

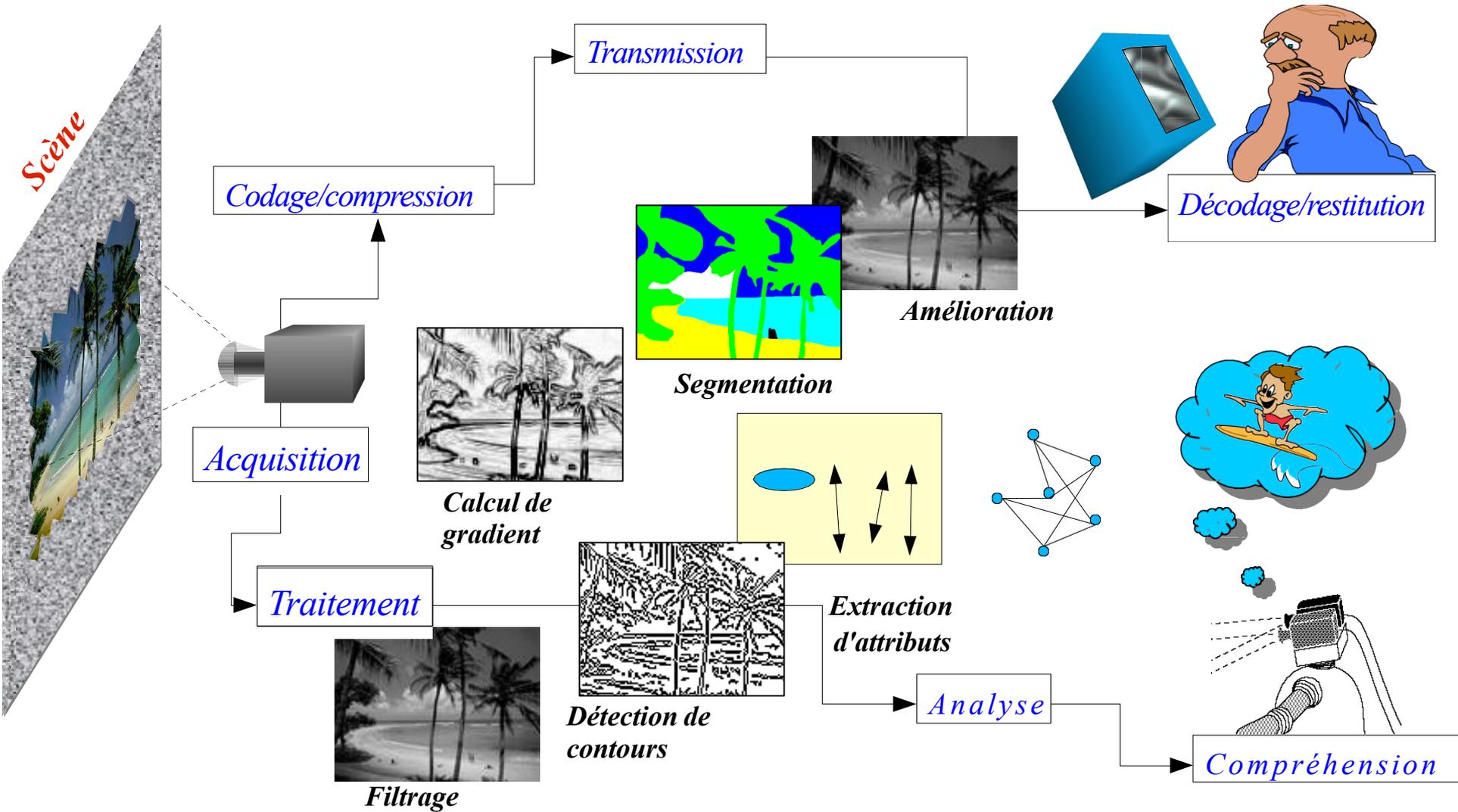
Introduction

- ▶ Le traitement d'image consiste en les différentes opérations qu'on peut réaliser sur des images pour différentes fins.
- ▶ Avant de traiter les images, il faut d'abord les créer, c'est l'étape de l'acquisition qui consiste à transformer les vues réel en des images numériques.



- ▶ Après cette étape, il faut transformer ces images en des matrices qu'on peut manipuler par un ordinateur.

Le traitement d'image, en bref ...



Les origines du traitement d'images

*Images de
chambre à bulles*

Amélioration

Restauration



1950
ABCDEFGHIJKLMNO
PQRSTUVWXYZÀÁÊË
Ü abcdefghijklmnop
qrstuvwxyzàáêëöü&
1234567890(#+.?!?)

*Caractères
typographiés*

Classification



*Imagerie satellite
et aérienne*

Imagerie médicale



*Télesurveillance
et armement*



Reconstruction

Contrôle qualité

Détection

Poursuite

*Robotique
mobile*

Localisation



*Gestion des
données
multimedia*

Indexation



Compression

20..

Partie 1

Les images **Formats & représentation**



Représentation des images

Image en niveaux de gris

Une image en niveaux de gris (8 bits) est une fonction d'un sous-ensemble de \mathbb{Z}^2 dans $\llbracket 0; 255 \rrbracket$ (à chaque « point » de l'image, on associe une valeur entière entre 0 et 255).



176	173	172	174	175	174	175
179	185	187	181	174	173	165
197	181	168	167	171	169	170
161	170	180	183	180	174	175

Chaque case du tableau / point de l'image est appelé **un pixel**.

Représentation des images

Image en niveaux de gris

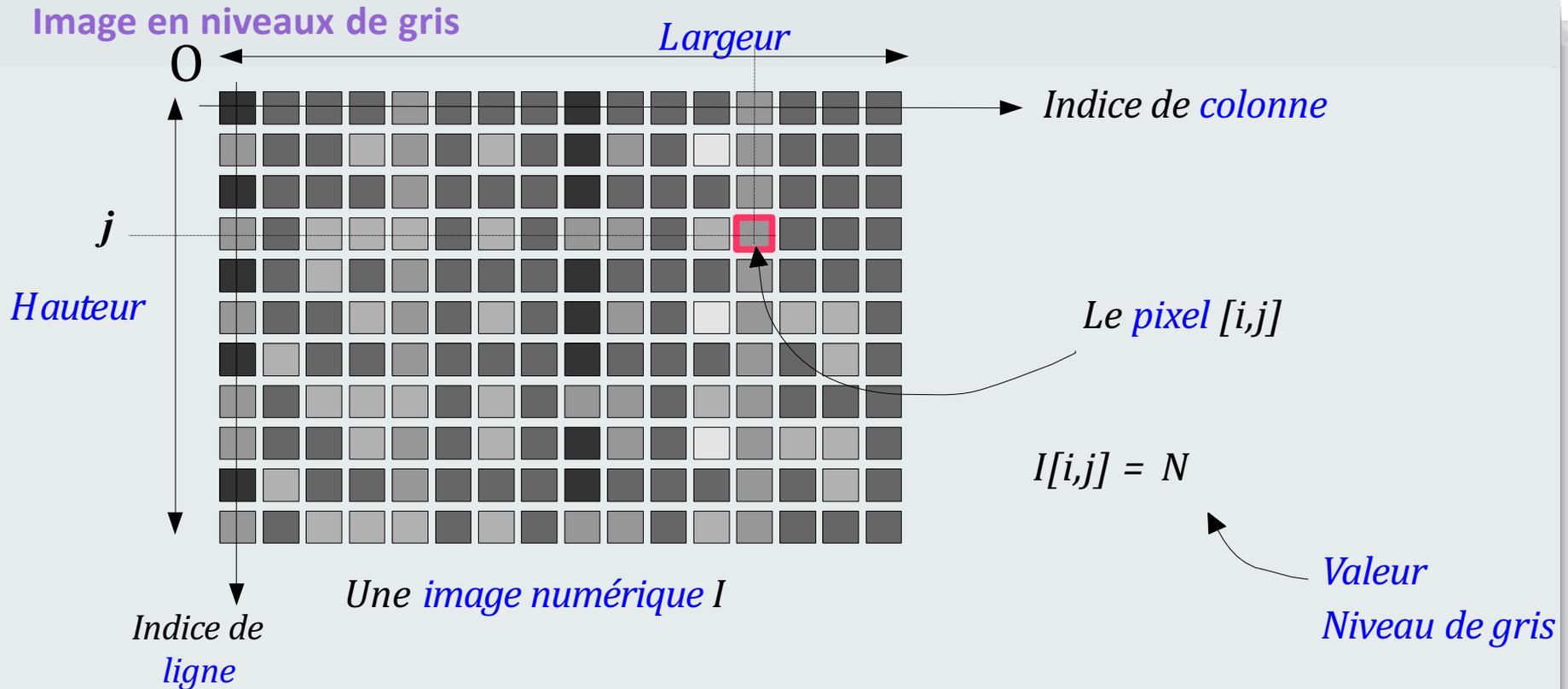
Une image en niveaux de gris (8 bits) est une fonction d'un sous-ensemble de \mathbb{Z}^2 dans $\llbracket 0; 255 \rrbracket$ (à chaque « point » de l'image, on associe une valeur entière entre 0 et 255).



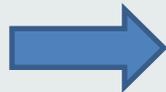
176	173	172	174	175	174	175
179	185	187	181	174	173	165
197	181	168	167	171	169	170
161	170	180	183	180	174	175

Chaque case du tableau / point de l'image est appelé **un pixel**.

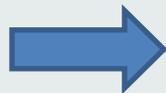
Représentation des images



$$N \in [N_{\min}, N_{\max}]$$



$$(N_{\max} - N_{\min}) = \text{nombre de niveaux de gris}$$



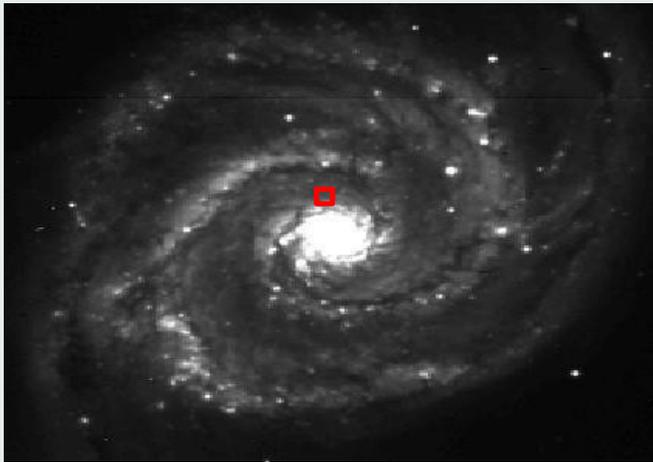
$$\text{Log}_2 (N_{\max} - N_{\min}) = \text{dynamique}$$

Représentation des images

Image en niveaux de gris

On peut noter d'autres types d'images, comment **les images en niveaux de gris 16 bits ou 32 bits**, permettant de récupérer des informations plus précises (souvent utilisé dans des domaines tels que l'astronomie, le médical, ...).

Ce sont des applications d'un sous-ensemble de \mathbb{Z}^2 dans $\llbracket 0; 2^{16} - 1 \rrbracket$ ou $\llbracket 0; 2^{32} - 1 \rrbracket$.



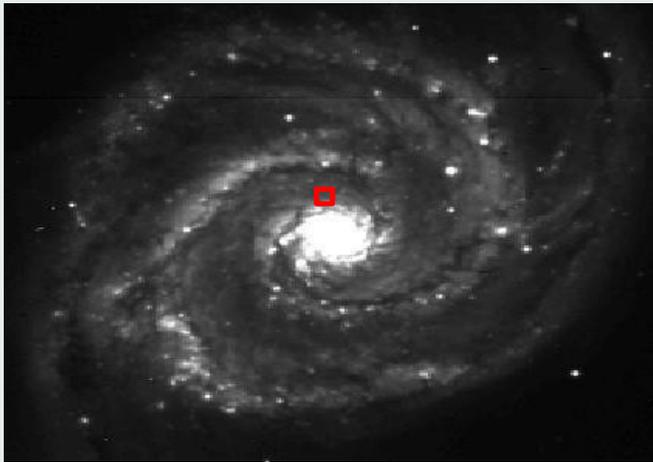
210	246	283	281	292
186	231	346	450	417
179	189	312	475	400

Représentation des images

Image en niveaux de gris

On peut noter d'autres types d'images, comment **les images en niveaux de gris 16 bits ou 32 bits**, permettant de récupérer des informations plus précises (souvent utilisé dans des domaines tels que l'astronomie, le médical, ...).

Ce sont des applications d'un sous-ensemble de \mathbb{Z}^2 dans $\llbracket 0; 2^{16} - 1 \rrbracket$ ou $\llbracket 0; 2^{32} - 1 \rrbracket$.



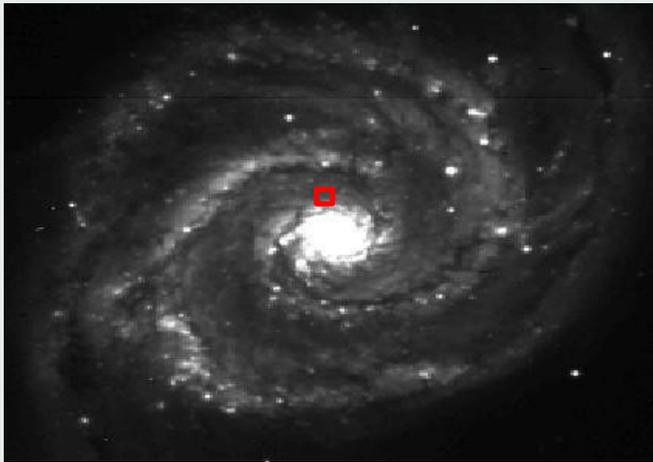
210	246	283	281	292
186	231	346	450	417
179	189	312	475	400

Représentation des images

Image en niveaux de gris

On peut noter d'autres types d'images, comment **les images en niveaux de gris 16 bits ou 32 bits**, permettant de récupérer des informations plus précises (souvent utilisé dans des domaines tels que l'astronomie, le médical, ...).

Ce sont des applications d'un sous-ensemble de \mathbb{Z}^2 dans $\llbracket 0; 2^{16} - 1 \rrbracket$ ou $\llbracket 0; 2^{32} - 1 \rrbracket$.



210	246	283	281	292
186	231	346	450	417
179	189	312	475	400

D'autres représentations :

- Une image médicale couleur
- Une image 3D
- Un Film en couleur
- Un Film à voir avec lunettes 3D

=> Quelles notations fonctionnelles

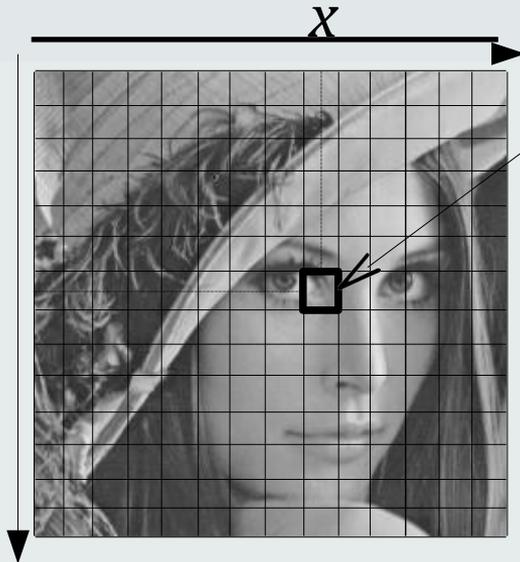
Construire une image numérique ?

► Image numérique : **numérisation** en deux étapes :

1. **échantillonnage spatial** : discrétisation des coordonnées de l'image réelle ;
2. **quantification des luminances** : discrétisation des intensités de l'image réelle.

► Une image numérique est composée d'un ensemble fini d'éléments, appelés *picture element*, ou **pixels** (voxels en 3D)

Echantillonnage & Quantification



$R(x,y)$

$I(x,y)$

L'*échantillonnage* est le procédé de discrétisation spatiale d'une image consistant à associer à chaque zone $R(x,y)$ rectangulaire d'une image une valeur unique $I(x,y)$.

On parle de *sous-échantillonnage* lorsque l'image est déjà discrétisée et qu'on diminue le nombre d'échantillons.

La *quantification* désigne la limitation du nombre de valeurs différentes que peut prendre $I(x,y)$.



Une *image numérique* est une image *échantillonnée et quantifiée*.

Echantillonnage & Quantification

Résolution...

...spatiale :

Échantillonnage



256x256



128x128



64x64



32x32

...tonale :

Quantification



6 bits



4 bits



3 bits



2 bits



1 bit

Echantillonnage & Quantification

Après échantillonnage spatial : notations

- ▶ N le nombre de lignes de l'image ;
- ▶ M le nombre de colonnes de l'image ;
- ▶ (i, j) les coordonnées spatiales d'un élément de l'image (ligne i , colonne j) ;
- ▶ $f_j(i)$, ou encore $f(i)$, la ligne i ;
- ▶ $f_i(j)$, ou encore $f(j)$, la colonne j .

Après quantification : notations

- ▶ $f(i, j)$ l'amplitude du pixel (i, j) ;
 - ▶ k (ou f) un niveau de gris ;
 - ▶ m le nombre de bits sur lesquels est codée la valeur d'un niveau de gris ;
 - ▶ L la **dynamique** de l'image, soit l'étendue des valeurs qu'un pixel peut prendre.
-
- ▶ Cela définit la taille (en bits) de l'image : $t_b = N \times M \times m$

Echantillonnage & Quantification

Une vision subjective

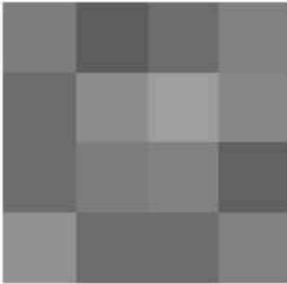
- ▶ L'échantillonnage spatial définit la taille du plus petit élément de l'image (pixel)
- ▶ La quantification des luminances définit le plus petit changement d'intensité dans l'image (est-il toujours perceptible à l'œil ?)



Echantillonnage & Quantification

► L'échantillonnage & la quantification

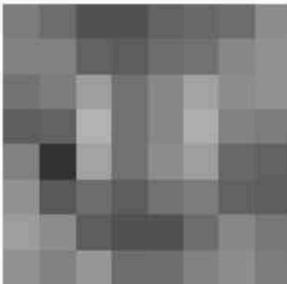
N = 4



N = 32



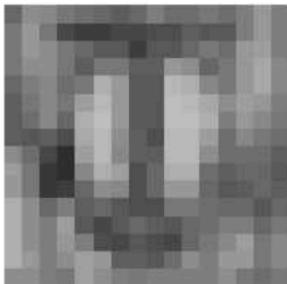
N = 8



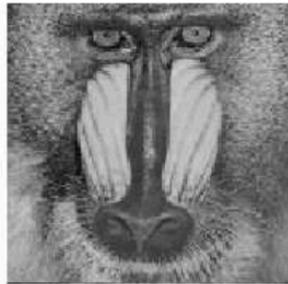
N = 64



N = 16



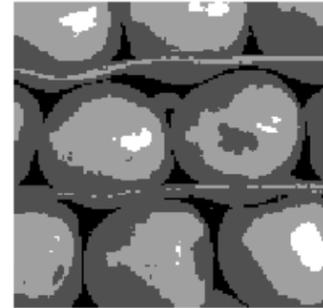
N = 128



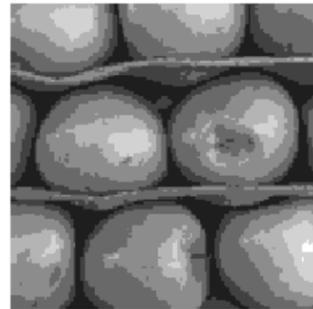
bits=1



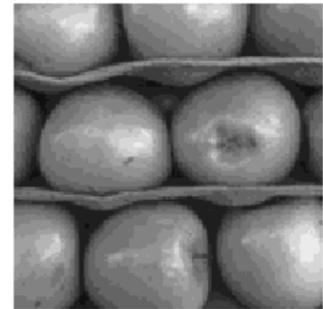
bits=2



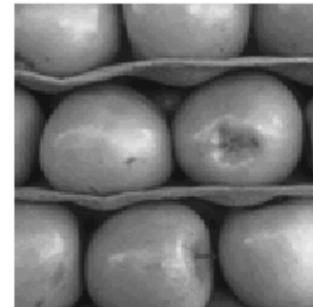
bits=3



bits=4



bits=8



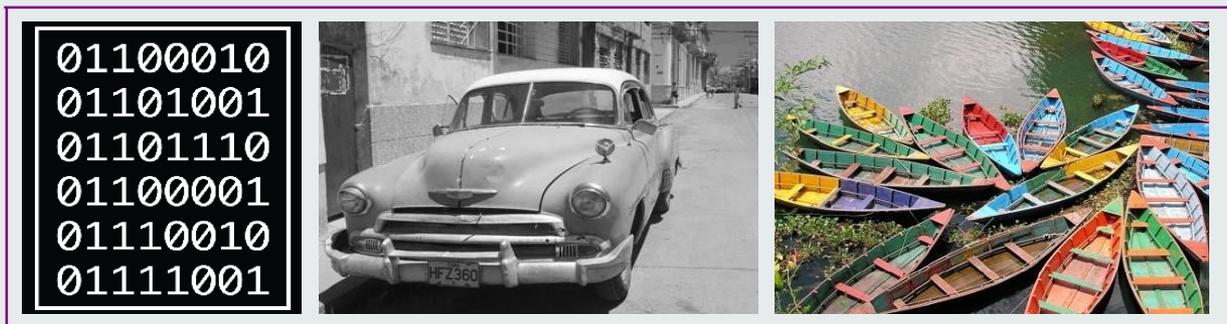
Echantillonnage & Quantification

Types d'image

- ▶ $m = 1, k \in \{0, 1\}$: image binaire
- ▶ $m = 8, k \in [0, \dots, 255]$: image en niveaux de gris
 - en général codée sur 1 octet ;
 - par convention : noir = 0 et blanc = 255 ;



- ▶ $m = 24, k \in [0, \dots, 16777215]$: image en couleurs (3 octets)



Partie 2

Le traitement d'image



Difficulté d'analyser les images

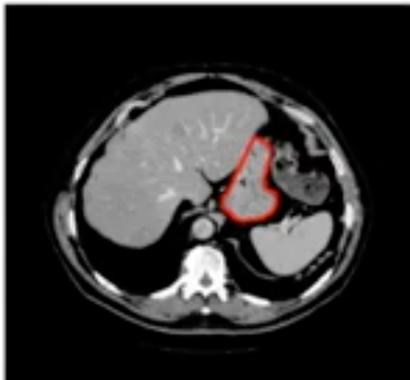
► Pour **l'ordinateur**, les images ont des nombres stockés dans un tableau ...

► Pour **un être humain**, nous reconnaissons les objets sur une image, car nous avons appris à les reconnaître.



► Vous pouvez trouver l'avion dans cette image, car vous savez ce qu'est un avion.

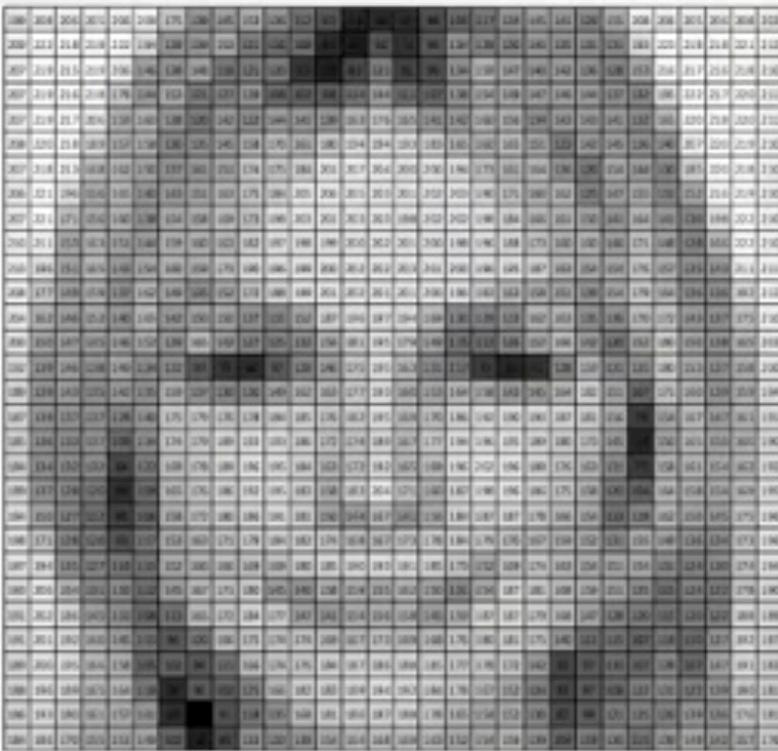
► Par contre, si on vous interroge sur des objets que vous ne connaissez pas, il est difficile de trouver la réponse.



► Sur ce scanner, où est l'estomac?

Difficulté d'analyser les images

- ▶ Pour l'ordinateur, il faudra encoder la connaissance dans les algorithmes.
- ▶ Car l'ordinateur n'a pas la même compréhension l'image que notre cerveau, car il ne voit pas les formes ni les couleurs.

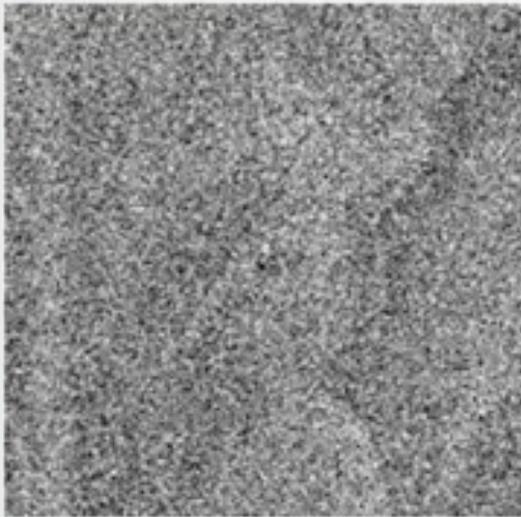


- ▶ Si je vous demande de trouver un objet sur cette image, c'est presque impossible sans les contrastes de couleurs, ...
- ▶ L'ordinateur a le même problème, il est aveugle aux formes et aux couleurs, donc ne connaît pas les objets par avance, il ne comprend pas facilement le contenu d'une image.

Difficulté d'analyser les images

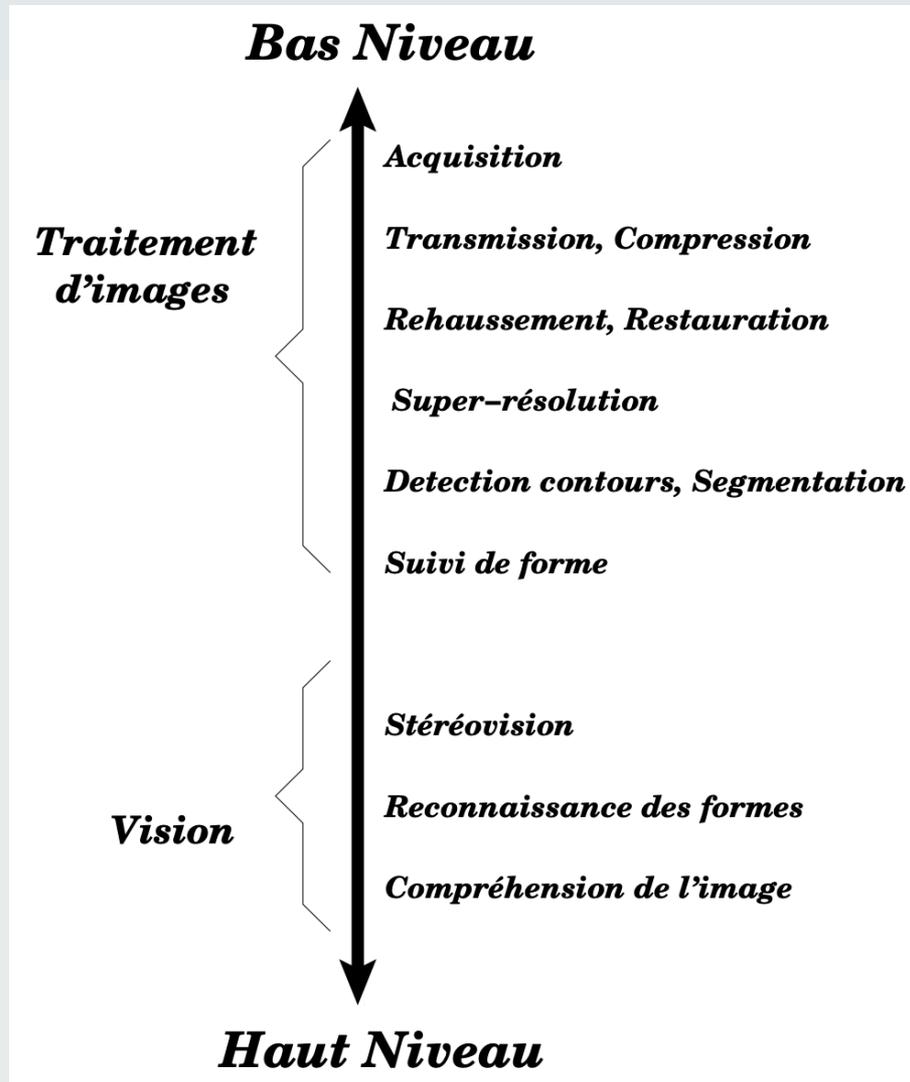
Les images ne sont pas parfaites

- ▶ Les images contiennent en général du **bruit** qui perturbe (même pour un humain) la lecture d'une image



- ▶ Les capacités de calcul de la machine peuvent, parfois, donner un certain avantage sur l'humain et lui permettre de reconstruire l'image initiale.

Traitement d'images VS Vision par ordinateur



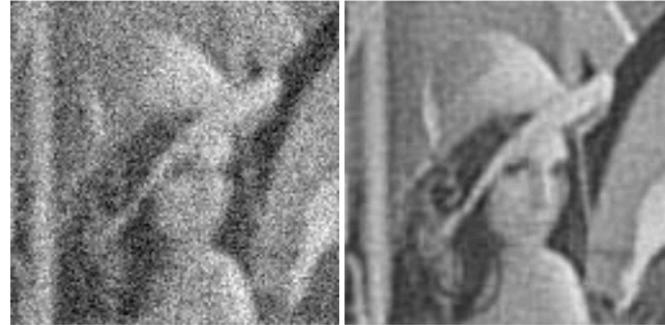
Traitement d'images

- ▶ **Rehaussement** : c'est la redistribution des niveaux d'intensité (appelés aussi les tons de gris), amélioration du contraste en augmentant la plage dynamique. Cela permet d'isoler et améliorer la perception des caractéristiques.
- ▶ **Restauration**: corriger les dégradations dû au processus d'acquisition, à la transmission ou enregistrement d'image. Consiste en un débruitage et une déconvolution. Plusieurs opération de filtrage sont utilisable selon le niveau et type de problème
- ▶ **Super-résolution** : désigne le processus qui consiste à améliorer la résolution spatiale, c'est-à-dire le niveau de détail, d'une image ou d'un système d'acquisition.
Cela regroupe des méthodes matérielles qui visent à contourner les problèmes optiques et autres difficultés physiques rencontrées lors de l'acquisition d'image, ainsi que des techniques algorithmiques qui créent une image de meilleure résolution.

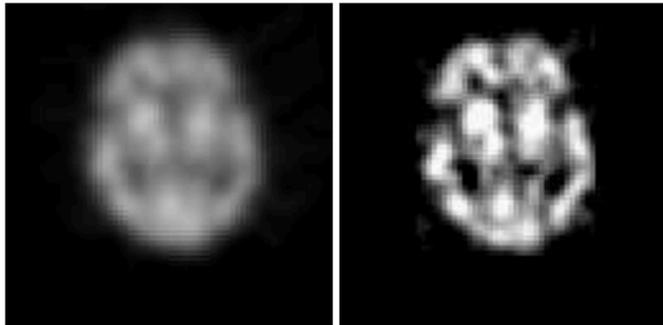
Traitement d'images VS Vision par ordinateur



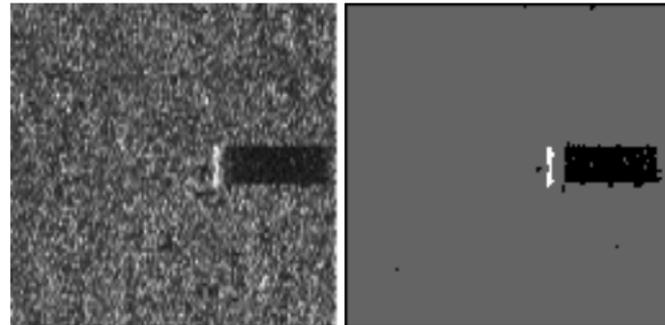
Compression



Restauration

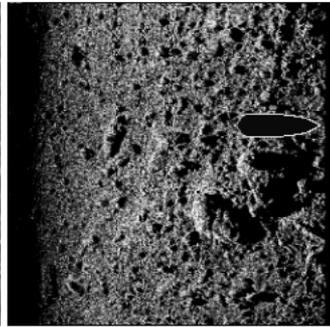
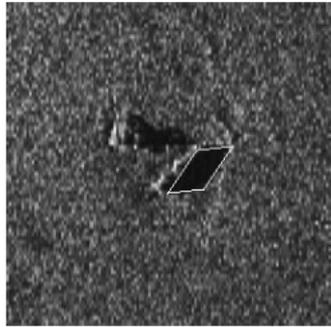


Déconvolution

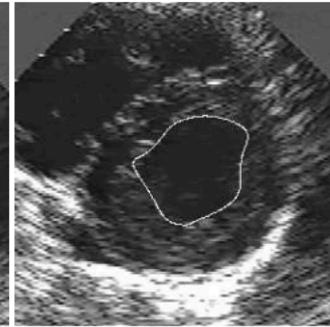
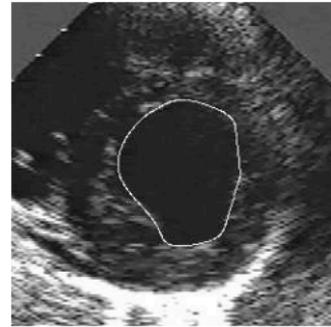


Segmentation

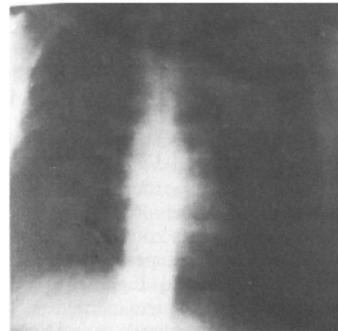
Traitement d'images VS Vision par ordinateur



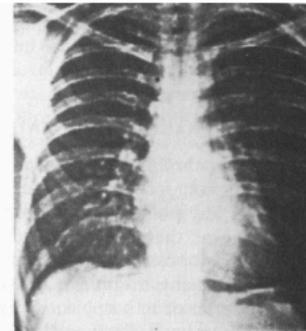
Reconnaissance



Suivi de formes



(e)



(f)



Rehaussement & déconvolution

Partie 3

Quelques applications du TI



Applications du traitement d'images

Les voitures pilotées automatiquement par ordinateur

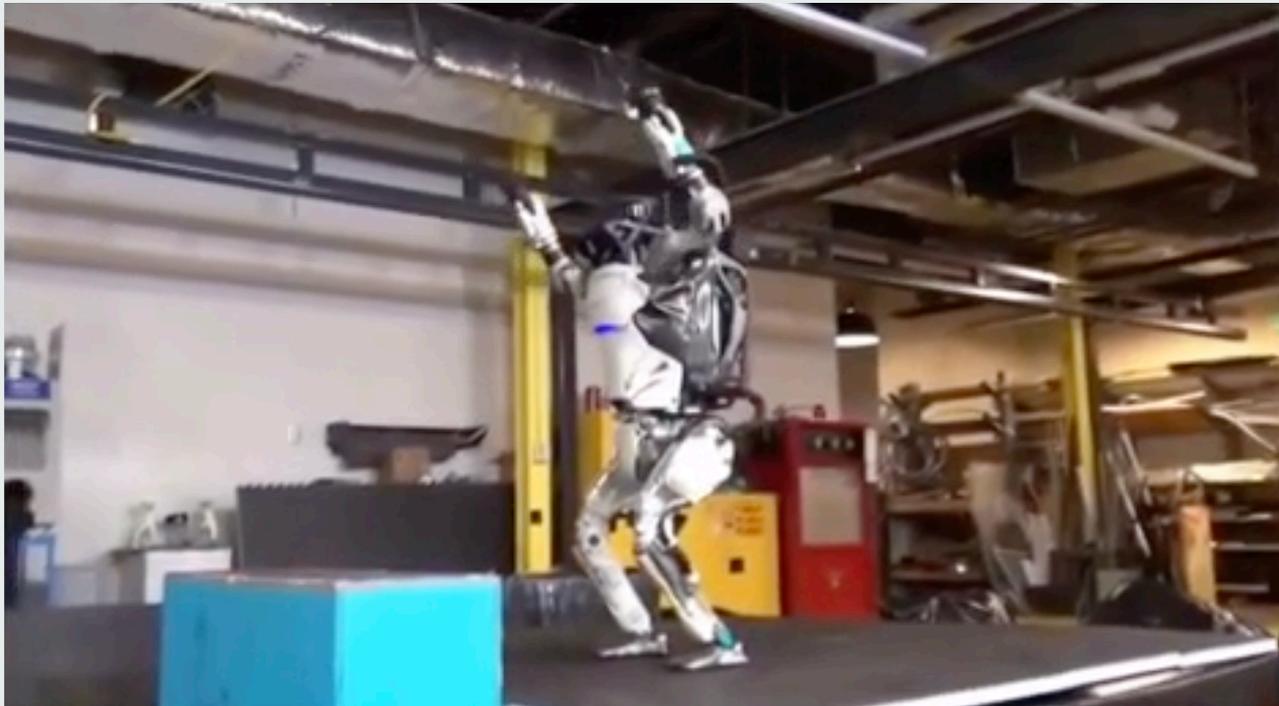
- ▶ Il est nécessaire dans ce genre d'application de détecter la **route**, les **piétons**, les **autres voitures**, et les **panneaux** à partir des images acquises par la caméra placée devant la voiture.



Applications du traitement d'images

Les robots autonomes

- ▶ Ils disposent de caméras et de nombreuses tâches de traitement d'images sont effectuées par les robots, pour détecter les obstacles, planifier un trajet ou s'orienter dans l'espace.



Applications du traitement d'images

Le domaine des effets spéciaux

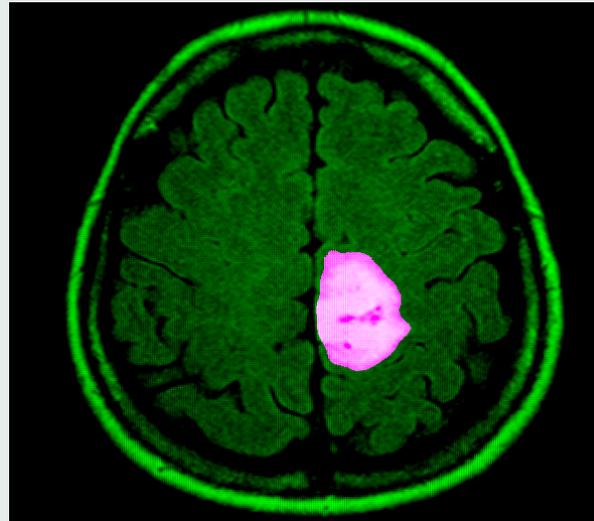
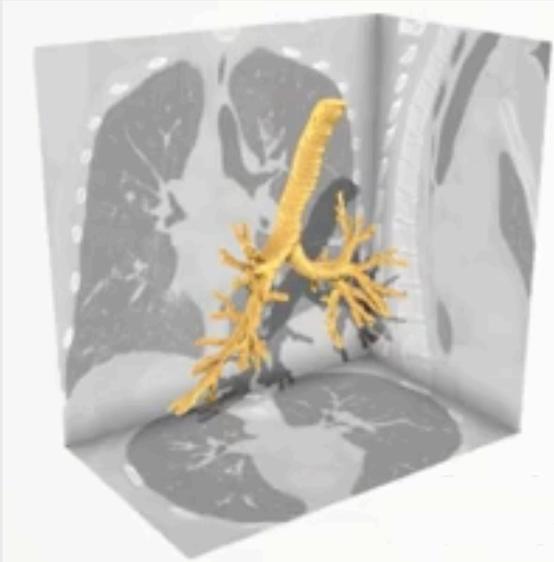
- ▶ Il est nécessaire de pouvoir automatiquement extraire les acteurs d'une vidéo sur fond vert afin de les replacer dans un autre décor, ou changer les caractères selon des motifs dont la déformation est détectable.



Applications du traitement d'images

La médecine

- ▶ Des algorithmes spécifiques permettent d'extraire des organes ou tumeurs depuis des images scanner ou d'IRM 2D ou 3D, et peuvent aider à réaliser des diagnostics de maladies.



Partie 4

Segmentation des images



La segmentation des images

- ▶ La segmentation des images consiste à regrouper les pixels de ces images en différentes classes en fonction de certaines propriétés pour former des régions connexes.
- ▶ C'est une tâche importante pour la reconnaissance des formes.
- ▶ Elle est souvent considéré comme la première étape pour l'interprétation de l'image dans nombreuses applications.
- ▶ La segmentation est basée sur des mesures prises à partir de l'image et peut être le niveau de gris, la couleur, la texture, la profondeur ou le mouvement.

La segmentation des images

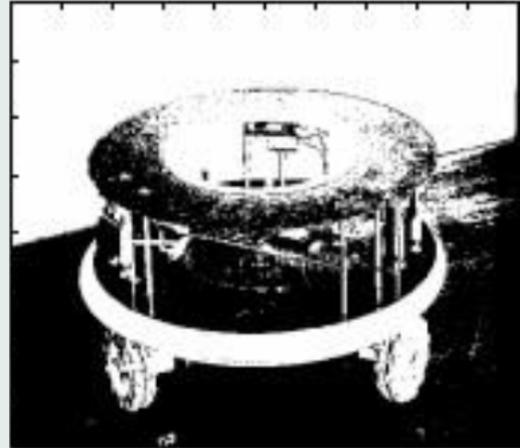
► Quatre principales approches :

- ❖ **Approche « contours »** : les régions sont délimitées par les contours des objets qu'elles représentent (séparation), en anglais « edge-based segmentation ».
- ❖ **Approche « régions »** : les régions sont déterminées en fonction de leurs propriétés intrinsèques (agrégation de pixels en fonction d'un critère d'homogénéité), en anglais « region-based segmentation ».
On y trouve par exemple : la croissance de région (en anglais : region-growing), décomposition/fusion (en anglais : split and merge).
- ❖ **La segmentation fondée sur la classification ou le seuillage** des pixels en fonction de leur intensité, en anglais : « thresholding ».
- ❖ **Approche hybride** : fondée sur la coopération entre les trois premières segmentations.

La segmentation des images



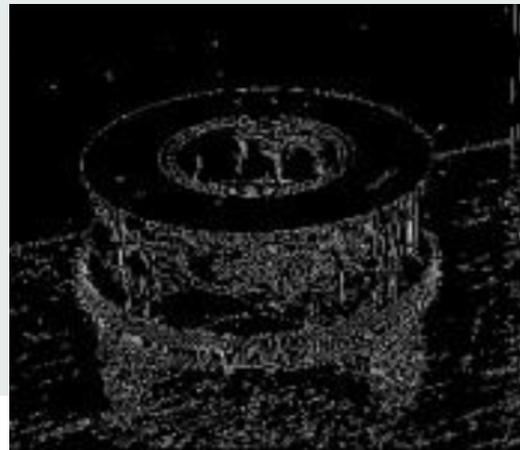
Seuillage



Segmentation en régions



**Segmentation
par détection de contours**
(Détection des discontinuités
et des frontières)



La segmentation des images

Segmentation par recherche de contour

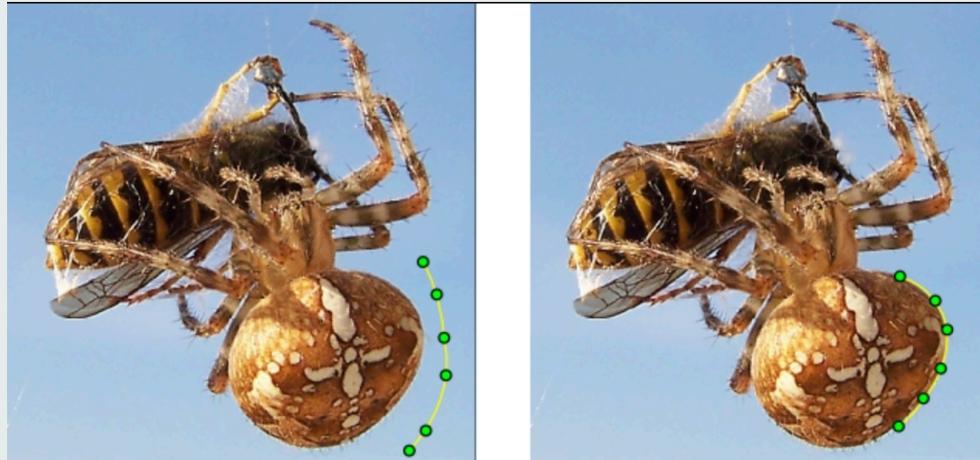


- ▶ Les méthodes basées sur les contours sont centrées sur la détection des contours : leur faiblesse à relier les lignes de contour brisées les rend également sujettes à l'échec en présence de flou.
- ▶ L'intérêt principal est de minimiser le nombre d'opérations nécessaires en cas d'itération du processus sur des séries d'images peu différentes les unes des autres (cas des images **vidéo** notamment). En effet, une fois que les contours des régions ont été trouvés dans la première image, l'application **du modèle déformable** à l'image suivante est plus efficace que de tout recalculer, si la différence entre les images est peu importante.

La segmentation des images

Segmentation par recherche de contour

- ▶ Tel que le modèle déformable, ou le modèle de contour actif, est un modèle de courbe déformable qui épouse la forme des objets.



- ▶ Ce modèle est formé d'une série de points mobiles et répartis sur une courbe en deux dimensions. La courbe (qui peut être fermée) est placée dans la zone d'intérêt de l'image ou autour d'un objet.
- ▶ Plusieurs équations décrivent son évolution : la courbe se déplace et épouse lentement les contours des objets en fonction de divers paramètres comme l'élasticité, la tolérance au bruit, etc.

Segmentation par approche régions

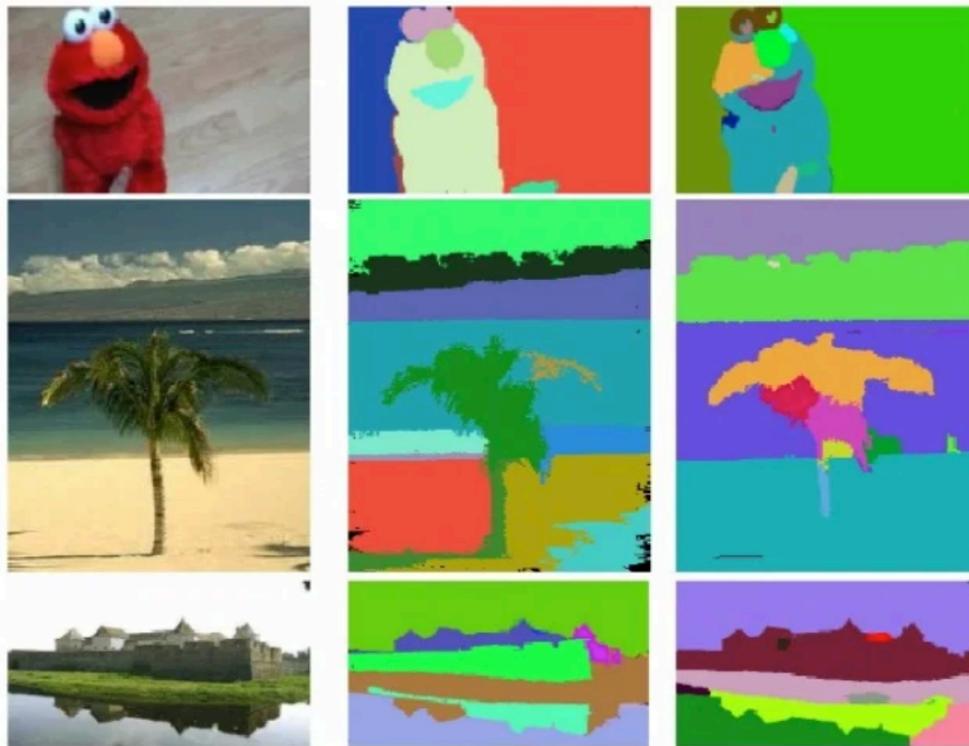
Exemple : **REGION-GROW APPROACH**

- ▶ Cette approche repose sur l'homogénéité des caractéristiques spatialement localisées
- ▶ Elle considère que les pixels voisins dans la même région ont des valeurs d'intensité similaires.
- ▶ L'idée générale de cette méthode est de regrouper des pixels d'intensités identiques ou similaires dans une région selon un critère d'homogénéité donné.

La segmentation des images

Segmentation par approche régions

Exemple : **REGION-GROW APPROACH**



Original Image

Region growing
algorithm

Mean Shift based
algorithm

Seuillage

- ▶ En considérant une image f avec 256 niveaux de gris.
- ▶ Son histogramme est $H(i)$ avec $i \in [0,255]$.
- ▶ Le seuillage est la détermination d'un seuil T qui permettra d'obtenir une image binaire $g(x, y)$ telle que :

$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{si } f(x, y) \leq T \\ 1 & \text{si } f(x, y) > T \end{cases}$$

- ▶ Avec :

$$T = T[(x, y), p(x, y), f]$$

Tel que $p(x, y)$ est une propriété locale au pixel.

La segmentation des images

Seuillage

- ▶ **TECHNIQUE DE LA MOYENNE**- Cette technique utilise la valeur moyenne des pixels comme valeur seuil et fonctionne bien dans les cas stricts des images qui ont environ la moitié des pixels appartenant aux objets et l'autre moitié à l'arrière-plan.
- ▶ **TECHNIQUE P-TILE** - Utilise les connaissances sur la taille de la zone de l'objet souhaité au seuil d'une image.
- ▶ **TECHNIQUE DEPENDANTE DE L'HISTOGRAMME (HDT)** - sépare les deux régions homogènes de l'objet et de l'arrière-plan d'une image.
- ▶ **TECHNIQUE DE MAXIMISATION DES BORDS (EMT)** - Utilisée lorsqu'il y a plus d'une région homogène dans l'image ou lorsqu'il y a un changement d'éclairage entre l'objet et son arrière-plan.
- ▶ **TECHNIQUE VISUELLE** - Améliore la capacité des utilisateurs à rechercher avec précision les éléments cibles.

La segmentation des images

Seuillage

Image originale



Technique Visuelle



Technique de la moyenne



Technique P-Tile



Technique HDT



Technique EMT



Segmentation par approche d'apprentissage automatique

- ▶ L'apprentissage automatique est utilisé pour segmenter automatiquement les différentes parties d'une image.
- ▶ Spécifiquement, les architectures U-Net sont performantes pour résoudre les problèmes de segmentation d'image.

IA pour le traitement d'images!

- ▶ Le traitement d'images tire parti des connaissances et des techniques d'intelligence artificielle pour gérer l'adaptation à un environnement changeant, l'information incertaine, les systèmes hétérogènes de connaissances et les différents niveaux de prise de décision.

