettre en oeuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numériques par exemple) pour étudier un phénomène optique.
- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.
- Mettre en oeuvre un protocole expérimental utilisant un échantillonneur-bloqueur et/ou un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore par exemple).

### Chapitre 20

#### Numérisation de l'information

## I. Nature d'un signal

### I.1 Qu'est ce qu'un signal ?

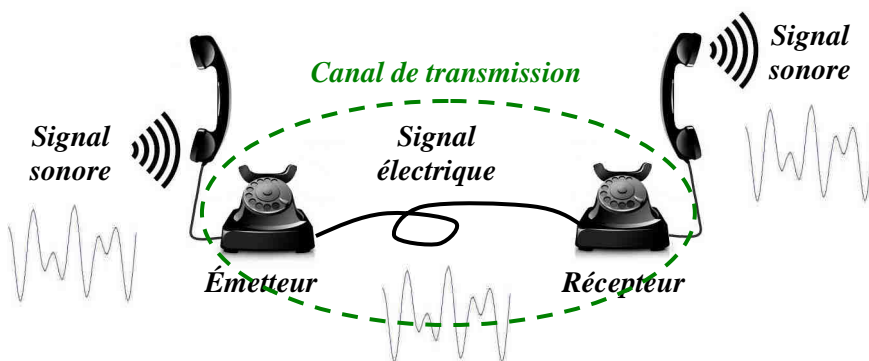
Un signal est une représentation physique d'une information (température, heure, pression...).

Pour transmettre un signal d'un lieu à un autre on utilise une **chaîne de transmission** composée :

- d'un encodeur
- d'un canal de transmission (émetteur, milieu de transmission, récepteur)
- d'un décodeur

Exemple :

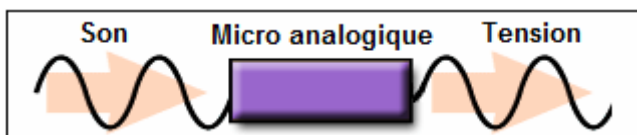
↓ Figure 1 : Chaîne de transmission



Lors d'un appel téléphonique :

1. Le micro (**encodeur**) d'un téléphone analogique convertit le signal sonore en signal électrique.
2. Une ligne téléphonique (ligne filaire) achemine le signal électrique vers un autre téléphone analogique.
3. Le haut parleur (**décodeur**) de ce dernier téléphone convertit le signal électrique en signal sonore.

Dans cet exemple, le signal sonore émis, le signal reçu, ainsi que le signal électrique circulant dans le fil sont des signaux analogiques car ils varient de façon continue dans le temps.



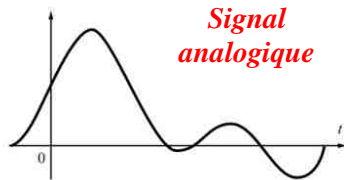
Le son est une variation de pression continue dans le temps. Le signal électrique fabriqué par le micro varie aussi de manière continue.

⇐ Figure 2

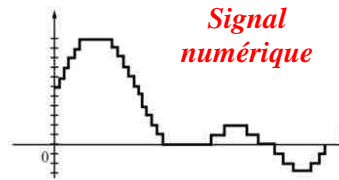
## I.2 Signal analogique et signal numérique ?

### Définitions :

- Un signal analogique varie de façon continue en fonction du temps.
- Un signal numérique varie de façon discrète au cours du temps, c'est-à-dire par palier.



Signal analogique



Signal numérique

### Exemples :

#### Enregistrement analogique :

Lorsqu'un chanteur chante dans un micro, ce dernier convertit le signal sonore analogique en une tension électrique analogique.

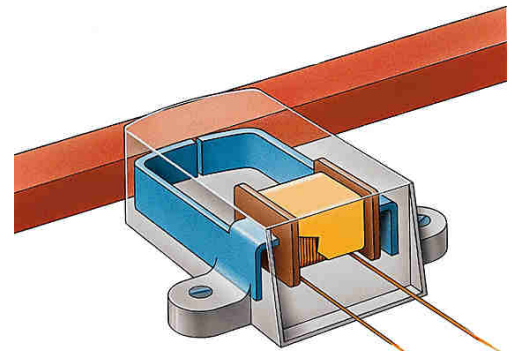
Le magnétophone sur lequel est branché le micro reçoit ce signal électrique et l'amplifie. Ce signal est ensuite envoyé à une bobine montée sur une bague métallique (tête d'enregistrement) à conduction magnétique. Le champ magnétique fabriqué varie alors au rythme du signal électrique qui alimente la bobine.

La bague métallique possède une fente extrêmement fine appelée entrefer et large de 3 à 6  $\mu\text{m}$  par laquelle le champ magnétique s'échappe.

C'est également devant cet entrefer que la bande magnétique de la cassette audio vierge passe à vitesse constante en subissant le champ magnétique de la tête d'enregistrement. Les minuscules particules (en forme d'aiguille) de la bande magnétique s'orientent en fonction de la valeur du champ magnétique. Elles conservent ainsi sur la bande ce qui leur a été transmis par la tête d'enregistrement à leur passage.



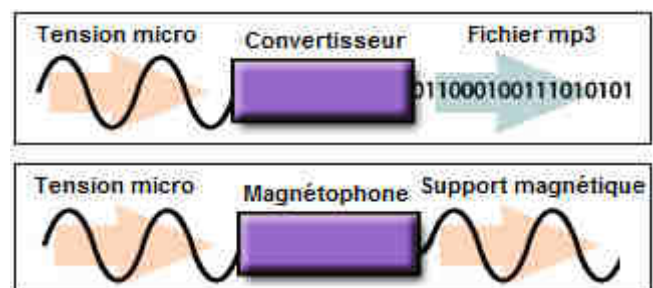
↑ Figure 3 : Cassettes



↑ Figure 4 : Tête d'enregistrement

#### Enregistrement numérique :

Si le même chanteur enregistre son chant sur un ordinateur via un microphone, l'ordinateur convertit le signal électrique en un signal numérique qui sera stocké sous la forme d'un fichier audio numérique.



↑ Figure 5 : Type d'enregistrements

### Questions :

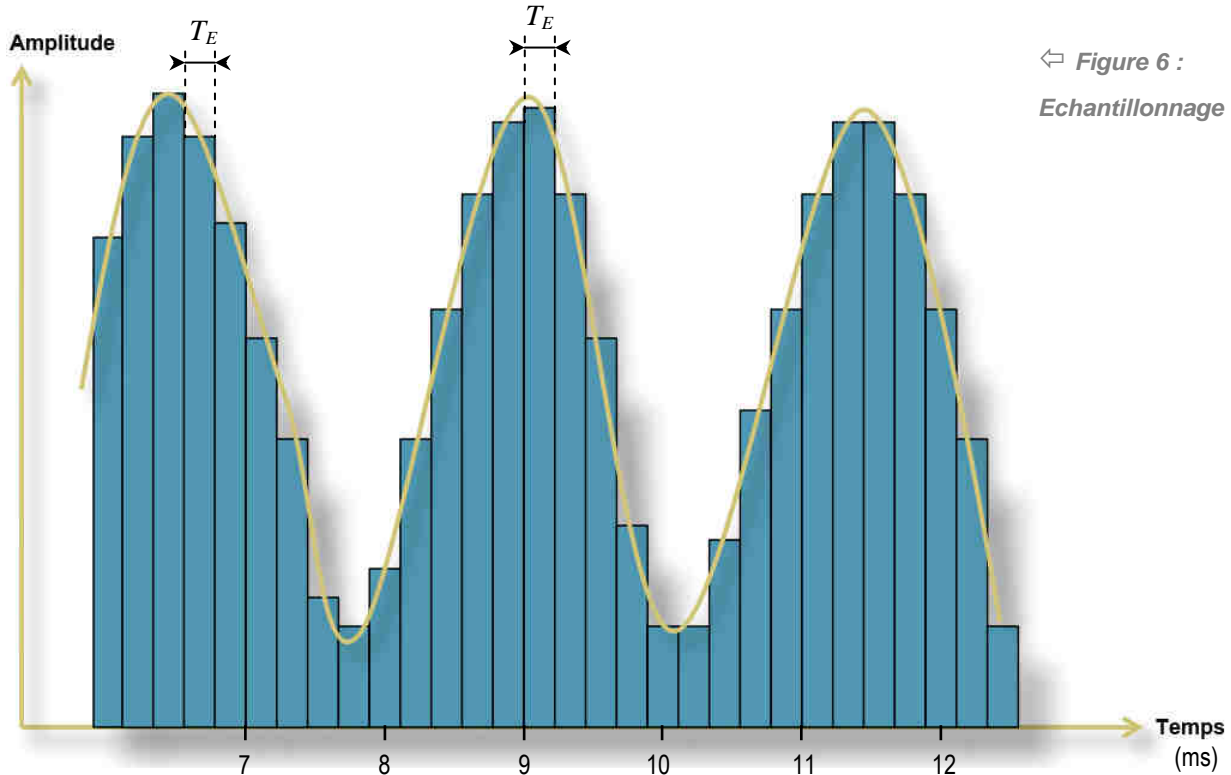
- a. D'après le document ci-dessus, est-il possible d'enregistrer un signal numérique sur un support magnétique type cassette audio ?
- b. A l'inverse, est-il possible de conserver la nature analogique d'un signal dans un fichier audio généré par un ordinateur ?

## II. Numérisation d'un signal

Pour convertir un signal analogique en signal numérique il faut le numériser. Cette numérisation est faite par un **Convertisseur Analogique-Numérique (C.A.N.)**.

### II.1 L'échantillonnage

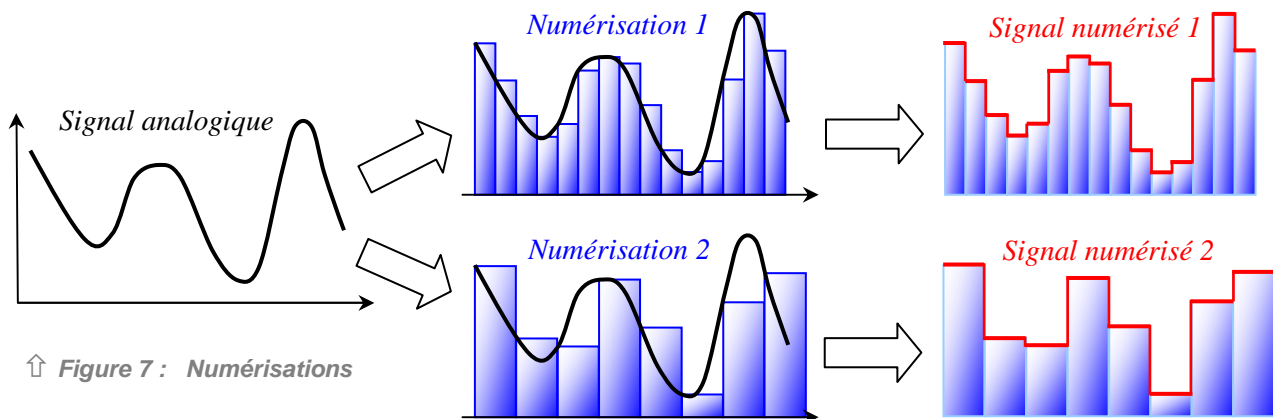
Dans un premier temps on découpe le signal analogique en **échantillons** (« *samples* » en anglais) de durée égale notée ici  $T_E$  durant laquelle **la valeur du signal sera bloquée**, c'est-à-dire maintenue constante.



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

Questions :

- Déterminer dans l'exemple de la figure 6 la période  $T_E$  d'un échantillon et en déduire la fréquence d'échantillonnage  $f_E$ .
- Définir la différence entre les deux numérisations effectuées sur la figure 7.



↑ Figure 7 : Numérisations

- Pourquoi est-il important que le signal numérisé soit le plus fidèle possible au signal analogique ?
- 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 ?

## II.2 Quantification et numérisation

La valeur de chaque échantillon est comparée à l'ensemble des valeurs, **multiples entier du pas, permises par la résolution du convertisseur**.

Cette valeur est alors **remplacée par la valeur permise** (multiple entier de pas) **inférieure** (en valeur absolue).

La résolution d'un convertisseur (ou C.A.N.) est déterminée par la grandeur du pas : plus le pas est petit, plus la résolution est grande. Le pas  $p$  d'un convertisseur dépend de son nombre  $n$  de bits et de l'amplitude en tension  $A$  de la plage d'entrée du convertisseur :

$$p = \frac{A}{2^n - 1} \quad (\text{ou plus simplement } p = \frac{A}{2^n})$$

Exemples :

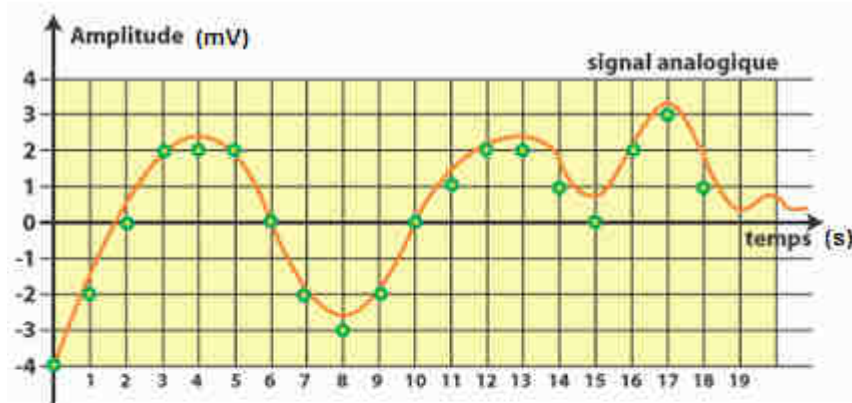
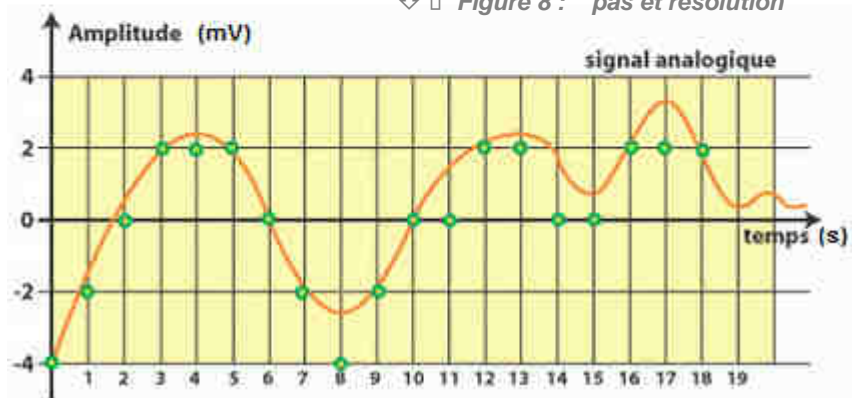


Figure 8 : pas et résolution

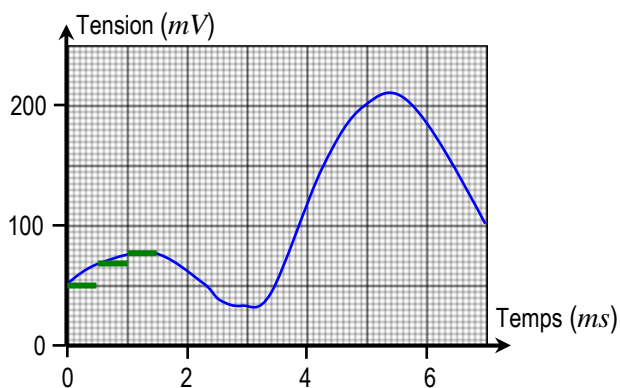


- Sur les deux graphes de la figure 8, la fréquence d'échantillonnage est la même. Déterminer sa valeur.
- Après quantification de la courbe on obtient les points verts. Déterminer la valeur du pas sur le graphe du haut.
- Même question pour le graphe du bas.
- Quel est, de ces deux convertisseurs, celui qui a la plus grande résolution ?
- Quel est l'intérêt d'avoir une meilleure résolution lors de la quantification ?
- Déterminer le nombre de bits nécessaires pour chaque signal

La quantification s'accompagne obligatoirement d'une perte d'information sur le signal analogique qui est alors discrétisé par « pas » ou « quantum ».

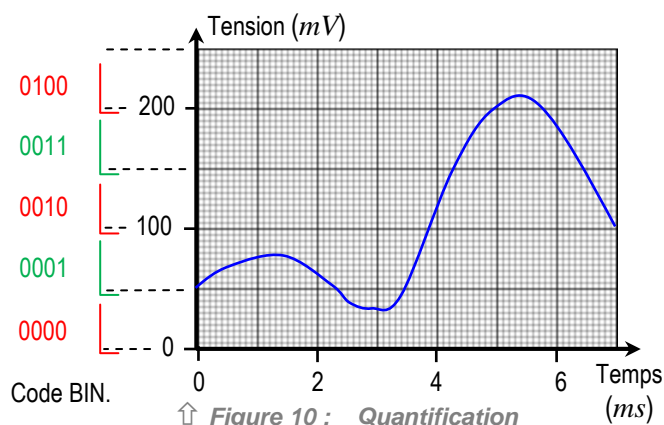
Questions :

Quantification d'une tension électrique avec une fréquence d'échantillonnage de  $2,0 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ .



- Déterminer la période d'échantillonnage sur la figure 9.
- Compléter en vert sur cette même figure l'échantillonnage du signal analogique.
- Sachant que le C.A.N. utilisé ici autorise un pas de  $50 \text{ mV}$  lors de l'échantillonnage, reproduire la quantification sur le graphe de la figure 10.

Figure 9 : Echantillonnage



- d. **La quantification est suivie de la numérisation du signal.** Lors de cette nouvelle étape, la tension relevée est associée à une valeur de type binaire. Effectuer la numérisation du signal dans le tableau ci-dessous après sa quantification.

| Événement | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tension   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Code BIN. |   |   |   |   |   |   |   |   |

| Événement | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------|---|---|----|----|----|----|----|----|
| Tension   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| Code BIN. |   |   |    |    |    |    |    |    |

A noter :

**Quantification et numérisation sont assurées par le C.A.N. qui transforme une tension électrique analogique en une valeur numérique pouvant être traitée par un microprocesseur.**

Exercice :

La notice d'un circuit intégré indique que le convertisseur a 22 *bits*, que le temps de conversion est de 80 *ms* et que la plage d'entrée est de  $\pm 5,0$  V. La fréquence d'échantillonnage est de 12,0 *Hz*.

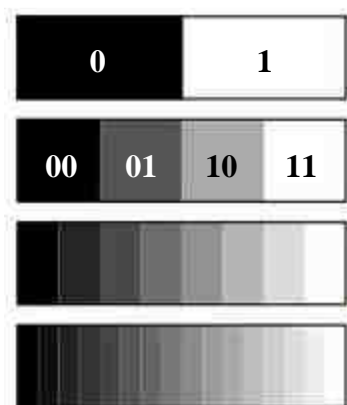
- Déterminer la valeur du pas (résolution du CAN).
- En déduire le nombre de valeurs possibles à stocker.
- Déterminer la période d'échantillonnage.
- Pourquoi la période d'échantillonnage doit-elle être supérieure au temps mis par le C.A.N. pour traiter une conversion ? Est-ce le cas ici ?

### III. Images numériques

#### III.1 Principe du codage

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 11 : 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

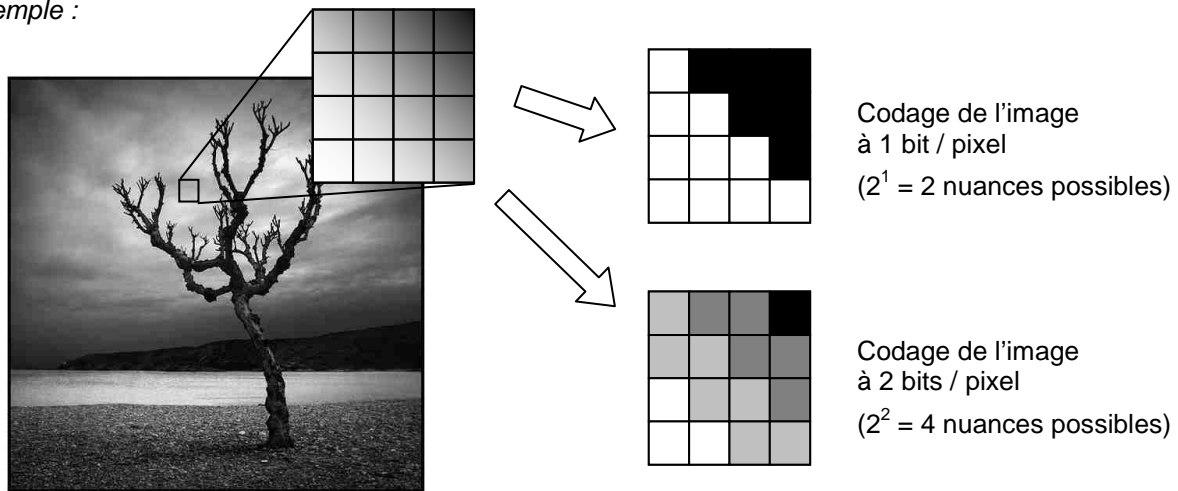
|     |     |     |     |     |     |   |   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|
| 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | ? | ? |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|

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

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



Exemple :



↑ Figure 12 : 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.

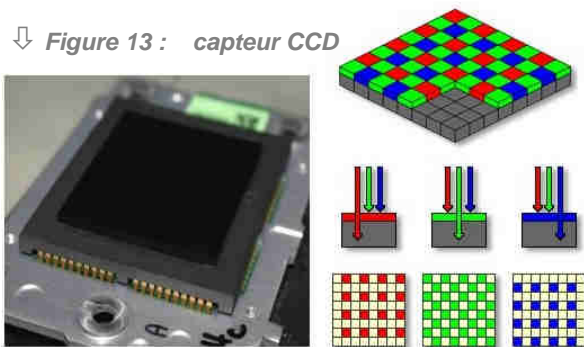
Questions :

- Donner le codage sur 3 bits du gris précédant le blanc et du blanc.
- Donner le codage sur 4 bits de la 4<sup>ème</sup> nuance de gris en partant du noir (le noir est considéré comme une nuance de gris)
- Un octet est une unité composée de 8 bits. Combien de nuances de gris peuvent être numérisées sur un octet ?

### III.2 Le codage RVB

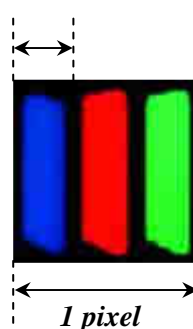
Pour restituer toutes les couleurs d'une image on utilise la synthèse additive des couleurs avec les trois couleurs primaires lumières : le rouge (R), le vert (V) et le bleu (B).

↓ Figure 13 : capteur CCD



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.

1 cellule



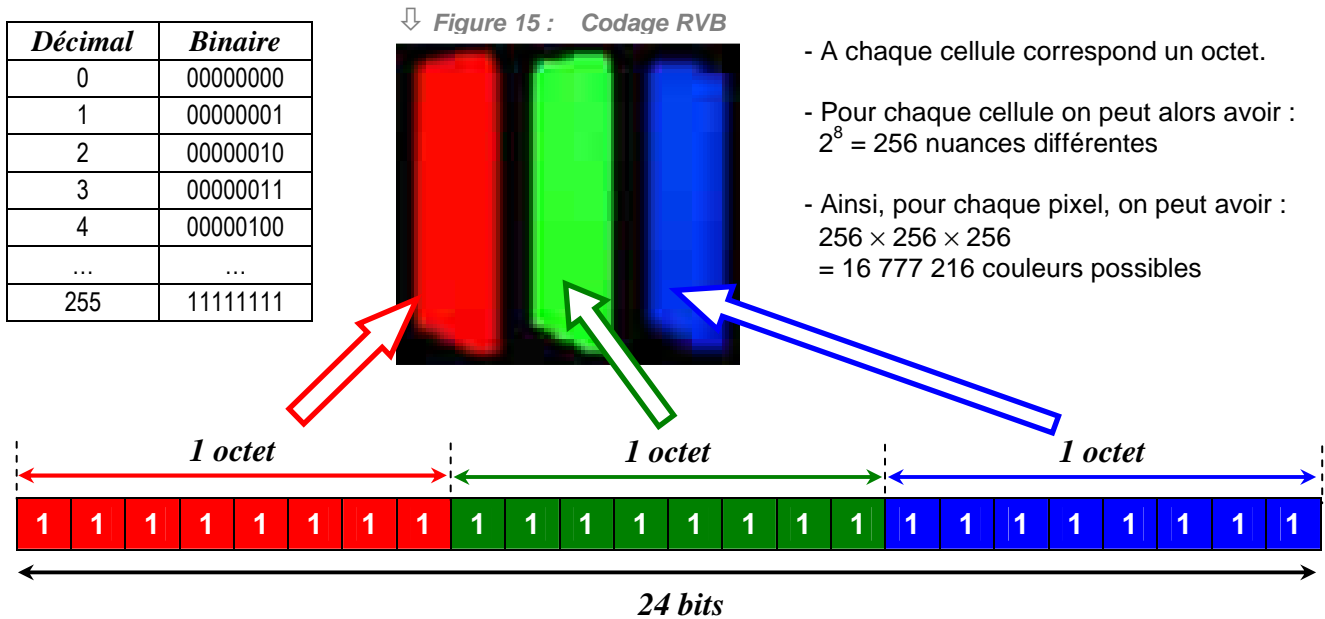
↓ Figure 14 : écran LCD



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.

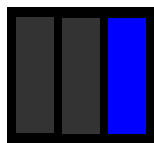
On parle alors du codage RVB 24 bits.



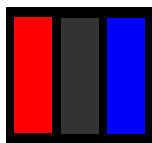
Le code RVB du pixel en exemple ci-dessus est donc : **R255 V255 B255**.  
Les trois cellules sont allumées au maximum de leur intensité.

Questions :

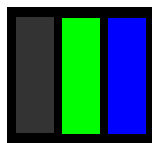
- Convertir la valeur 12 en binaire.
- Quelle est la couleur observée à l'écran si tous les pixels ont le code binaire ci-dessus ?
- Même question avec les pixels suivants :



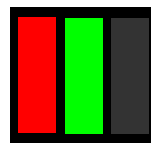
R0 V0 B255



R255 V0 B255



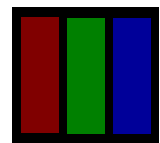
R0 V255 B255



R255 V255 B0



R0 V0 B0



R70 V70 B70

- Quelle est la particularité d'un pixel gris ?
- Le code RVB d'un pixel est R253 V12 B5. Donner le code binaire de ce pixel.
- Si on avait alloué 1 bit à chaque cellule du pixel, combien de couleur pourrait-on afficher ?
- Même question avec 2 bits.
- Que faudrait-il faire pour coder une image en respectant au mieux les couleurs reçues par le capteur ? Quels problèmes découleraient d'une telle solution ?

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 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**

