

Images Numériques

2022-2023
N. VINCENT

1

L'organisation

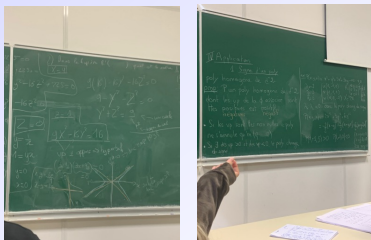
- Continuité du cours de L3
- Méthodes globales
- Extraction de caractéristiques
- Un projet
 - Prise en main de OpenCV, C/C++
 - Analyse d'une image contenant un tableau de cours

Images - 2022/2023

2

Analyse d'une image de tableau

- Segmentation du tableau
- Extraction des lignes de texte
- Redressement des lignes et normalisation
- Reconnaissance de l'écrit



- Type de contenu
- Angle de prise de vue
- Difficulté variable

images - 2022/2023

3

3

La place des images

- Illustration réaliste
- Illustration symbolique
- Document - archive
- Représentation des données d'un capteur
- Représentation de résultats de calculs

Images - 2022/2023

4

Contenu sémantique



Même contenu

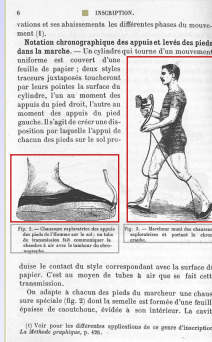
Même apparence

- gap sémantique

Images - 2022/2023

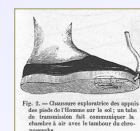
5

Information spatiale significative



Proximité:
Pattern 1: Image et texte
Pattern 2: idem pattern 1

Liens implicites : figure & légende



Images - 2022/2023

6

Les composantes implicitement liées

- Lien explicite : Texte → Légende
Instruction reçue par le lecteur via le terme d'appel : « figure 23 »
- Lien implicite : Légende ↔ Figure
Construit par le lecteur : informations spatio-visuelles
- Lien implicite induit : Texte → Figure

reconnaissant par certains points de sa surface les rayons du soleil. La figure 23 a été obtenue par la rotation d'un demi-anneau de gros fil de fer. Il tourne autour d'un axe vertical. A chacune de ses positions, le demi-anneau, la face du métal présente un point particulier une incidence non favorable à la réflexion du soleil dans la chambre photographique. Or, comme ce brillant se déplace, on trouve tantôt sur la convexité tantôt sur la concavité du fil métallique. C'est le déplacement de ce point lumineux qui trace sur deux parties diamétralement opposées de la sphère des courbes fermées.

Fig. 23. Aspect partiel d'une sphère métallique par la rotation d'un fil de métal brillant.

7

Le but du traitement d'image

- Transformer les images numériques
 - Modifier visuellement l'aspect-filtrage
 - Restauration – amélioration
 - Codage
 - Extraction de contour – de primitives
- Permettre l'analyse d'images
 - Extraire des informations symboliques
 - La reconnaissance de formes

Images - 2022/2023

8

Exemples d'utilisation

- Reconnaissance de document
- Images aériennes ou issues des satellites
- Images météorologiques
- Radars
- Imagerie médicale
- Biométrie
- Surveillance vidéo

Images - 2022/2023

9

Exemples

images - 2022/2023

10

Un QCM

Images - 2022/2023

11

Lecture d'un QCM

Objectif : Pouvoir comprendre et interpréter ou évaluer les réponses prédéfinies d'un questionnaire

Les problèmes posés :

- Détection des cases réponse
- Sont-elles remplies ?
- Détection de leur positionnement
- Lien avec un fichier texte contenant la façon de calculer la note

Images - 2022/2023

12

Evaluation d'un système

- Sur la base de test
- Compter le pourcentage d'erreurs
- Analyse d'un QCM
 - N Nombre de cases
 - C Nombre de cases cochées
 - CC Nombre de cases détectées comme cochées

Trouvé / Réel	Cases cochées	Cases non cochées
Cases cochées	VP	FP
Cases non cochées	FN	VN

$$E = \frac{FP + FN}{N} \cdot 100$$

$$R = \frac{VP + VN}{N} \cdot 100$$

$$Rappel = \frac{VP}{VP + FN} = \frac{VP}{C}$$

$$Précision = \frac{VP}{VP + FP} = \frac{VP}{CC}$$

Images - 2022/2023

13

Lecture de dés

- Dans un jeu de dés filmé, sur une image fixe on veut
 - Extraire les dés,
 - Lire la valeur
 - Stocker les images de dés



Images - 2022/2023

14

Evaluation d'un système

- Détection des dés
- Valeur des dés
 - N Nombre de dés
 - C Nombre de dés détectés
 - L Nombre de valeurs exactes

Trouvé / Réel	Dé	Non Dé
Dé	VP	FP
Non Dé	FN	VN

$$E = \frac{FP + FN}{N} \cdot 100$$

$$R = \frac{VP}{N} \cdot 100$$

$$Rappel = \frac{VP}{VP + FN} = \frac{VP}{C}$$

$$Précision = \frac{VP}{VP + FP} = \frac{VP}{C}$$

$$R1 = \frac{L}{VP} \cdot 100 \quad R2 = \frac{L}{N} \cdot 100$$

Images - 2022/2023

15

Code barre

- Détection
- Lecture

Deux niveaux d'évaluation

- Annotation de position
- Annotation de reconnaissance

$$\text{Position : } \frac{A_{VT} \cap A_{Trouve}}{A_{VT} \cup A_{Trouve}}$$

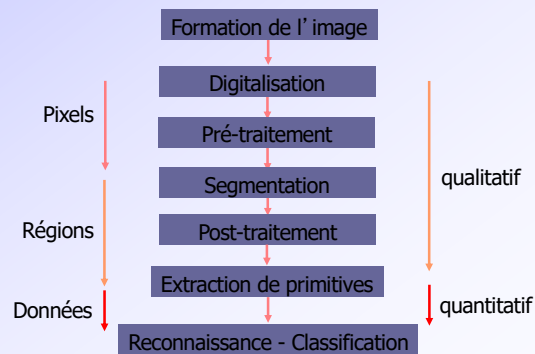
Reconnaissance : Niveau caractères
Niveau codes



Images - 2022/2023

16

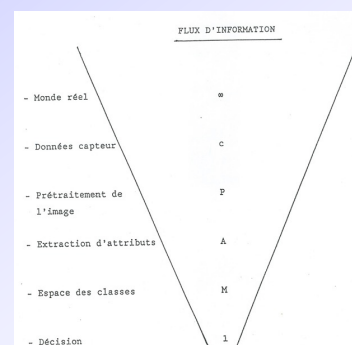
Processus de traitement



Images - 2022/2023

17

L'entonnoir



Images - 2022/2023

18

Avantages du traitement d'images

- Objectivité
- Non fatigue dans les traitements répétitifs
- Vision dans des longueurs d'ondes non visibles

Images - 2022/2023

19

Inconvénients

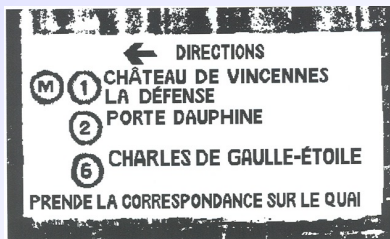
- Ne sait pas ce qui est cherché
- Ne dispose pas d'apprentissage
- Ne dispose pas de l'information de contexte
- Ne dispose pas de la connaissance
- Présence de bruit
- Ne perçoit pas les contours subjectifs

Images - 2022/2023

20

Connaissance a priori

ABCDEF II I2 B I4 I5



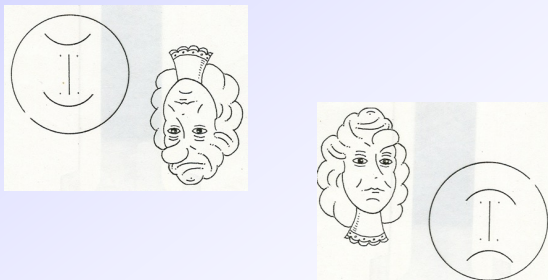
Images - 2022/2023

21

contours

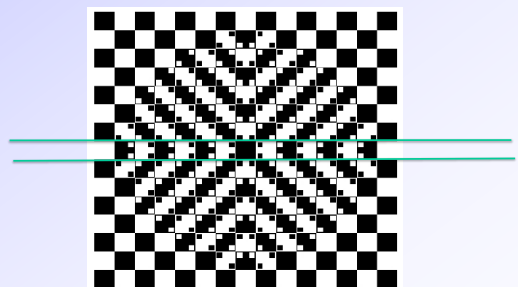


22



Images - 2022/2023

23



Images - 2022/2023

24

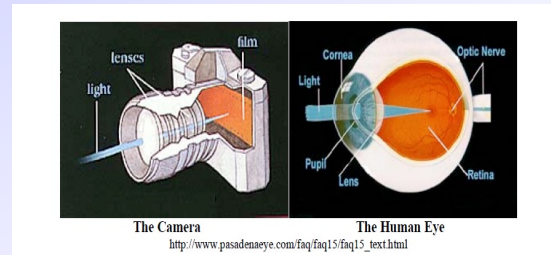
Une image

- Image analogique
 - Continu
- Image numérique
 - Un ensemble de pixels (transmission en morse-1920)
 - Une quantification des niveaux de gris
 - Une fréquence temporelle pour des séquences

Images - 2022/2023

25

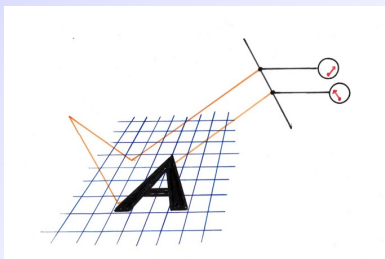
De la vision humaine à l'acquisition



Images - 2022/2023

26

Formation de l'image



Images - 2022/2023

27

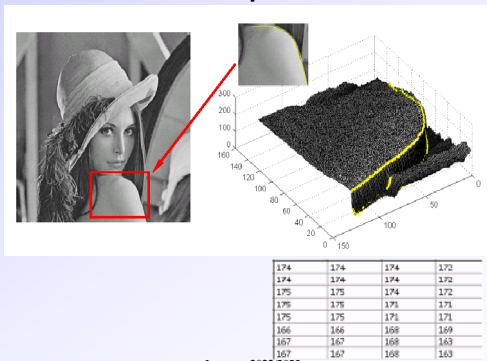
Le modèle

- Une fonction $I: [0, l] \times [0, c] \rightarrow [0, n]$
- Une représentation $(i, j) \mapsto I(i, j) = n_{i,j}$
 - Une matrice à $(l+1)$ lignes et $(c+1)$ colonnes qui précisent la taille de l'image
 - Des valeurs entre 0 et n indiquent le niveau de gris

Images - 2022/2023

28

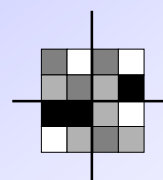
Modes de représentation



Images - 2022/2023

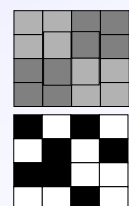
29

Une image



- Taille 4x4
- 4 niveaux de gris : $[0, 3]$
 - 0 blanc
 - 3 noir
 - $I[1, 3] = 2$

Problèmes : Taille de l'image et résolution
Nombre de niveaux de gris

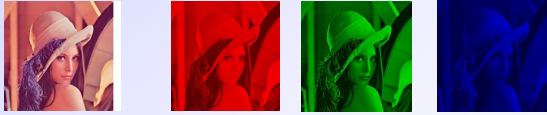


Images - 2022/2023

30

Notion de couleur

- Couleur RGB



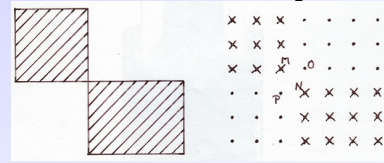
- Couleur HSL



Images - 2022/2023

31

La notion d'objet



4-connexité
8-connexité



Notion de voisinage



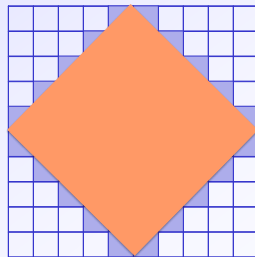
Composantes connexes

Images - 2022/2023

32

Mesures

- Calcul de longueur
- Calcul d'aire



Images - 2022/2023

33

Que fait-on avec une image ?

- Analyse d'images
- Haut niveau
 - Compréhension de scène
 - Réduction d'information
 - Décision d'action
- Bas niveau
 - Comparaison
 - Extraction de contours
 - Extraction de paramètres

Images - 2022/2023

34

Primitives

- Définition
 - Élément premier (de base) qui fait partie d'un objet
- Exemples
 - Niveau de gris du pixel
 - Élément géométrique : droite

Images - 2022/2023

35

Les niveaux de traitements

- Un traitement transforme une image en une autre image
- Modifie les niveaux de gris de chaque pixel en fonction
 - de la valeur du pixel
 - de la valeur des pixels voisins
 - de la valeur de tous les pixels de l'image

Images - 2022/2023

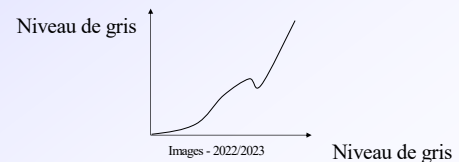
36

Traitements ponctuels

37

Les techniques ponctuelles

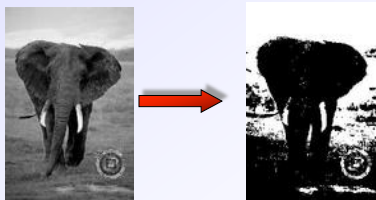
- Supprimer et corriger des dégradations
- Améliorer la perception
- Identifier et quantifier des structures
- Changer d'espace de représentation



38

Seuillage

- Transforme l'image initiale en image binaire
- Choix d'un seuil θ $g(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{si } f(i,j) \leq \theta \\ 1 & \text{si } f(i,j) > \theta \end{cases}$
- L'image f devient g



Images - 2022/2023

39

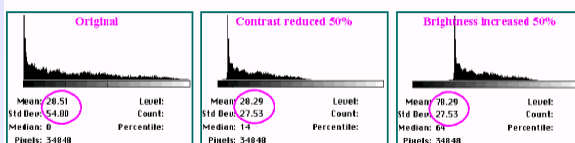
L'histogramme

- Définition : ensemble des fréquences d'apparition des niveaux de gris dans l'image $\{h(0); h(1); \dots; h(n-1)\}$
- Utilisé en considérant des classes
- Utilisé pour déterminer les transformations ponctuelles
- Histogramme normalisé
- Histogramme cumulé
- Propriétés : dynamique, saturation

Images - 2022/2023

40

Modification d'histogramme



Images - 2022/2023

41

Image négative

- Sur une image couleur
- $s(r,g,b)$ devient de couleur $(255-r, 255-g, 255-b)$



Images - 2022/2023

42

Passage couleur vers niveaux de gris

- Calcul de la luminosité en chaque pixel

(r,g,b) devient (l,l,l) où $l = (r+g+b)/3$



Images - 2022/2023

43

Egalisation

- N nb de pixels, n nb de niveaux
- L'aspect de l'image est amélioré si la distribution des pixels est uniforme
- Histogramme cumulé $C(i) = \sum_{k=0}^i h(k)$
- Transformation $T(i) = j$ définie par $\frac{N}{n} \cdot j = C(i)$ soit $j = \max\left(0, \frac{n}{N} C(i) - 1\right)$
- L'entropie est alors maximale

$$E(I) = - \sum_{n=1}^N \frac{h(n)}{N} \log_2 \left(\frac{h(n)}{N} \right)$$

Images - 2022/2023

44

Égalisation



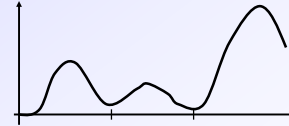
Images - 2022/2023

45

Seuillage - mode

$$g(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{si } f(i,j) \leq \theta \\ 1 & \text{si } f(i,j) > \theta \end{cases}$$

- Recherche des modes dans l'histogramme



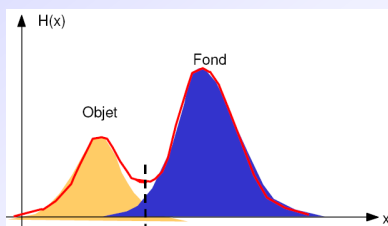
- Extremums locaux s'ils existent

Images - 2022/2023

46

Mélange de modèles

- Modélisation de l'histogramme



- Minimiser l'erreur de classement

Images - 2022/2023

47

Seuillage - moyenne

- Classification par les c-means (c=2)

$$m1(k) = \sum_{i=0}^k i \cdot h_i \quad m2(k) = \sum_{i=k+1}^{255} i \cdot h_i$$

- On affecte une couleur à la classe du centre de classe le plus proche

$\forall i \text{ si } |i - m1(k)| > |i - m2(k)|$
alors i est dans $C2$ sinon dans $C1$

- Méthode itérative

sur $m1(k)$ et $m2(k)$ avec $k_{t+1} = \frac{m1_t + m2_t}{2}$

Images - 2022/2023

48

Le seuillage – Otsu 1979

- Basé sur l'histogramme
- Séparation en deux classes (1 – 0) au niveau k^*
- Minimise la variance intra-classe

$$\sigma(k)^2 = w(k) \cdot \sigma_1(k)^2 + (1 - w(k)) \cdot \sigma_2(k)^2$$

- Maximise la variance inter-classe

$$w(k) = \sum_{i=0}^k h_i \quad m1(k) = \sum_{i=0}^k i \cdot h_i$$

$$\sigma(k)^2 = w(k) \cdot (1 - w(k)) \cdot (m1(k) - m2(k))^2$$

Images - 2022/2023

49

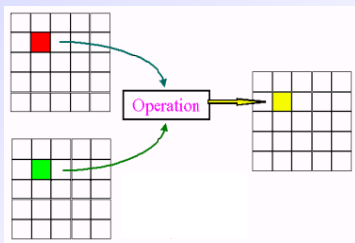
Opérations arithmétiques ponctuelles

- Addition ou soustraction d'une constante
Éclaircissement ou Assombrissement
- multiplication de deux images
Extraction d'une zone par un masque
modélisé par une image binaire (0,1)

Images - 2022/2023

50

Opérations ponctuelles



Opérateurs : addition, soustraction, multiplication, division
et, ou, min, max

Images - 2022/2023

51

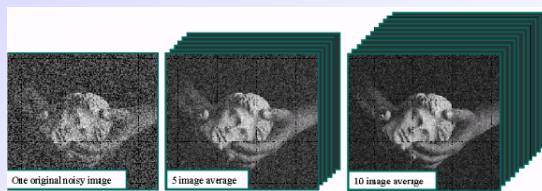
Addition

- La variance d'une somme de variables aléatoires
- $N(0, \sigma)$ n fois $\rightarrow N(0, \sigma/\sqrt{n})$
- Application : atténuation du bruit

Images - 2022/2023

52

Addition



Images - 2022/2023

53

Méthodes locales

54

Méthodes locales

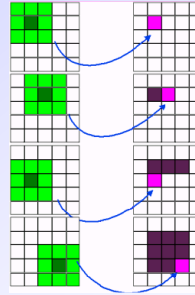
- Les transformations ponctuelles ne tiennent pas compte des positions
- Ni de l'environnement du pixel
 - un voisinage
 - toute l'image → méthode globale

Images - 2022/2023

55

Le principe

- Faire dépendre le niveau de gris $I'(i,j)$ des niveaux de gris des pixels voisins



- Le plus fréquent est de considérer une combinaison linéaire des niveaux de gris

- Les poids sont stockés dans une matrice que l'on nomme noyau du filtre

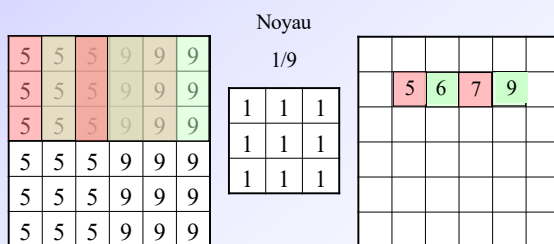
- Passe bas si on supprime des détails

- Passe haut si on réhausse les détails

Images - 2022/2023

56

Exemple – filtre Passe bas



Images - 2022/2023

57

Un outil : la convolution

- Un opérateur produit dans l'espace des fonctions

$$(f, g) \rightarrow h$$

$$(f \otimes g)(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x-t)g(t)dt$$

- la convolution est commutative
- f la fonction ou l'image initiale
- g un motif de référence
- h l'image transformée

Images - 2022/2023

58

Filtres de convolution

- Taille du masque
- Traitement linéaire
- Détermination automatique de l'opérateur en fonction de l'objectif
- Parallélisable

Images - 2022/2023

59

Lissage

- Remplacer le niveau de gris d'un pixel par la moyenne des niveaux des pixels voisins

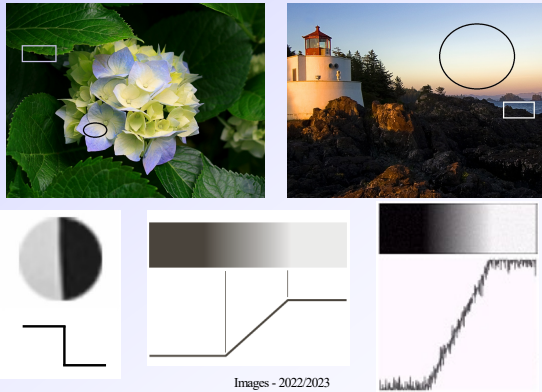
$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- La somme des coefficients est égale à 1 pour conserver la dynamique de l'image

Images - 2022/2023

60

Les limites de l'approche



Images - 2022/2023

61

Dérivée discrète

- Recherche des points de gradient maximum

$$\overrightarrow{\text{grad}} f \text{ en } M(x, y) \begin{cases} \frac{\partial f}{\partial x}(x, y) \\ \frac{\partial f}{\partial y}(x, y) \end{cases}$$

- Pour une fonction d'une variable $\frac{f(i+1) - f(i)}{1}$

- Pour une fonction de deux variables

$$\frac{\partial f}{\partial x}(i, j) \approx \frac{f(i+1, j) - f(i, j)}{1} \approx \frac{f(i, j) - f(i-1, j)}{1}$$

Images - 2022/2023

62

Extraction de contour

- Vertical Horizontal Contour

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Maximisation de la norme euclidienne

Filtre de Sobel

$$Q_{i,j}^1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad Q_{i,j}^2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\sqrt{Q_{i,j}^{1^2} + Q_{i,j}^{2^2}}$$

Images - 2022/2023

63

Extracteur de Sobel

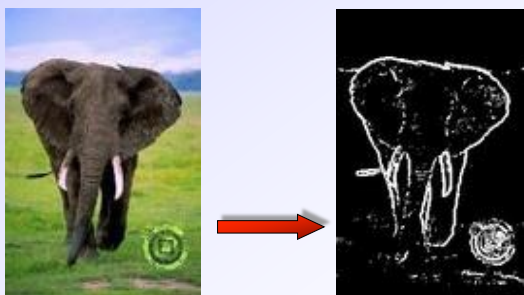
- Sommé sur chaque composante
- Résultat tronqué au-delà de 255



Images - 2022/2023

64

Contour par Laplacien



Images - 2022/2023

65

Composition

- Filtre moyenneur et filtre de contour

$$m \otimes g \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Images - 2022/2023

66