

Initiation à l'analyse et à la synthèse d'images

UE 3056L

E. Guillou – erwan.guillou@univ-lyon1.fr

J.-C. Iehl – jean-claude.iehl@univ-lyon1.fr

Objectifs du cours

- Introduction à l'image numérique
 - Analyse et Traitement d'images
 - Synthèse d'images

Organisation

- Les lundis après-midi
- CM : cours d'introduction
 - Analyse : 2 séances de 1h30
 - Synthèse : 2 séances de 1h30
- TPs : prise en main
 - Analyse : 3 séances de 1h30
 - Synthèse : 3 séances de 1h30
- Projet
 - 5 séances de 3h

Pour les travaux pratiques et projets

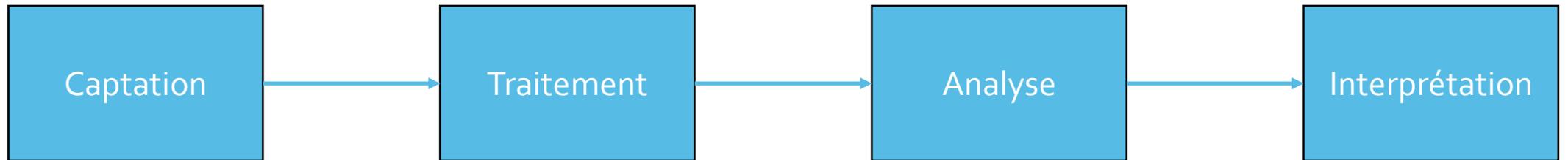
- Sous linux
- En Python pour la partie Analyse, C++ pour la partie Synthèse
- Utilisation de la bibliothèque OpenCV
 - <https://opencv.org/>
 - Documentation en ligne : <https://docs.opencv.org/4.5.1/>
 - Windows
 - Tutoriel d'utilisation Visual Studio 2019 + OpenCV
 - <https://medium.com/@subwaymatch/opencv-410-with-vs-2019-3dobcoc81d96>
 - Linux :
 - https://docs.opencv.org/master/d7/d9f/tutorial_linux_install.html
 - MacOS
 - https://docs.opencv.org/master/do/db2/tutorial_macos_install.html

Initiation à l'analyse et à la synthèse d'images

Introduction à l'image numérique

Introduction à l'image numérique

- Les étapes de la manipulation d'images



Création
Acquisition (caméra)
Lecture (fichier)

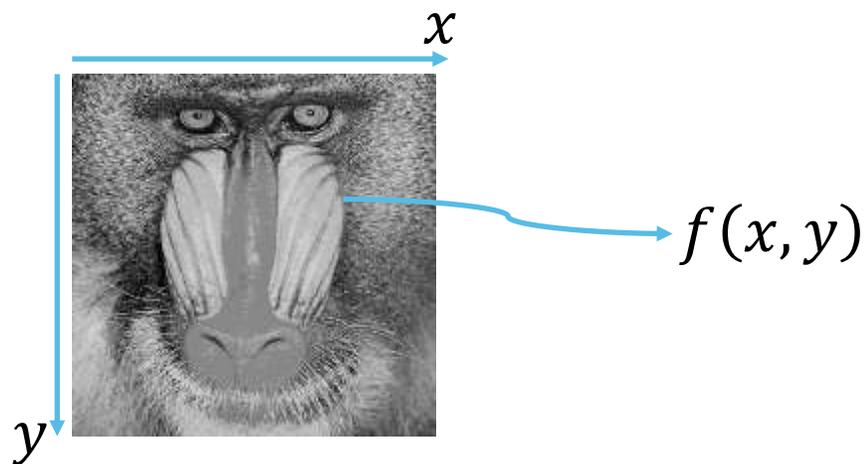
Manipulation/modification
des composantes d'une
image
- réduction de bruit
- flou
- ...

Extraction de caractéristiques
à partir des composantes
d'une image
- contours
- histogramme
- composantes connexes
- ...

Analyse « sémantique »
des caractéristiques
- formes
- taille
- ...

Introduction à l'image numérique

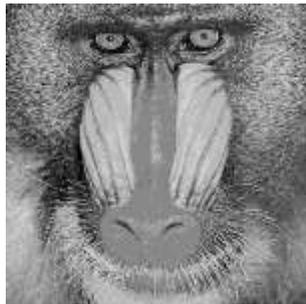
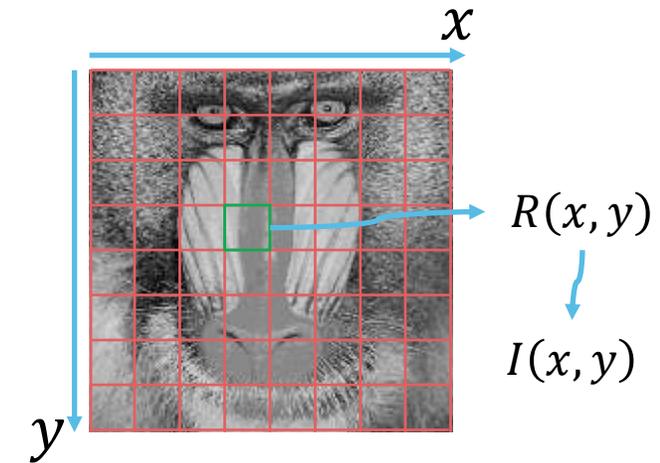
- Qu'est-ce qu'une image ?
 - D'une manière générale : perception, par un capteur, d'un signal continu
 - Dans la vision humaine
 - Les capteurs sont les cellules photosensibles de l'œil
 - Le signal correspond à la lumière réfléchiée par les objets de l'environnement en direction de l'œil
 - Une image : représentation 2D continue du signal perçu



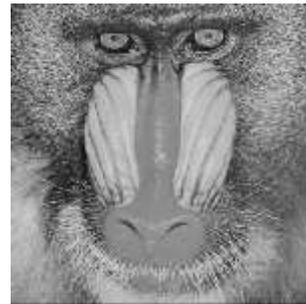
$$f(x, y) : \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

Introduction à l'image numérique

- Qu'est ce qu'une image numérique ?
 - Une image numérique est une image **échantillonnée**
 - Discrétisation **spatiale** de $f(x, y)$
 - À chaque zone $R(x, y)$, on associe une unique valeur $I(x, y)$
 - Effets de l'échantillonnage spatial



512x512



256x256



128x128



64x64



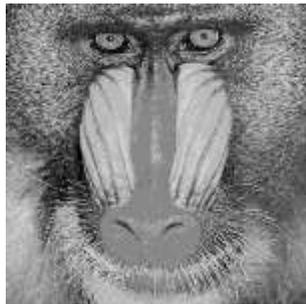
32x32

Introduction à l'image numérique

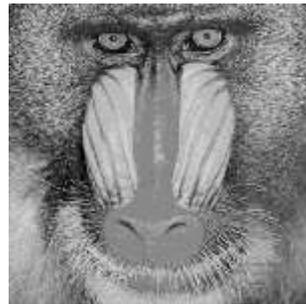
- Qu'est ce qu'une image numérique ?
 - Une image numérique est une image **quantifiée**
 - Discrétisation **tonale** de f
 - À chaque plage de valeur de f , on associe une unique valeur I



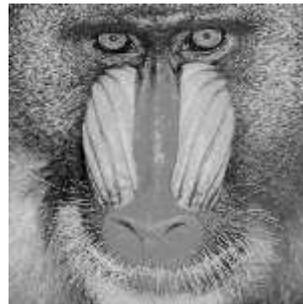
- Effets de la quantification



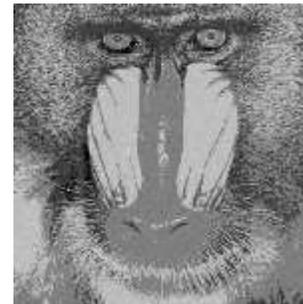
8 bits



6 bits



4 bits



2 bits



1 bit

Introduction à l'image numérique

- Représentation d'une image numérique
 - Une image sera décrite par
 - Ses dimensions **largeur** et **hauteur**
 - Un tableau 2D de pixels (*Picture Elements*)
 - Un pixel sera décrit par
 - Ses coordonnées x et y
 - Son intensité $I(x,y)$

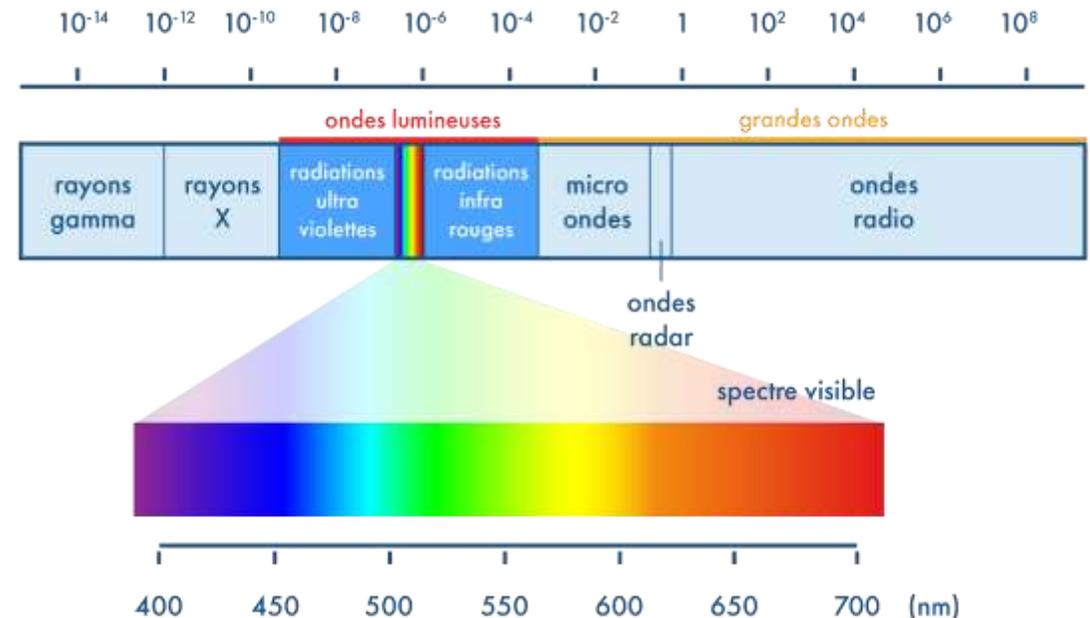
Introduction à l'image numérique

- Représentation de l'intensité lumineuse
 - En un point (x,y) , f représente la perception qu'a un capteur de l'intensité lumineuse émise vers lui
 - Elle dépend de la longueur d'onde

$$f(x, y) = \int_{\lambda} R_{x,y}(\lambda) * I_{x,y}(\lambda) . d\lambda$$

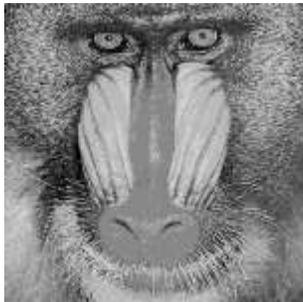
Fonction de réponse du capteur situé en (x,y)

Intensité lumineuse émise vers le capteur situé en (x,y)

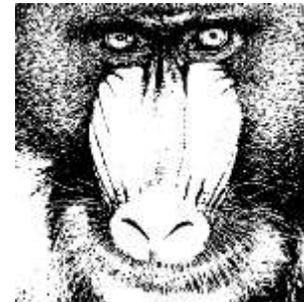


Introduction à l'image numérique

- Représentation de l'intensité lumineuse en **niveaux de gris**
 - À $f(x, y)$ est associé une seule valeur comprise dans une plage [min,max]
 - min → noir
 - max → blanc
 - Les valeurs intermédiaires représentent des gris plus ou moins sombres
 - Codage 8 bits : 256 valeurs possibles entre 0 (noir) et 255 (blanc)
 - Codage 1 bit : 2 valeurs possibles noir ou blanc



8 bits



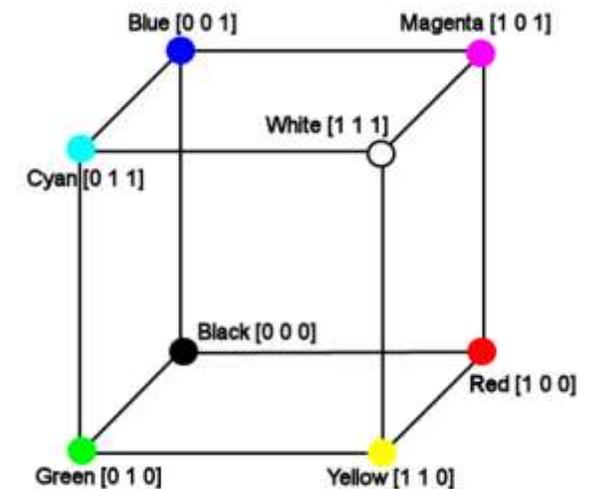
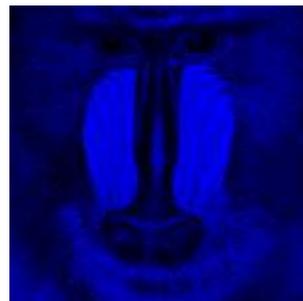
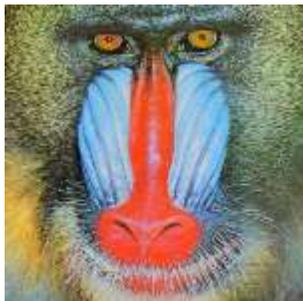
1 bit

Introduction à l'image numérique

- Représentation de l'intensité lumineuse en **couleurs**
 - À $f(x, y)$ on associe n valeurs
 - Chaque valeur décrit un « *aspect* » de la couleur
 - La combinaison de ces n valeurs forme la couleur
- Espace de couleurs
 - Description des « *aspect* » pris en compte
 - Plage de valeurs associée à chaque « *aspect* »
- Pourquoi différents espaces de couleurs
 - RGB → proche des dispositifs d'affichage
 - XYZ → proche de la vision humaine
 - HSL → approche *psychologique* de la perception des couleurs
 - Lab → caractérisation des surfaces des matériaux
 - Luv → caractérisation des sources lumineuses

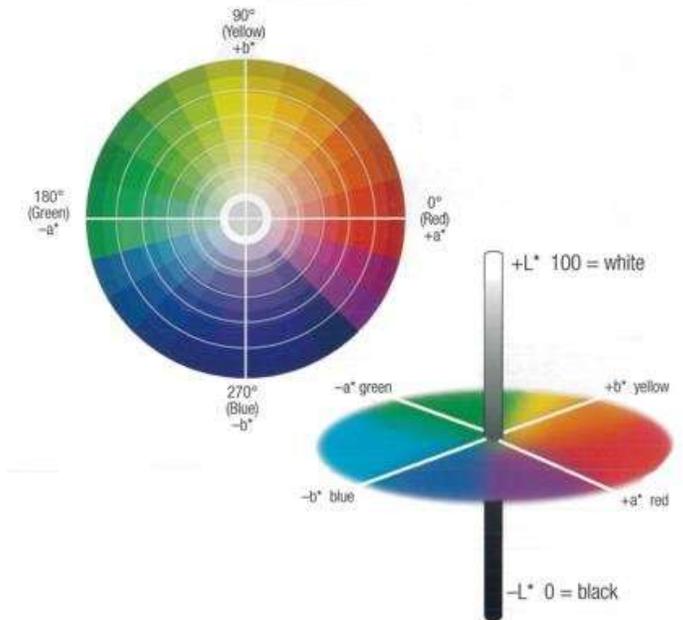
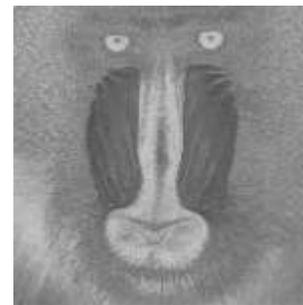
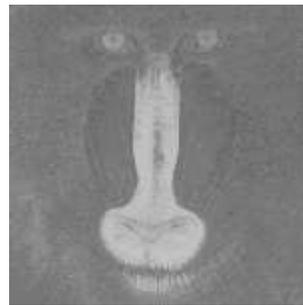
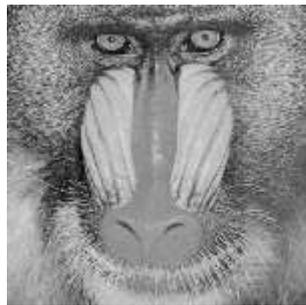
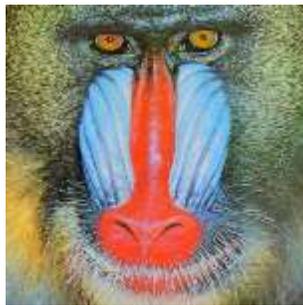
Introduction à l'image numérique

- Espace de couleur RGB
 - Représentation d'une couleur par la combinaison de 3 couleurs « primaires »
 - rouge, vert et bleu
 - Pourquoi R, G et B ?
 - proches des maxima de réponse des trois types de cônes de l'œil humain
 - Chaque composante prend une valeur dans $[0, \max]$
 - Codage 24 bits : 8 bits par composantes $\rightarrow [0, 255]$
 - Problème de métrique



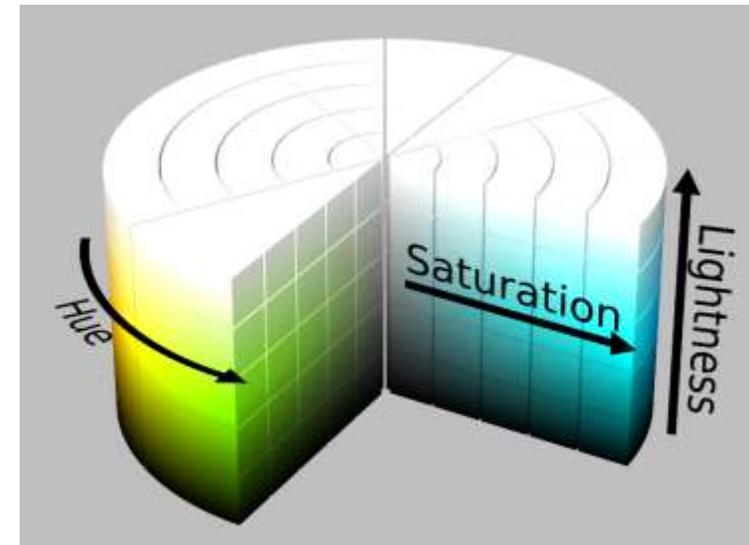
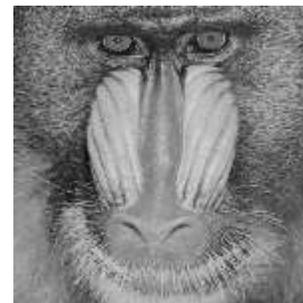
Introduction à l'image numérique

- Espace de couleur à luminance séparée Lab
 - Représentation d'une couleur par 3 composantes
 - L : la luminance en pourcentage (0 → noir, 100 → blanc)
 - a : gamme de couleur allant du vert au rouge [-120,120]
 - b : gamme de couleur allant du bleu au jaune [-120,120]



Introduction à l'image numérique

- Espace de couleur à luminance séparée HSL
 - Représentation d'une couleur par 3 composantes
 - L : la luminance [0,100]
 - H : la teinte de la couleur [0,360] : perception de la couleur
 - S : la saturation de la couleur [0,100] : pureté de la couleur



Introduction à l'image numérique

- Conversion entre espaces de couleurs
- Pourquoi ?
 - En fonction des traitements, les espaces de couleur sont plus ou moins adaptés
- Exemples
 - Affichage → RGB
 - Détection de contours → niveaux de gris
 - Comptage → noir et blanc
 - Identification d'éléments d'une couleur particulière → Lab ou HSL

Initiation à l'analyse et à la synthèse d'images

Analyse statistique d'une image

Analyse statistique d'une image

- Objectifs
 - Analyser la répartition des valeurs des pixels dans l'espace des valeurs possibles (quantification)
- Outils
 - Histogrammes
 - Densités de probabilité
- Définition
 - En statistique, un histogramme est une représentation graphique permettant de représenter la répartition d'une variable continue en la représentant avec des colonnes verticales.
 - Ici, la variable continue représente les intensités des pixels de l'image

Analyse statistique d'une image

- Histogramme
 - Pour chaque valeur possible pour un pixel, on calcule le nombre de pixels de l'image ayant cette valeur

$$H_I(v) = |\{(x, y) \mid I(x, y) = v\}|$$

$$H_I(v) = \sum_x \sum_y \begin{cases} 1 & \text{si } I(x, y) = v \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- Pour une image en couleur (à plusieurs composantes), un histogramme pour chaque composante

Analyse statistique d'une image

- Histogramme normalisé
 - Probabilité, en tirant un pixel aléatoirement dans l'image, de tomber sur un pixel de valeur v

$$\tilde{H}_I(v) = H_I(v)/(w * h)$$

→ Distribution de probabilité empirique

$$\forall v, \tilde{H}_I(v) < 1$$

$$\sum_v \tilde{H}_I(v) = 1$$

Analyse statistique d'une image

- Histogramme cumulé
 - Nombre de pixels ayant une valeur $\leq v$

$$\bar{H}_I(v) = |\{(x, y) \mid I(x, y) \leq v\}|$$

$$\bar{H}_I(v) = \sum_{k=0}^v H_I(k)$$

- Histogramme normalisé cumulé

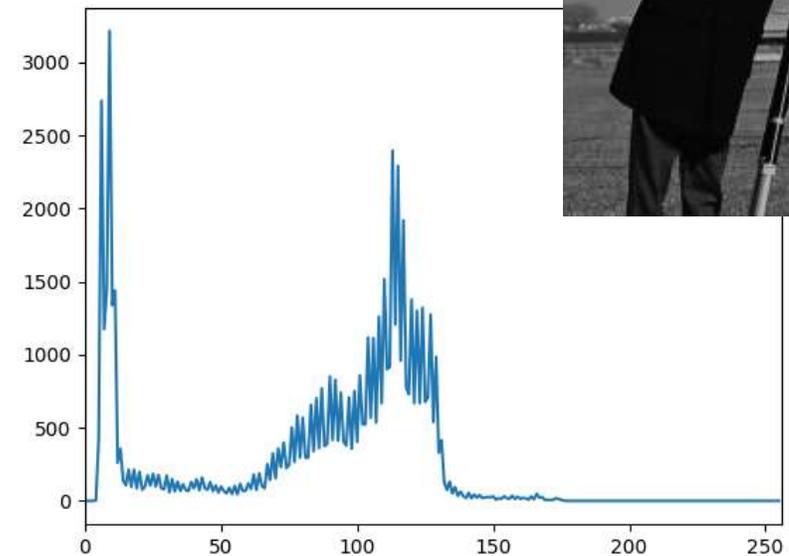
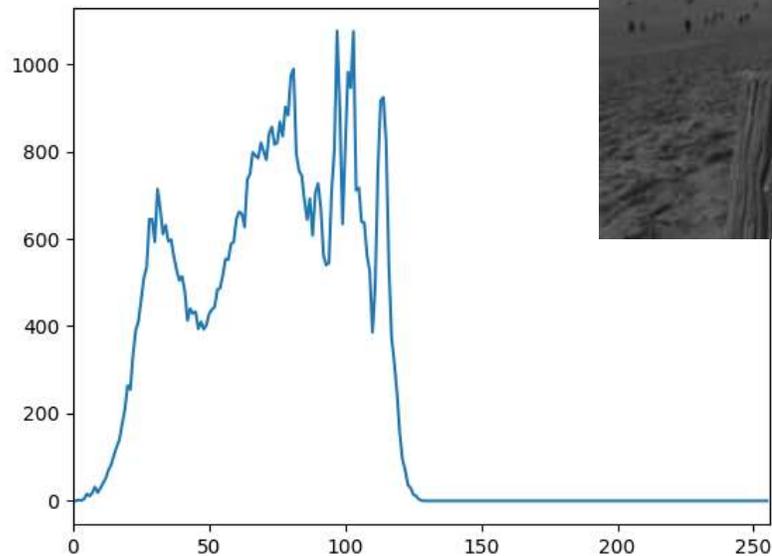
$$\tilde{\bar{H}}_I(v) = \sum_{k=0}^v \tilde{H}_I(k) = \bar{H}_I(v)/(w * h)$$

Analyse statistique d'une image



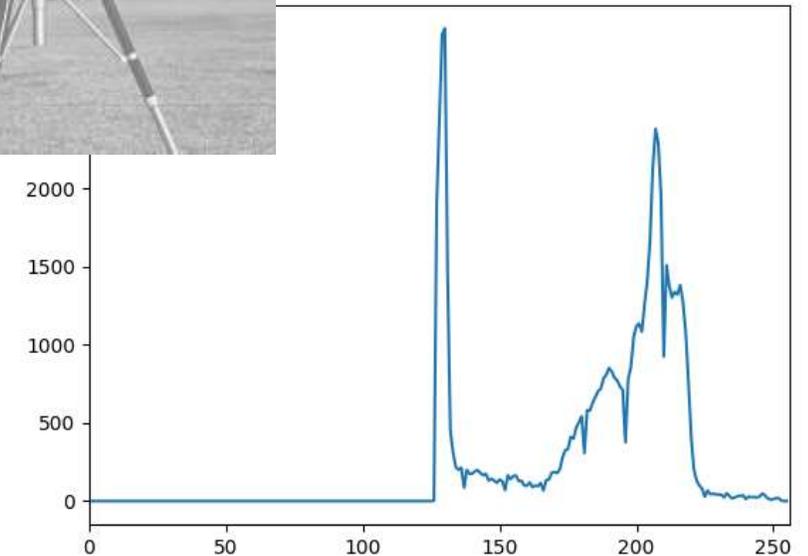
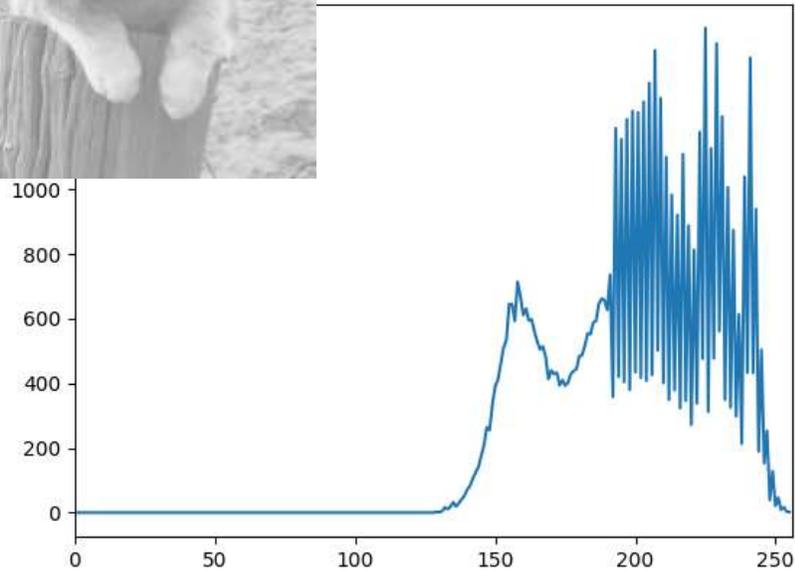
Analyse statistique d'une image

Images sous-exposées : les intensités de l'image ne profitent pas de l'ensemble de la plage de valeurs possibles ET sont plutôt concentrées sur les valeurs basses



Analyse statistique d'une image

Images sous-exposées : les intensités de l'image ne profitent pas de l'ensemble de la plage de valeurs possibles ET sont plutôt concentrées sur les valeurs hautes

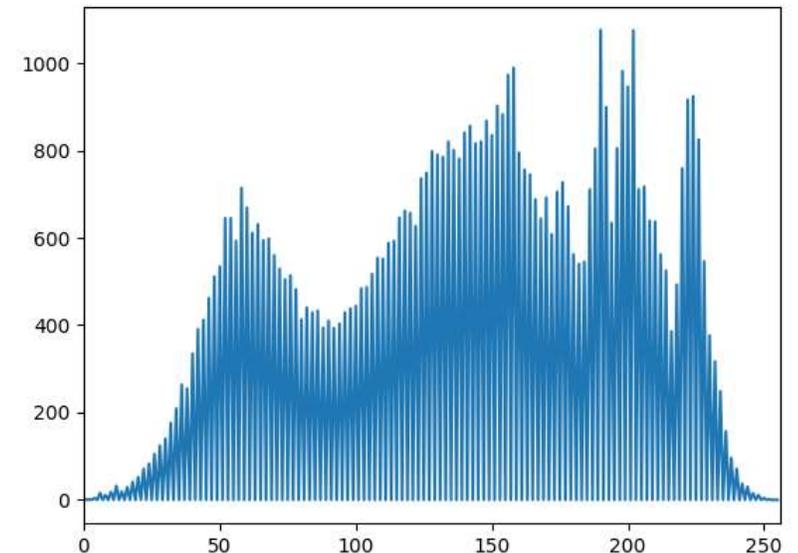


Analyse statistique d'une image

- étirement d'histogramme (normalisation)
 - Objectif : profiter de toute la dynamique d'une image
 - Trouver la plage de définition de l'histogramme : $[H_{min}, H_{max}]$
 - Etendre le signal sur la plage $[0, 255]$



$$f(I(x, y)) = (I(x, y) - H_{min}) * \frac{255}{H_{max} - H_{min}}$$



Analyse statistique d'une image

Images de faibles contrastes :

- les intensités de l'image sont réparties sur l'ensemble de la plage de valeurs possibles
- la distribution des niveaux de gris n'est pas homogène dans l'image

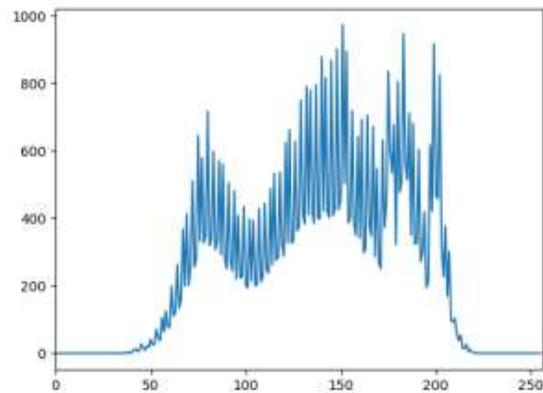


Image peu contrastée

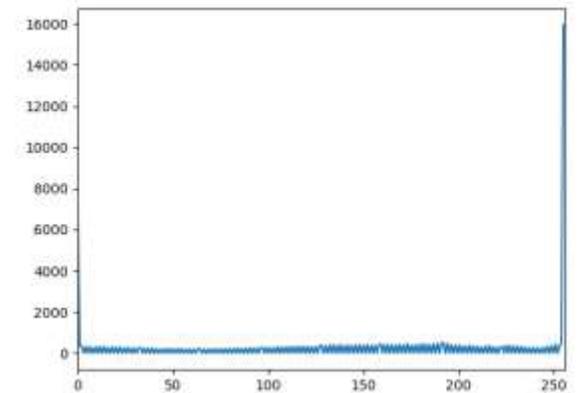


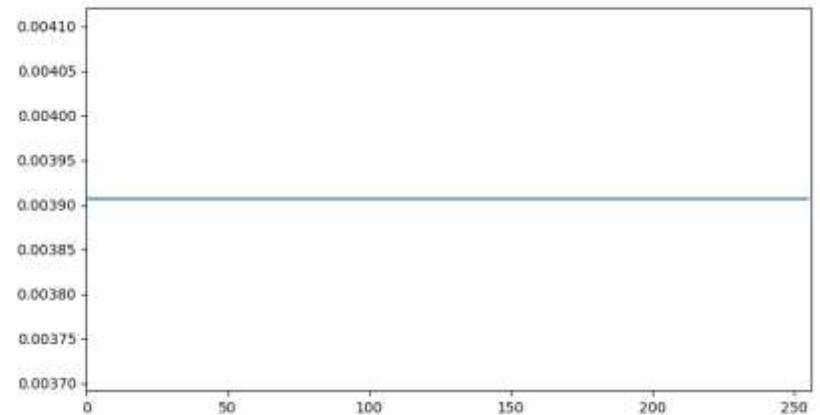
Image trop contrastée

Analyse statistique d'une image

Egalisation d'histogramme :

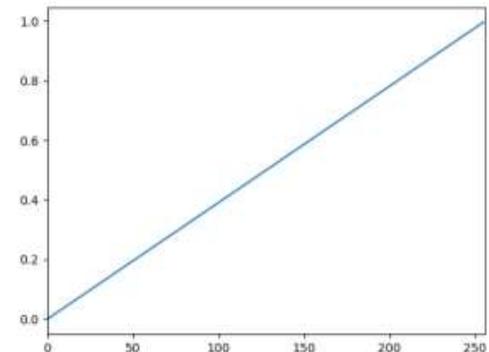
- Harmoniser la répartition des niveaux de gris dans l'image
→ obtenir un histogramme normalisé le plus « plat » possible : toutes les intensités ont la même probabilité d'apparaître

$$\forall v \in [0,255], \tilde{H}_I(v) = 1/255$$

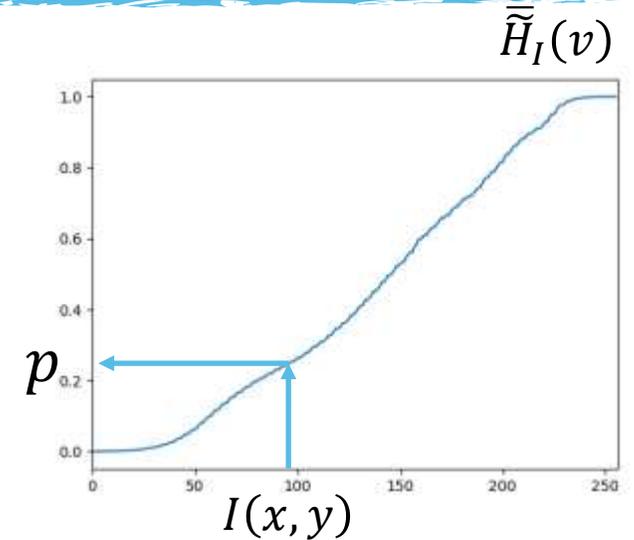
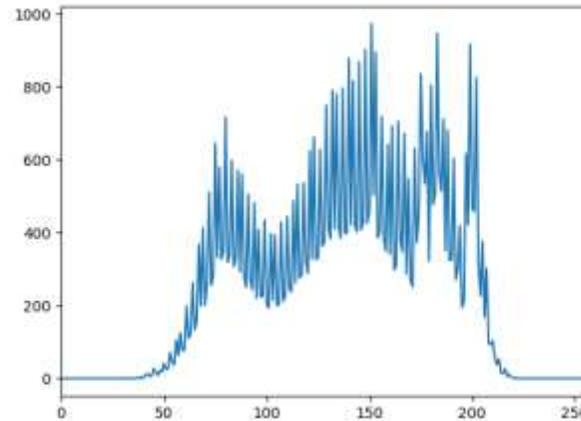
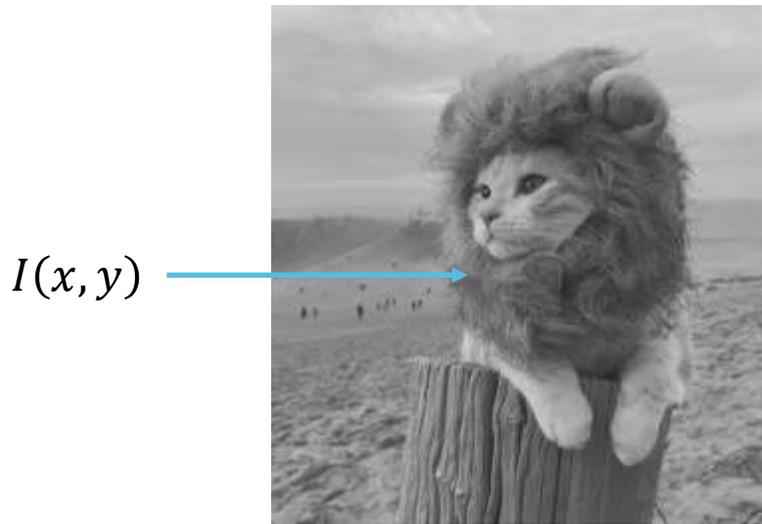


- obtenir un histogramme cumulé normalisé linéaire

$$\forall v \in [0,255], \tilde{\tilde{H}}_I(v) = v/255$$

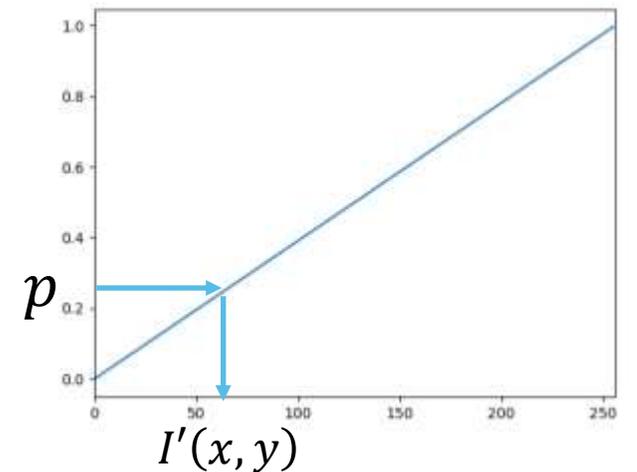


Analyse statistique d'une image

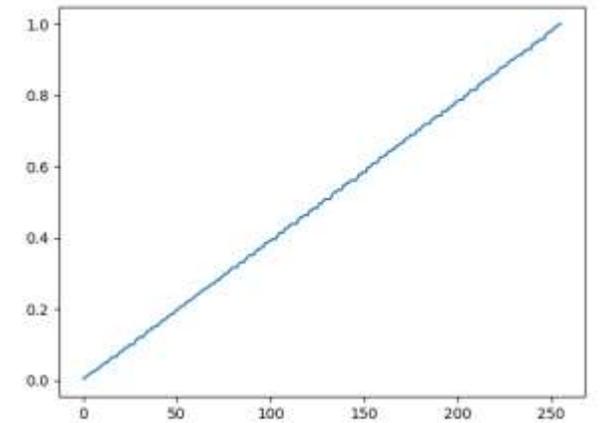
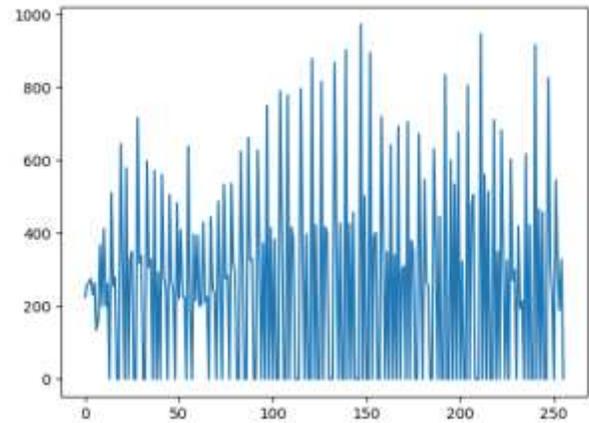
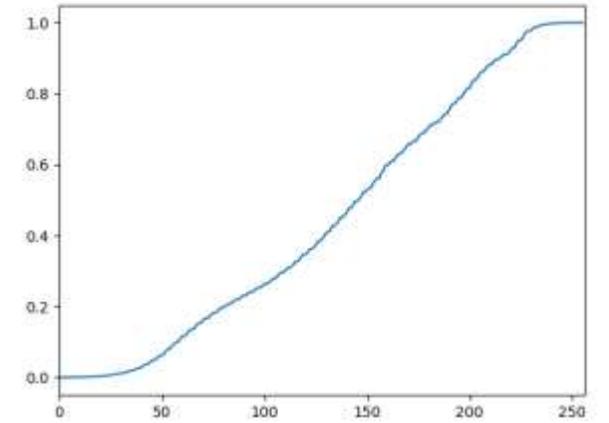
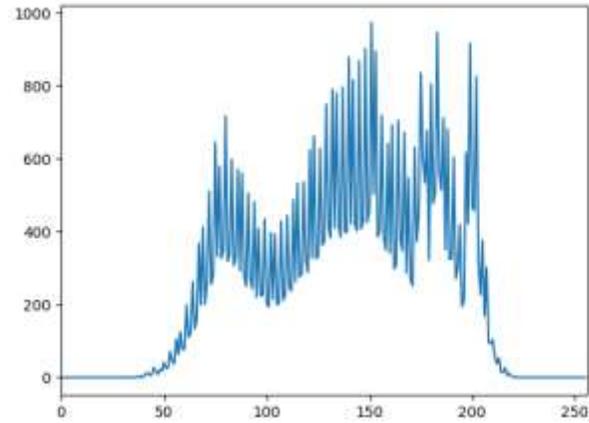


Remplacer l'intensité de chaque pixel par celle qui aurait la même probabilité d'apparaître dans l'histogramme cumulé normalisé linéaire

$$I'(x, y) = 255 * \bar{\bar{H}}_I(I(x, y))$$



Analyse statistique d'une image



Analyse statistique d'une image

- Égalisation d'histogramme sur une image couleur

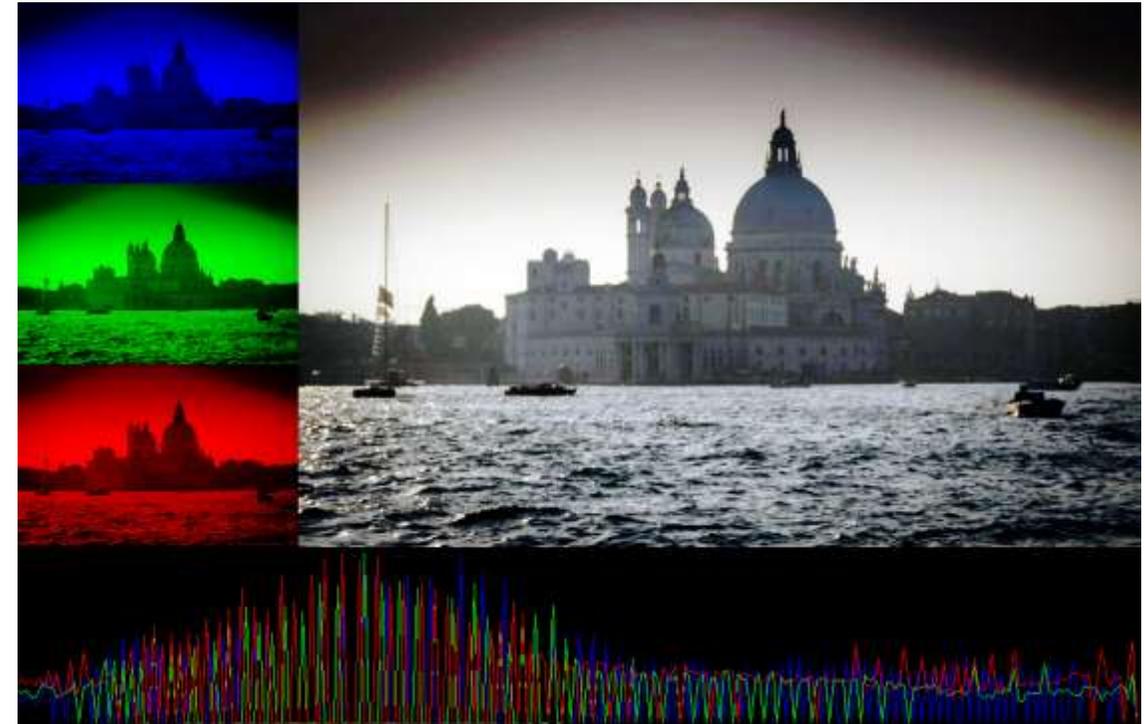


Algorithme « naïf » :

- Séparation des composantes R, G et B
- Égalisation par composante
- Fusion des composantes

Analyse statistique d'une image

- Égalisation d'histogramme sur une image couleur



Analyse statistique d'une image

- Égalisation d'histogramme sur une image couleur

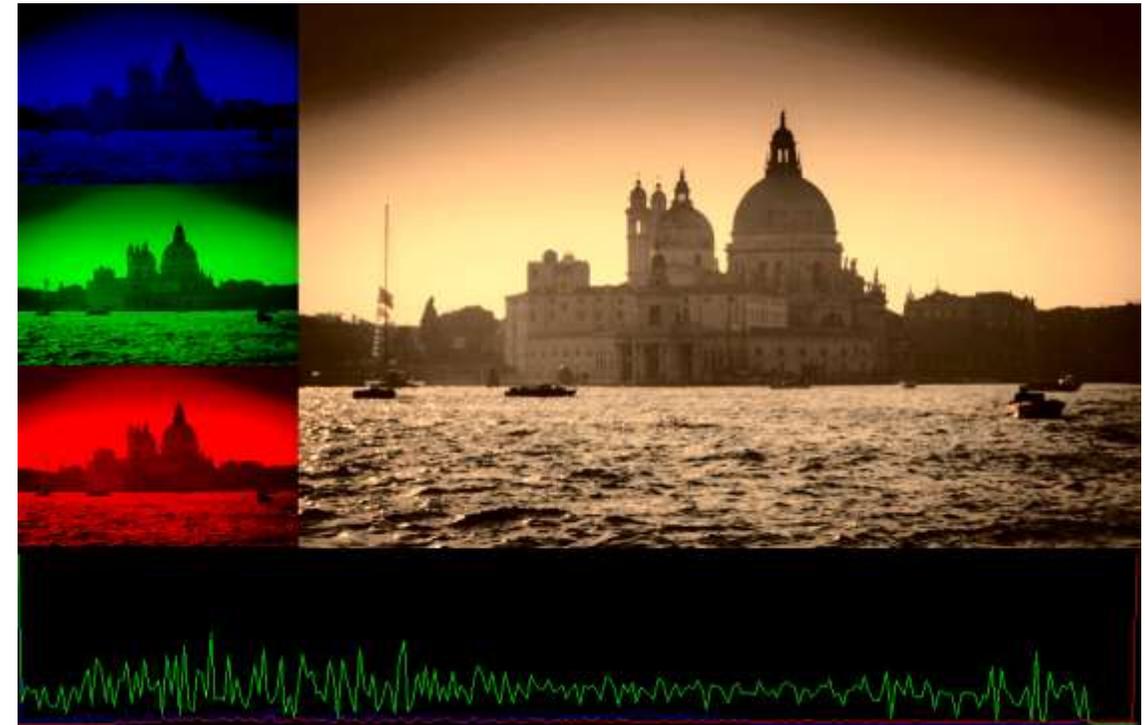


Algorithme « correct » :

- Conversion vers un espace à luminance séparée
- Séparation des composantes L, a et b
- Égalisation sur la luminance
- Fusion des composantes
- Conversion vers RGB

Analyse statistique d'une image

- Égalisation d'histogramme sur une image couleur

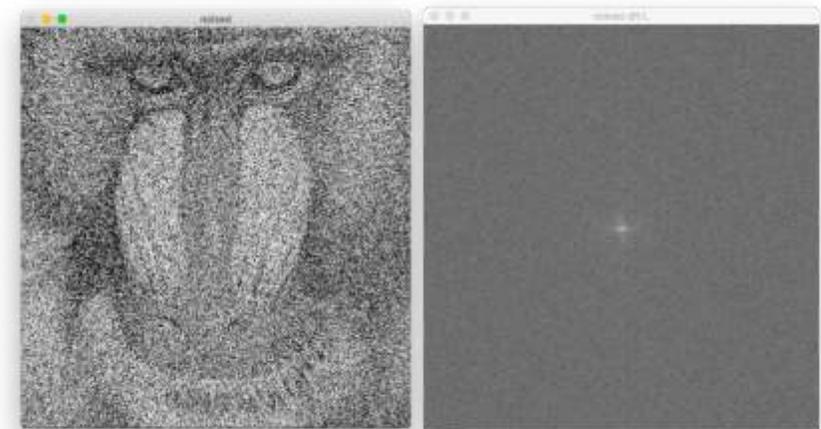
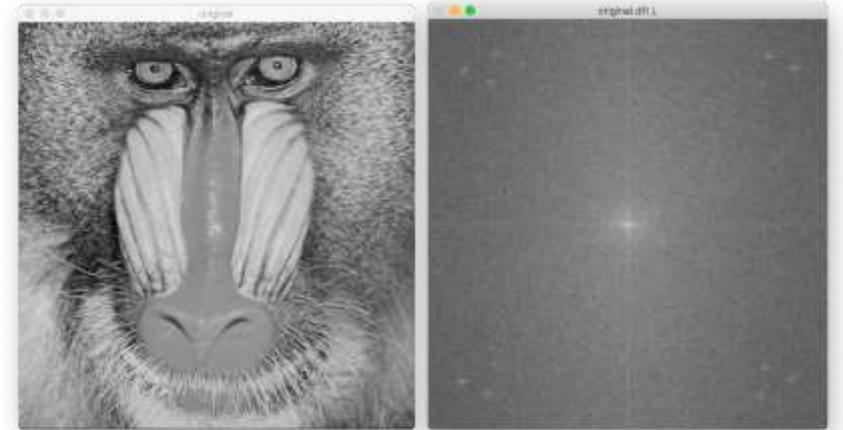


Initiation à l'analyse et à la synthèse d'images

Filtrage et segmentation d'images

Filtrage et segmentation d'images

- Objectifs
 - Réduire, éliminer ou rehausser certains éléments présents dans l'image
 - Travaillent en spatial ou spectral (sur les fréquences)
 - Basses fréquences : régions uniformes, sans textures ou ayant peu de détails
 - Hautes fréquences : détails, contours, bruit



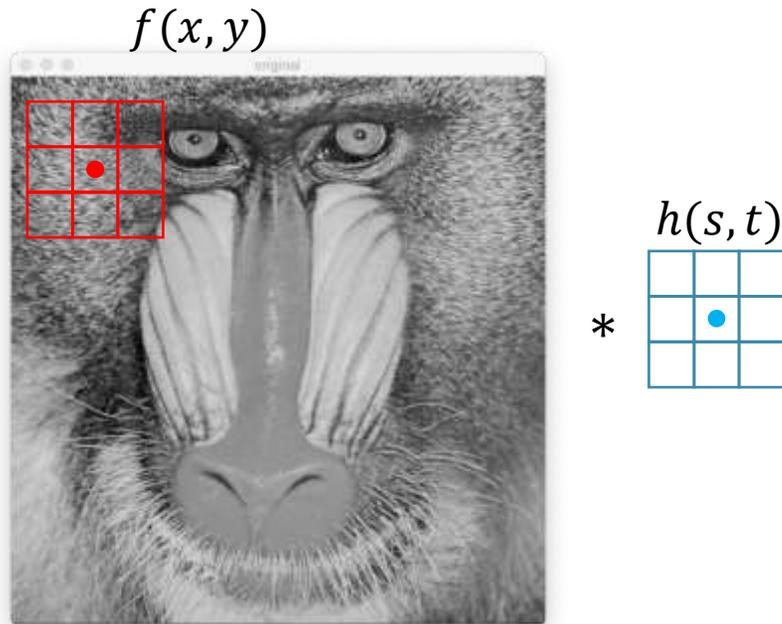
Filtrage et segmentation d'images

- Différents types de filtres
 - Passe-bas
 - Couper les hautes fréquences
 - Limiter le bruit
 - Flouter
 - Passe-haut
 - Couper les basses fréquences
 - Accentuer les détails (bruit, contours, ...)
 - Élimination des régions uniformes
 - Passe-bande
 - Garder une bande de fréquences
 - Faire ressortir un aspect particulier (texture, bruit)
 - Coupe-bande
 - Élimine une bande de fréquences

Filtrage et segmentation d'images

- Filtrage spatial

- C'est une convolution : $(f * h)(x, y)$



$$(f * h)(x, y) = \sum_s \sum_t f(x - s, y - t) \cdot h(s, t)$$

- Filtres passe-bas :

$$\sum_s \sum_t h(s, t) = 1$$

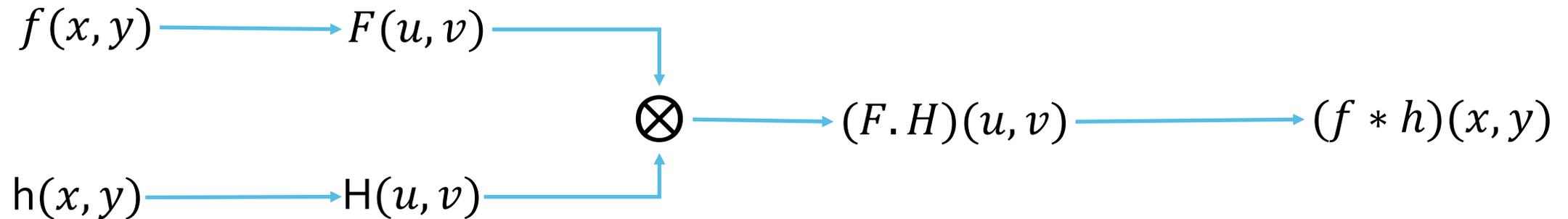
- Filtres passe-haut :

$$\sum_s \sum_t h(s, t) = 0$$

Filtrage et segmentation d'images

- Filtrage spectral

- C'est une multiplication : $(F.H)(u, v)$



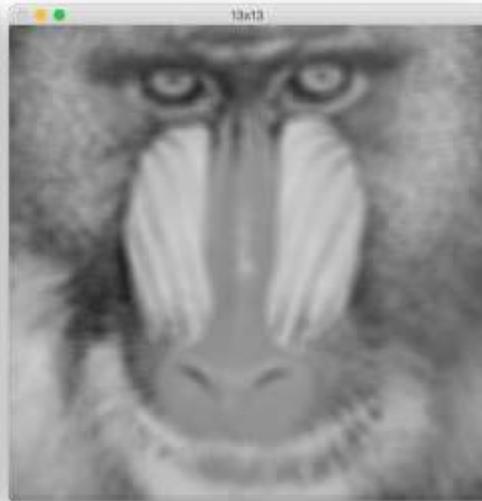
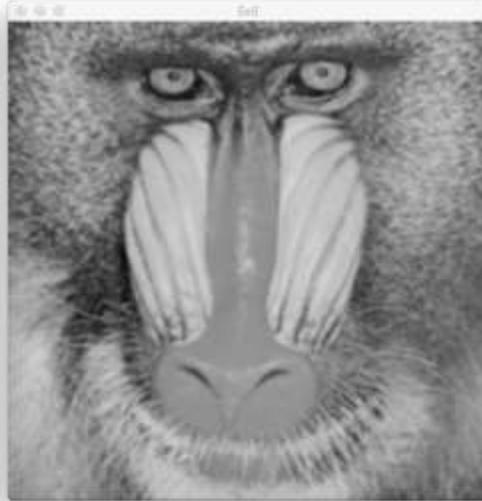
- Passage spatial \rightarrow spectral : Transformée de Fourier

- Passage spectral \rightarrow spatial : Transformée de Fourier inverse

Filtrage et segmentation d'images : Filtres passe-bas

- Filtre passe-bas moyen : moyenne des pixels dans un voisinage $S \times S$

$$h_S(x, y) = \frac{1}{S^2} * \mathcal{J}_S \quad \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{S^2} \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$



Filtrage et segmentation d'images : Filtres passe-bas

- Filtre passe-bas gaussien, le poids dépend de la distance au pixel de référence

$$h_S(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

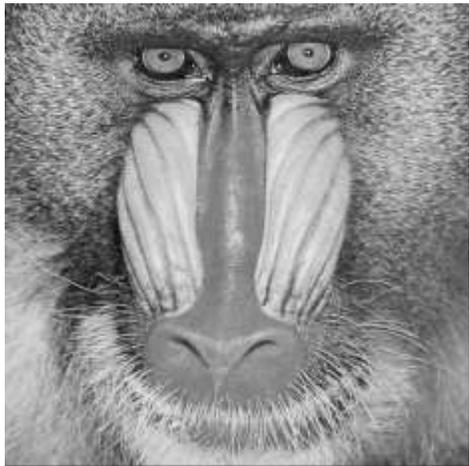
$$S = 6 * \sigma + 1$$

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

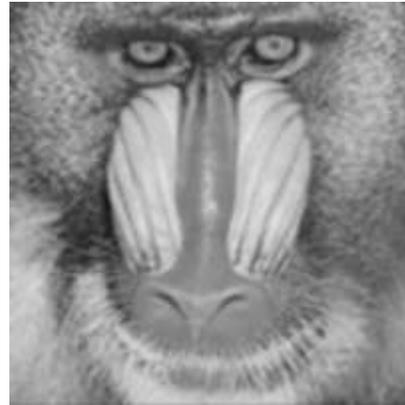


Filtrage et segmentation d'images: Filtres passe-bas

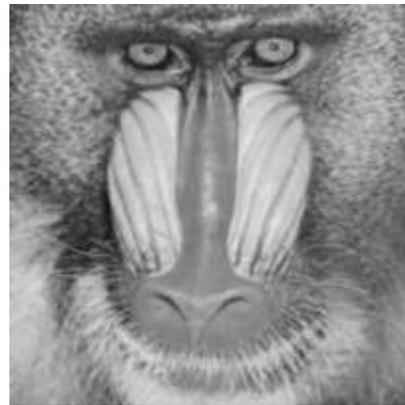
- Comparaison moyen - gaussien



Filtre moyen



Filtre gaussien



Différence



Filtrage et segmentation d'images :

Filtre passe-haut

- Filtre passe-haut gaussien

$$h_S(x, y) = \delta(x, y) - \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



Filtrage et segmentation d'images :

Filtre passe-haut

- Gradient d'une image
 - Dérivée première de l'image
 - Étude de la variation de luminance en chaque pixels
 - Deux composantes : df/dx et df/dy

$$df/dx = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot f(x, y)$$

$$df/dy = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot f(x, y)$$

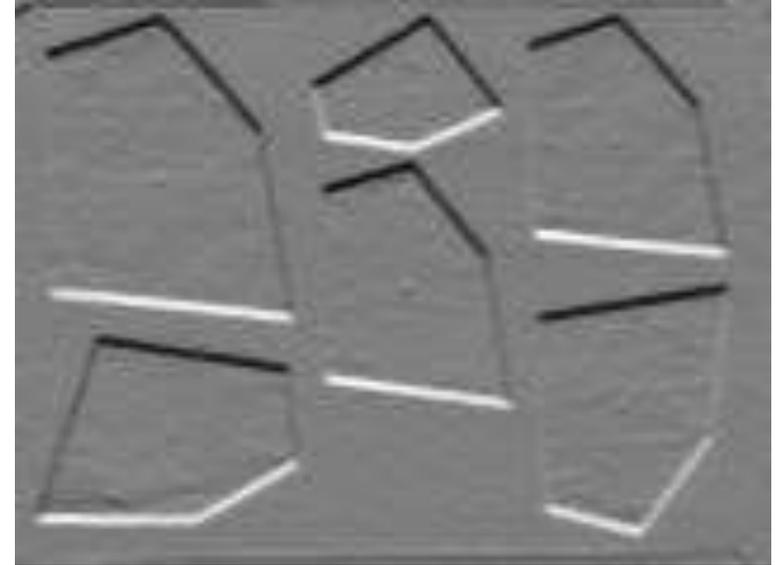
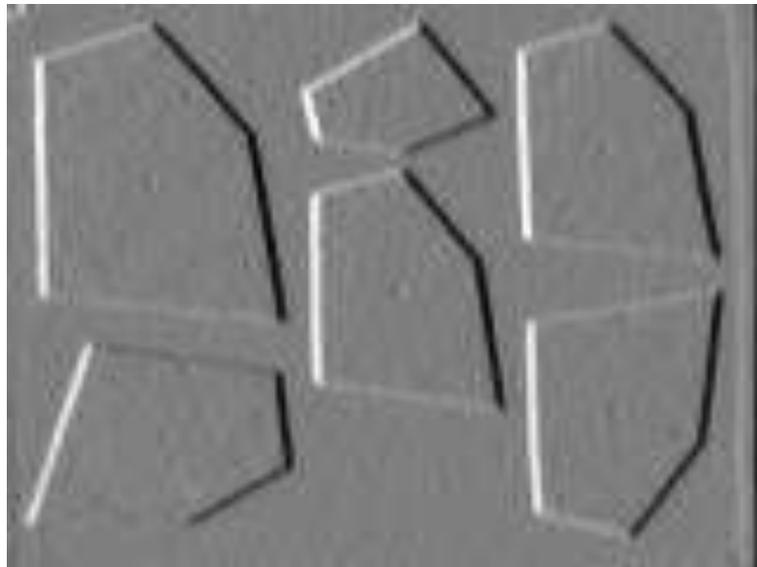
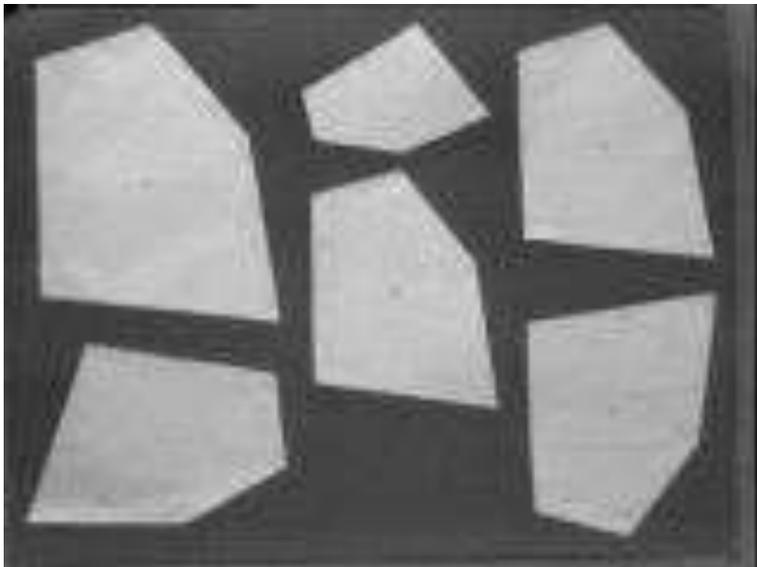
$$mag = \sqrt{df/dx^2 + df/dy^2}$$

$$mod = \text{atan}\left(\frac{df/dx}{df/dy}\right)$$

Filtrage et segmentation d'images :

Filtere passe-haut

- Gradient d'une image
 - Détection de contours



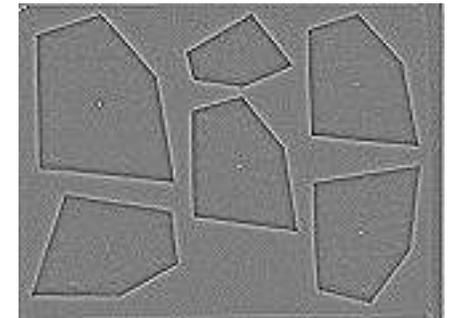
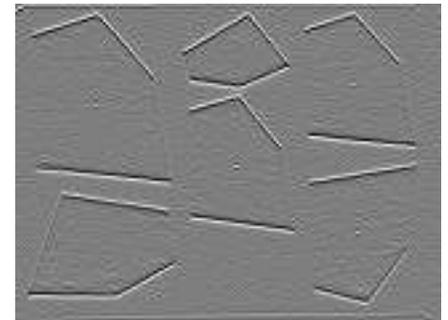
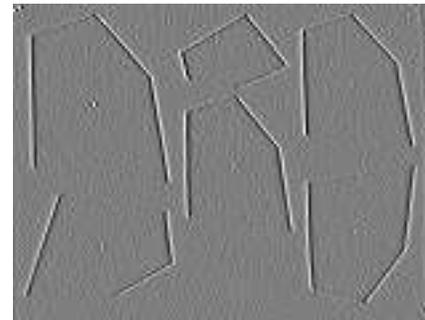
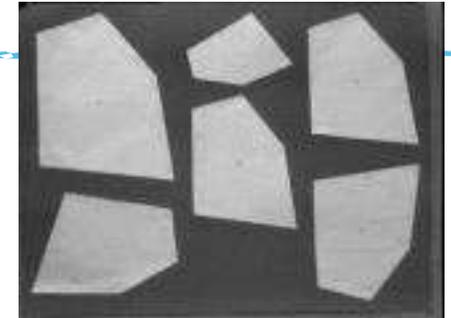
Filtrage et segmentation d'images : Filtre passe-haut

- Laplacien
 - Dérivée seconde
 - Détection de contours

$$\frac{d^2 f}{d^2 x} = [1 \quad -2 \quad 1] \cdot f$$

$$\frac{d^2 f}{d^2 y} = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot f$$

$$d^2 f = \frac{d^2 f}{d^2 x} + \frac{d^2 f}{d^2 y} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot f$$



Filtrage et segmentation d'images

- Convolution
 - Filtrés linéaires
 - Noyau du filtre constant sur l'image
- Filtrés non linéaires
 - Filtre médian
 - Remplace la valeur d'un pixel par la médiane de son voisinage
 - Filtre en distance
 - $h(s, t)$ dépend de $I(x, y) - I(x - s, y - t)$

Filtrage et segmentation d'images :

Seuillage

- Objectif
 - Couper les luminances au delà ou en deçà d'un seuil
 - Seuillage bas
 - Seuillage haut
 - Seuillage mixte

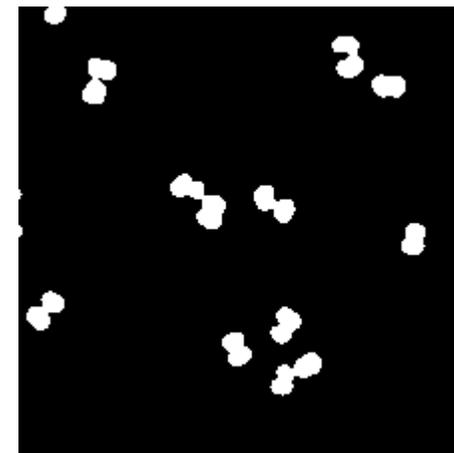
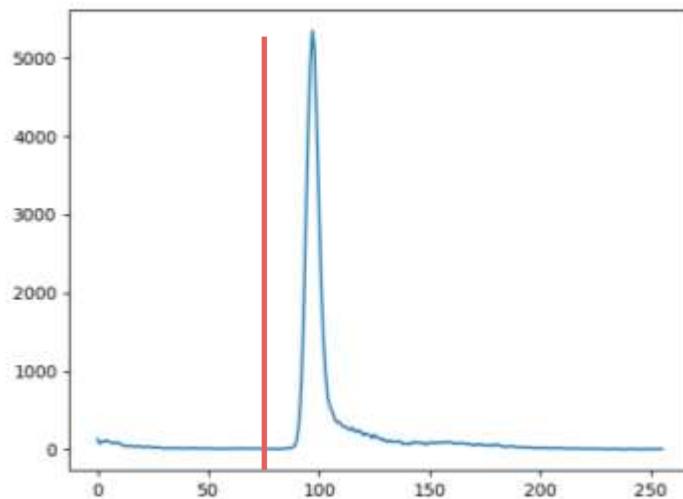
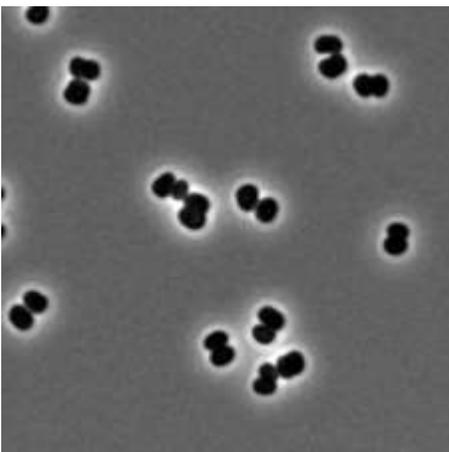
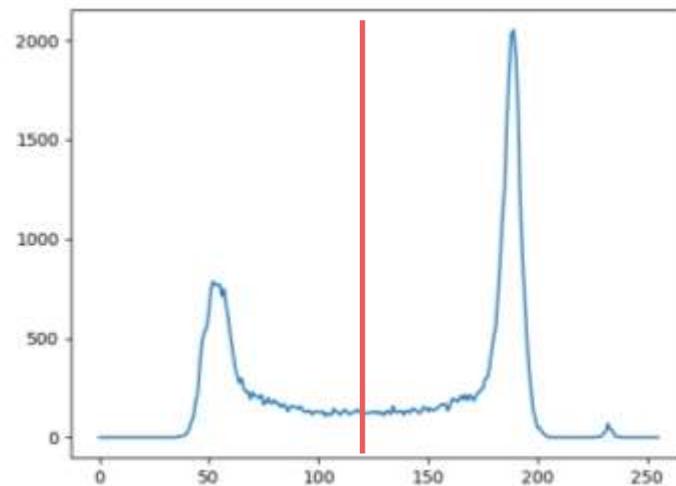
$$f(x, y) = \begin{cases} I(x, y) & \text{si } I(x, y) < \varepsilon \\ 255 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$f(x, y) = \begin{cases} I(x, y) & \text{si } I(x, y) > \varepsilon \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Binarisation : si $t_b = t_h$

$$f(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{si } I(x, y) < t_b \\ I(x, y) & \text{sinon} \\ 255 & \text{si } I(x, y) > t_h \end{cases}$$

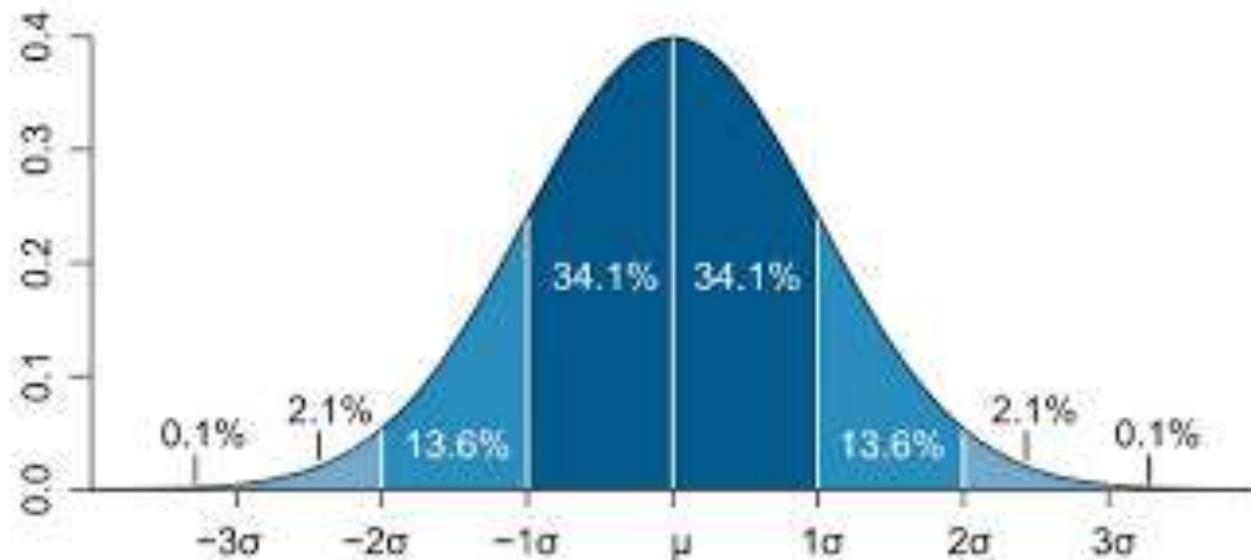
Filtrage et segmentation d'images : Seuillage automatique



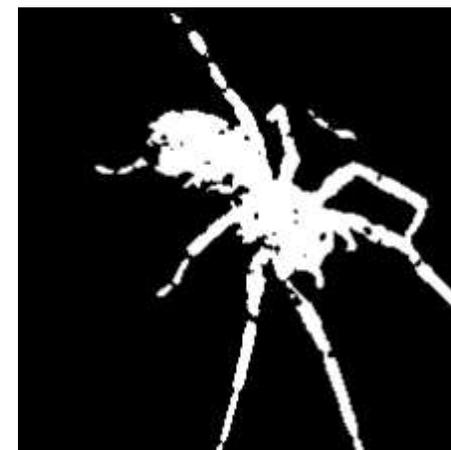
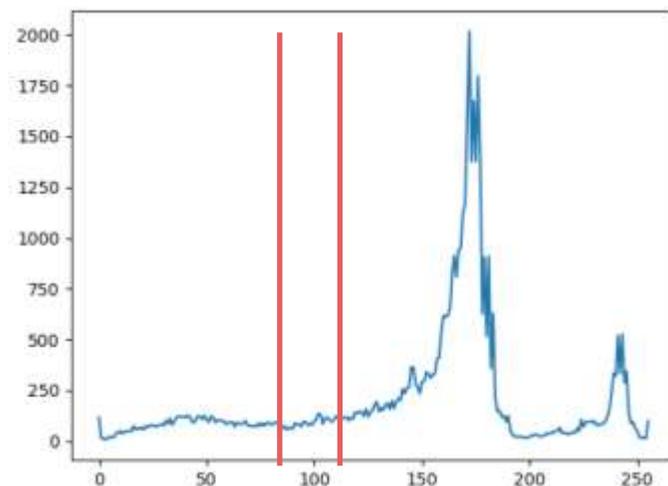
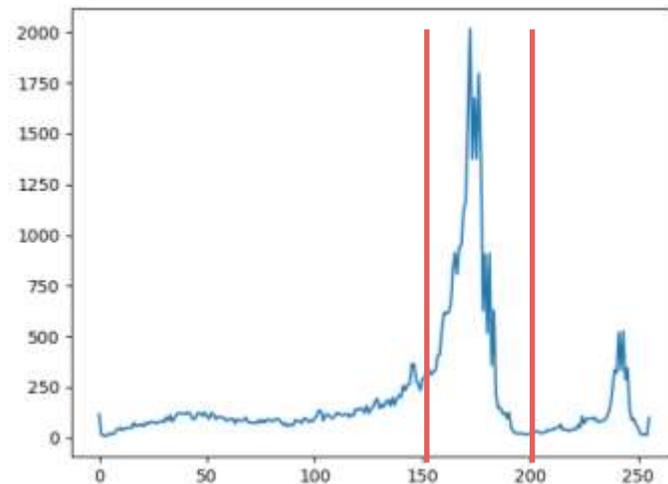
Filtrage et segmentation d'images : Seuillage

- Classification
 - Moyenne / écart-type

$$f(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{si } I(x, y) - \mu < \alpha * \sigma \\ 0 & \text{si } I(x, y) - \mu > \alpha * \sigma \\ 255 & \text{sinon} \end{cases}$$



Filtrage et segmentation d'images : Seuillage automatique

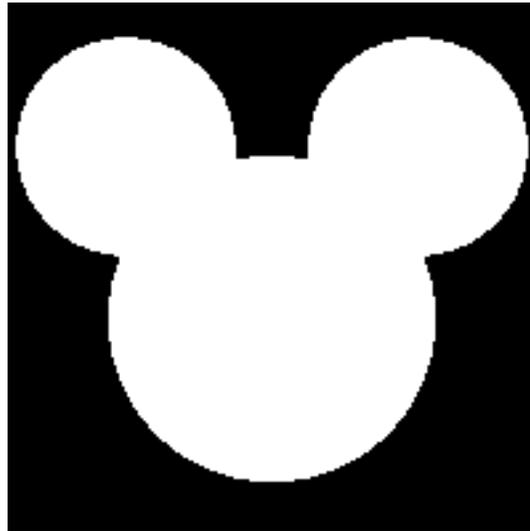


Initiation à l'analyse et à la synthèse d'images

Morphologie mathématique

Morphologie mathématique

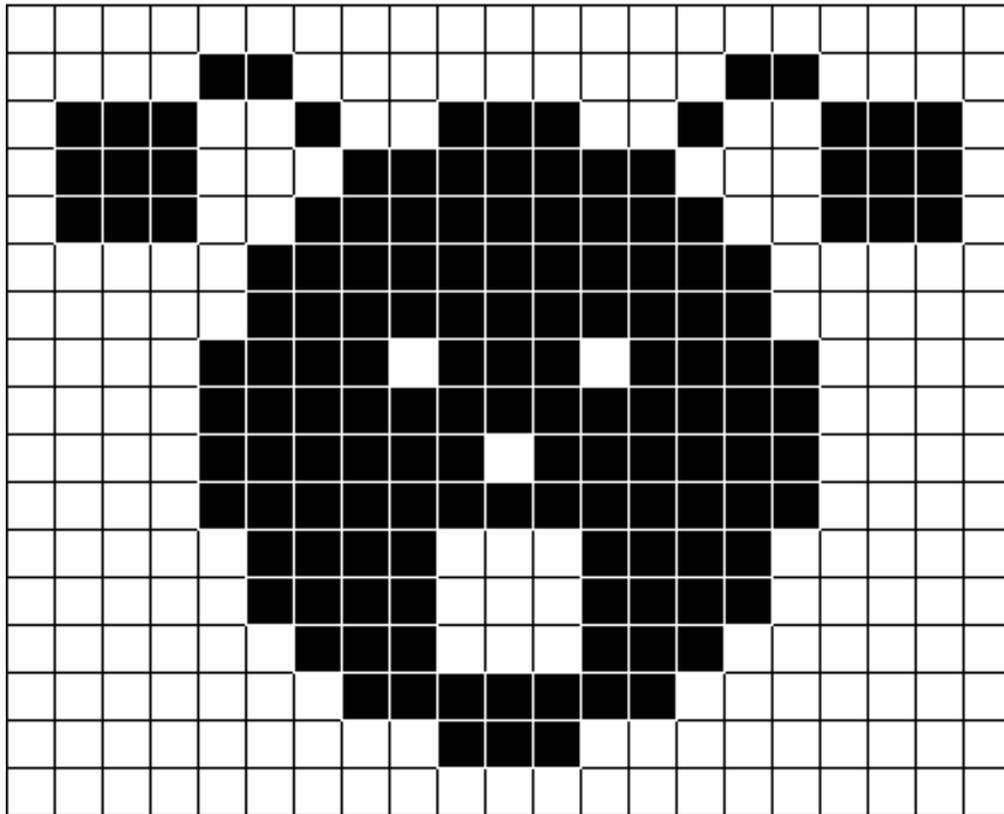
- Dans une image binaire
 - Les pixels ne prennent que 2 valeurs : 0 ou 1
 - On considère qu'il y a des objets (pixels à 1) sur un fond (pixels à 0)



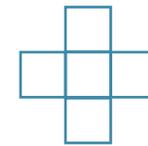
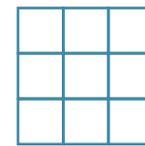
- Objectifs :
 - Analyser et modifier la structure des images binaires

Morphologie mathématique

- Sur des images binaires



- Un élément structurant



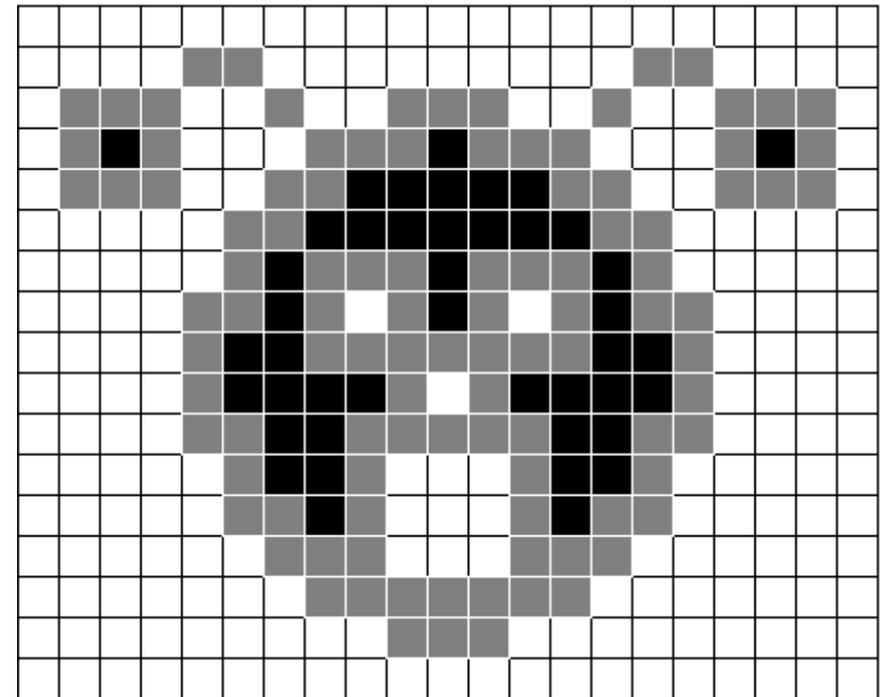
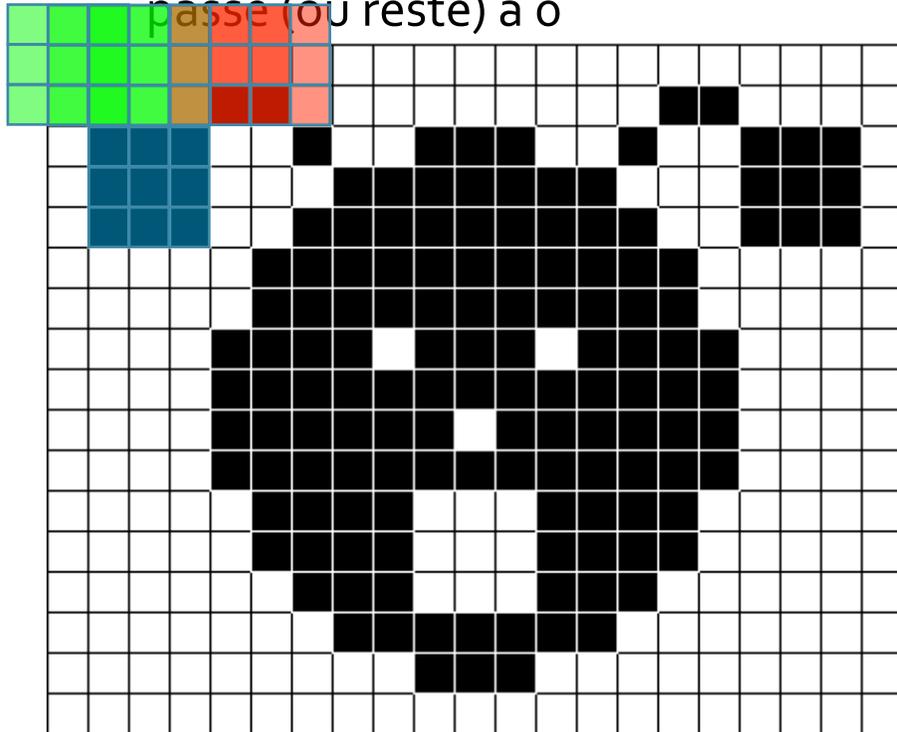
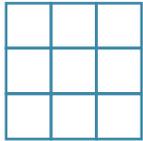
- Deux opérations de base
 - Érosion
 - Dilatation

Morphologie mathématique : Erosion

Déplacer l'élément structurant E sur l'image I

Les pixels sur lesquels est passé le centre de l'élément structurant définissent le résultat de l'érosion

Si l'élément structurant n'est pas totalement inclus dans la forme, le pixel central passe (ou reste) à 0

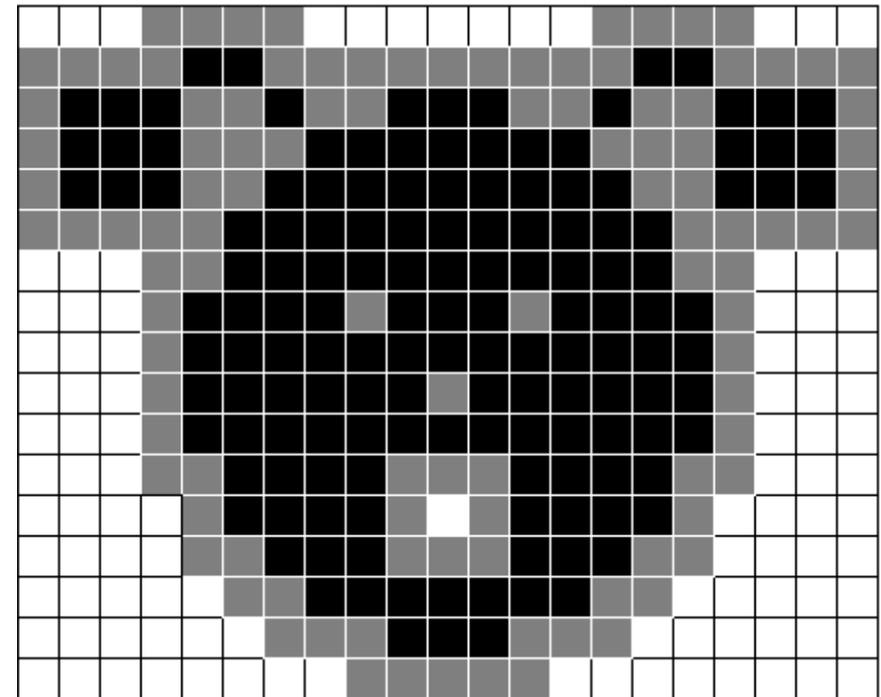
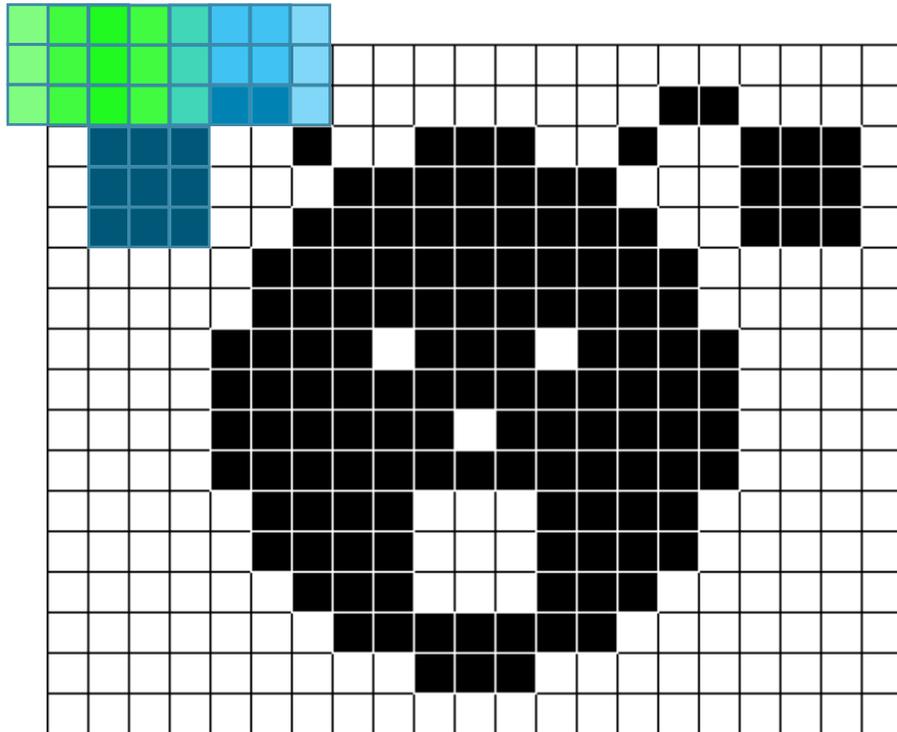
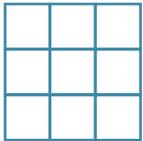


Morphologie mathématique : Dilatation

Déplacer l'élément structurant E sur l'image I

L'ensemble des pixels des éléments structurants déplacés définit le résultat de la dilatation

Si l'élément structurant intersecte la forme, le pixel central passe (ou reste) à 1

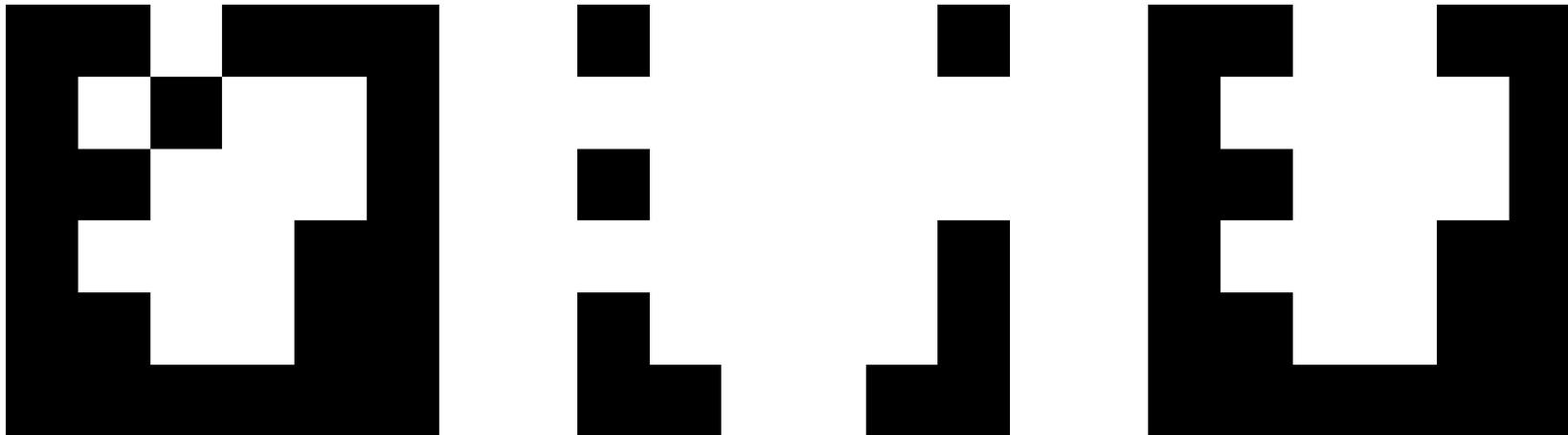


Morphologie mathématique

- Comparaison érosion – dilatation
- Érosion
 - Diminue la taille des objets
 - Élargit les trous
 - Sépare les objets connectés par de petits « ponts »
 - Supprime les petits objets
- Dilatation
 - Augmente la taille des objets
 - Bouche les petits trous
 - Soude les objets proches

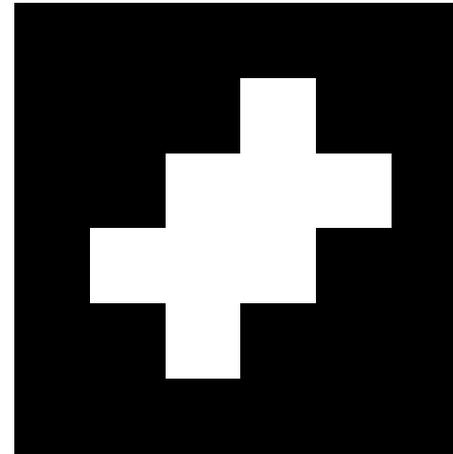
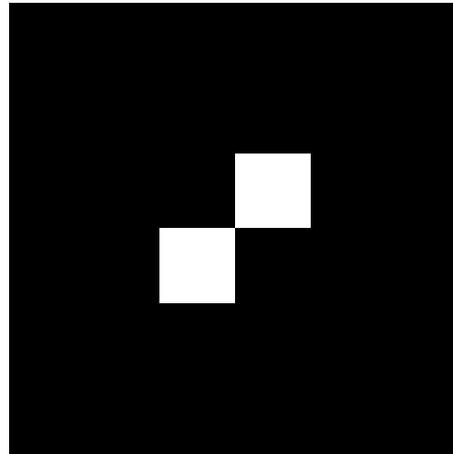
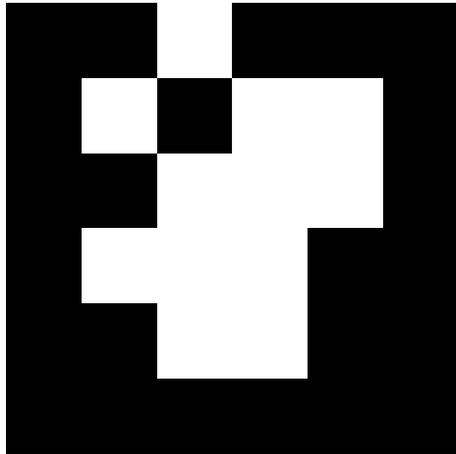
Morphologie mathématique

- Ouverture
 - L'érosion est utile pour supprimer de petits objets mais réduit la taille des objets restant.
 - On effectue une dilatation après l'érosion, avec le même élément structurant.



Morphologie mathématique

- Fermeture
 - La dilatation est utile pour fermer de petits trous mais agrandit la taille des objets restant.
 - On effectue une érosion après la dilatation, avec le même élément structurant.

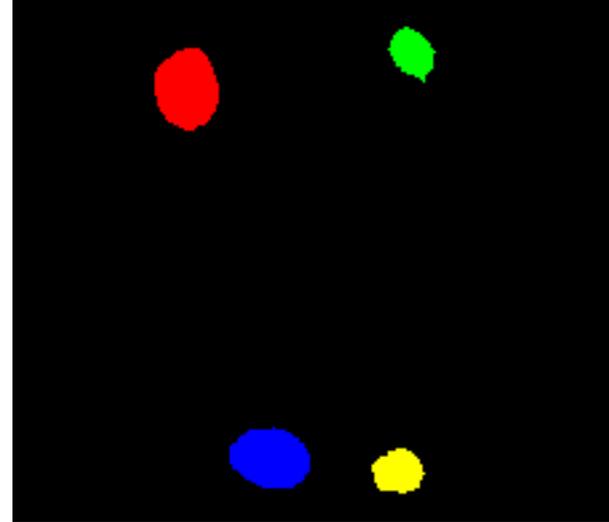


Initiation à l'analyse et à la synthèse d'images

Analyse en composantes connexes

Analyse en composantes connexes

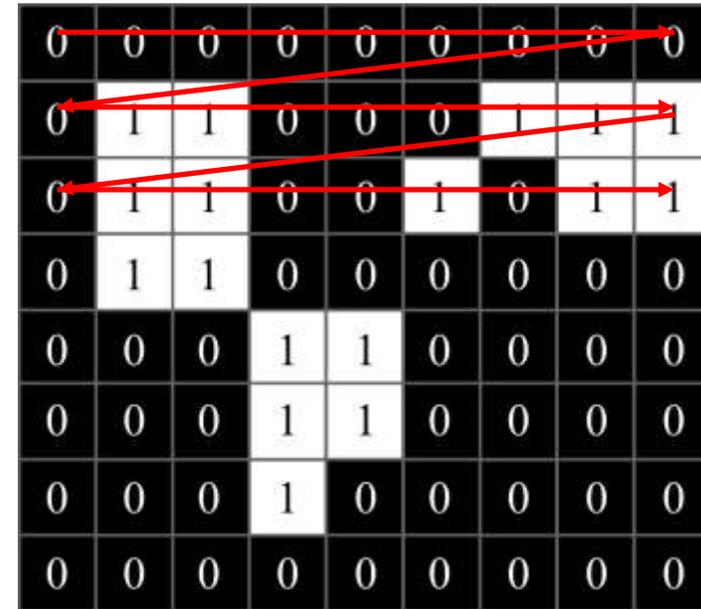
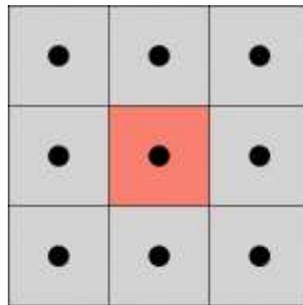
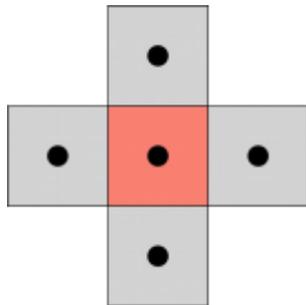
- Objectifs :
 - À partir d'une image binaire présentant des objets sur un fond
 - Labelliser les différentes parties de l'image représentant des objets disjoints



1. $x=105.2, y=45.5$
2. $x=353.7, y=28.3$
3. $x=134.9, y=303.2$
4. $x=320.3, y=312.6$

Analyse en composantes connexes

- Connexité
 - Des pixels connectés à leurs voisins



Analyse en composantes connexes

- Une composante connexe C_i de l'image $I(x, y)$ est
 - Un sous-ensemble de pixels de I

$$C_i = \{P(x, y) \mid P \in I\}$$

- Connecté

$$\forall P \in C_i, \forall Q \in C_i, \exists ch \text{ un chemin de } P \text{ à } Q \text{ tel que}$$
$$\forall M \in ch, M \in C_i$$

- Maximal

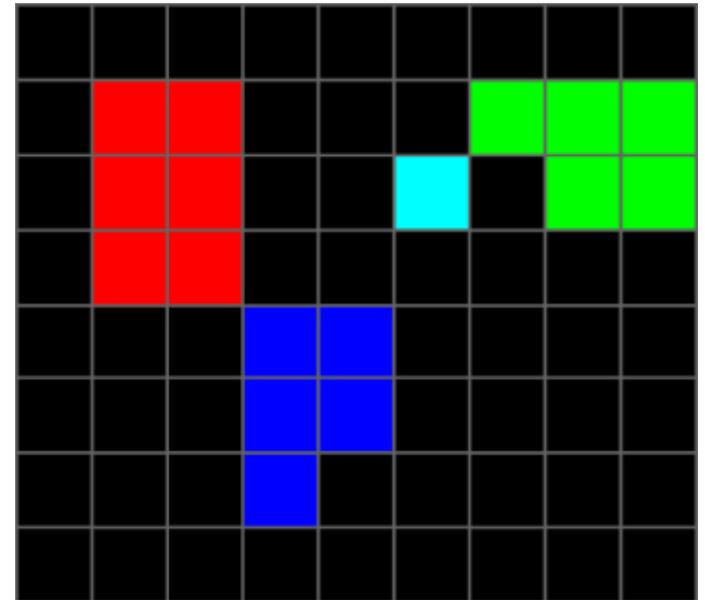
$$\forall P \in C_i, \forall Q \notin C_i, \nexists ch \text{ un chemin de } P \text{ à } Q \text{ tel que}$$
$$\forall M \in ch, M \neq Q, M \in C_i$$

Analyse en composantes connexes

- Étiquetage
 - Chaque composante est identifiée de manière unique par une étiquette

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	2	2	2
0	1	1	0	0	3	0	2	2
0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	4	4	0	0	0	0
0	0	0	4	4	0	0	0	0
0	0	0	4	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0



Analyse en composantes connexes

- Données:
 - En entrée : une image binaire
 - En sortie : une matrice d'étiquettes
- Algorithme
 - Premier parcours de l'image

si 2 voisins portent des étiquettes différentes l_i et l_j
choisir l'une d'entre elles pour le pixel et mémoriser l'équivalence $l_i = l_j$

- Deuxième parcours de l'image

ré-étiqueter les pixels selon la table d'équivalences
renumérotation éventuelle des étiquettes

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

o	o	o	o	o	o	o
o	o					

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1				

1	

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1			

1	

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	

1	
2	

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3					

1	
2	
3	

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3	1				

1	
2	
3	1

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

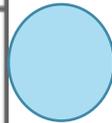
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3	1	0	0	0	2

1	
2	
3	1

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0



0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3	1	0	0	0	2
4						

1	
2	
3	1
4	

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

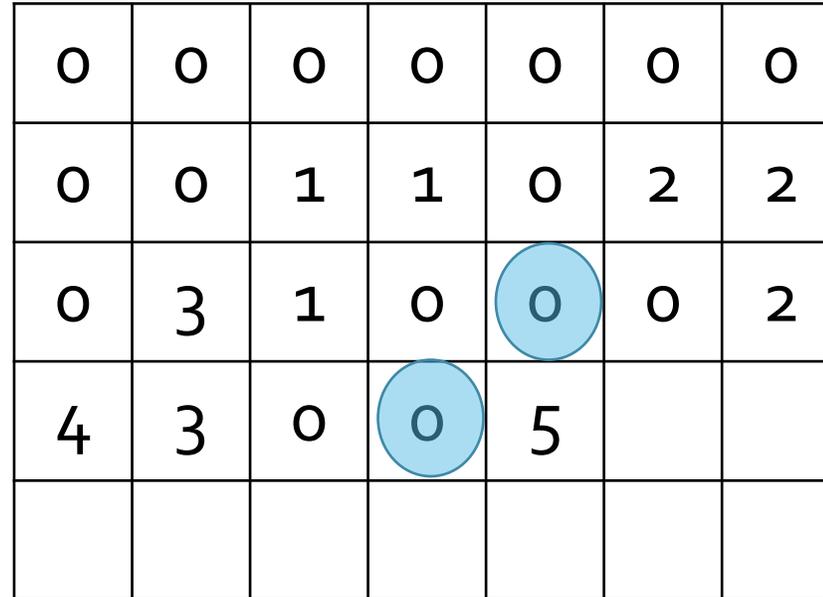
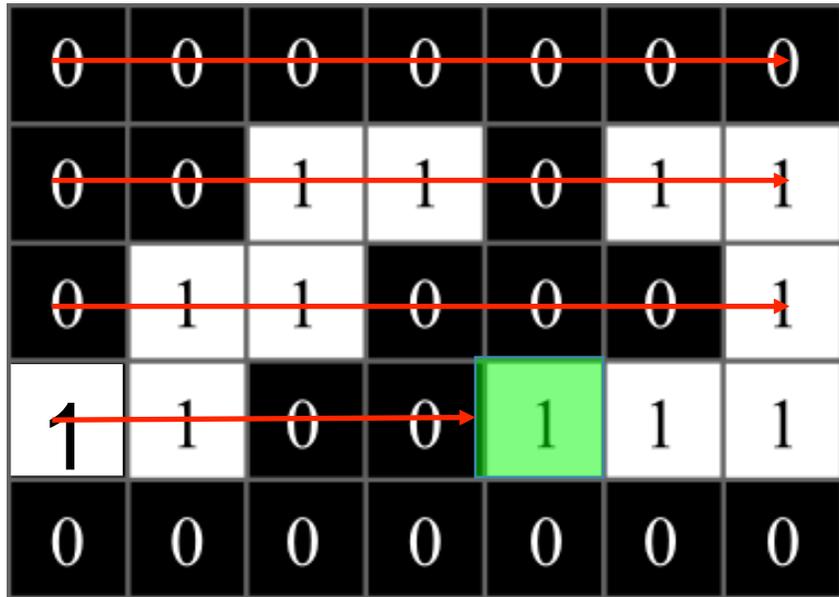
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3	1	0	0	0	2
4	3					

1	
2	
3	1
4	3

Premier parcours

Analyse en composantes connexes



1	
2	
3	1
4	3
5	

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3	1	0	0	0	2
4	3	0	0	5	5	2

1	
2	
3	1
4	3
5	2

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3	1	0	0	0	2
4	3	0	0	5	5	2
0	0	0	0	0	0	0

1	
2	
3	1
4	3
5	2

Premier parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	3	1	0	0	0	2
4	3	0	0	5	5	2
0	0	0	0	0	0	0

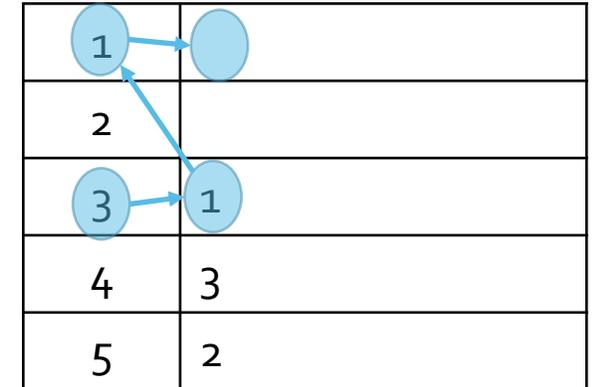
1	2
2	
3	1
4	3
5	2

Deuxième parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	1	1	0	0	0	2
4	3	0	0	5	5	2
0	0	0	0	0	0	0

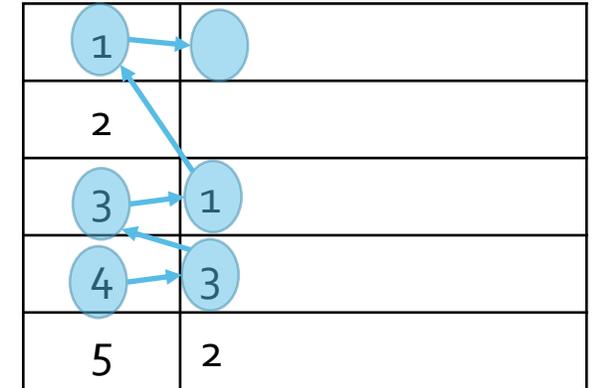


Deuxième parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	1	1	0	0	0	2
1	3	0	0	5	5	2
0	0	0	0	0	0	0

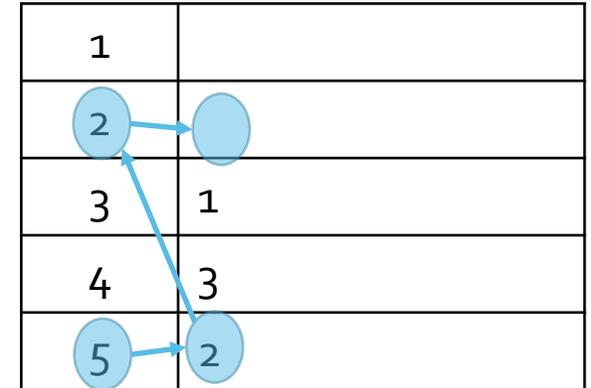


Deuxième parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	1	1	0	0	0	2
1	1	0	0	2	5	2
0	0	0	0	0	0	0



Deuxième parcours

Analyse en composantes connexes

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2
0	1	1	0	0	0	2
1	1	0	0	2	2	2
0	0	0	0	0	0	0

1	
2	
3	1
4	3
5	2

Deuxième parcours

Initiation à l'analyse et à la synthèse d'images

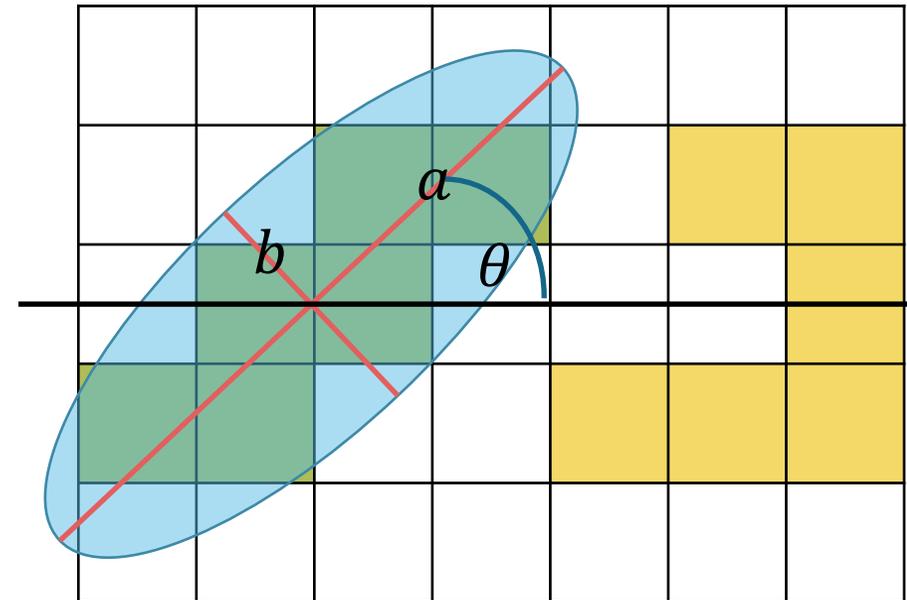
Classification

Classification

- Objectifs :
 - Associer une signification « haut niveau » aux éléments visibles dans l'image
 - Regrouper les composantes connexes selon des critères
 - Géométriques : taille, forme, ...
 - Chromatiques : couleur
 - Fréquentiels : texture
 - ...
- Outils utilisés
 - Critères géométriques : moments, ellipses d'inertie
 - Critères chromatiques : moyenne et écart-type sur la chrominance
 - Critères fréquentiels : transformée de Fourier pour les textures
 - ...

Classification

- Moments d'inertie $M_{i,j} = \sum_{(x,y) \in C} x^i * y^j$ $\mu_{i,j} = \sum_{(x,y) \in C} (x - \bar{x})^i * (y - \bar{y})^j$
 - Descripteur
 - Aire : $M_{0,0}$
 - Centre de gravité : $(\bar{x}, \bar{y}) \left(\frac{M_{1,0}}{M_{0,0}}, \frac{M_{0,1}}{M_{0,0}} \right)$
 - Ellipse d'inertie
 - Orientation : $\theta = \frac{1}{2} * \tan^{-1} \left(\frac{2 * \mu_{1,1}}{\mu_{2,0} - \mu_{0,2}} \right)$
 - Demi-axe principal : $a = 2 * \sqrt{\frac{\lambda_1}{M_{0,0}}}$
 - Demi-axe secondaire : $b = 2 * \sqrt{\frac{\lambda_2}{M_{0,0}}}$
- $\lambda_1 > \lambda_2$: valeurs propres de $\begin{pmatrix} \mu_{2,0} & \mu_{1,1} \\ \mu_{1,1} & \mu_{0,2} \end{pmatrix}$



Classification

- Aspect chromatique
 - Moyenne : $\bar{a} = \frac{\sum_{(x,y) \in C} a(x,y)}{M_{0,0}}$
 - Variance : $V_a = \frac{\sum_{(x,y) \in C} (a(x,y) - \bar{a})^2}{M_{0,0}}$
 - Écart-type : $\sigma_a = \sqrt{V_a}$
- Mêmes calculs sur la composante b
- On ne traite pas la composante L
 - Trop dépendante des conditions d'éclairage

Classification

- Associer des descripteurs d_C^i à chaque composante connexe
 - [aire, a, b]
 - [\bar{a} , σ_a , \bar{b} , σ_b]
 - ...

$$D^i(C, D) = f(d_C^i, d_D^i)$$

- Définir une distance
 - Entre descripteurs
 - Entre composantes connexes
 - Norme, norme pondérée, ...

$$D(C, D) = \sum_i \alpha_i * D^i(C, D)$$

- Deux composantes connexes ayant des distances faibles seront dans la même classe