Image - Analyse et traitements d'images

Formation des images

PLAN

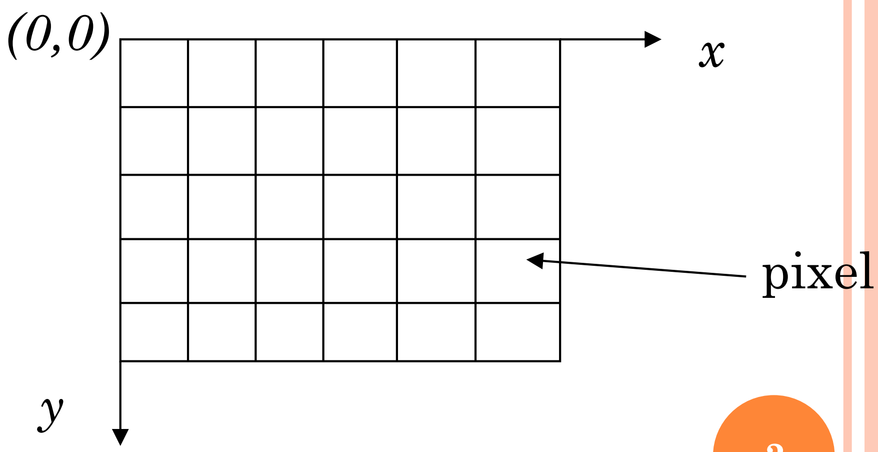
- Introduction
- Obtention d’images numériques
  - Propriétés du système visuel humain
  - Acquisition d’une image numérique
  - Échantillonnage
  - Quantification
  - Discrétisation de l'espace d'acquisition

INTRODUCTION

- Qu'est-ce qu'une image?

« Reproduction exacte ou représentation analogique d'un être, d'une chose » [Petit Robert]

- Fonction bidimensionnelle : *f(x,y)*
- *f* en chaque point *(x,y)* est proportionnel à l'intensité de l'image en ce point
- Une image numérisée
  - est une discrétisation selon x et y et en intensité
  - est composée de pixels *(picture element)*



INTRODUCTION

Différents types d'images [3]

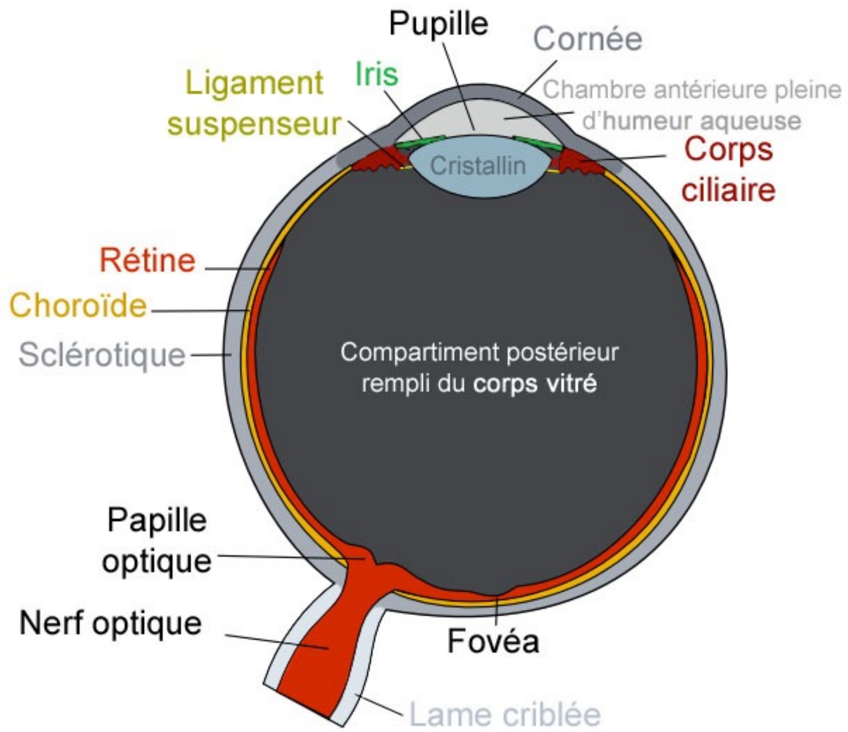
	IMAGES PHYSIQUES					MATHÉM.
	MATÉRIELLES				IMMATÉRIELLES	
	VISIBLES		NON VISIBLES			
	VOLATILES	PERMANENTES	VOLATILES	PERMANENTES	PAR EXTENSION	FONCTIONS
ANALOGIQUES	• scènes de la vie • images optiques visibles • images sur écran vidéo	• photos • dessins • peintures « pictures »	• vues IR,UV • images nucléaires • signaux électriques vidéo	• images sur vidéo-cassette, vidéo-disque	• cartes de température, de pression • phénomène physique, chimique,... à 2 dimensions	$f(x,y)$ • modèles analogiques d'images
NUMÉRIQUES	• images sur écran LCD	• sorties sur imprimante	• images numérisées, mémorisées sur RAM	• images sur disque dur, disquette, bande, CD-Rom, CDI, CD-Photo		f_{ij} • images de synthèse • modèles numériques d'images

PLAN

- Introduction
- Obtention d’images numériques
  - Propriétés du système visuel humain
  - Acquisition d’une image numérique
  - Discrétisation de l'espace d'acquisition
  - Échantillonnage
  - Quantification

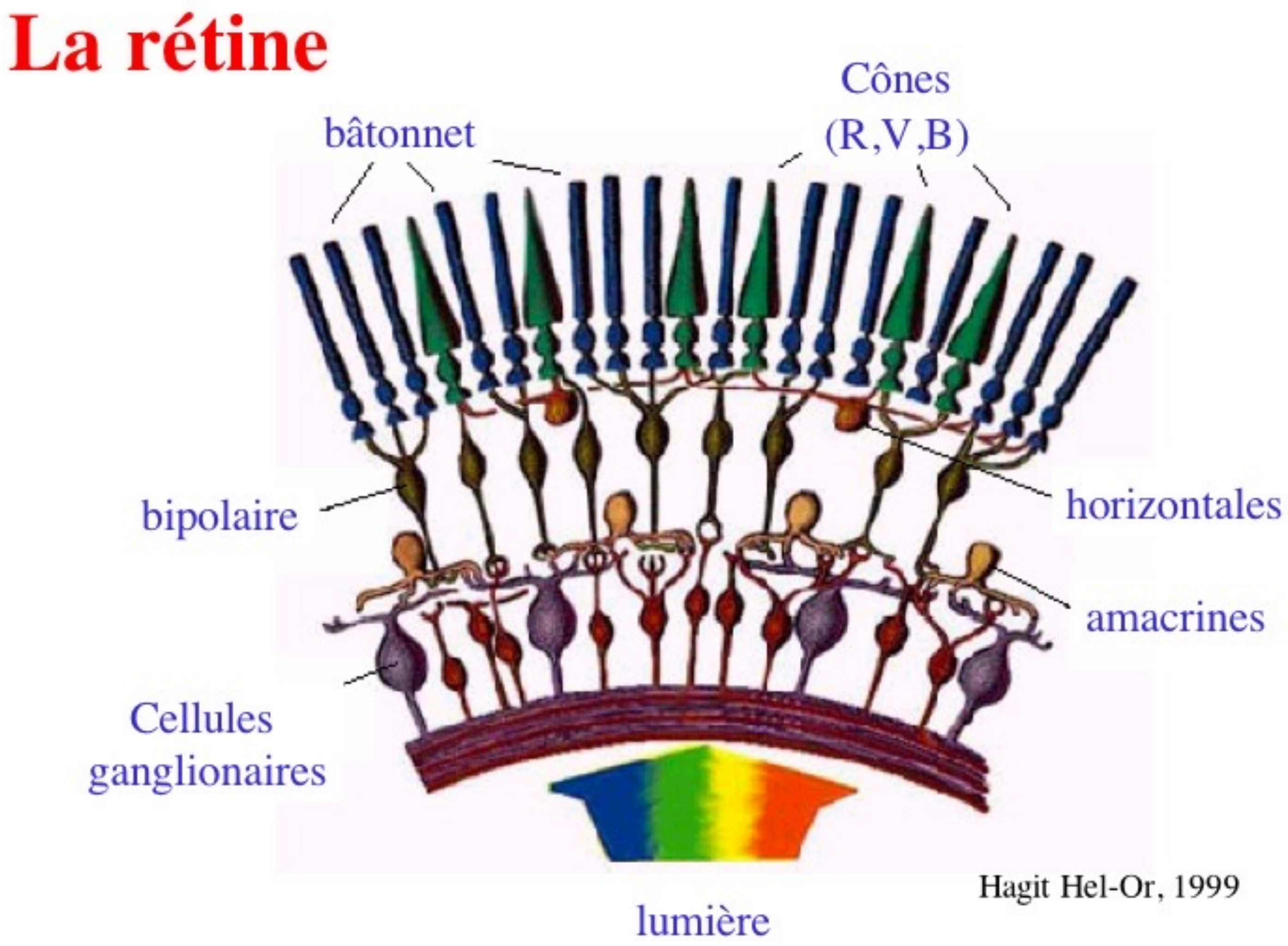
Propriétés du système visuel humain [1,4]

- Le Système Visuel Humain (SVH) : une chaîne de traitement de l'information lumineuse



[Source : wikipedia]

PROPRIÉTÉS DU SYSTÈME VISUEL HUMAIN [1,4]



PROPRIÉTÉS DU SYSTÈME VISUEL HUMAIN [1,4]

- Mesures et modélisations psychophysiques
  - Mesures de seuil de visibilité

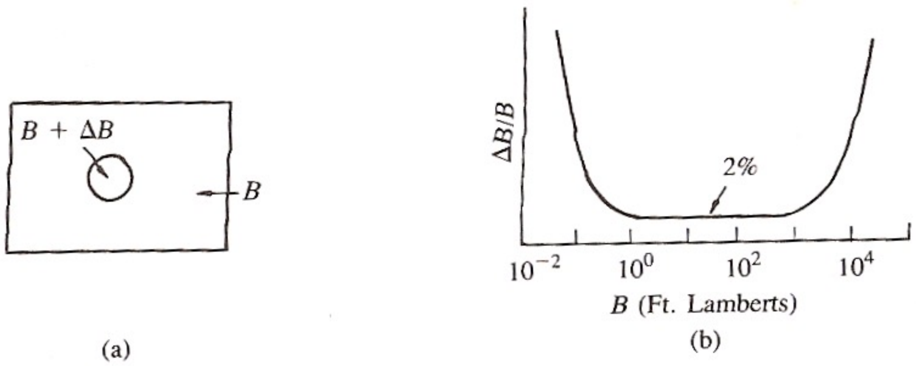


Figure 2.4 Contrast sensitivity with a constant background.

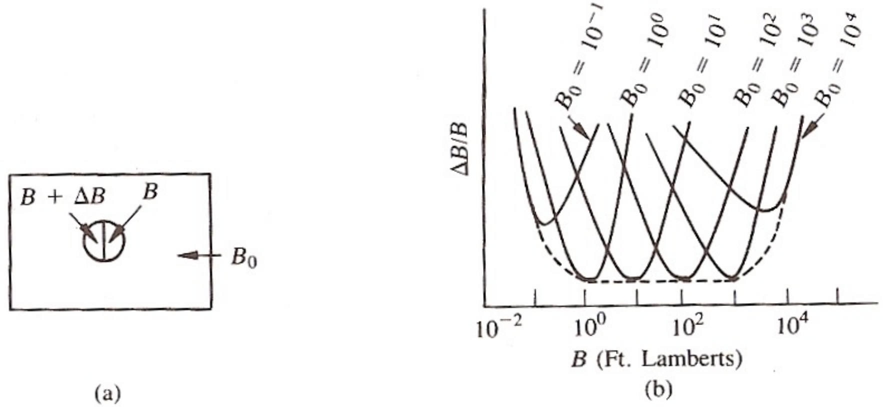
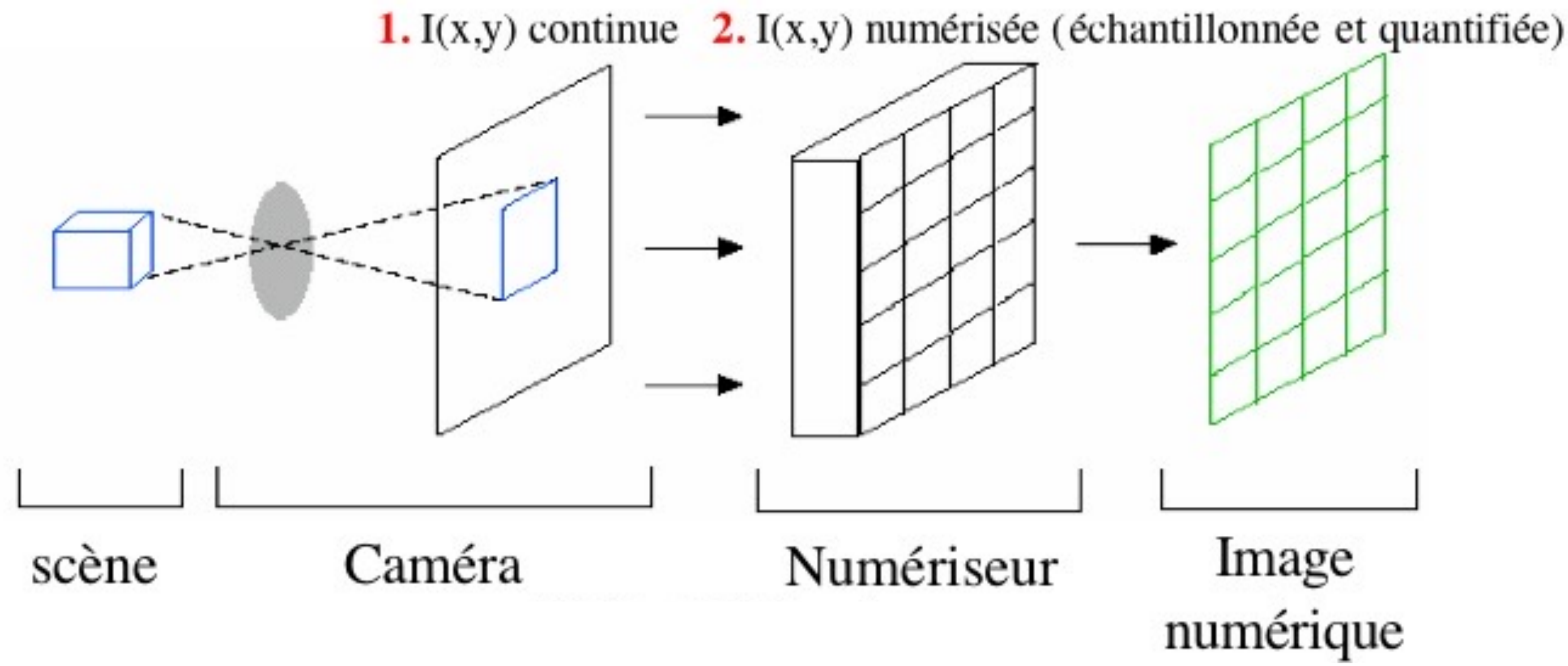


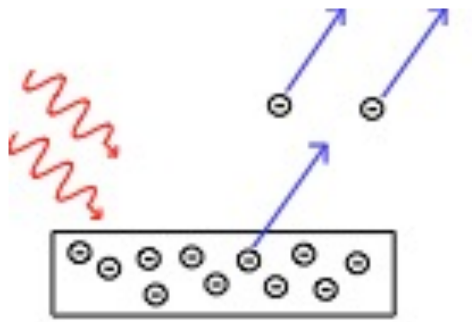
Figure 2.5 Contrast sensitivity with a varying background.

ACQUISITION D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE [5]



FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- Numériseur
  - Capteur photographique : utilise l'effet photoélectrique

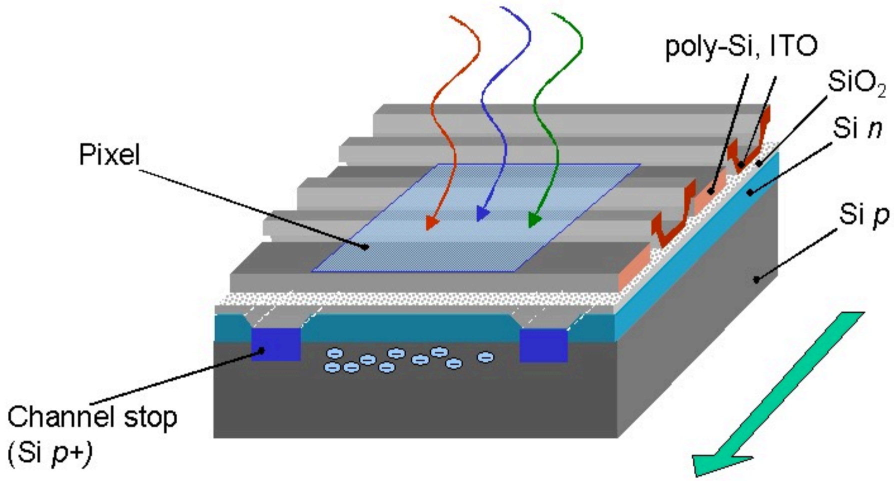


[source : wikipédia]

  - CCD (*Charge-Coupled Device*)
  - CMOS

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

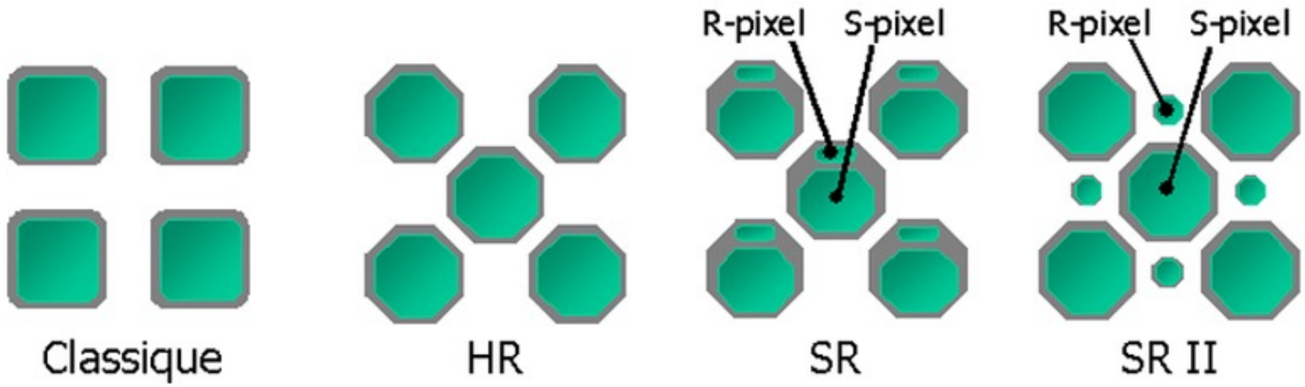
- Numériseur
  - CCD (*Charge-Coupled Device*)



[source : wikipédia]

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

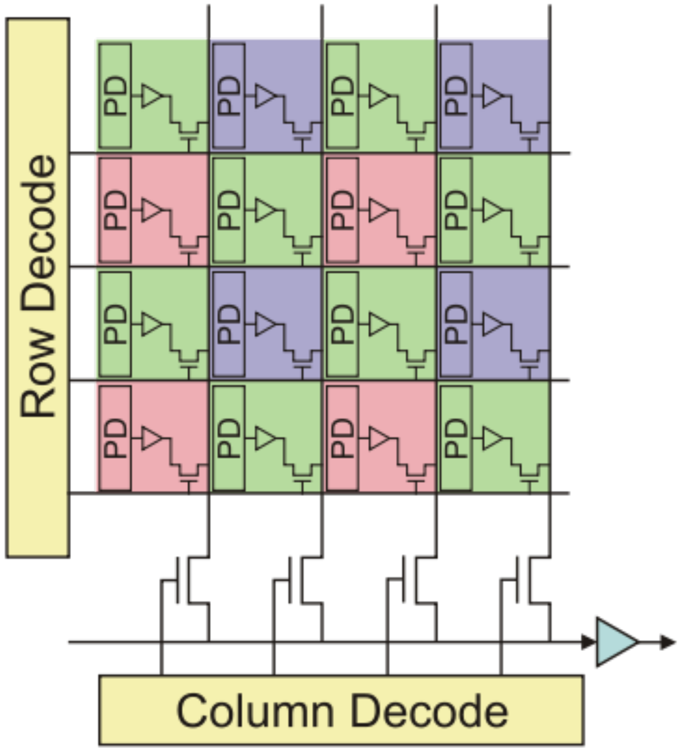
- Numériseur
  - CCD (*Charge-Coupled Device*)



[source : wikipédia]

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

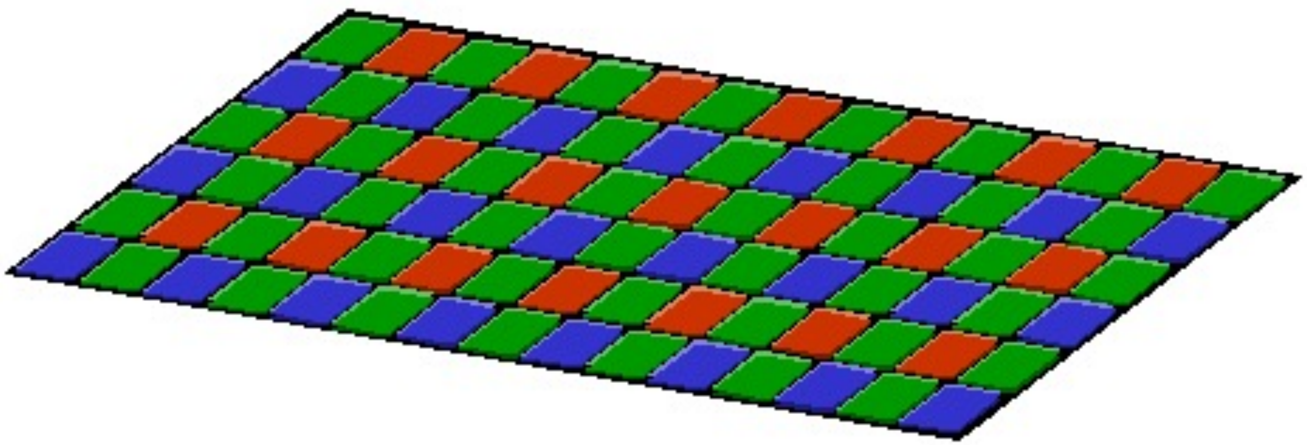
- Numériseur
  - CMOS (*Complementary metal oxide semi-conductor*)



[source : wikipédia]

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- Dématriçage
  - A l'aide d'un filtre : Mosaïque de Bayer

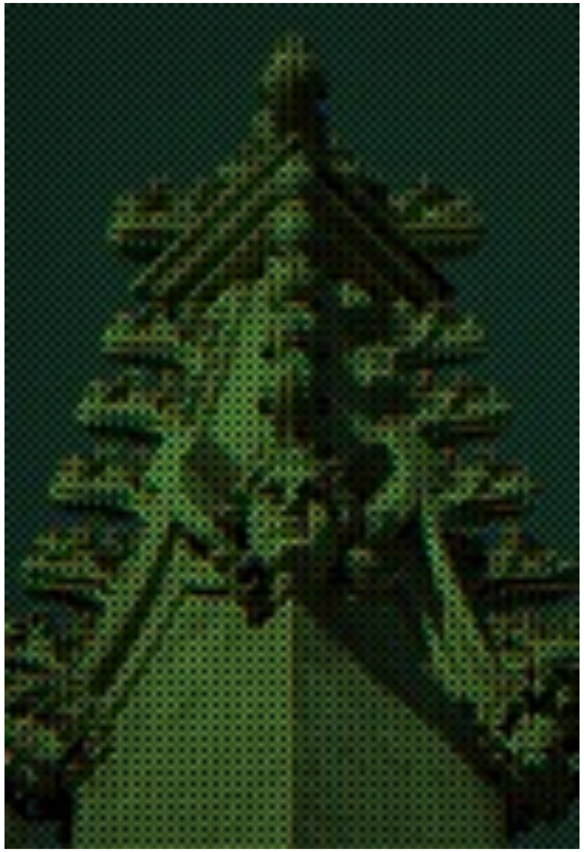


[source : wikipédia]

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- Dématriçage

Photo

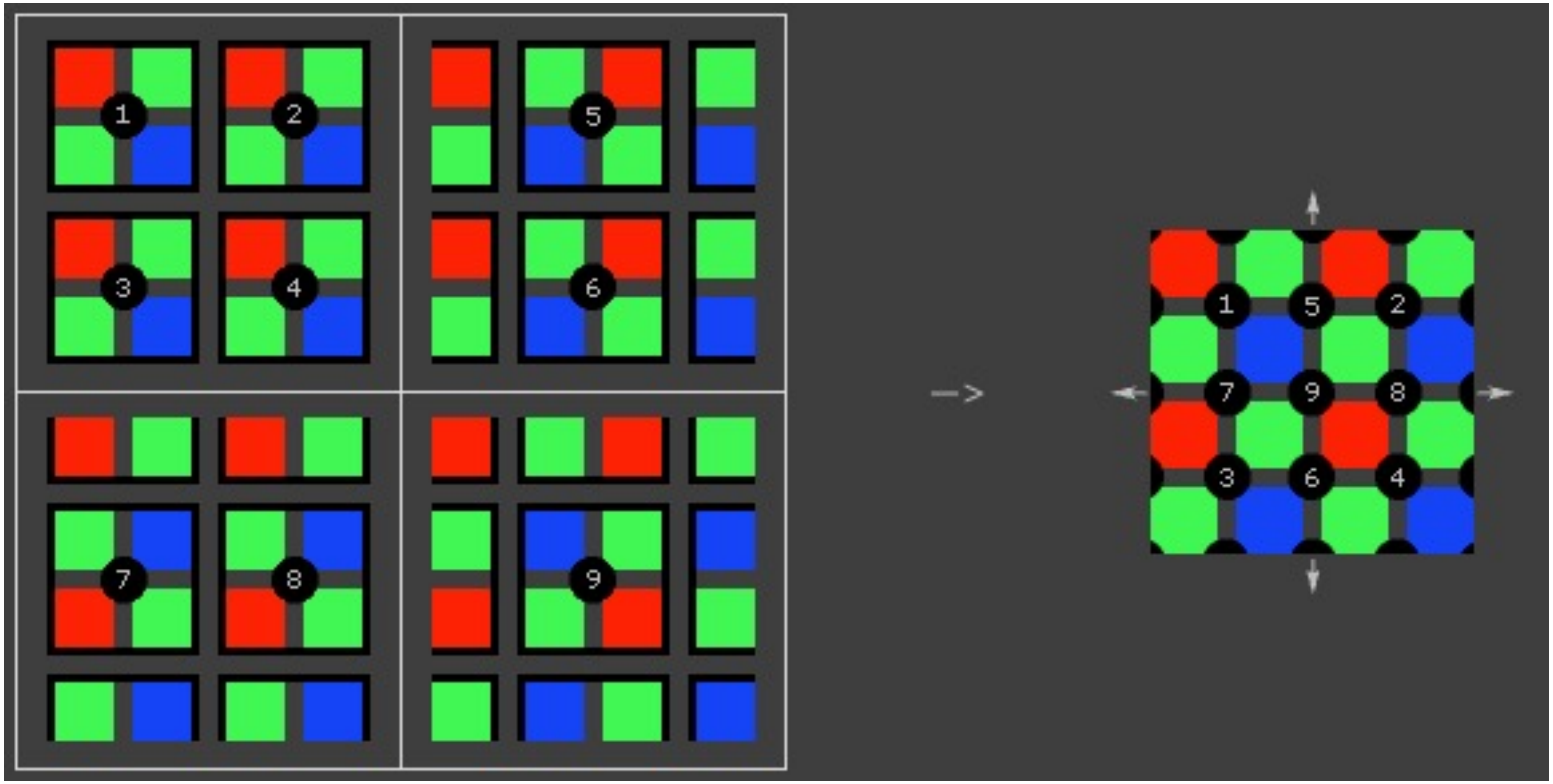


vue par le capteur

[source http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm]

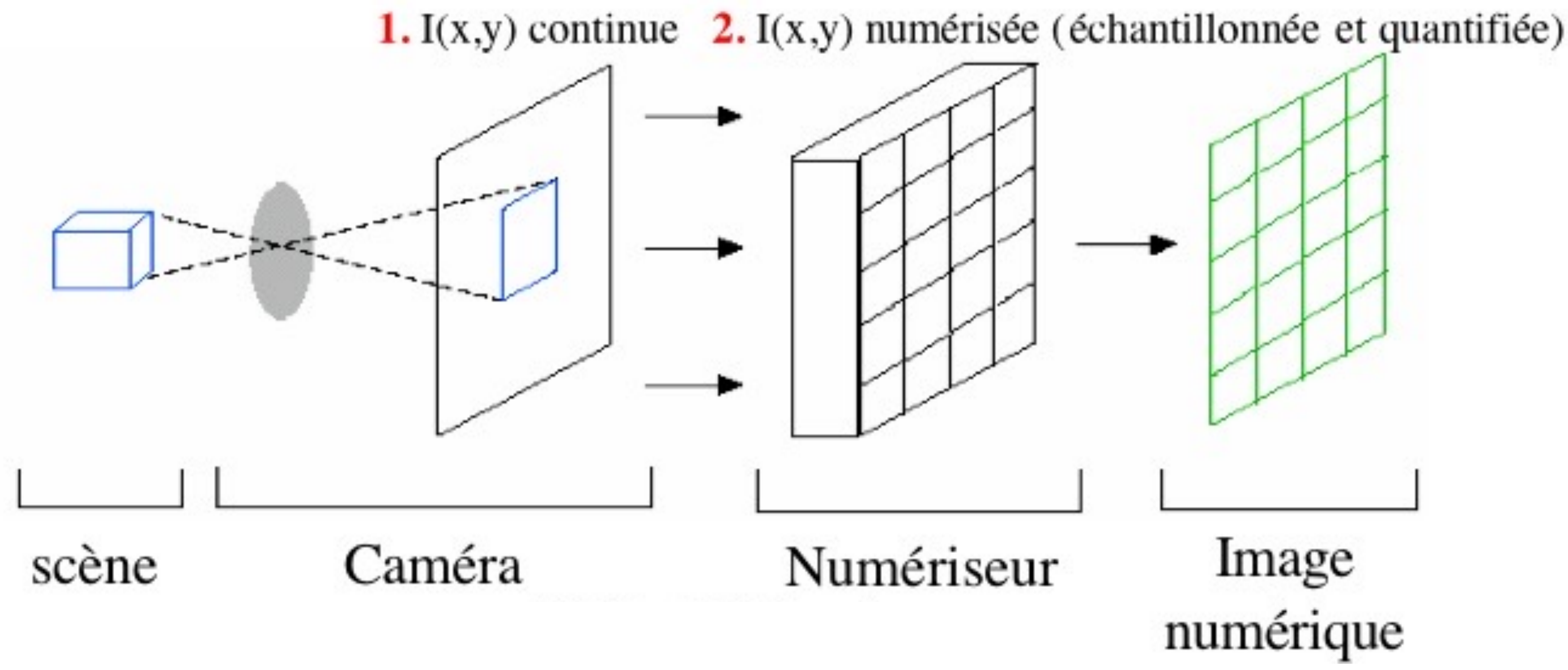
FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- Dématriçage



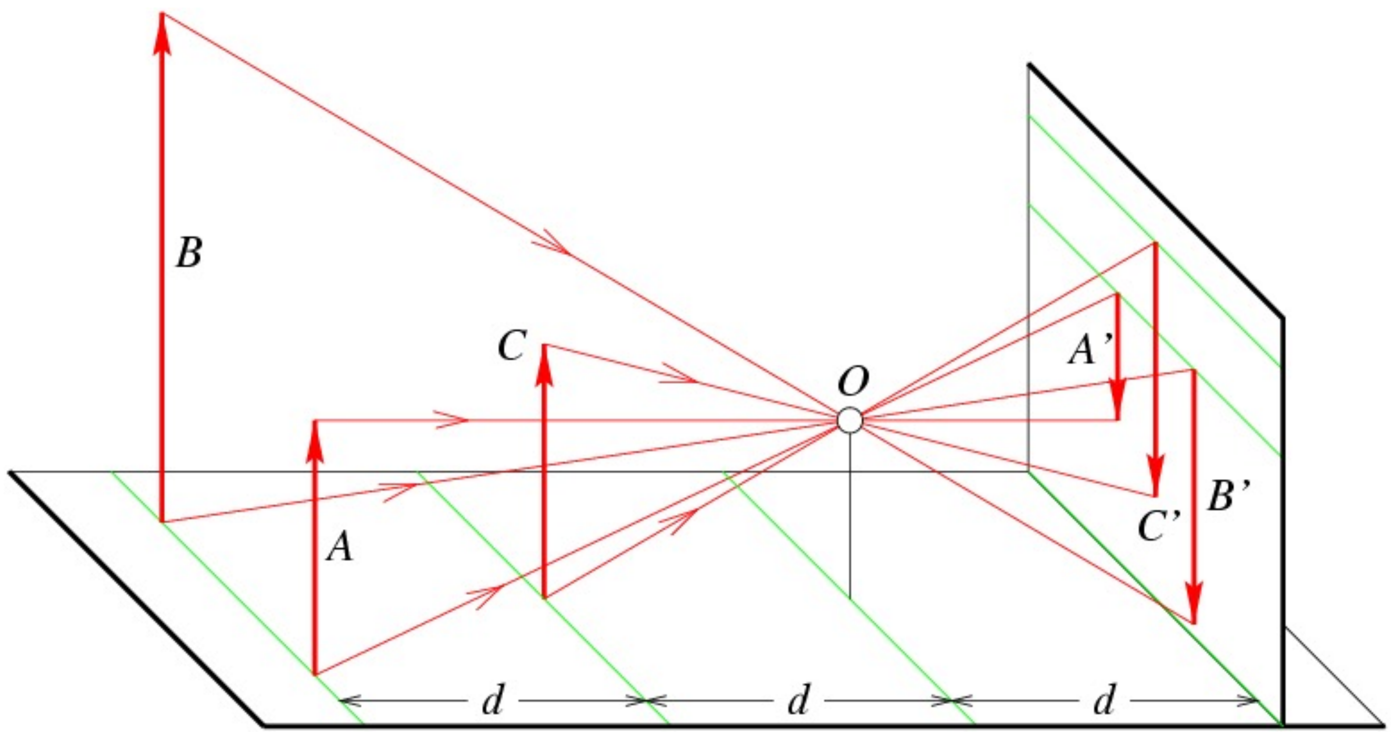
[source http://www.cambridgeincolour.com/tutorials]

Acquisition d'une image numérique [5]



Acquisition d'une image numérique [6]

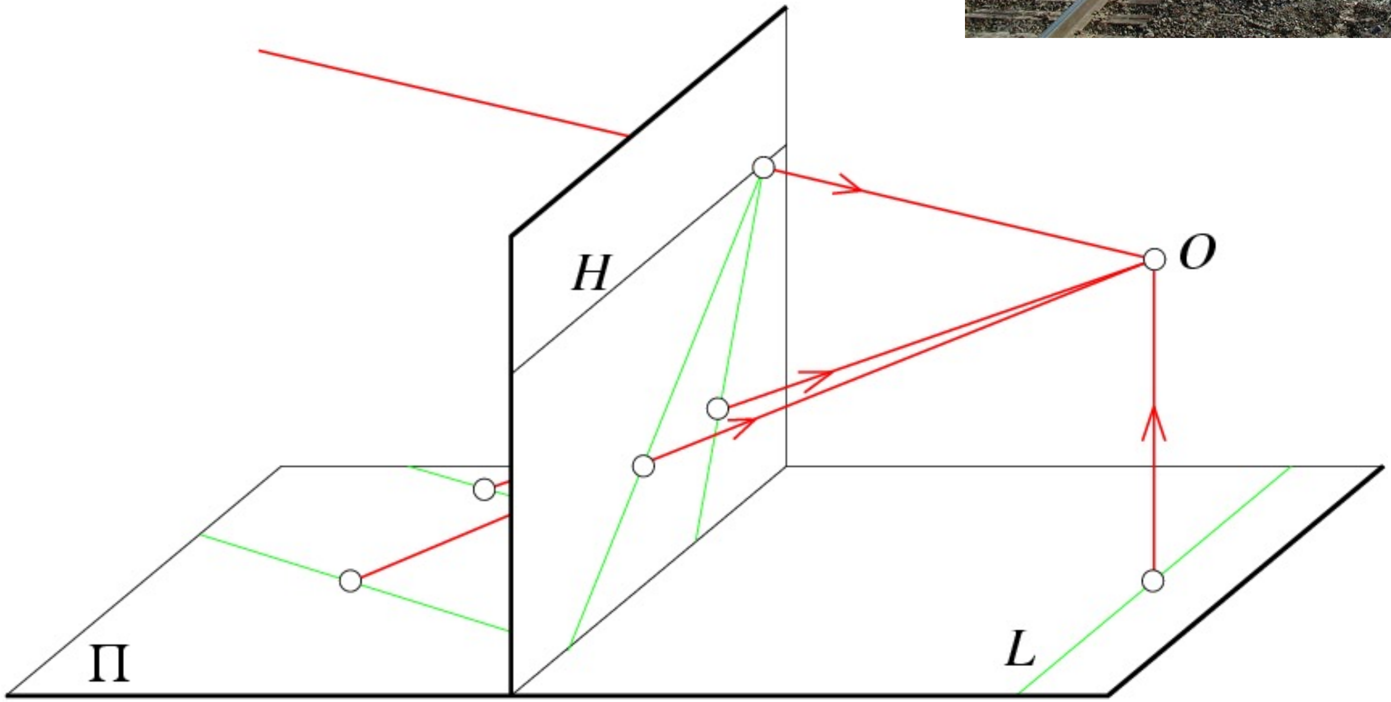
- Propriétés :
  - Les objets distants apparaissent plus petits



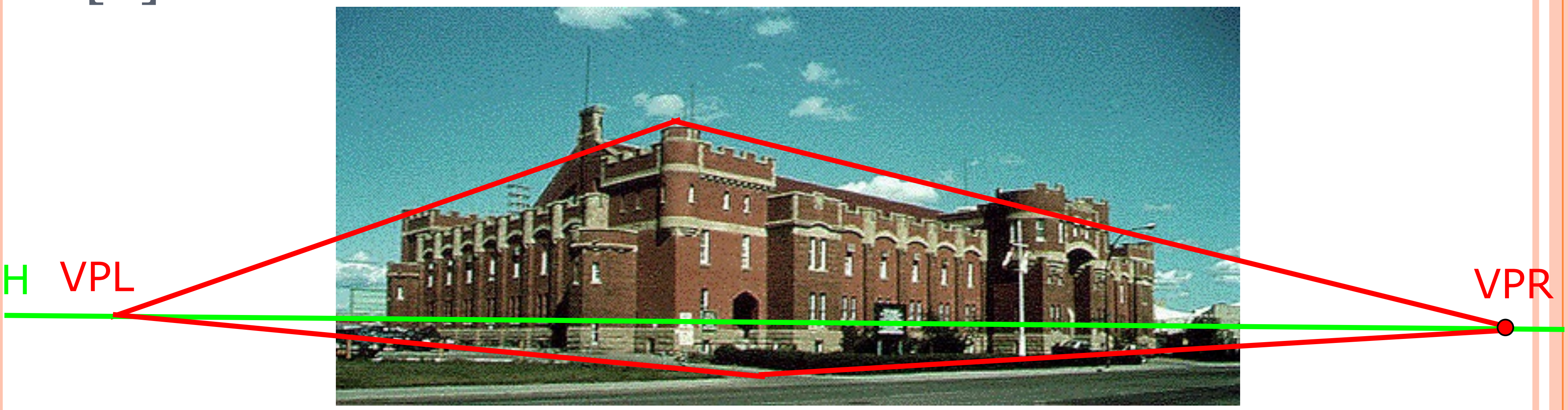
Acquisition d'une image numérique [6]

- Propriétés :
  - Les parallèles se rencontrent

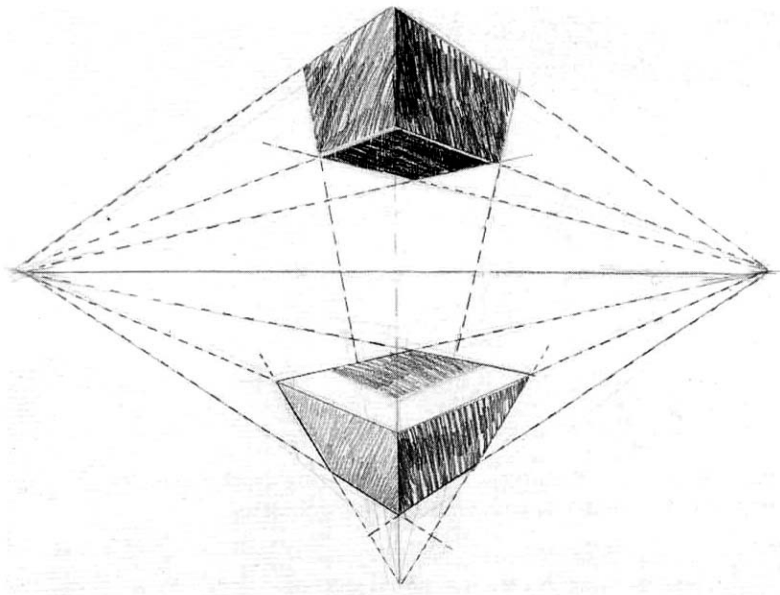
    ➔Points de fuites



Acquisition d'une image numérique [6]

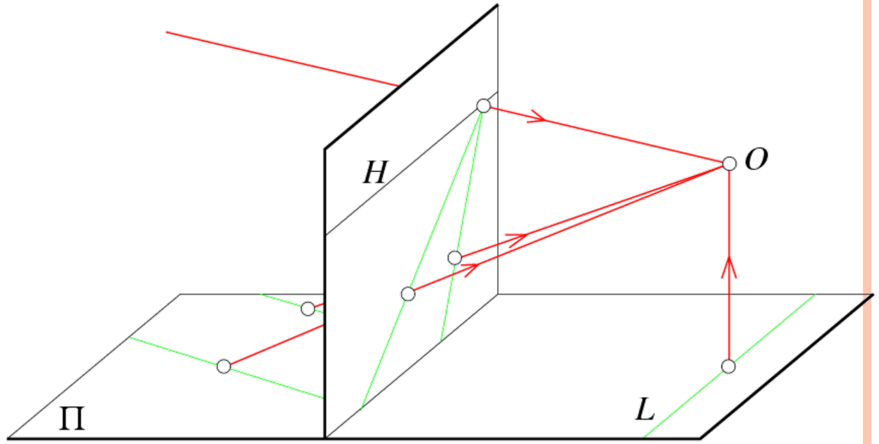


Deux directions différentes correspondent à des points de fuite différents



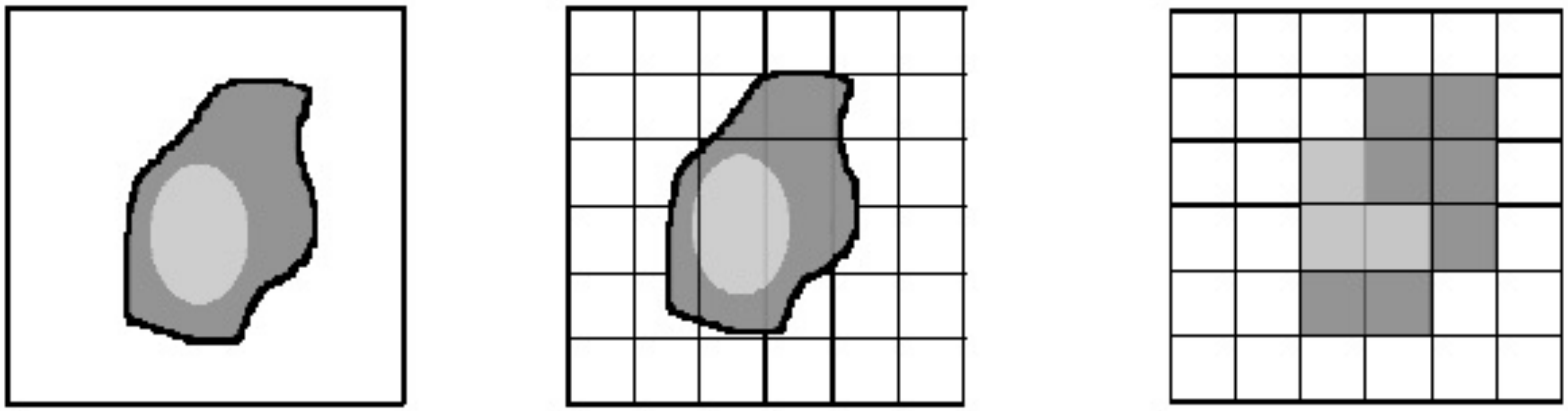
Acquisition d'une image numérique [6]

- Propriétés géométriques de la projection
  - Point ➔ point
  - Ligne ➔ ligne
  - Plan ➔ toute l'image
    ou demi-plan
  - Polygones ➔ polygones
  - Cas dégénérés :
    - Ligne à travers le point focal ➔ point
    - plan à travers le point focal ➔ ligne



DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- Échantillonnage :
  - Permet de passer du continu au discret



Objet de départ (espace réel)

Partition de l'espace : Échantillonnage

Objet numérisé : Discrétisation : Codage de l'information couleur au niveau des capteurs

  - Respecte la condition de Shannon

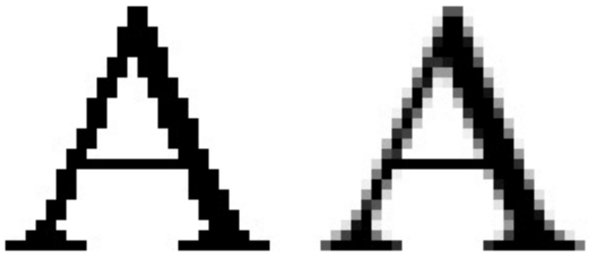
FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

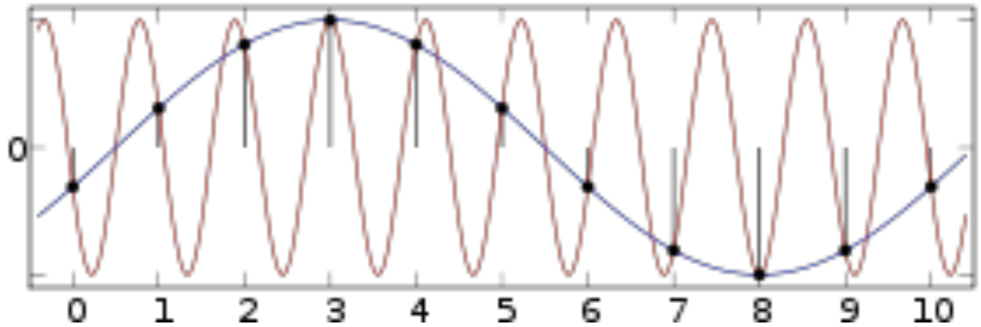
- Le théorème de Nyquist-Shannon :

  La fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de convertir ce signal d'une forme analogique à une forme numérique.

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- Exemple d'aliasing

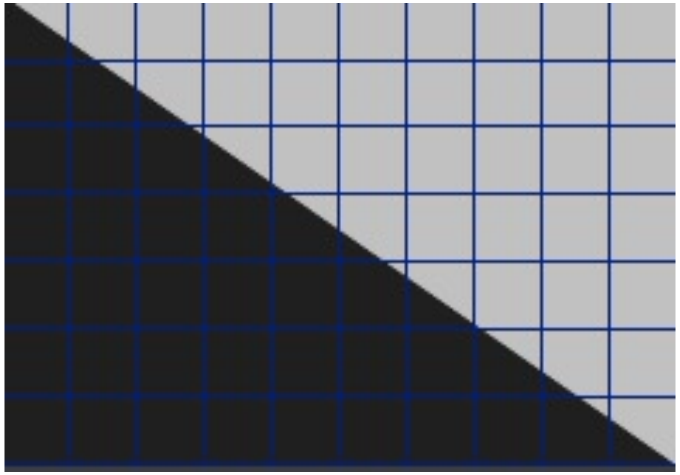




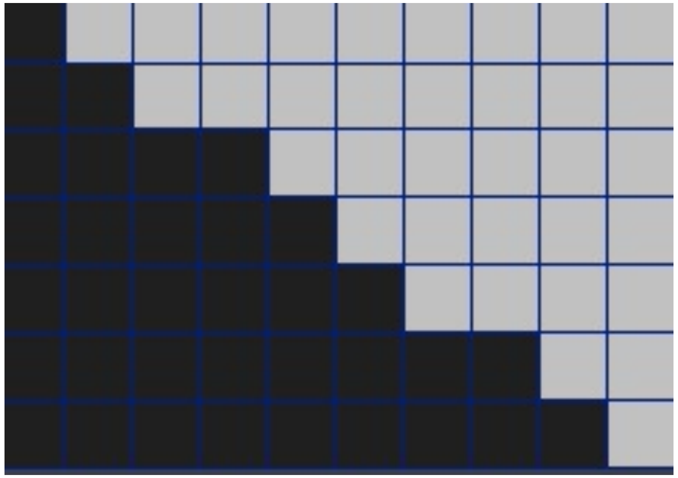
Crénelage d'un signal sinusoïdal de fréquence f=0.9, confondu avec un signal de fréquence f=0.1 lors d'un échantillonnage de période T=1.0.

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

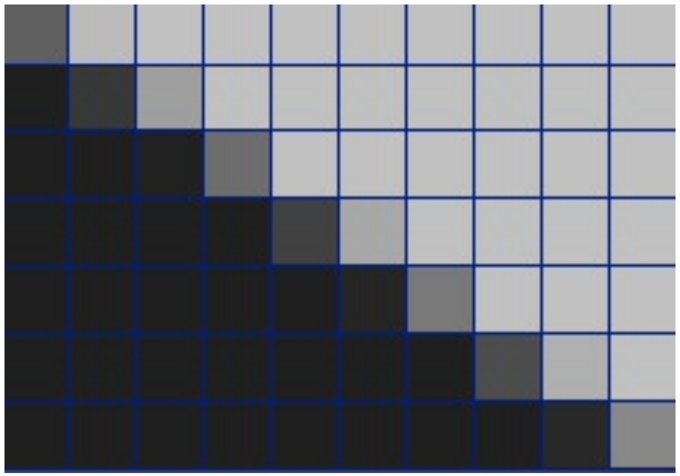
- Aliasing



Contour idéal sur une grille grossière



Rééchantillonnage avec aliasing



Rééchantillonnage sans aliasing

FONDAMENTAUX D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE - DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- effet de Moiré dû au dématriçage

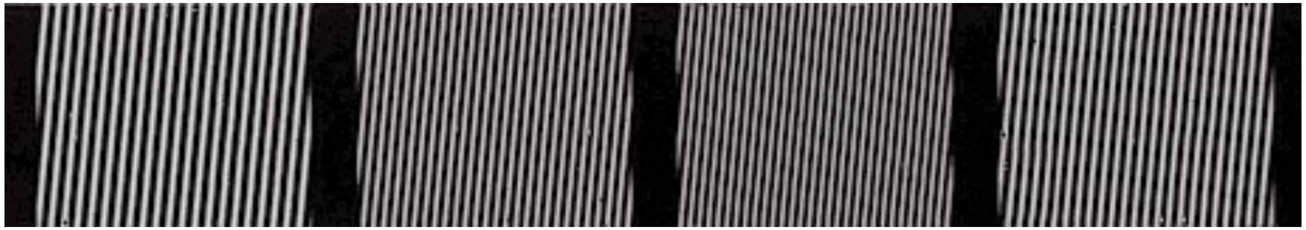
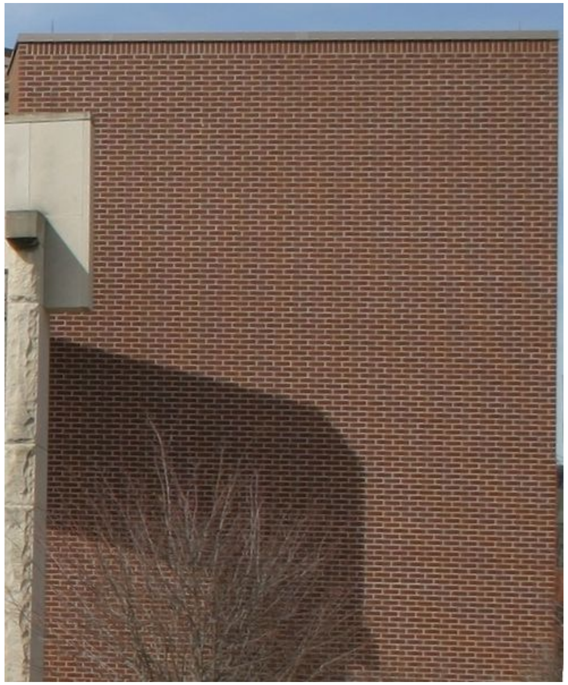


Image échelle 65%

[source http://www.cambridgeincolour.com/tutorials]

Fondamentaux d'une image numérique - Discrétisation de l'espace d'acquisition

- Effet de Moiré



Échantillonnage correct

Effet de Moiré

DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- De la topologie réelle à la topologie discrète :

  $R^2 \rightarrow$ espace discret

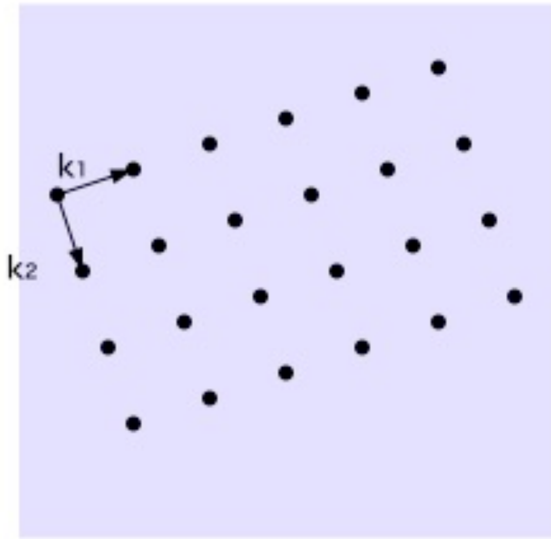
  points de $R^3 \rightarrow$ pavés de l'espace d'acquisition
- Types de pavages
  - 2D : carrés, hexagones
  - 3D : cubes, rhombododécaèdres
- Pavages carrés ou cubiques

  points de $R^2 \rightarrow$ pixels de Z^2

  points de $R^3 \rightarrow$ voxels de Z^3

ÉCHANTILLONNAGE

- Échantillonnage carré

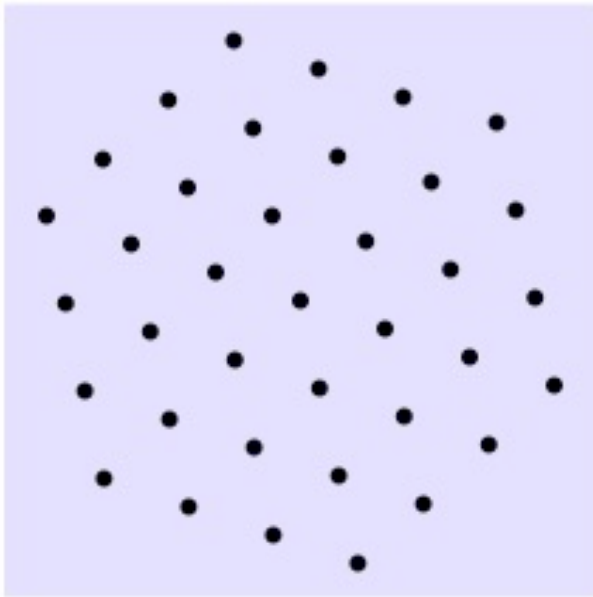


Le sous-espace E de R^2 est un échantillonnage carré s'il existe une base $B_E = (k1, k2)$ de R^2 orthogonale (i.e. $k1.k2 = 0$) avec $||k1|| = ||k2||$ telle que :

$$E = \{x \in R^2, \exists\ (i, j) \in Z^2, x = ik_1 + jk_2\}.$$

Échantillonnage

- Échantillonnage hexagonal



Le sous-espace E_H de R^2 est un échantillonnage hexagonal s'il existe une base $B_H = (k1, k2)$ de R^2 telle que: $||k1|| = ||k2||$ et $k1.k2 = 1/2 ||k1|| \times ||k2||$

et $E = \{x \in R^2, \exists\ (i, j) \in Z^2, x = ik_1 + jk_2\}$

ÉCHANTILLONNAGE

Lena 512x512

ÉCHANTILLONNAGE

Lena 256x256

Échantillonnage

Lena 128x128

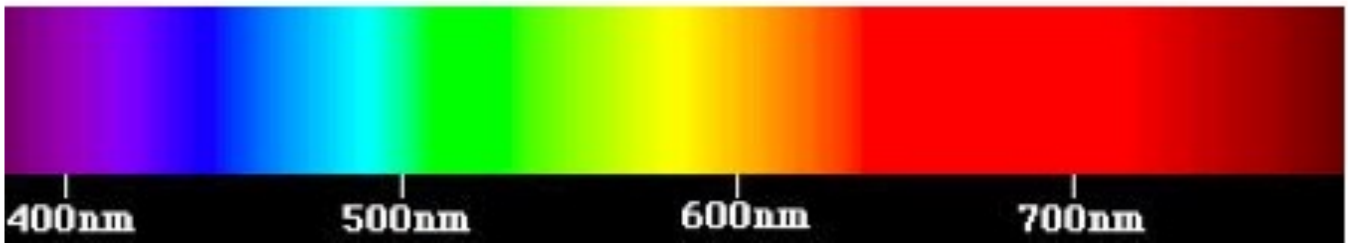
ÉCHANTILLONNAGE

Lena 64x64

QUANTIFICATION

- Lumière : onde électromagnétique (grandeur continue)

rayons γ	rayons X	ultraviole t	violet	rouge	infrarouge	radar	FM	radio
10^{-3}	10^{0}	10^{2}	380	780	10^{4}	10^{6}	10^{9}	10^{14}

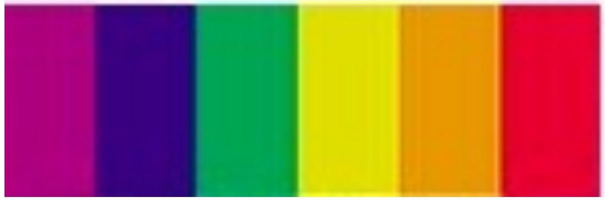


(extrait de [5])

QUANTIFICATION

- Perception de la couleur [5]
  - Teinte *(Hue)*
    - déterminée par la longueur d'onde dominante

    (ex : rouge, jaune, pourpre)

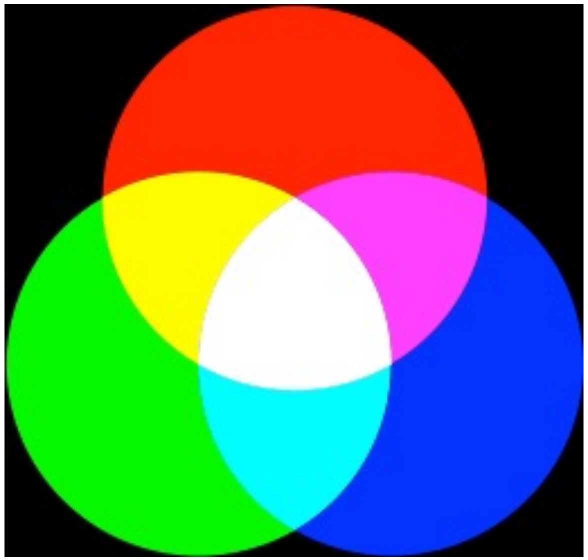


  - Saturation
    - distance du gris de même intensité
    - de gris (blanc) à la couleur

  - Luminance *(Lightness)*
    - Intensité de lumière que la couleur réfléchit/transmet

QUANTIFICATION [3]

- Utilisation d'un nombre fini de valeurs
  - Images trichromes
    - toute couleur peut être obtenue à partir de 3 couleurs primaires



RVB

CMJ

QUANTIFICATION

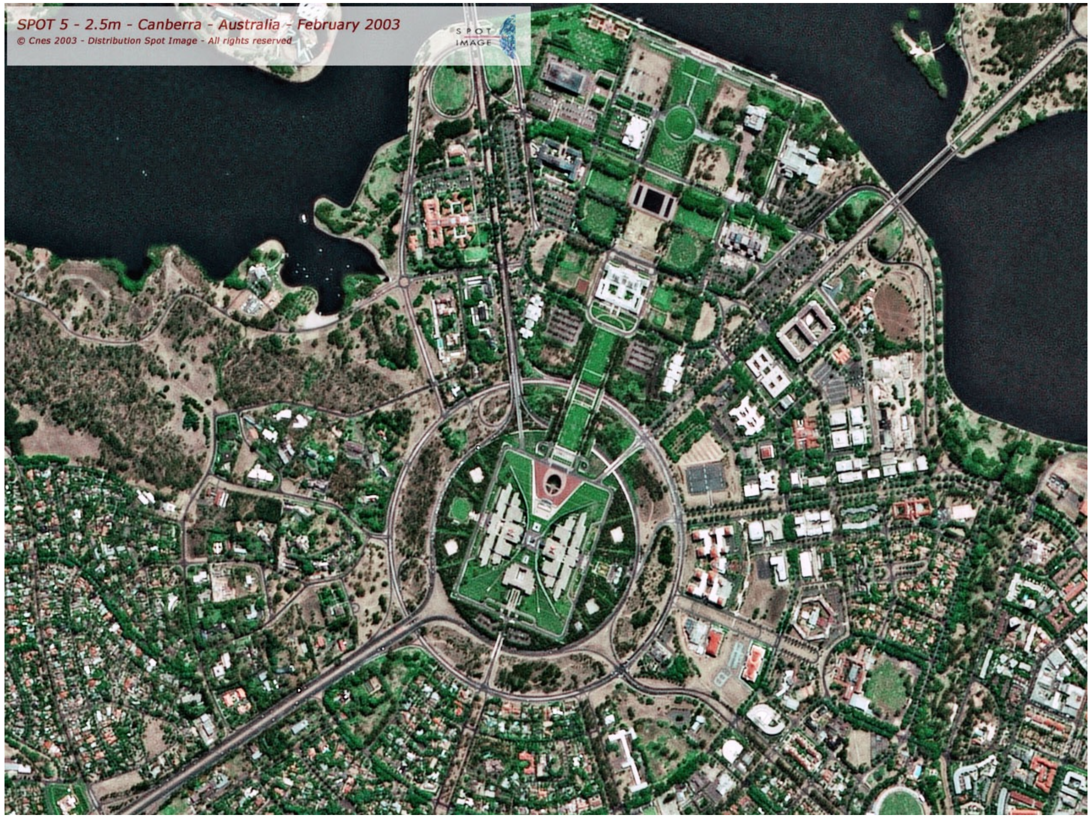
QUANTIFICATION

- Utilisation d'un nombre fini de valeurs
  - Images Monochromes
    - *f(x,y)* : intensité lumineuse (luminance) en *(x,y)*

180	187	188	193	197	192	187	171	137	122	128	137	…
189	190	195	195	195	192	167	126	123	126	127	140	…
191	192	196	195	188	153	115	117	127	136	135	135	…
195	195	196	186	142	113	117	118	124	131	131	127	…
196	197	178	127	106	103	114	118	118	120	126	121	…
200	175	115	92	106	101	110	114	113	107	102	99	…
169	102	90	92	102	103	103	106	108	106	102	82	…
.												
.												
.												

Quantification [3]

- Utilisation d'un nombre fini de valeurs
  - Images multispectrales



Discrétisation de l'espace d'acquisition

- Problèmes liés à l'échantillonnage :
  - Exemple de filtrage
    - Convolution dans le domaine réel

$$(f * g)(x_0) = \int f(x)g(x_0 - x)\,dx$$

    - Cette équation signifie que, pour une valeur de x_0 donnée :
      1. on prend le symétrique du graphe de la fonction g par rapport à l'axe des ordonnées, soit g(-x),
      2. on décale le résultat de x_0, soit $g(x_0-x)$,
      3. on multiplie le résultat par f(x),
      4. on somme ce produit pour toutes les valeurs de x,
      5. on réitère ce procédé pour chaque valeur de x_0

DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- Problèmes liés à l'échantillonnage :
  - Exemple de filtrage
    - Convolution dans le domaine discret

$$(f * g)(x_0) = \sum f(x)g(x_0 - x)$$

    - Cette équation signifie que, pour une valeur de x_0 donnée :
      1. on prend le symétrique du graphe de la fonction g par rapport à l'axe des ordonnées, soit g(-x),
      2. on décale le résultat de x_0, soit $g(x_0\text{-}x)$,
      3. on multiplie le résultat par f(x),
      4. on somme ce produit pour toutes les valeurs de x,
      5. on réitère ce procédé pour chaque valeur de x_0

Discrétisation de l'espace d'acquisition– la convolution

- Propriétés de la convolution :
  - Commutatif

    $$(f*g)(x)=(g*f)(x)$$

  - Distributif sur l'addition

    $$(f*(g+h))(x)=(f*g)(x)+(f*h)(x)$$

  - Associatif

    $$((f*g)*h)(x)=(f*(g*h))(x)$$

  - Utilisation : traitement du signal

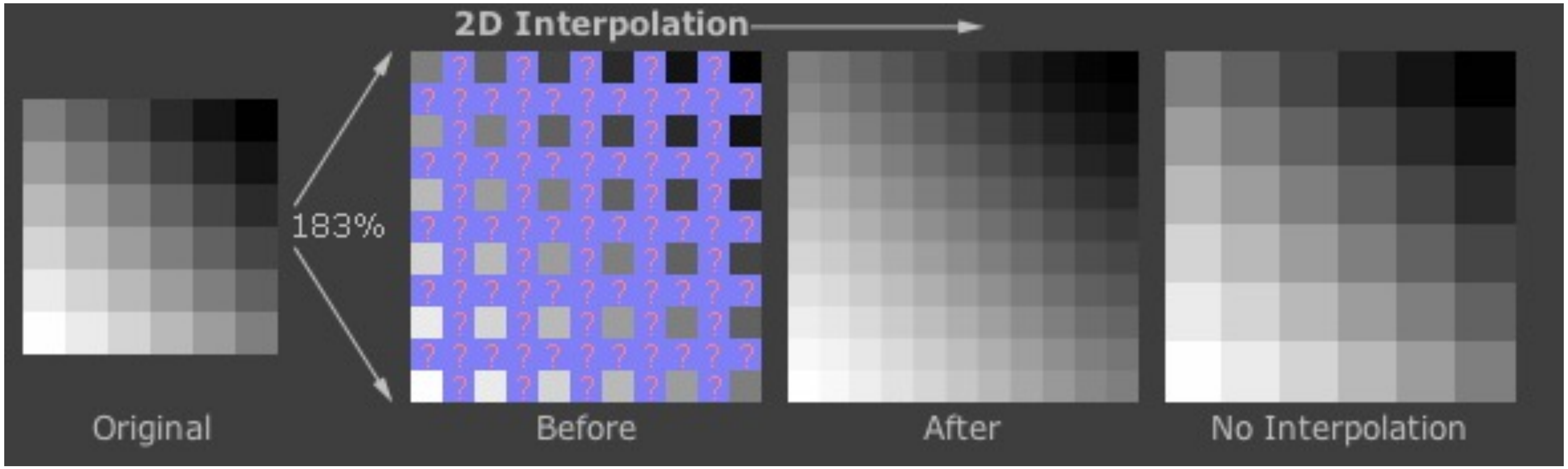
    $$S_s = S_e*H$$

    S_s : signal de sortie

    S_e : signal d'entrée

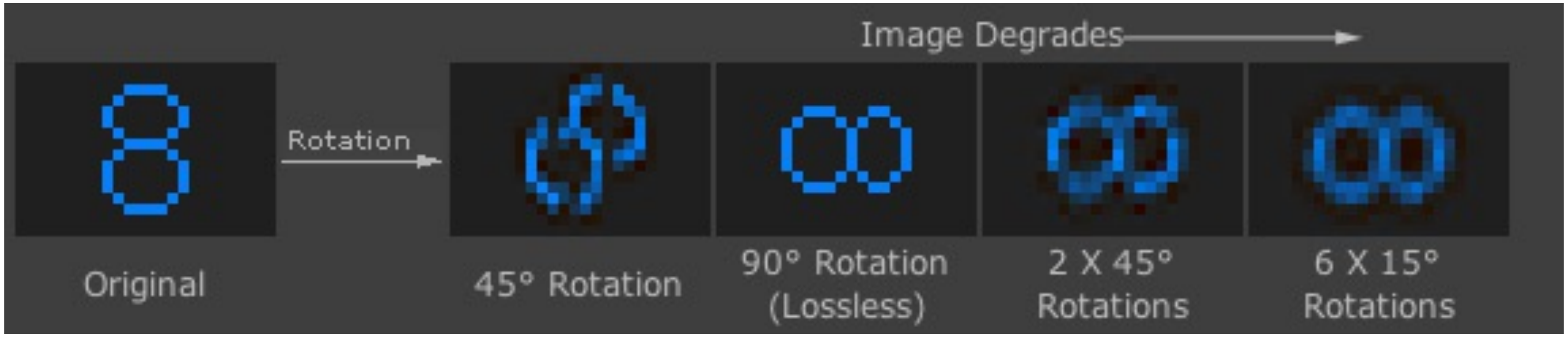
    H : filtre

INTERPOLATION



[source http://www.cambridgeincolour.com/tutorials]

INTERPOLATION

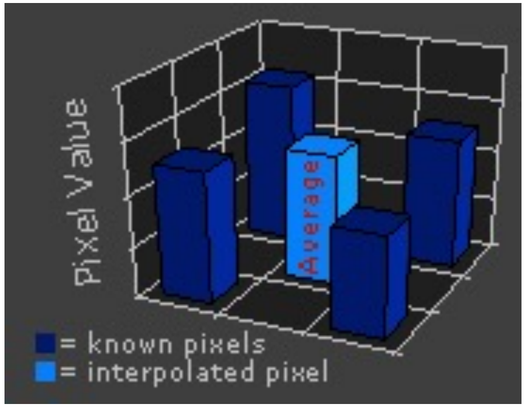


INTERPOLATION

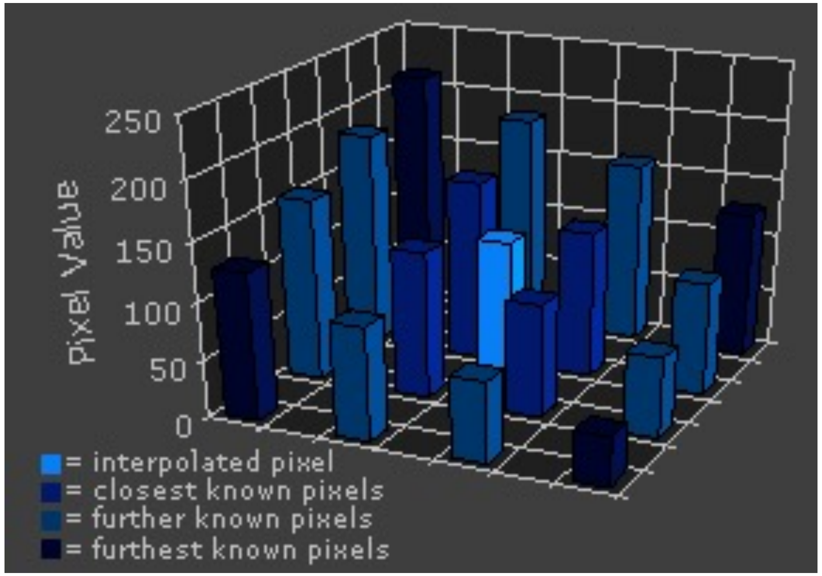
- Algorithmes Non adaptatifs
  - Plus proche voisin
  - Bilinéaire
  - Bicubique
  - Spline
  - Sinc
- Algorithmes adaptatifs

Interpolation

- Algorithmes Non adaptatifs
  - Plus proche voisin
  - Bilinéaire



  - Bicubique



Discrétisation de l'espace d'acquisition

- Modèle de pixel
  - L'utilisation d'un modèle de pixel *pm* permet de décrire un objet *f(x,y)* dans différentes bases
  - Avec un modèle de pixel quelconque

{pm(x – k, y – l), k, l ∈ Z}, l'objet *f(x, y)* va s'écrire :

$$f(x,y) = \sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{l=0}^{+\infty} f(k,l)pm(x-k, y-l)$$

Discrétisation de l'espace d'acquisition

- Modèle de pixel Dirac

$$pm(x) = \delta(x) \text{ où } \delta(x) = \begin{cases} 0 \text{ si } x \neq 0 \\ 1 \text{ sinon} \end{cases}$$

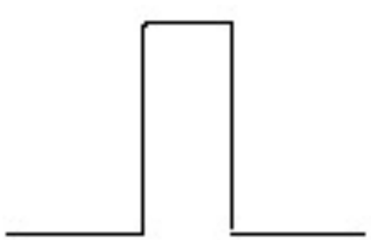
La base de Dirac est séparable $\delta(x, y) = \delta(x)\delta(y)$

La discrétisation de l'objet s'écrit :

$$f(x,y) = \sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{l=0}^{+\infty} f(k,l)\delta(x-k)\delta(y-l)$$

DISCRÉTISATION DE L'ESPACE D'ACQUISITION

- L'objet peut aussi être décrit par un modèle de pixel spline



spline 0

spline 1

spline 2

spline 3

Discrétisation de l'espace d'acquisition

- Les splines sont séparables $$\beta_n(x,y) = \beta_n(x)\beta_n(y)$$
- Les ordres de splines sont reliées par une relation de récurrence

$$\beta_n(x) = \underbrace{\beta_0 * \beta_0 * \cdots * \beta_0(x)}_{\text{(n+1) fois}}$$

- β0 est la fonction porte de longueur unitaire

$$\beta_0(t) = \begin{cases} 1 \text{ si } \; |t| < \frac{1}{2} \\ 1 \text{ si } \; |t| = \frac{1}{2}. \\ 0 \text{ ailleurs} \end{cases}$$

- La discrétisation d'une fonction continue *f(x, y)* va alors s'écrire

$$f_0(x,y) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} f(k,l)\beta_n(x-k)\beta_n(y-l)$$

BIBLIOGRAPHIE

1. Digital Image Processing, *R.C. Gonzalez and P. Wintz*, Addison-Wesley Publishing Company, 1987
2. Précis d'analyse d'images, *M. Coster et J.L. Chermant*, Presses du CNRS, 1989
3. Acquisition et Visualisation des images, *André Marion*, 1997
4. Eléments de traitement numérique des images , D. Barba, cours de polytech'Nantes, 2002
5. Computer Vision -- A modern approach, *D. Forsyth and J. Ponce*, 2006
6. La compression des images numériques, *Hervé Guitter*, Hermès, 1995.
7. Cours de traitement d'images, *Pr. Meunier et Pr Bénalla*l, Université de Montréal
8. Cours Computer Vision, *Marc Pollefeys*, Université de Caroline du Nord, 2006
9. Computer Vision : *Algorithms and Applications*, Richard Szeliski, 2007
10. TIM - Q3 « Comment représenter une photographie à l'aide d'une transformation de Fourier ? » Horain Patrick INT
11. TIM : http://cours.int-evry.fr/tim/flash/index.php?code=PH10
12. Cours de Biophysique, Fac. De Médecine de Brest, *Yves Bizais,* 2003.