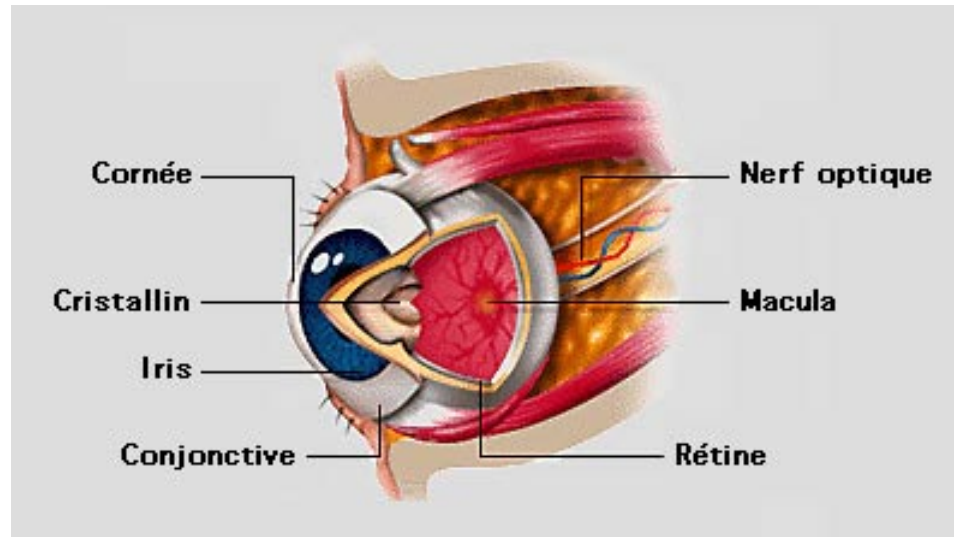


Acquisition des Images

Vision humaine - Vision artificielle



Conjonctive : membrane de fixation de l'œil

Rétine : région photosensible (cônes & bâtonnets)

Cornée : membrane protectrice,

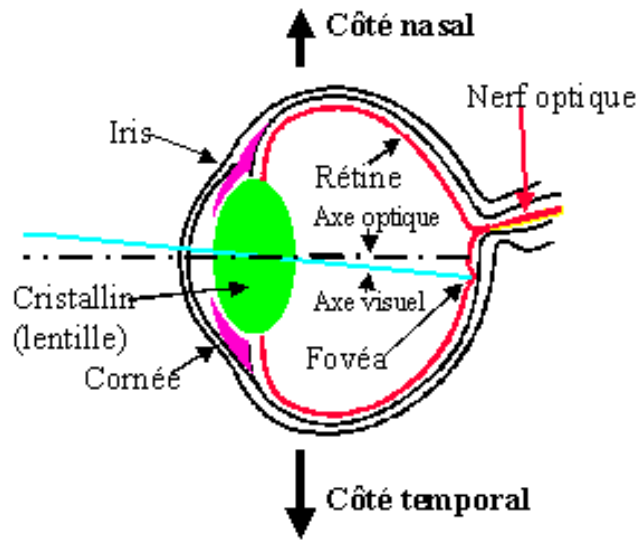
Cristallin : lentille à focale variable,

Iris : joue le rôle d'un diaphragme,

Macula : appelée « tâche jaune » contient la fovéa

Structure de l'oeil

7 à 8 millions de cônes se condensent en 1 million de fibres nerveuses



Coupe horizontale de l'œil

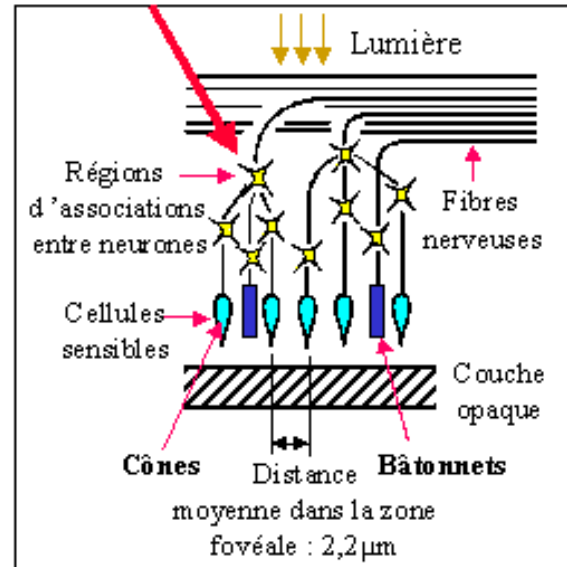
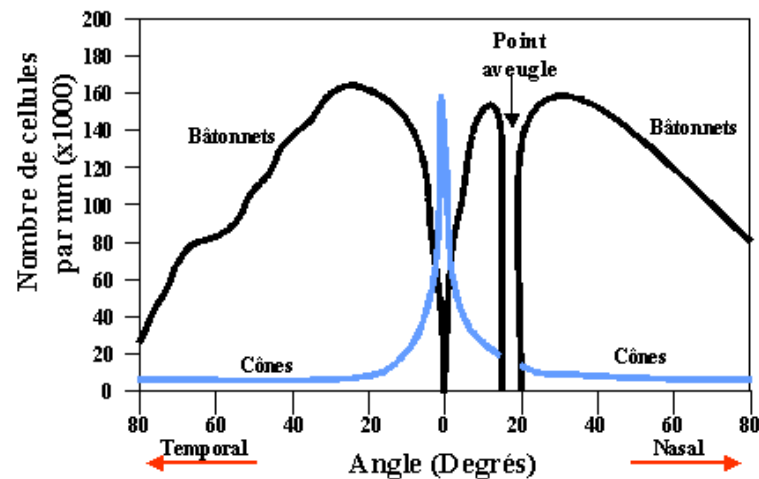
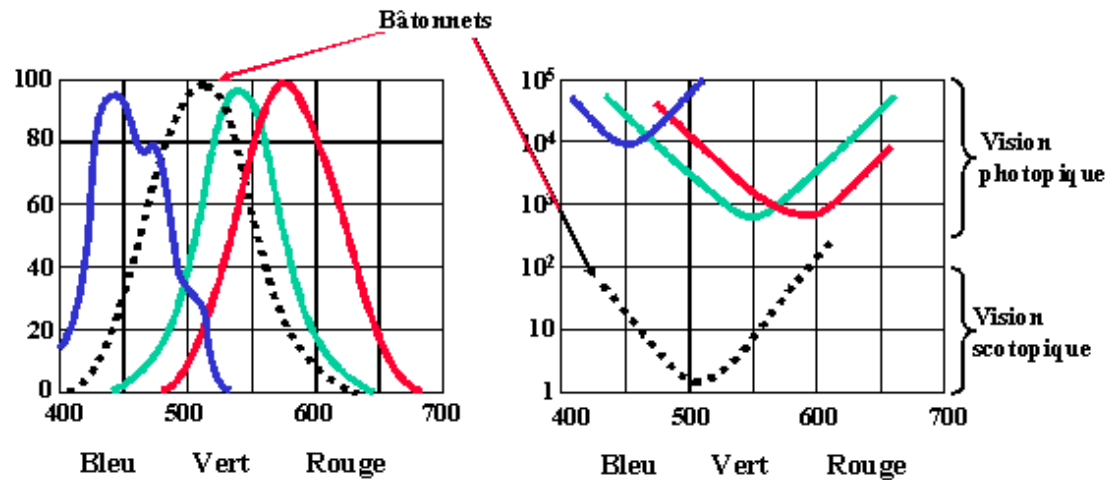


Schéma simplifié de la structure de la rétine

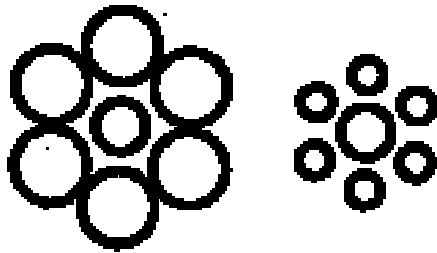
Cônes : fournissent une réponse photométrique et chromatique, grâce à des pigments dont les maximums d'absorption se situent dans le bleu, le vert ou le rouge.

Bâtonnets : vision nocturne, maximum de sensibilité vers 510 nm, insensibles la journée. Les bâtonnets ne fournissent qu'une réponse photométrique et ne permettent donc pas de déterminer les couleurs.

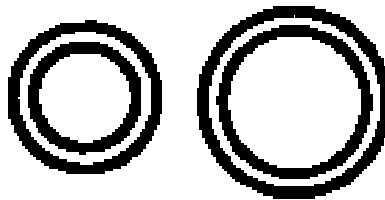
Caractéristiques



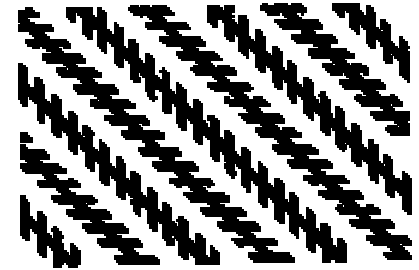
Illusions visuelles



Titchener



Delboeuf



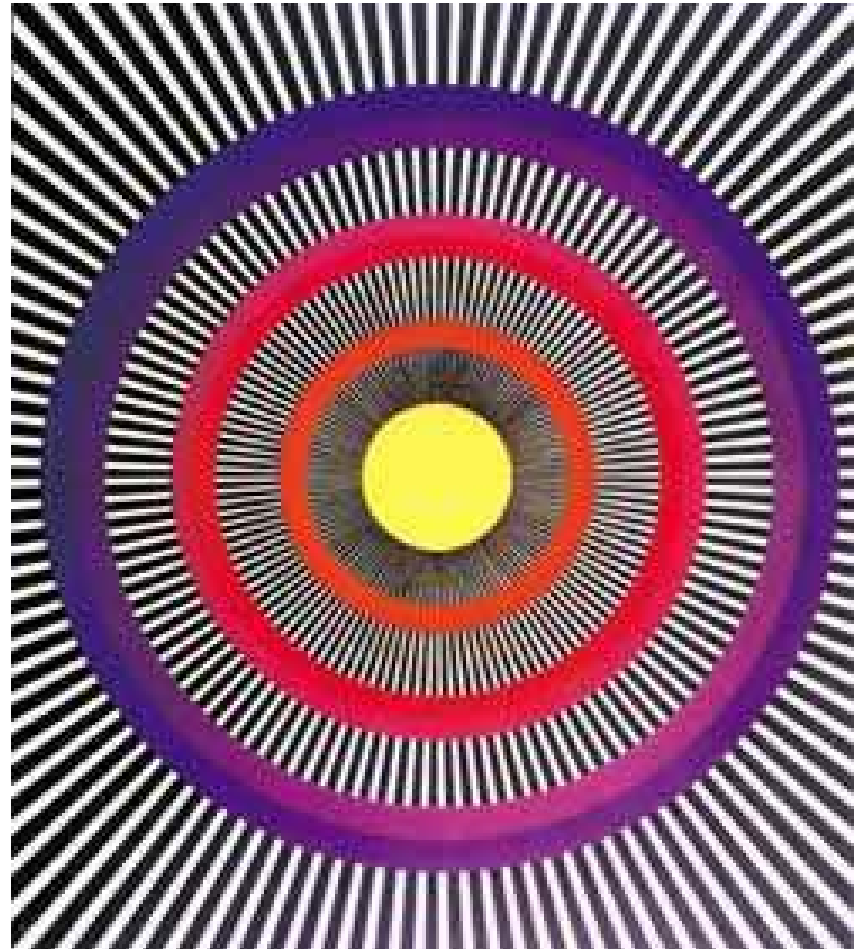
Zöllner

Titchener : le diamètre du cercle central est identique dans les deux figures

Des parallèles apparaissent divergentes

Delboeuf : le diamètre externe du cercle de gauche est égal au diamètre interne du cercle de la figure de droite

Illusions visuelles



Illusions visuelles

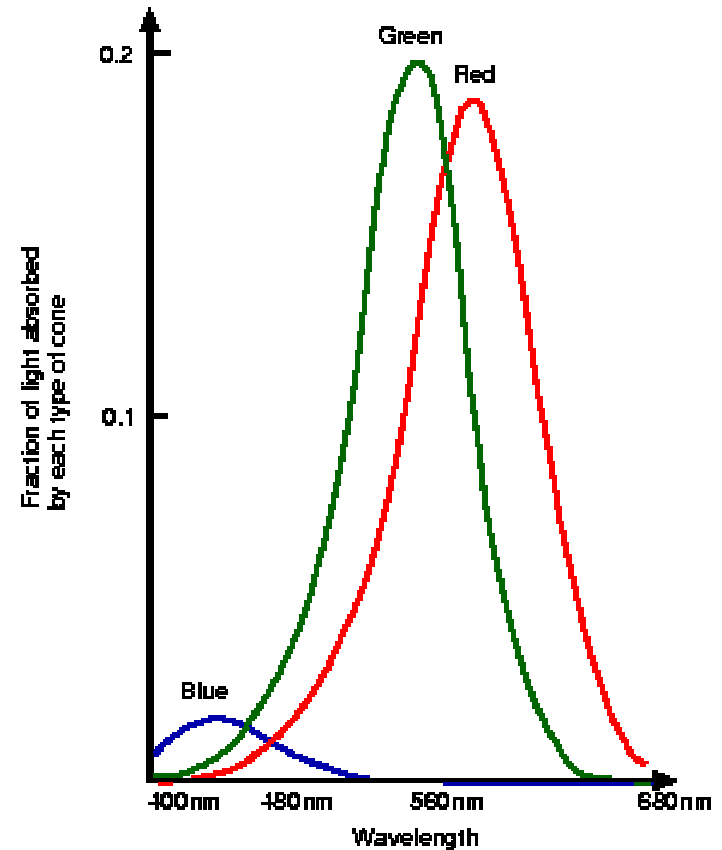
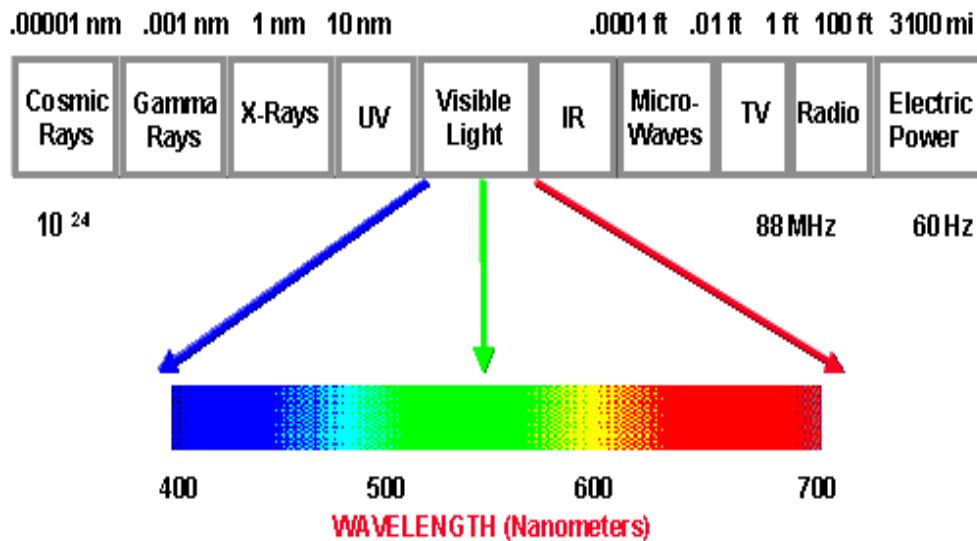


Contraste de luminosité

La région centrale est d'intensité constante bien qu'elle apparaisse différente

La couleur

electromagnetic spectrum



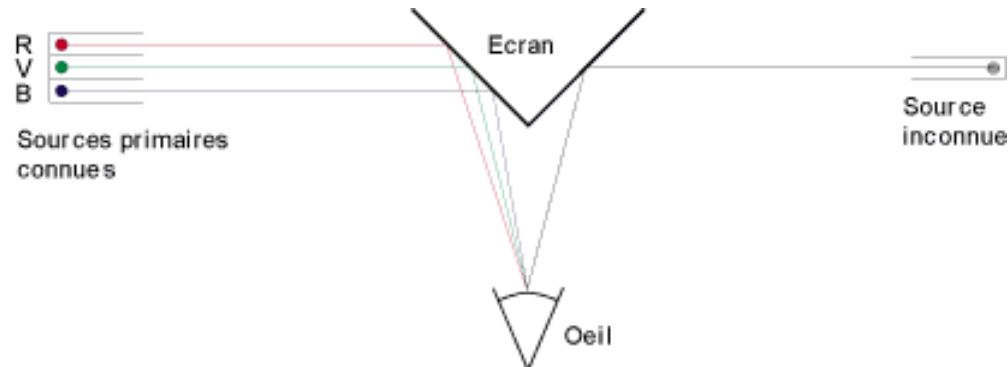
Sensibilité de l'oeil

Nature trichromatique de la sensation colorée et la synthèse additive

- La sensation colorée comporte trois caractéristiques, Luminosité, Teinte et Saturation. Elle peut être exprimée mathématiquement par seulement trois valeurs puisque l'oeil ne comporte que trois types de photorécepteurs. La vision colorée est par nature trichromatique.
- La reproduction d'une couleur ne va donc pas s'attacher à reproduire un spectre lumineux identique en tous points à celui d'origine mais à utiliser trois sources primaires, en général rouge verte et bleue, qui vont produire sur l'oeil, les trois mêmes stimuli que la couleur d'origine (synthèse additive). La quantité de chaque primaire, nécessaire pour égaliser, c'est à dire obtenir l'équivalent d'une sensation colorée donnée, peut servir de mesure pour la qualifier.

Synthèse additive

- L'ensemble des spectres différents qui sont représentés par les mêmes quantités de primaire sont appelés métamères. Deux métamères qui paraissent identiques sous un éclairage donné apparaîtront différents si les conditions d'observation changent



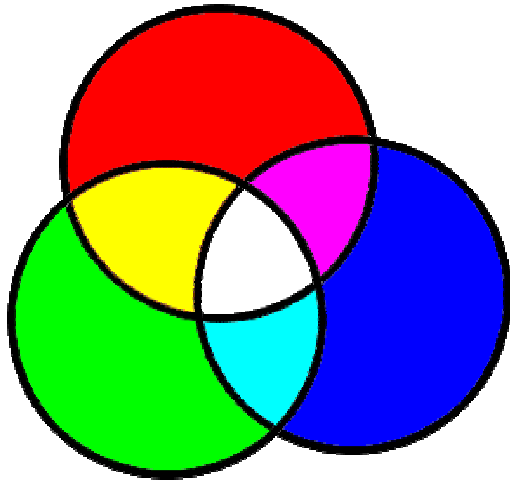
Equivalence visuelle entre une source lumineuse et le mélange de trois primaires

Les lois de Grassmann

Synthèse additive

- Trois variables indépendantes sont nécessaires pour spécifier une couleur,
- Pour un mélange additif de stimuli couleurs, seules les valeurs des primaires sont à considérer, pas les compositions spectrales,
- Dans un mélange additif de stimuli, si un ou plusieurs composants sont graduellement changés, les valeurs résultantes des primaires changent aussi graduellement.
- Une propriété importante de la vision, décrite par l'expérience suivante, découle de ces lois :
- Prenons une couleur C_1 qui a pour équivalent visuel le mélange des trois primaires dans les quantités R_1 , V_1 et B_1 , et une couleur C_2 équivalente à la synthèse R_2 , V_2 et B_2 . La somme des deux flux lumineux $C_1 + C_2$ a pour équivalent visuel la somme des composantes soit $R_1 + R_2$, $V_1 + V_2$ et $B_1 + B_2$. Ce phénomène est connu sous le nom de loi de Grassmann.

Synthèse additive de la couleur

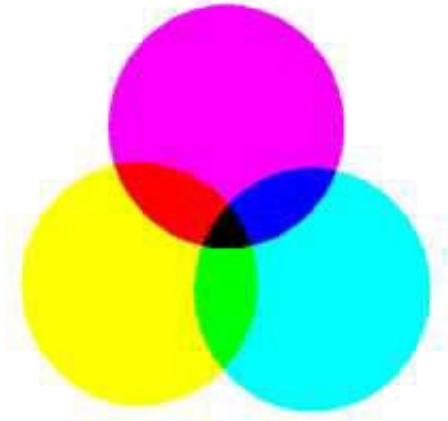


- o Rouge + Vert \Rightarrow Jaune
- o Rouge + Bleu \Rightarrow Magenta
- o Bleu + Vert \Rightarrow Cyan
- o Rouge + Vert + Bleu \Rightarrow Blanc

- Le système RVB constitue une base de couleur pour l'œil
 - o système libre : aucune couleur de base ne peut être une combinaison linéaire des autres couleurs
 - o Générateur : toutes les couleurs peuvent être obtenues par une combinaison linéaire des couleurs de base.

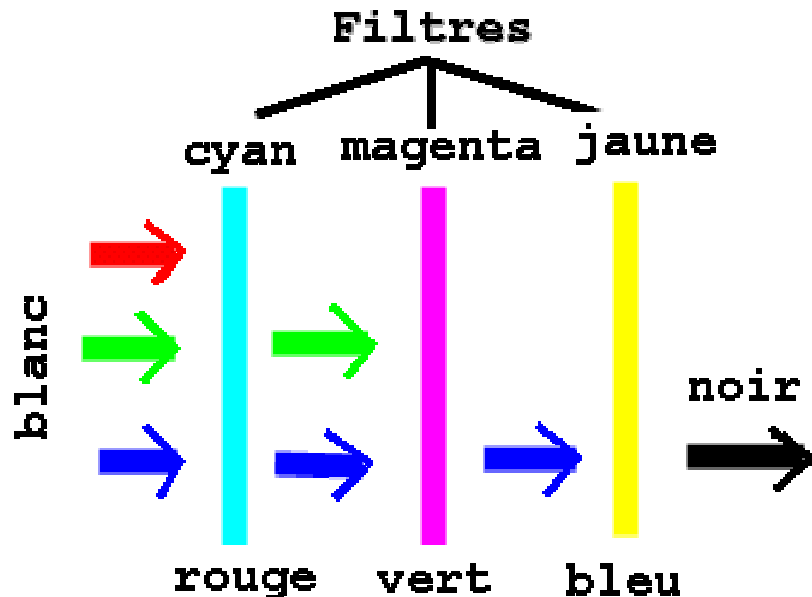
Principe des : moniteur, scanner, vidéoprojecteur

Synthèse soustractive de la couleur



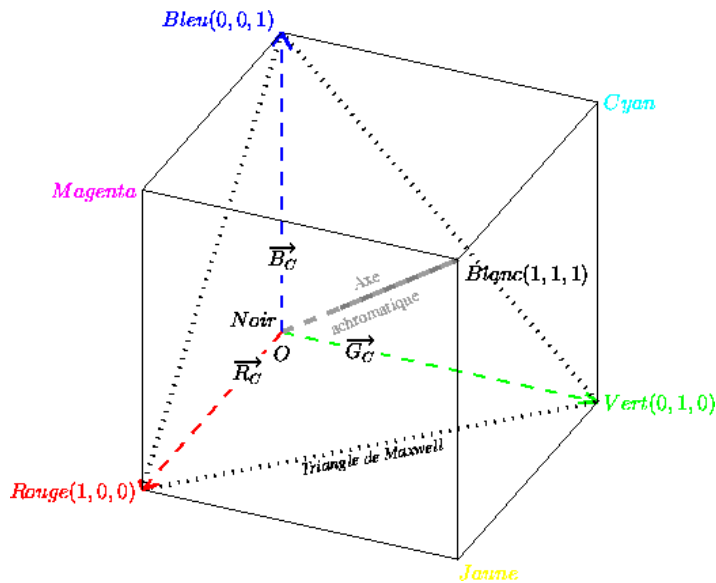
- o Jaune + Magenta => Rouge
- o Jaune + Cyan => Vert
- o Magenta + Cyan => Bleu
- o Jaune + Magenta + Cyan => Noir

On filtre la lumière blanche avec des filtres jaunes, magenta et cyan



Principe des dispositifs
d'impression des couleurs

Le système RGB



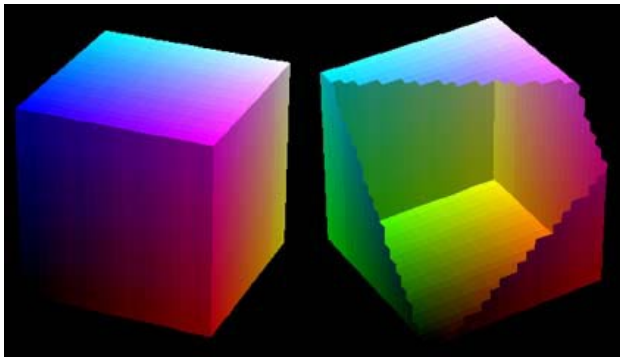
Chrominance => indépendance de la couleur vis à vis de la luminance

Coordonnées trichromatiques

$$r_c = \frac{R_c}{R_c + B_c + G_c}$$

$$b_c = \frac{B_c}{R_c + B_c + G_c}$$

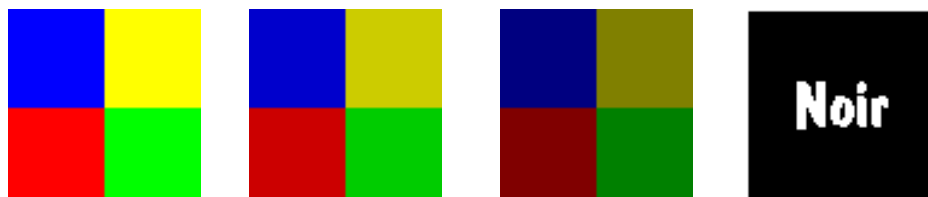
$$g_c = \frac{G_c}{R_c + B_c + G_c}$$



Les systèmes Perceptuels

Teinte, Luminance, Saturation

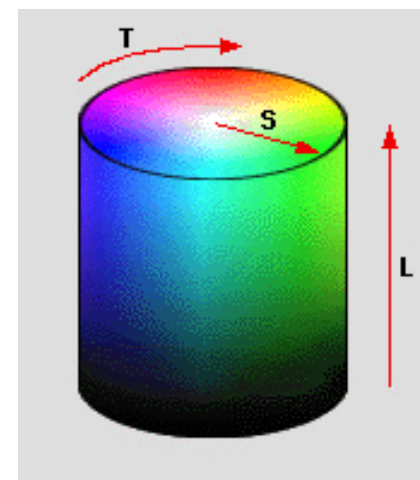
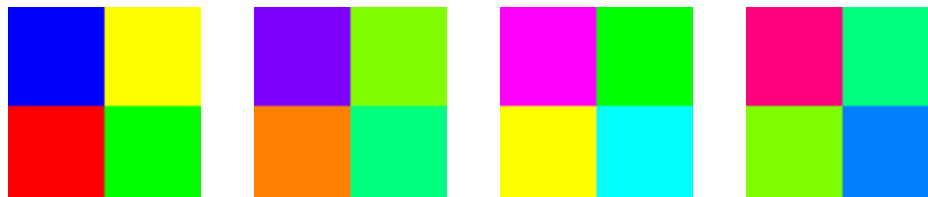
Diminution de la luminance



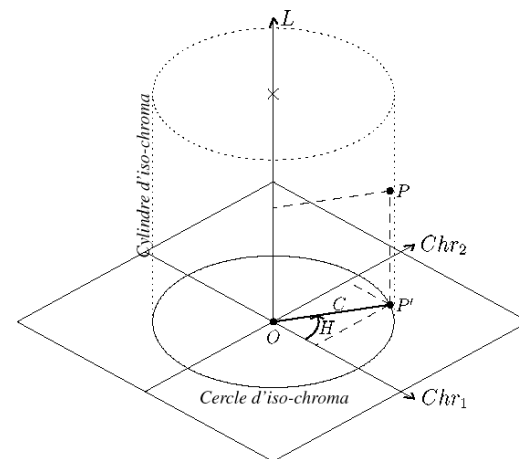
Diminution de la teinte



Diminution de la saturation

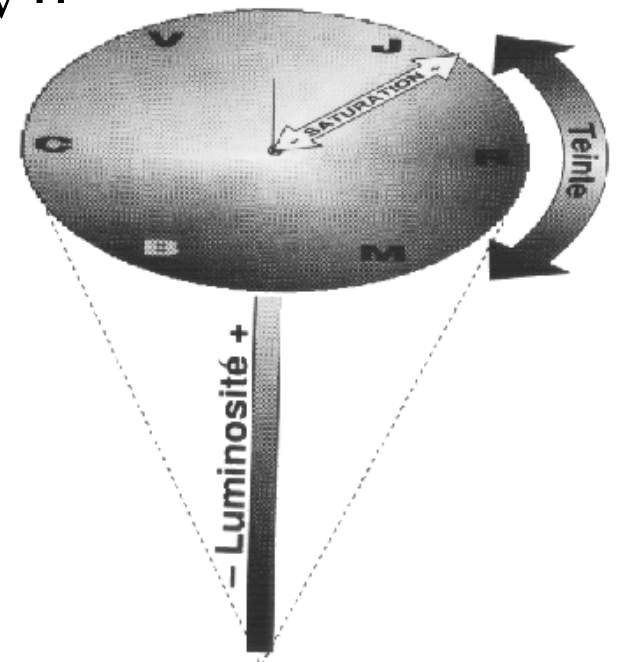


Cylindre de Munsell



Passage de RVB à TSL

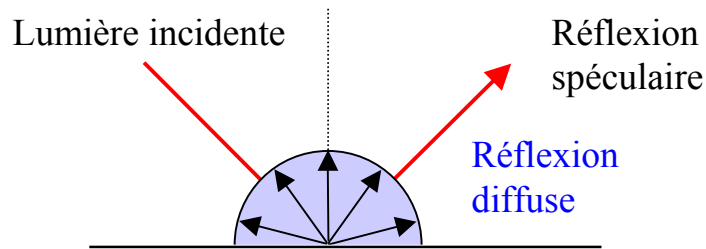
- $A = U_1 * (a \log(R) + b \log(V) + c \log(B))$
 - $C_1 = U_2 (\log(R) - \log(V))$
 - $C_2 = U_3 (\log(B) - 0.5 \log(R) - 0.5 \log(V))$
 - U_1, U_2 et U_3 sont des facteurs de normalisation.
 - (a,b,c) depend des auteurs. Ex : $(a,b,c) = (0.612, 0.369, 0.019)$
- Puis passage de AC_1C_2 à TSL par
- $L = A$
 - $S = (C_1^2 + C_2^2)^{1/2}$
 - $T = \arccos(C_1/S)$



L'éclairage

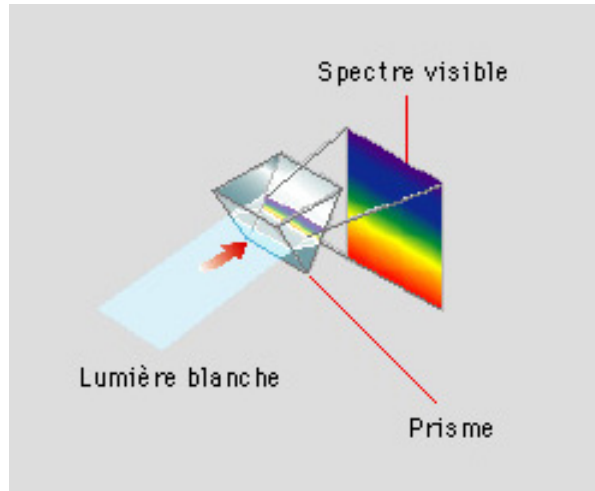
La scène reçoit la lumière et en renvoi une partie

- Réflexion spéculaire (miroir)
- Réflexion diffuse (surface lambertienne)



- Transmission
- Absorption

La lumière

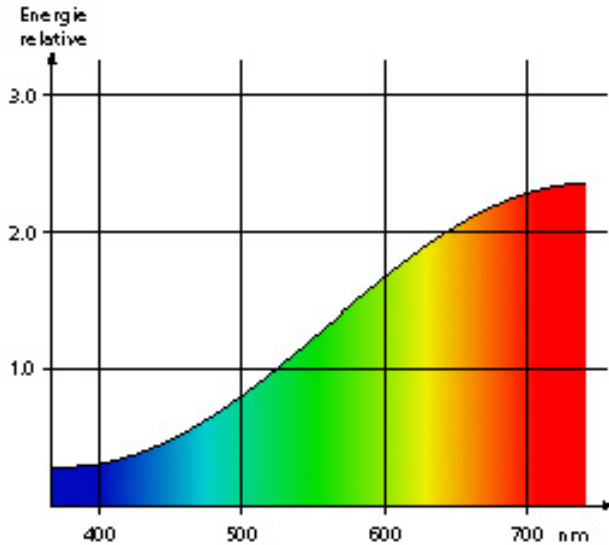


le violet	380 - 440 nm
le bleu	440 - 510 nm
le vert	510 - 560 nm
le jaune	560 - 610 nm
l'orange	610 - 660 nm
le rouge	550 - 780 nm

Partie visible d'un vaste groupe de radiations, qui vont des rayons cosmiques aux ondes radar. Toutes ces ondes sont de même nature (électromagnétique) et se déplacent à 300 000 km/s. Elles diffèrent les unes des autres selon leurs longueurs d'onde et l'énergie qu'elles transportent, qui devient très grande dans le cas des rayons cosmiques.

Types de spectre

- **Spectre continu**

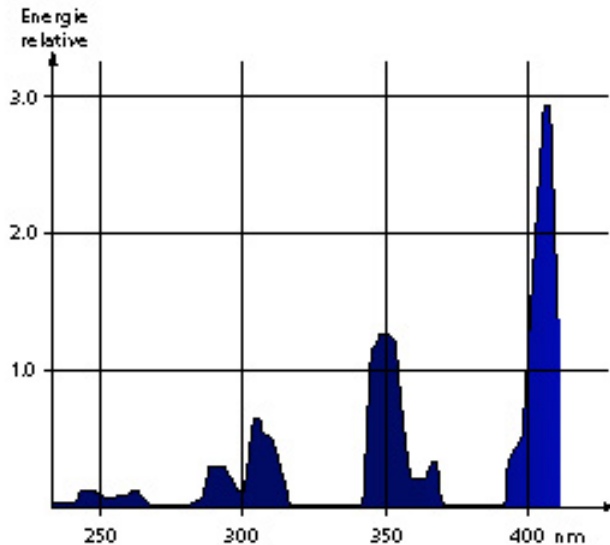


Lampe halogène

Il s'agit essentiellement des **sources thermiques**, qui utilisent la chaleur pour exciter les électrons (et donc produire de la lumière). C'est le cas par exemple des ampoules à incandescence, du soleil ou d'une bougie

Types de spectre

- **Spectre discontinu**

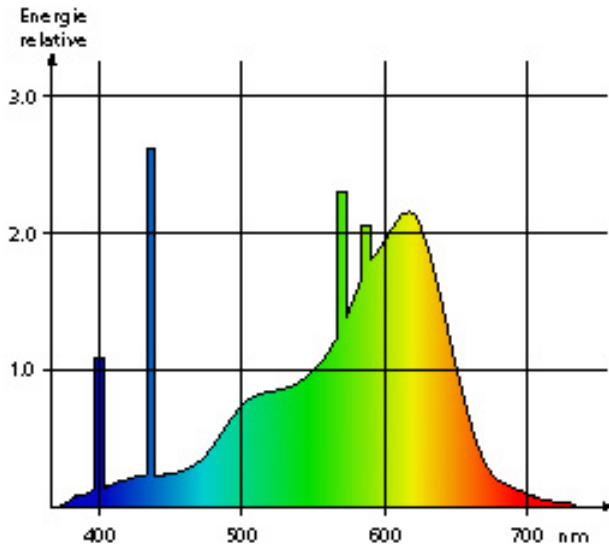


Spectre discontinu d'une lampe aux vapeurs de mercure, émettant dans l'UV

Ce type de spectre présente de nombreux "trous", dans lesquels aucune énergie lumineuse n'est émise. Les sources utilisant une décharge électrique dans un gaz ionisé émettent généralement un spectre discontinu

Types de spectre

- Spectre combiné

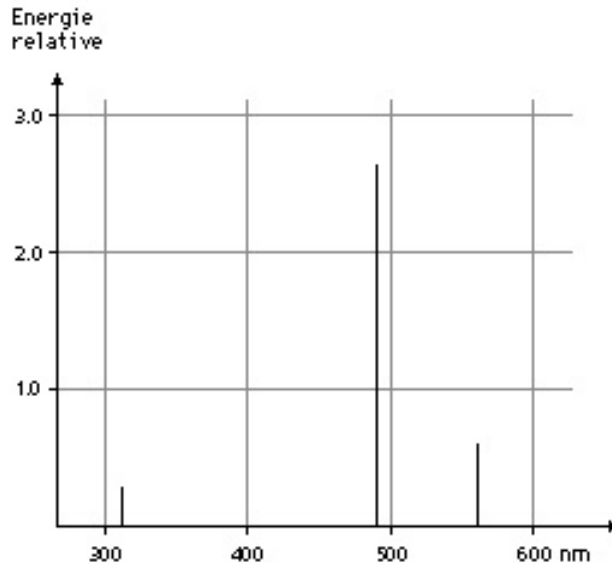


Spectre combiné d'un tube fluorescent

Il s'agit, comme le nom l'indique, de la combinaison d'un spectre continu et d'un spectre discontinu. Ce type particulier est émis par des sources à décharge électrique modifiées, telles que les tubes fluorescents.

Types de spectre

- **Spectre de raies**



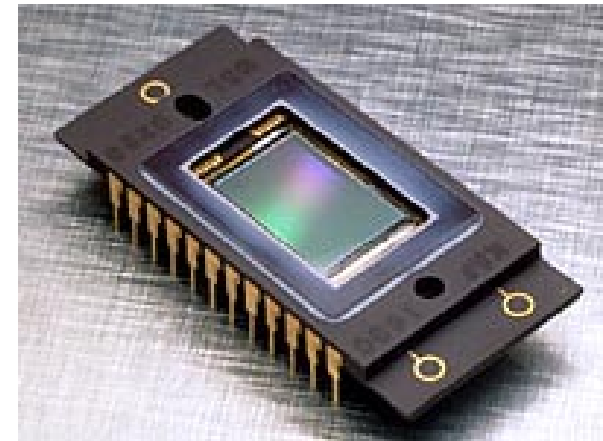
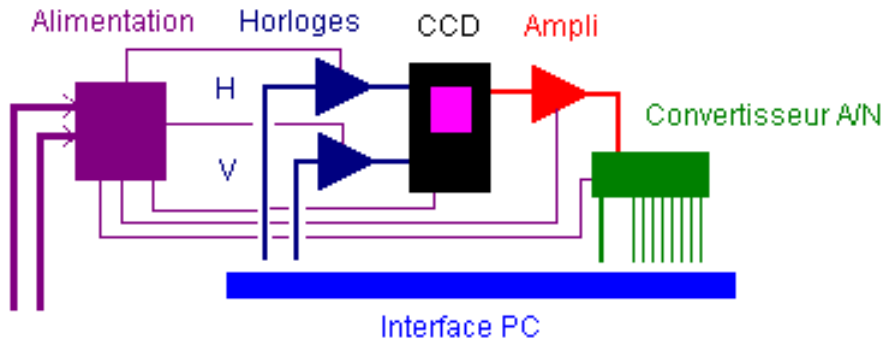
Les 3 principales raies d'émission du laser Argon-ion

Certaines sources lumineuses, comme les lasers ou les diodes laser, n'émettent que dans de rares longueurs d'onde. Associées à des filtres à bande passante étroite, ces sources deviennent pratiquement monochromatiques.

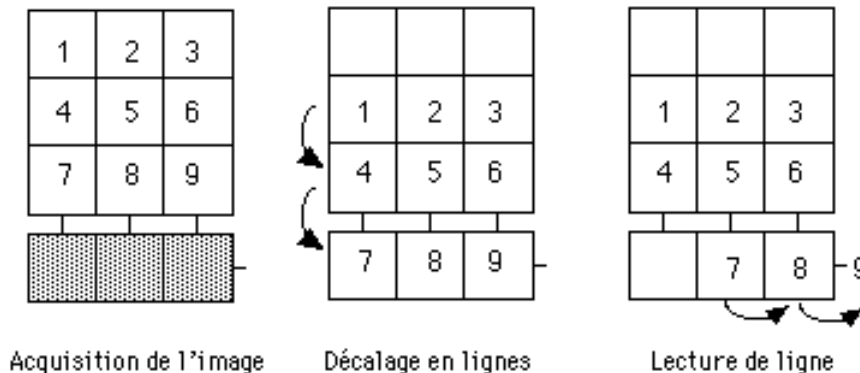
Les capteurs CCD

CCD = Charge Coupled Device : Dispositif à transfert de charges

- Composé de pixel, (Picture element).
- Utilisation de l'effet photo-électrique : l'arrivée d'un photon sur le silicium génère un électron.
- Les électrons sont mesurés par l'électronique



KAF-1600 de Kodak

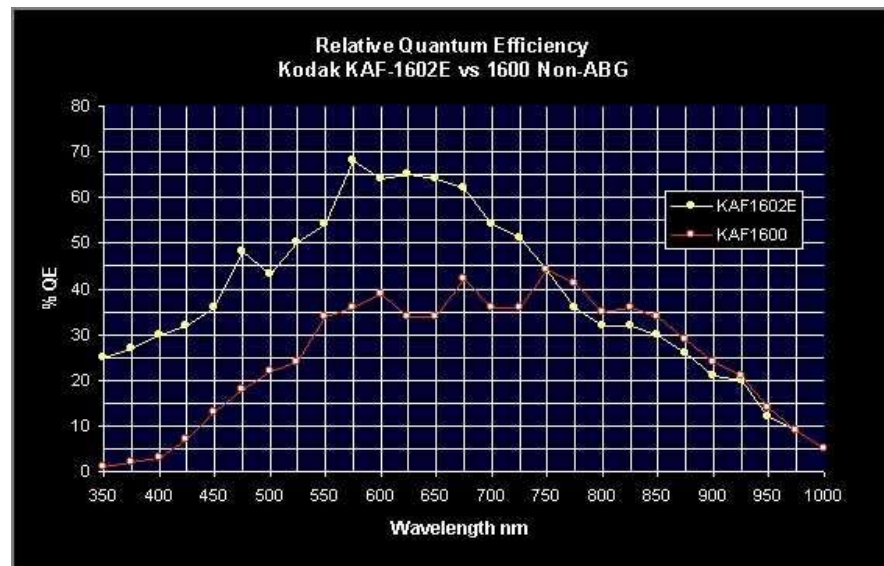


Caractéristiques des CCD

- **Caractéristiques géométriques :** Les CCD sont des matrices ou des barrettes. Les tailles sont données en nombres de pixels. Les matrices les plus courantes ont des tailles typiques de 340 x 280 pixels ; les plus grandes matrices actuelles vont jusqu'à 4000 x 4000 pixels. Les barrettes peuvent atteindre couramment 8000 pixels.
- ✓ Les pixels ont des tailles variables selon les modèles, de 6 à 40 μm (distances entre centres des pixels). Les pixels ne sont pas toujours carrés, ce qui peut causer une déformation lors de l'affichage des images sur écran (dont les pixels sont équidistants).
- ✓ La surface photosensible est légèrement plus petite que la surface des pixels. Si la différence est importante, elle causera des zones mortes dans l'image. Deux types de CCD ont des pixels disjoints : ceux qui sont munis d'un dispositif anti-éblouissement, et ceux qui fonctionnent en transfert interligne.

Caractéristiques des CCD

- **Sensibilité** : elle s'exprime en électron produit par photon incident. Cette quantité s'appelle rendement quantique équivalent (RQE, « quantum efficiency »). Elle atteint des valeurs de 50% pour les CCD, contre 5% typiquement pour un film photographique. Cette sensibilité varie avec la longueur d'onde. Le maximum de sensibilité est situé vers 0,6-0,7 μm (dans le rouge) ; le domaine sensible va de 0,45 à 1,0 μm .



Caractéristiques des CCD

- **Courant d'obscurité** : génération spontanée d'électrons dans les photosites :
 - phénomène parfaitement reproductible.
 - le nombre d'e- généré est proportionnel au temps d'intégration.
 - dépend fortement de la température (décroît d'un facteur 2 si la température est abaissée de 6°C).
 - Les électrons spontanément générés peuvent remplir les pixels jusqu'à la saturation, ce qui peut limiter la durée de la pose
- **Capacité des pixels, ou profondeur des puits** : variation de 50 000 à 1 000 000 électrons. C'est le rapport de la capacité au nombre d'électrons générés de façon aléatoire (le bruit) qui détermine la qualité du signal ; on obtient couramment des dynamiques de l'ordre de 10 000 avec les CCD. Une grande capacité favorise l'observation d'objets brillants : elle permet des temps de pose plus longs.

Caractéristiques des CCD

- **Linéarité des CCD :** excellente, le nombre de charges produites est presque toujours proportionnel au flux reçu, même pour les flux faibles et les temps de pose courts.
- **Principaux défauts :** pixels morts (sans détectivité), pixels chauds (qui saturent très vite), pixels froids (non linéaires aux faibles flux). Ces défauts peuvent être isolés, ou apparaître en groupes, en lignes ou en colonnes.
- **Saturation :** se traduit par des traînées brillantes le long des colonnes (les électrons excédentaires contaminent les pixels voisins). Un dispositif anti-éblouissement (« anti-blooming ») peut limiter ce phénomène en évacuant les électrons excédentaires durant l'intégration. Ceci engendre une perte de linéarité dans la moitié supérieure de la dynamique du signal de sortie, et empêche donc d'utiliser les mesures pour faire de la photométrie

Bruits des CCD

- **Bruit de lecture** : il dépend de l'efficacité du transfert de charges et de la précision de l'amplification analogique. Les CCD présentent typiquement un bruit de lecture compris entre 10 et 100 électrons par pixel.
- **Bruit thermique** : Incertitude sur le nombre d'électrons générés spontanément durant la pose et la lecture. Ils constituent le courant d'obscurité. Ce bruit dépend fortement de la température, et varie proportionnellement au temps de pose pour une température donnée. La solution consiste à refroidir le CDD
- **Bruit de numérisation** : erreur moyenne commise en échantillonnant le signal analogique sur un nombre fini de niveaux. Le nombre de bits est choisi pour coder le bruit de lecture sur 1 bit. La vision humaine ne distingue que 64 niveaux de quantification.

- Imager:**

- 1/2" interline transfer CCD

- Picture Elements:**

- RS-170A: 768 (H) x 494 (V);
CCIR: 752 (H) x 582 (V)

- Pixel Cell Size:**

- RS-170A: 8.4 μm (H) x 9.8 μm (V);
•CCIR: 8.6 μm (H) x 8.3 μm (V)

- Resolution:**

- RS-170A: 580 horizontal TVL, 350 vertical TVL; CCIR: 560 horizontal TVL, 450 vertical TVL

- Synchronization:**

- Crystal/H&V/Asynchronous, standard

- Shutter:**

- 1/60 to 1/10,000

- AGC: 20 dB**

- Integration:**

- 2 - 16 Fields

- Sensitivity:**

- Full video, No AGC: 0.65 lux; 80% video, AGC on: 0.04 lux;
30% video, AGC on: 0.008 lux

- S/N Ratio (Gamma 1, gain 0 dB):**

- 55 dB

- Size:**

- 2600: 3.72"(D) x 2.12"(W) x 1.55"(H) without lens



- Caméra refroidie

Calcul des optiques

Relations élémentaires :

$$L/D = 1/f$$

$$\text{tg}(\alpha/2) = 1/2f, \text{ angle de vue}$$

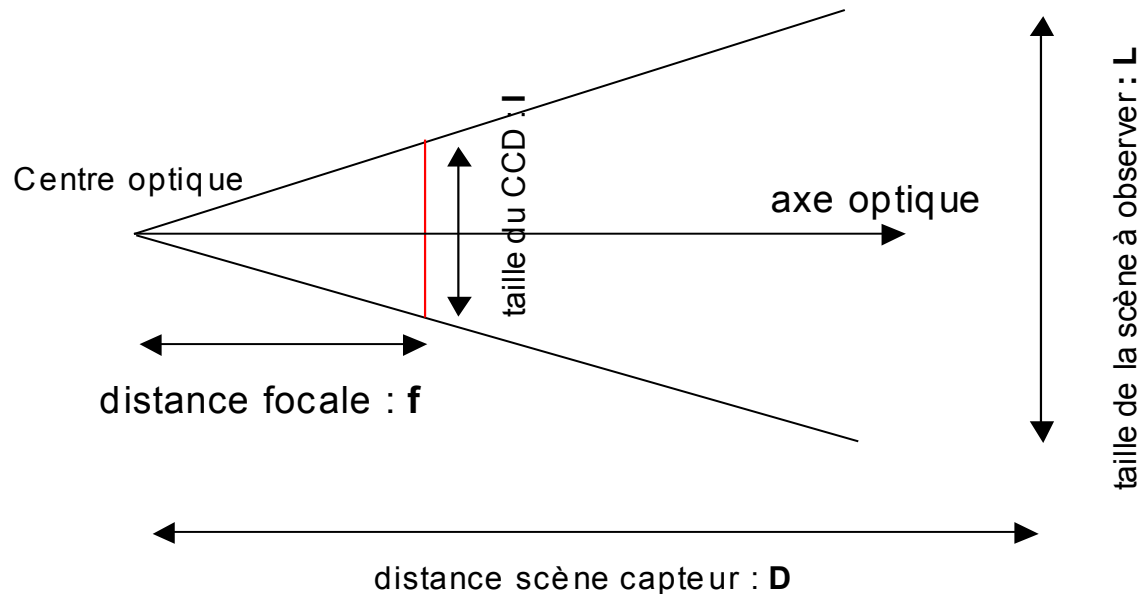
Exemple de la photographie :

$$l = (24^2 + 36^2)^{0.5} = 43.2 \text{ mm}$$

Pour $f = 50 \text{ mm}$

$$\alpha = 46.7^\circ$$

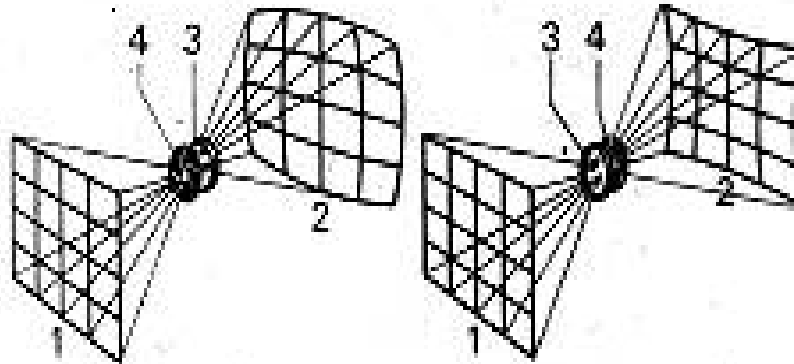
Pour $D = 2 \text{ m}$, $L = 1.72 \text{ m}$



Défauts des optiques

Distorsions géométriques

Sensibles aux grandes ouvertures et aux faibles focales



DISTORSION

A gauche, le diaphragme est placé devant la lentille ; la distorsion est « en barillet ».

A droite, le diaphragme est placé derrière la lentille ; la distorsion est « en coussinet ».

1. Sujet — 2. Image — 3. Lentille — 4. Diaphragme.

Vignettage

Assombrissement à la périphérie des images

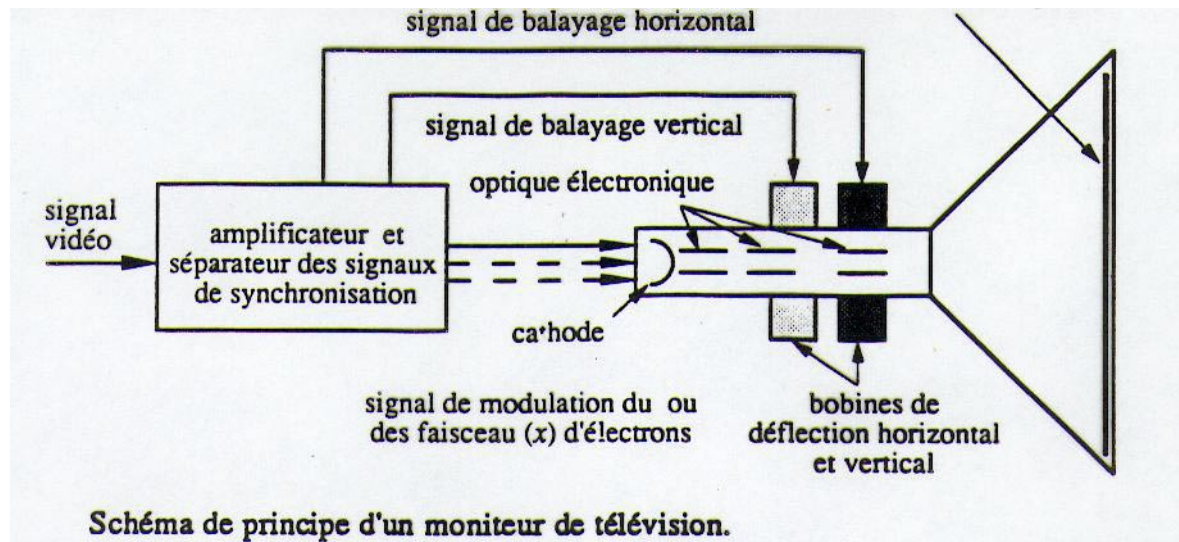


Focale de 18 mm
avec une ouverture de 3,5

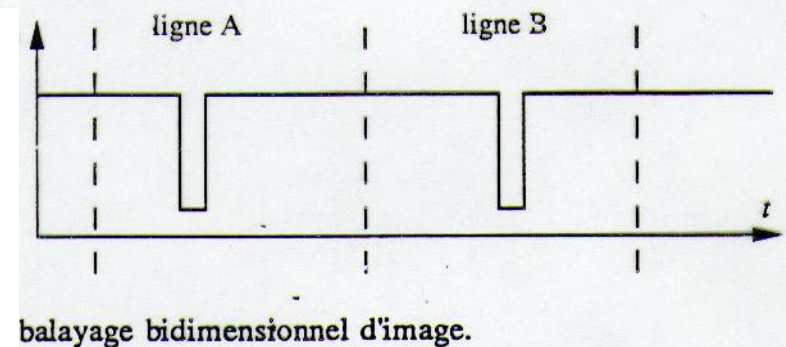
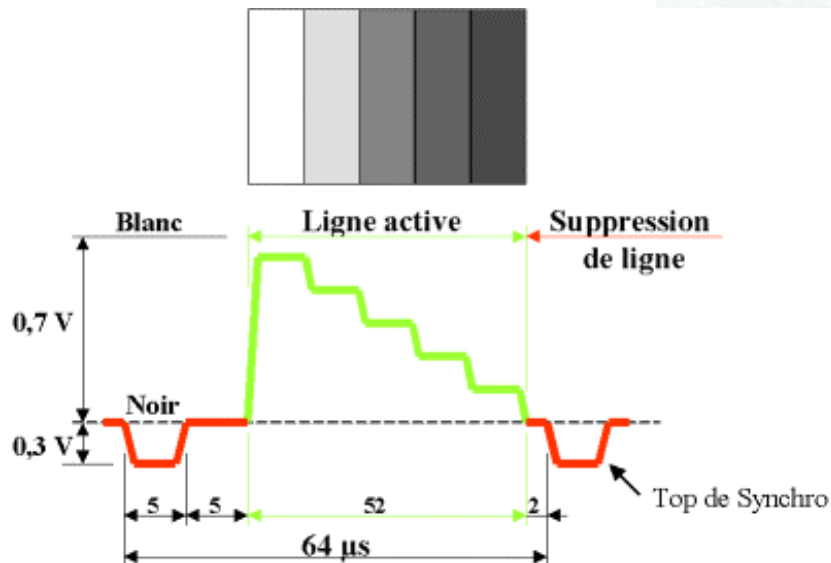
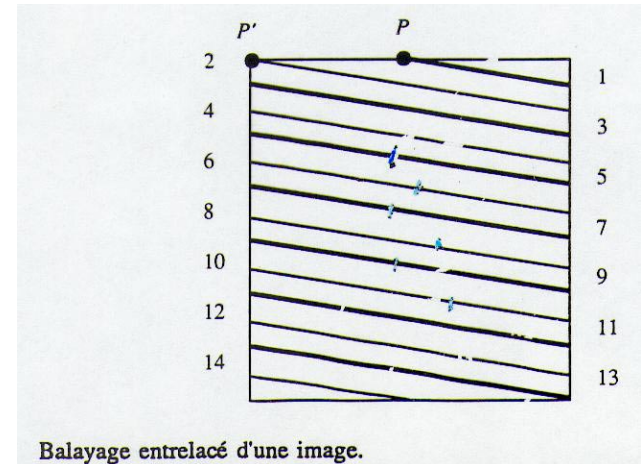
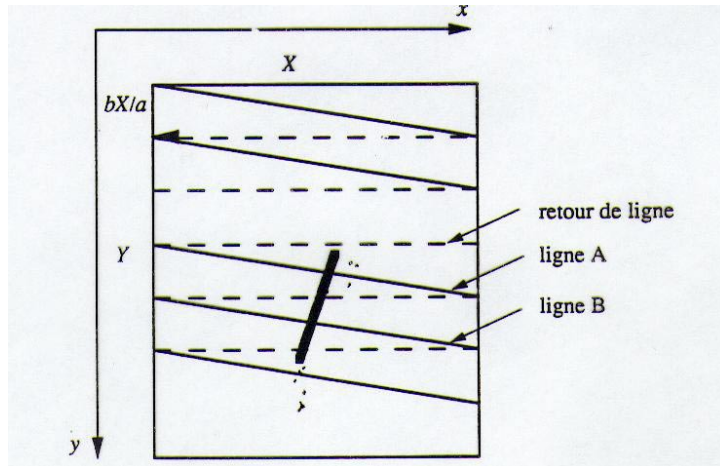


avec une ouverture de 8

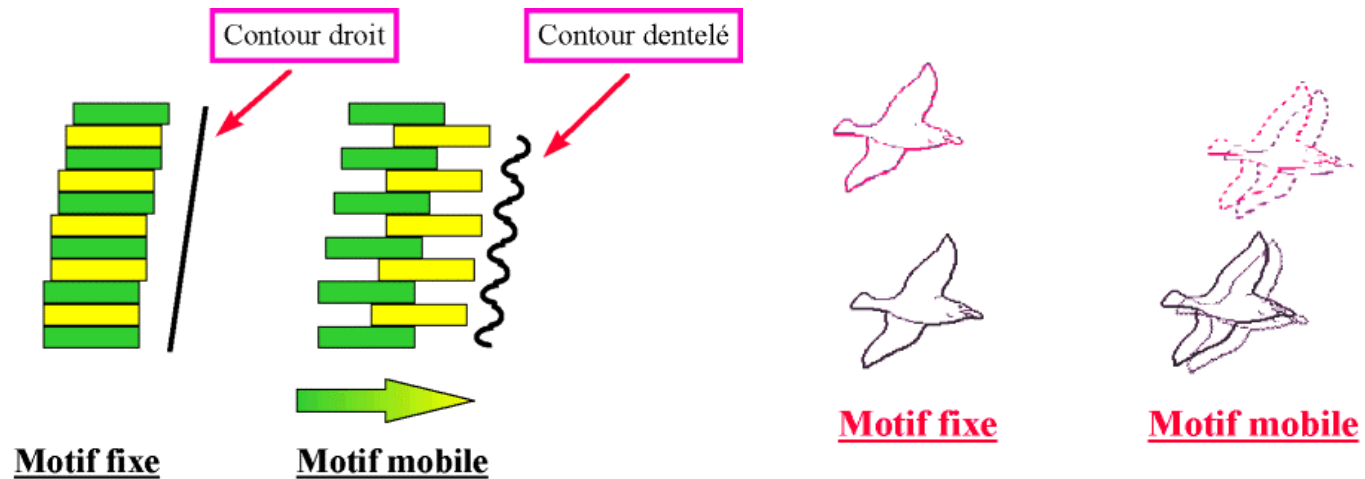
Le moniteur - Principe



Le balayage



Mouvement et entrelacement



Le standard vidéo

- En l'Europe : CCIR (Comité consultatif international des radiocommunications), 50 trames entrelacées donnant 25 images par seconde.

L'image est composée de 625 lignes.

Pour une image couleur deux codages existent :

- o Le PAL (Phase Alternate Line) : d'origine allemande

- o Le SECAM (Système Electronique de Couleur avec Mémoire) : d'origine française

- Aux E.U. NTSC (National Television System Comitee)

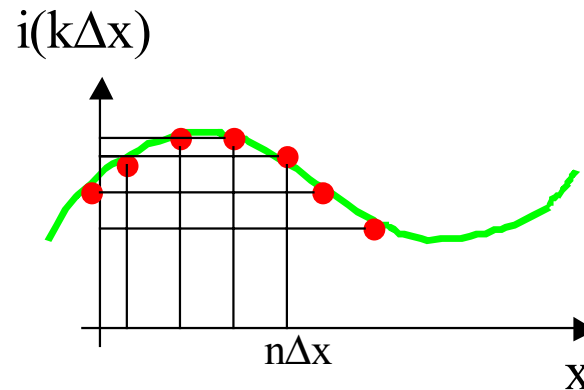
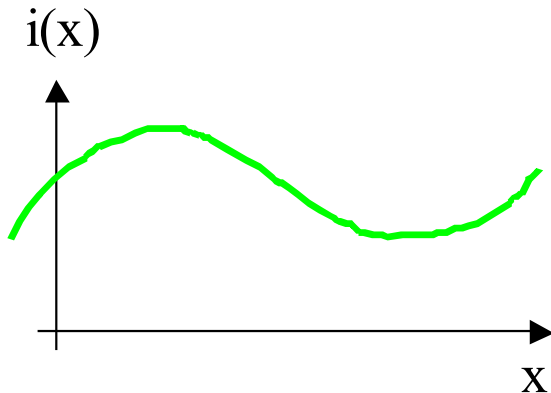
Fréquence trame : 60 Hz environ (59.94), 525 lignes, entrelacées

Fréquence ligne : 15750 Hz en théorie. 15734 .25 en pratique

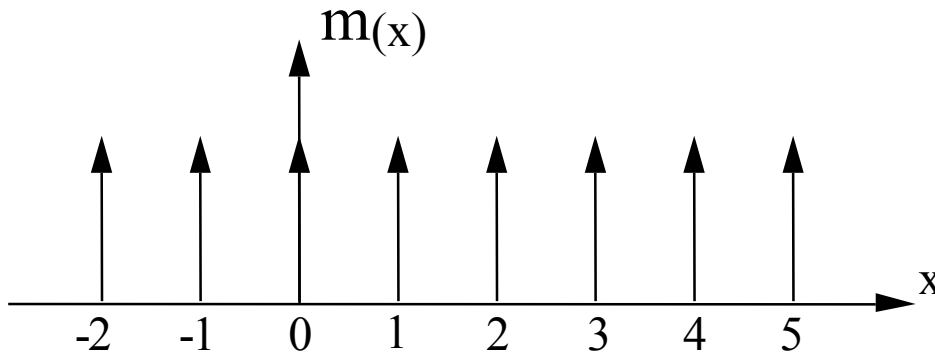
Bande passante du canal : 6 MHz

Numérisation

- Chaque ligne de l'image est convertie en une série de nombres appelés pixels (Picture element).



Modèle de l'échantillonnage



$m(x)$: peigne de Dirac

$$m(x) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(x-n)$$

$$i(n) = m(x) \cdot i(x)$$

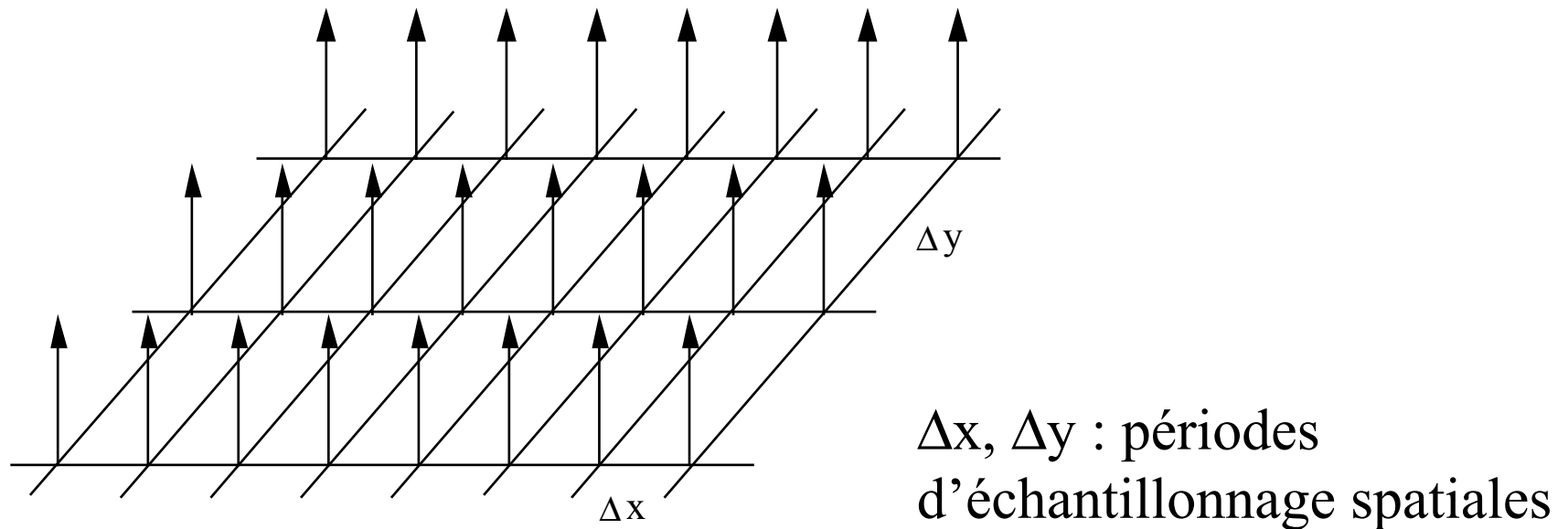
$$n, k \in \mathbb{Z}$$

$$i(k\Delta x) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(x-k\Delta x) i(x)$$

Δx : période d'échantillonnage

Pour une image entière

On définit un champ d'impulsions de Dirac

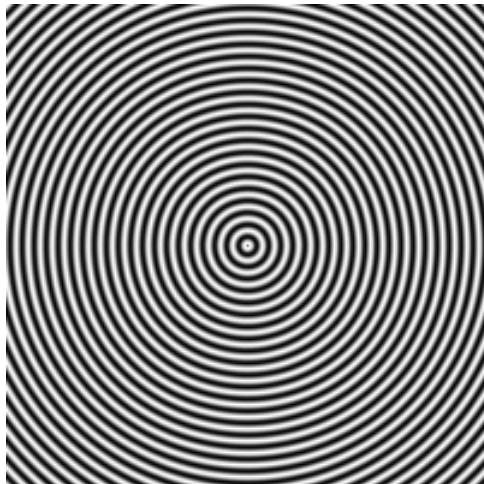


$$i(k\Delta x, l\Delta y) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \delta(x - k\Delta x, y - l\Delta y) i(x, y)$$
$$k, l \in \mathbb{Z}$$

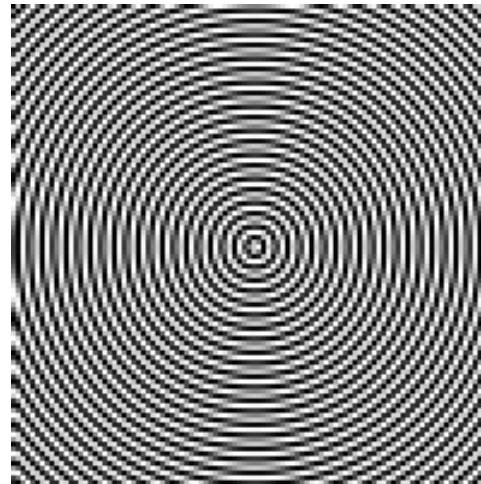
Théoreme de l'échantillonnage

$1/\Delta x > 2.f_m$ avec f_m la plus grande fréquence présente dans le signal analogique

f_m : fréquence de coupure du filtre antirepliement



Échantillonnage correct

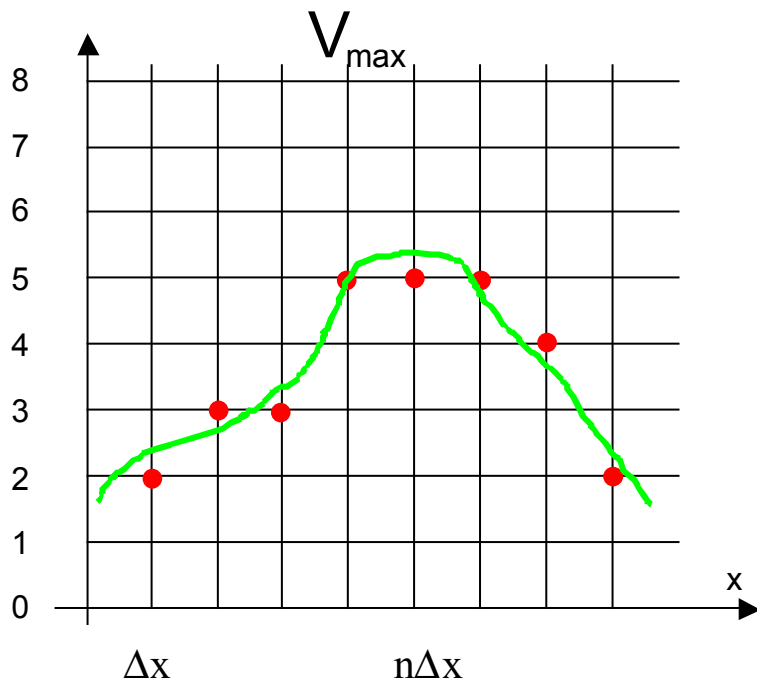


Échantillonnage incorrect
Phénomène de repliement spectral
« aliasing »

Sous échantillonnage d'un facteur 8



La quantification



$$I(\Delta x) = 2$$

$$I(2\Delta x) = 3$$

$$I(3\Delta x) = 3$$

$$I(4\Delta x) = 5$$

$$I(5\Delta x) = 5$$

$$I(6\Delta x) = 5$$

$$I(7\Delta x) = 4$$

$$I(8\Delta x) = 2$$

Avec n bits : 2^n combinaisons, donc 2^n niveaux de quantification

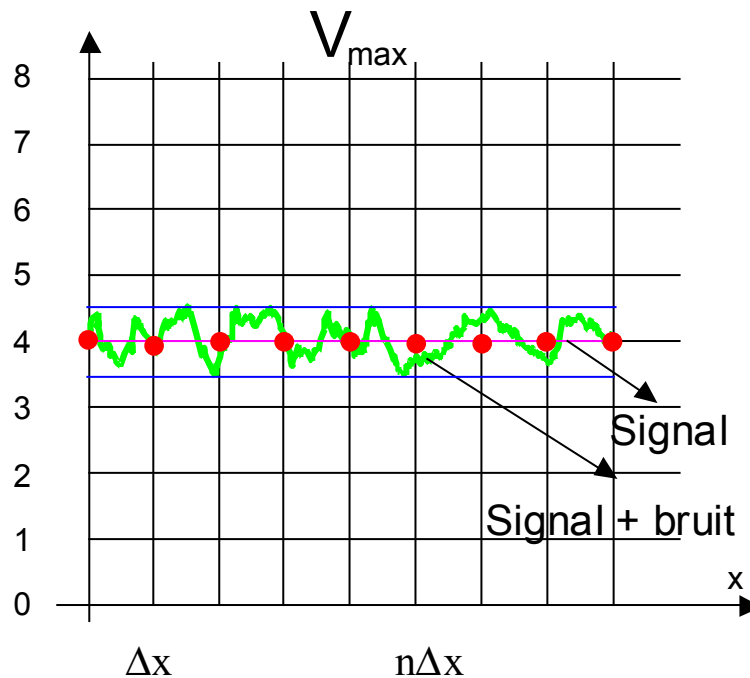
On peut compter de 0 à $2^n - 1$

Le quantum Q est égal à $V_{\max} / (2^n - 1)$

L'erreur maximale vaut : $\varepsilon = Q/2 = V_{\max} / 2 \cdot (2^n - 1)$

Quantification

- L'erreur provoque un « bruit » dit de quantification. En pratique on s'arrange pour que le bruit de quantification soit inférieur au bruit analogique.



Pour l'œil 6 bits suffisent

On choisit le nombre de bits
en fonction du bruit

$s(x)$: signal analogique

$b(x)$: bruit sur le signal analogique

$$I(x) = s(x) + b(x)$$

$$\varepsilon = \frac{Q}{2} \approx |b(x)|$$

Les formats d'images

- **Le BMP :** Bitmap (ou image en mode point) Matrice de pixels. Couleurs 3x8 bits par pixel. Fichier très volumineux.
- **Le GIF :** Format conçu pour le transfert d'image sur réseau.; il est très répandu pour sa facilité et sa rapidité de lecture. La taille des fichiers est faible car il y a une compression systématique. Couleur sur 8 bits/pixel donc que 256 couleurs ou niveaux de gris.

Les formats d'images

- **Le JPG (jpeg)** (Joint Photographic Expert Group) Compression avec perte pour les images photographiques de haute qualité.
La compression des images au format JPEG est ajustable en fonction de la qualité souhaitée et du ratio de compression.
- **TIFF (Tag Image Format File)** est un format de fichier en mode entrelacé qui décrit les données d'image en échelle de gris, en couleurs de palette et en toutes couleurs. Il s'agit généralement d'impression ou sortie de scanners, de cartes de numérisation d'images ou d'applications de manipulation de coloriages ou de photos.

Les formats d'images

- **Le PNG** (Portable Network Graphics). Format ouverts et libre de droit. C'est une alternative au GIF spécialement mis au point pour optimiser l'affichage des images sur Internet. Compression des données sans perte d'information, par codage des répétitions dans les zones de couleurs continues.