

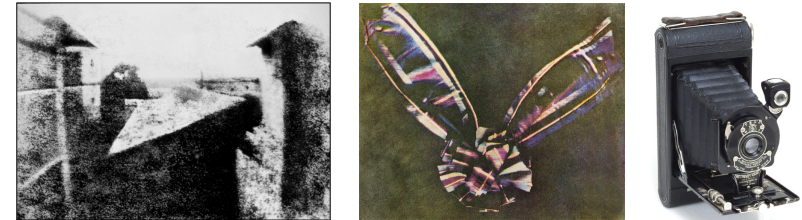
# Introduction à l'image numérique

UPEM - Master 1

Vincent Nozick



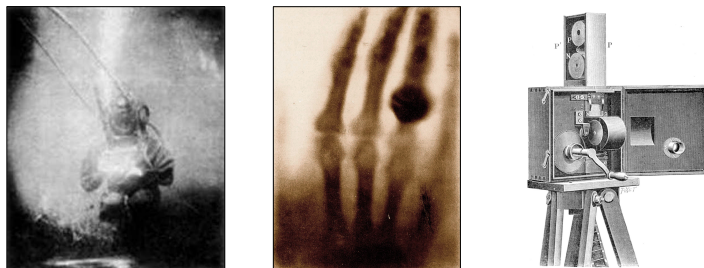
# Petit historique



### Quelques grandes dates :

- 1826 : photographie (Nicéphore Niépce, puis Daguerre)
- 1861 : première photo couleur (Thomas Sutton)
- 1888 : Kodak n°1 *"vous pressez le bouton, nous faisons le reste"*

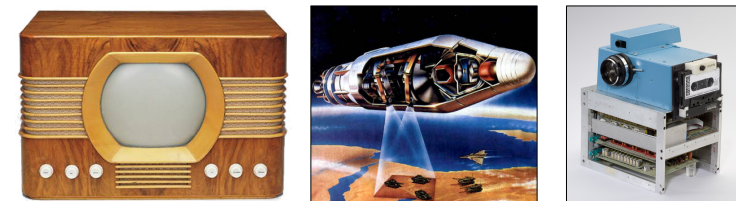
# Petit historique



### Quelques grandes dates :

- 1893 : première photo sous marine (Louis Boutan)
- 1895 : première photo rayon X (Wilhelm Röntgen)
- 1895 : cinématographe (Frères Lumière)

# Petit historique



### Quelques grandes dates :

- 1935 : télévision analogique en France (TNT 2005)
- 1960 : 1er satellite d'imagerie argentine (espion ...)
- 1975 : appareil photo numérique Kodak (100 × 100 pixels)

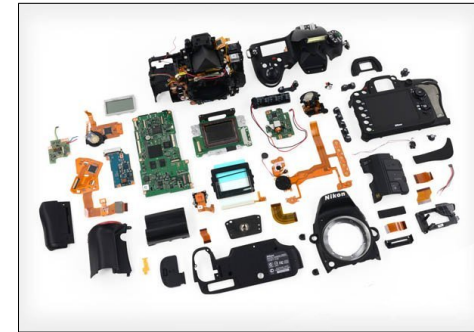
## Petit historique



### Quelques grandes dates :

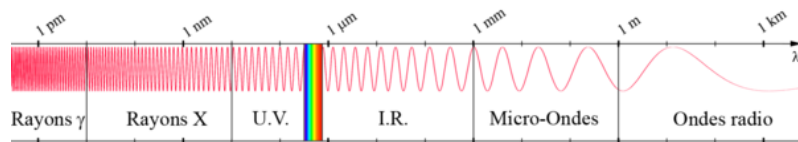
- 1990 : Photoshop (Jennifer in Paradise)
- 2010 : kinect (2D + profondeur)
- aujourd'hui : smartphones et big data

## Appareil photo numérique

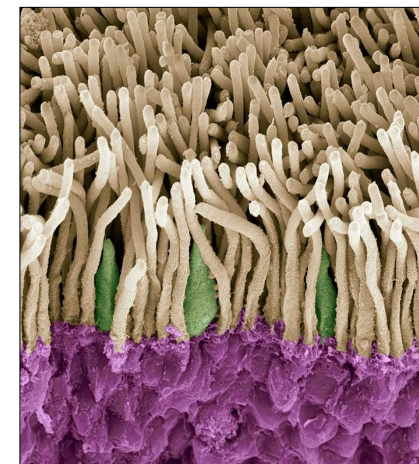


C'est surtout lui qui va nous intéresser.

## Le spectre électromagnétique



## Cônes et bâtonnets



l'œil humain est tri-chromate

# La lumière

## Définition :

La lumière est l'ensemble des ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain.



longueurs d'onde comprises entre 380 nm (violet) et 780 nm (rouge)

# La couleur : exemples

## Jaune → les 2 définitions :

- $\lambda = 580 \text{ nm}$
- rouge + vert longueurs d'ondes  $\neq 580 \text{ nm}$ , mais même perception
- blanc – bleu ex: soleil jaune = lumière blanche – ciel bleu

---

**magenta** = rouge + bleu → 2<sup>eme</sup> définition  
**blanc** =  $\sum$  toutes les couleurs → 2<sup>eme</sup> définition  
**noir** = aucune lumière → 2<sup>eme</sup> définition

# La couleur

## Définition :

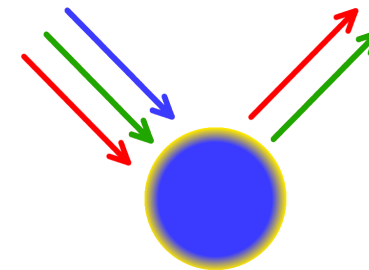
- **scientifique :**  
Une couleur pure correspond à une seule longueur d'onde.



- **générale :**  
Apparence obtenue par dosage des différentes lumières.

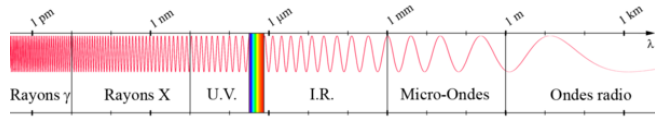
# Propriétés

## Interaction avec la matière :

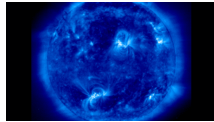


matière absorbant le bleu et dont la surface apparaît jaune

# Longueur d'ondes



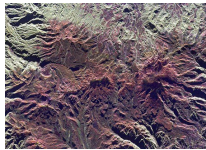
rayons X



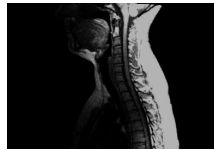
rayons UV



infra-rouges



micro-ondes



radio (IRM)



rayon gamma

# Les images et leurs applications

## champs d'application :

- art numérique
- synthèse d'images et post-production
- images scientifiques
- sécurité
- ...

# Loisir

## Smartphone vs. reflex :



# Art numérique



# Amélioration d'images



Vincent Nozick

Introduction à l'image numérique

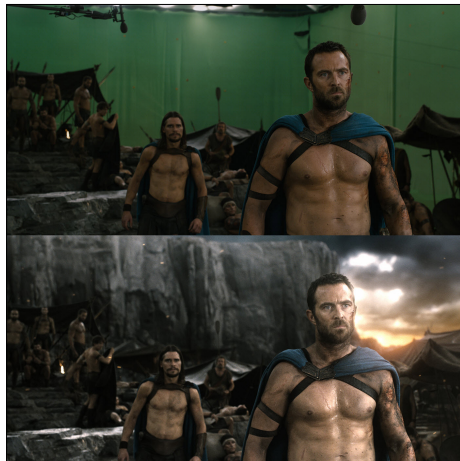
# Restauration d'images



Vincent Nozick

Introduction à l'image numérique

# Effets spéciaux et post-production

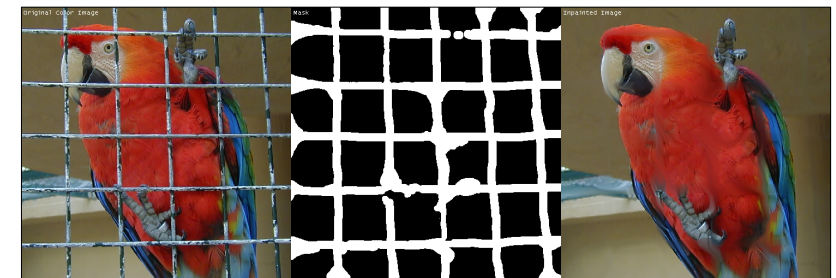


Vincent Nozick

Introduction à l'image numérique

# Trucages

## Inpainting :



Vincent Nozick

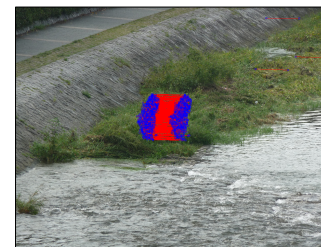
Introduction à l'image numérique

# Retouche d'images



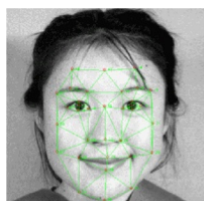
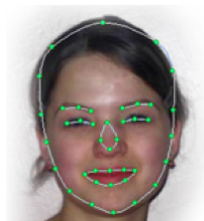
Vincent Nozick

# Détection de falsifications



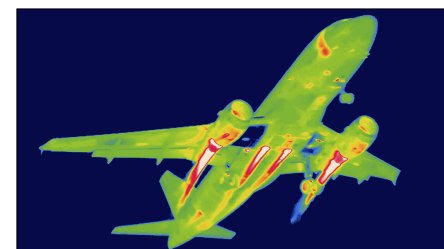
Vincent Nozick

# Biométrie



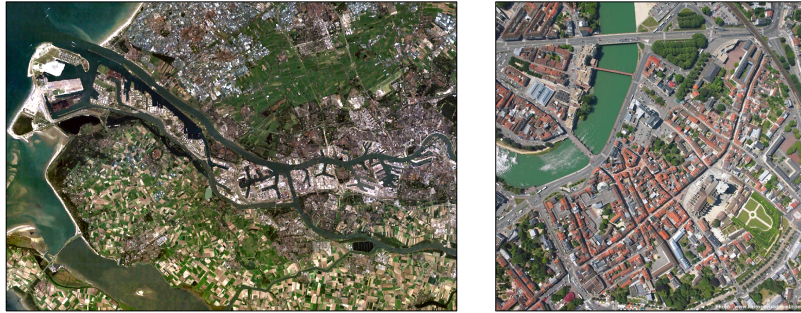
Vincent Nozick

# Télesurveillance et armement



Vincent Nozick

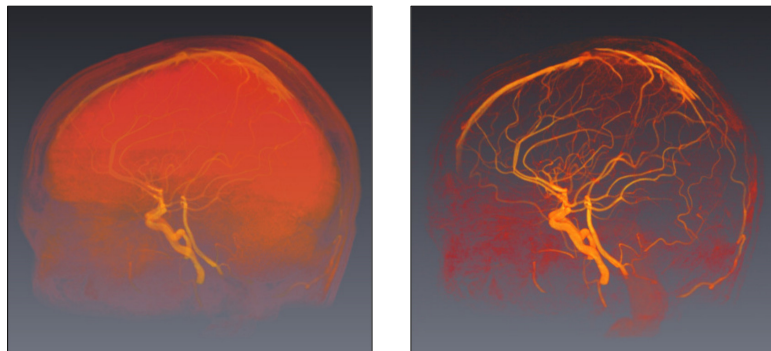
# Images satellites et aériennes



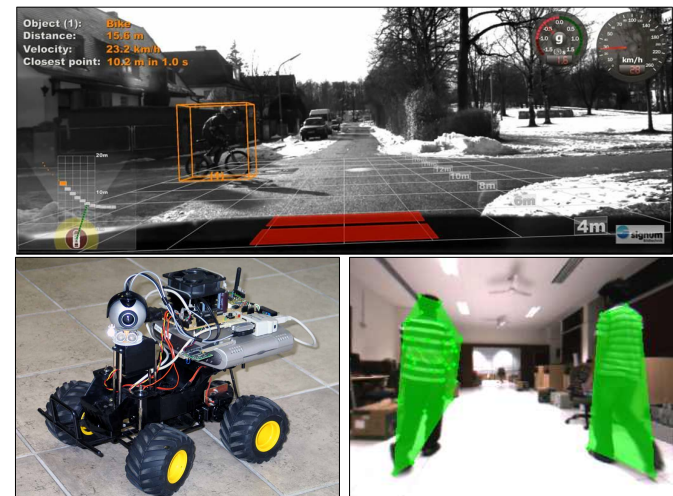
# Physique des particules et astronomie



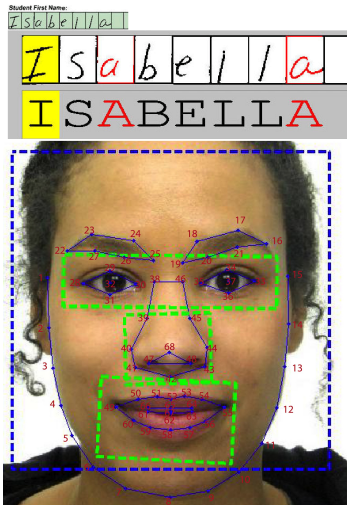
# Imagerie médicale



# Navigation autonome (voitures, robots, ...)

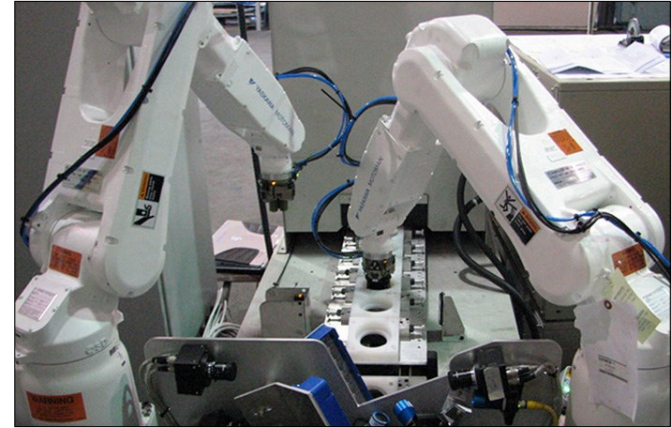


# Reconnaissance de formes



Vincent Nozick Introduction à l'image numérique 29 / 80

# Applications industrielles



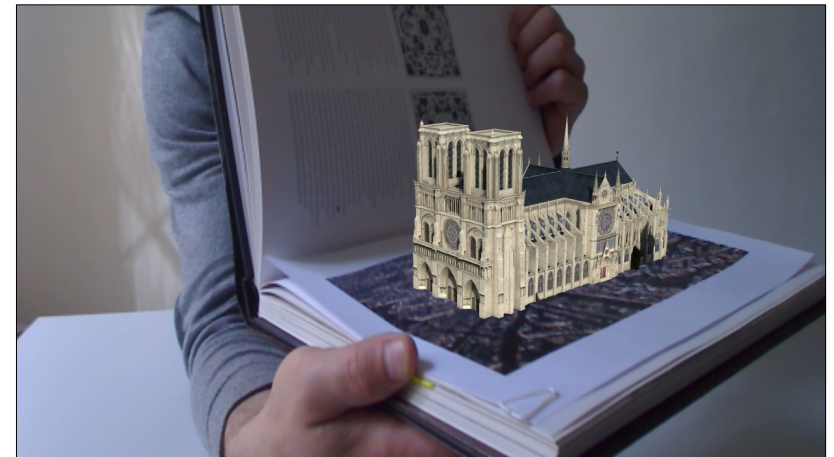
Vincent Nozick Introduction à l'image numérique 30 / 80

# Images panoramiques



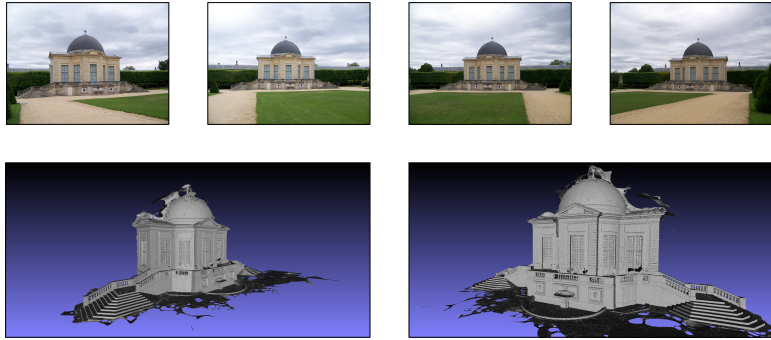
Vincent Nozick Introduction à l'image numérique 31 / 80

# Réalité augmentée



Vincent Nozick Introduction à l'image numérique 32 / 80

# Reconstruction 3D



# Motion capture



# Tracking



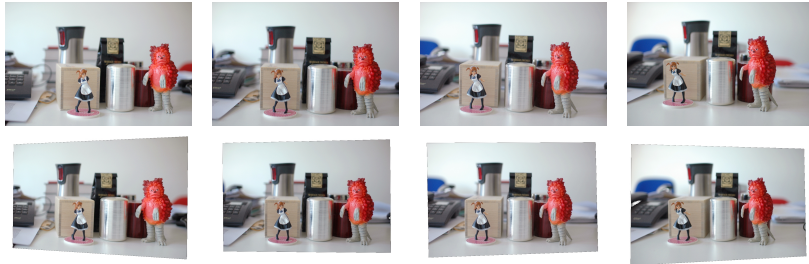
# Synthèse d'images

jeu vidéo et film d'animation :



# Images stéréoscopiques

## Transformations géométriques :



# Domaines de l'image

## domaines généraux :

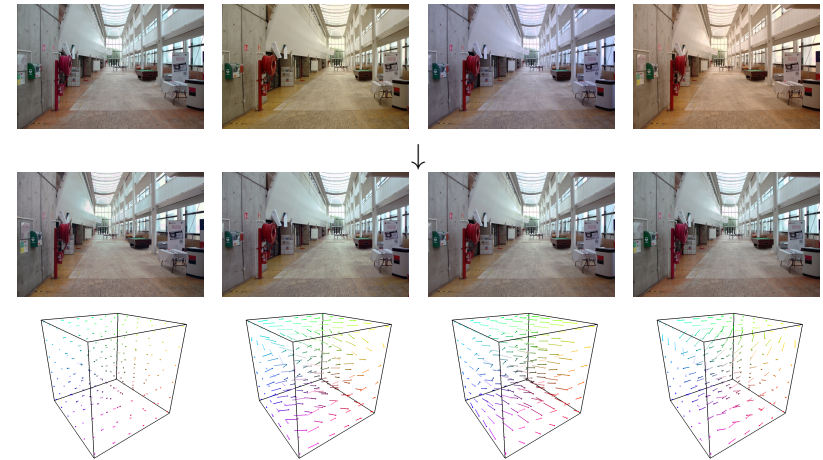
- acquisition
- traitement
- analyse
- synthèse

## domaines de recherche :

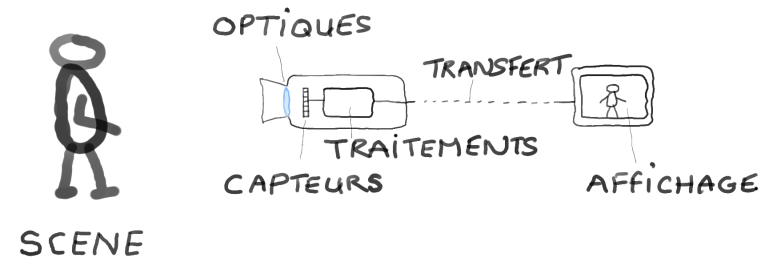
- traitement d'images
- traitement du signal
- vision par ordinateur
- pattern recognition
- apprentissage
- synthèse d'images
- ...

# Correction colorimétrique

## Transformations colorimétriques :



# Chaîne d'acquisition



# Chaîne d'acquisition

## acquisition / synthèse :



enjeux : focale, temps de pose, ouverture, ISO, capteurs, ...

# Chaîne d'acquisition

## traitements :



enjeux : débruitage, balance des blancs, tone mapping, ...

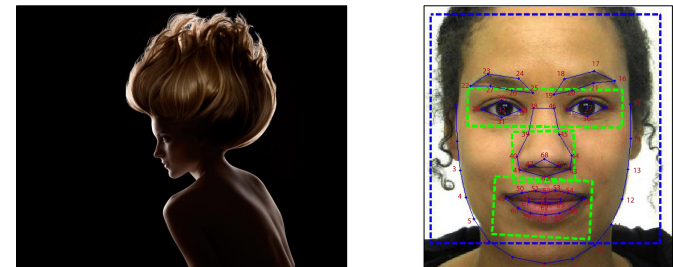
# Chaîne d'acquisition

## Codage / compression / transmission :



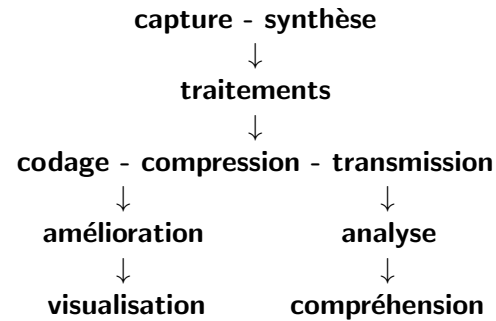
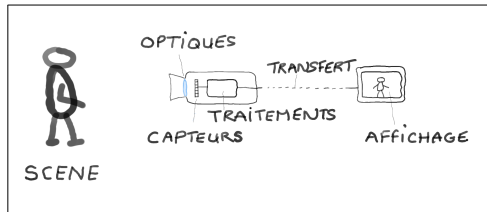
enjeux : avec/sans pertes, méta données (exif, ...)

# Chaîne d'acquisition



- **amélioration** → visualisation
- **analyse** → compréhension

# Chaîne d'acquisition



# Matricielle vs. Vectorielle

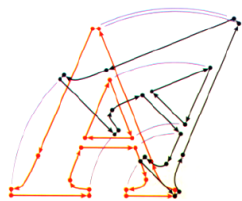


aa

## image matricielle :

- un ensemble de pixels (picture elements)
- exemples de formats : jpeg, png, gif, ppm
- transformations géométriques avec aliasing
- espace mémoire conséquent

# Matricielle vs. Vectorielle

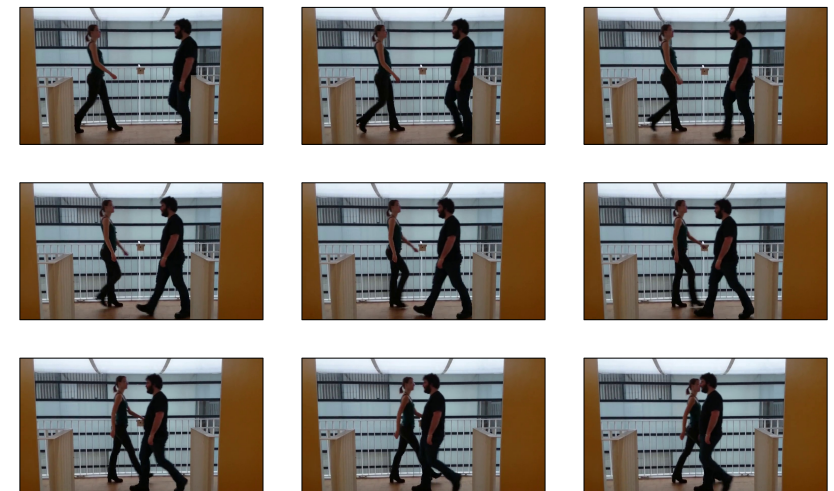


aa

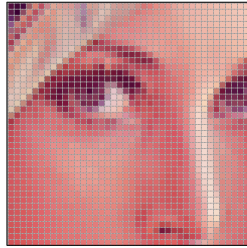
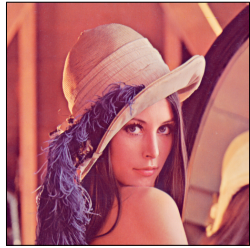
## image vectorielle :

- codage par forme géométrique  
polygones, sommets, splines, couleur de remplissage, ...
- exemple de formats : svg, eps
- transformations géométriques sans aliasing
- espace mémoire très réduit
- mal adapté à la capture d'images

# La vidéo : une succession d'images

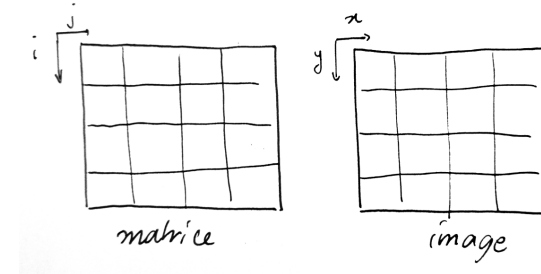
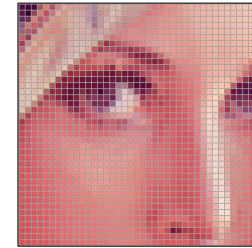


# L'image numérique matricielle



139	162	119	98	127	202
85	95	44	27	35	160
95	121	93	71	106	194
14	174	110	103	159	218
14	45	32	18	107	185
86	80	71	82	143	204
127	107	110	145	200	226
47	26	40	85	160	198
80	80	85	128	187	210
119	192	137	186	220	229
38	81	85	145	189	199
172	90	120	175	207	207
128	162	186	208	220	222
86	107	144	179	194	190
107	149	180	201	207	195
169	192	206	220	219	224
117	148	170	189	187	187
156	171	182	195	192	194

# L'image numérique matricielle



# La numérisation



- **Échantillonnage :**
  - discrétisation spatiale imposée par les photosites.
  - nombre de pixels utilisés pour encoder l'image : résolution
- **quantification des luminances :**
  - discrétisation des intensités de l'image reçue sur les photosites.
  - nombre de bits utilisés pour encoder un pixel : dynamique

# Échantillonnage



256 × 256

# Échantillonnage



128 × 128

# Échantillonnage



64 × 64

# Échantillonnage



32 × 32

# Échantillonnage



256 × 256

128 × 128

64 × 64

32 × 32

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 :
- un écran d'iPhone6 :
- une image TV HD :
- un appareil photo reflexe :
- une webcam (milieu de gamme) :

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 : 3264 × 2448 (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :
- une image TV HD :
- un appareil photo reflexe :
- une webcam (milieu de gamme) :

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 : 3264 × 2448 (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :
- une image TV HD :
- un appareil photo reflexe :
- une webcam (milieu de gamme) :

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 : 3264 × 2448 (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 : 1334 × 750 (1 mégapixel)
- une image TV HD :
- un appareil photo reflexe :
- une webcam (milieu de gamme) :

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 :  $3264 \times 2448$  (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :  $1334 \times 750$  (1 mégapixel)
- une image TV HD :
- un appareil photo reflexe :
- une webcam (milieu de gamme) :

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 :  $3264 \times 2448$  (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :  $1334 \times 750$  (1 mégapixel)
- une image TV HD :  $1280 \times 720$  (1 mégapixel)
- un appareil photo reflexe :
- une webcam (milieu de gamme) :

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 :  $3264 \times 2448$  (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :  $1334 \times 750$  (1 mégapixel)
- une image TV HD :  $1280 \times 720$  (1 mégapixel)
- un appareil photo reflexe :
- une webcam (milieu de gamme) :

## Résolution d'une image

### Quelles sont les résolutions des images suivantes?

- une image d'un iPhone6 :  $3264 \times 2448$  (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :  $1334 \times 750$  (1 mégapixel)
- une image TV HD :  $1280 \times 720$  (1 mégapixel)
- un appareil photo reflexe :  $6016 \times 4016$  (24 mégapixels)
- une webcam (milieu de gamme) :

# Résolution d'une image

## Quelles sont les résolutions des images suivantes?

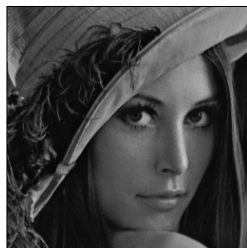
- une image d'un iPhone6 :  $3264 \times 2448$  (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :  $1334 \times 750$  (1 mégapixel)
- une image TV HD :  $1280 \times 720$  (1 mégapixel)
- un appareil photo réflexe :  $6016 \times 4016$  (24 mégapixels)
- une webcam (milieu de gamme) :

# Résolution d'une image

## Quelles sont les résolutions des images suivantes?

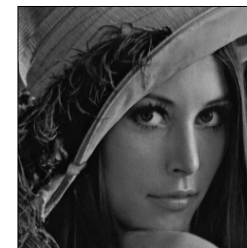
- une image d'un iPhone6 :  $3264 \times 2448$  (8 mégapixels)
- un écran d'iPhone6 :  $1334 \times 750$  (1 mégapixel)
- une image TV HD :  $1280 \times 720$  (1 mégapixel)
- un appareil photo réflexe :  $6016 \times 4016$  (24 mégapixels)
- une webcam (milieu de gamme) :  $800 \times 600$  (0.5 mégapixels)

# La numérisation



- **Échantillonnage :**
  - discrétisation spatiale imposée par les photosites.
  - nombre de pixels utilisés pour encoder l'image : résolution
- **quantification des luminances :**
  - discrétisation des intensités de l'image reçue sur les photosites.
  - nombre de bits utilisés pour encoder un pixel : dynamique

# La numérisation



- **Échantillonnage :**
  - discrétisation spatiale imposée par les photosites.
  - nombre de pixels utilisés pour encoder l'image : résolution
- **quantification des luminances :**
  - discrétisation des intensités de l'image reçue sur les photosites.
  - nombre de bits utilisés pour encoder un pixel : dynamique

# Quantification



8 bits → 256 niveaux de gris

# Quantification



7 bits → 128 niveaux de gris

# Quantification



6 bits → 64 niveaux de gris

# Quantification



5 bits → 32 niveaux de gris

# Quantification



4 bits → 16 niveaux de gris

# Quantification



3 bits → 8 niveaux de gris

# Quantification



2 bits → 4 niveaux de gris

# Quantification

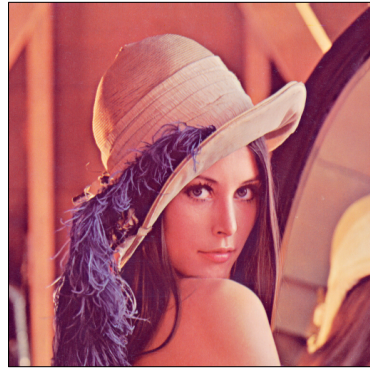


1 bits → 2 niveaux de gris

# La couleur

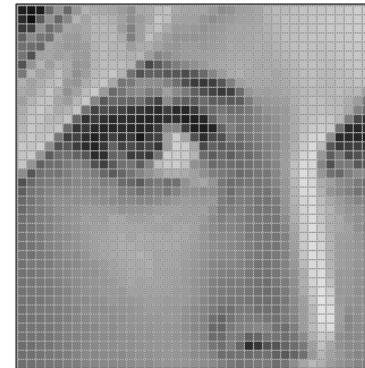


niveaux de gris

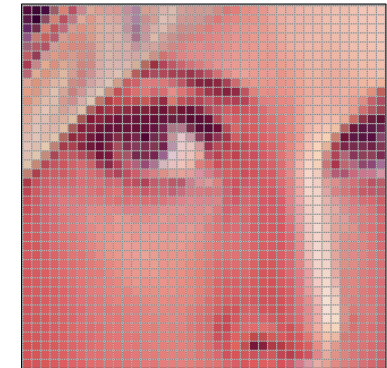


couleurs

# La couleur



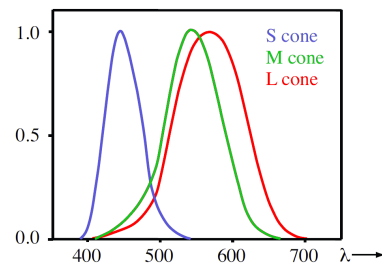
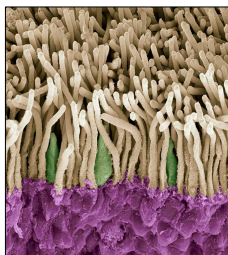
niveaux de gris  
1 valeur/pixel



couleurs  
3 valeurs/pixel : (R,G,B)

# Pourquoi RGB ?

3 types de cônes :



- Long : pic de sensibilité = 580 nm (rouge)
- Middle : pic de sensibilité = 545 nm (vert)
- Short : pic de sensibilité = 440 nm (bleu)

# Pourquoi RGB ?

exemples :

pour des images RGB codées sur 8 bits (0 → 255)

R	G	B	
255	0	0	Red
0	255	0	Green
0	0	255	Blue





  

R	G	B	
0	255	255	Cyan
255	0	255	Magenta
255	255	0	Yellow

# Pourquoi RGB ?


**exemples :**

pour des images RGB codées sur 8 bits (0 → 255)

R	G	B	
0	0	0	
100	100	100	
200	200	200	
255	255	255	

# Exercice

**D'après vous, quelles couleurs génèrent ces codes?**

R	G	B	
20	0	0	
255	128	0	
200	200	255	
250	100	200	



# Exercice

**D'après vous, quelles couleurs génèrent ces codes?**

R	G	B
20	0	0
255	128	0
200	200	255
250	100	200




# Exercice

**D'après vous, quelles couleurs génèrent ces codes?**

R	G	B	
20	0	0	
255	128	0	
200	200	255	
250	100	200	

# Exercice

D'après vous, quelles couleurs génèrent ces codes?

R	G	B	
20	0	0	
255	128	0	
200	200	255	
250	100	200	

# Les espaces colorimétriques





autres espaces colorimétriques :

- systèmes primaires : RGB, XYZ, CMY, ...
- espaces "pratiques" : HSV, HSL, HSB, ...
- espaces perceptuels : LAB, LUV, ... (distances de couleurs)

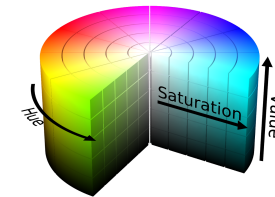
→ à chaque fois (ou presque) : 3 composantes.

# Exercice

D'après vous, quelles couleurs génèrent ces codes?

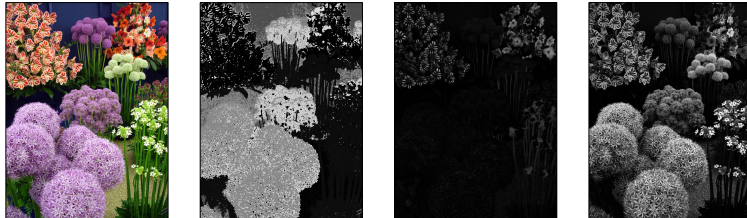
R	G	B	
20	0	0	
255	128	0	
200	200	255	
250	100	200	

# Espaces "pratiques"



- **Hue** (*teinte, tonalité chromatique*) = perception de la couleur  
bleu, vert, rouge, jaune, ...
- **Saturation** (*saturation*) = vivacité des couleurs  
couleurs grisâtres vs. couleurs vives
- **Lightness / Brightness** (*luminosité*)= intensité lumineuse  
aspect clair, foncé ou terne d'une couleur

# HSV



RGB

hue

saturation

value

# Transparence



éditeur



affichage

Images avec 4 composantes : R,G,B,A

# Transparence



éditeur



affichage

Images avec 4 composantes : R,G,B,A

# Images multispectrales



Images construites par acquisition de plusieurs longueurs d'ondes bien spécifiques, y compris hors du spectre visible.

# L'image numérique : bilan

## Le cas le plus commun :

- **résolution** : width  $\times$  height
- **quantification** : sur 8 bits en général
- **canaux** : RGB - RGBA - niveaux de gris
- **notation** :
  - $v = I(x, y, c)$  avec  $c = R, G$  ou  $B$  (0,1,2)
  - $v = I(x, y)$  pour une image en niveaux de gris

## On rencontre aussi :

- **quantification** : sur 32 - 64 bits (nombres flottants)  
 $\rightarrow I(x, y, c) \in [0, 1]$

# En pratique

## en C++ :

