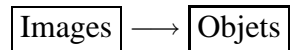


Analyse d'images

Edmond.Boyer@imag.fr

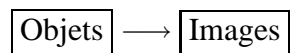
1 Généralités

Analyse d'images (Image Analysis) : utiliser un ordinateur pour interpréter le monde extérieur au travers d'images.



- Traitement d'images (Image Processing).
- Reconnaissance des formes (Pattern Recognition).
- Vision par ordinateur (Computer Vision).
- Réalité augmentée, mixte.

Synthèse d'images (Computer Graphics) : utilisation d'un ordinateur pour générer des images.

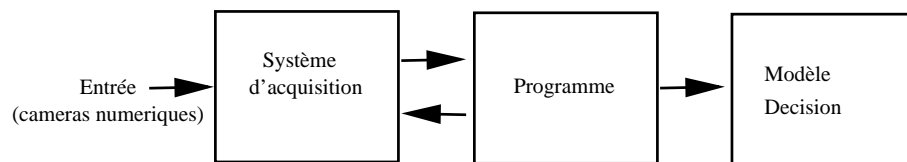


- ☞ Un regroupement des deux domaines s'opère sur certains problèmes communs :
- Visualisation de modèles.
 - Construction de modèles.
 - Réalité augmentée.
 - Synthèse d'images à partir d'images.

Objectif du module :

Présenter différents concepts et techniques associés à ce domaine et les illustrer au travers d'applications pratiques (→ programmation).

2 Principe de l'analyse d'images



Les différentes phases de l'analyse d'une image :

1. Acquisition
2. Traitement de bas niveaux : filtrage et extraction d'indices.
3. Traitement de haut niveaux : reconnaissance des formes, reconstruction, calculs de positions, calculs de mouvements.

Les éléments impliqués :

1. des primitives images : pixels, points d'intérêts, segments, contours.
2. des caractéristiques photo-métriques : niveaux de gris, de couleurs.
3. des caractéristiques géométriques : caméras, mouvements.
4. des caractéristiques statistiques.

3 Les niveaux de complexité de l'analyse d'images

Le niveau de complexité de l'analyse d'une image dépend de différents paramètres dont : les primitives prises en compte, le degré de la modélisation recherché ainsi que la géométrie qui doit être déterminée. Les figures suivantes illustrent plusieurs de ces niveaux.

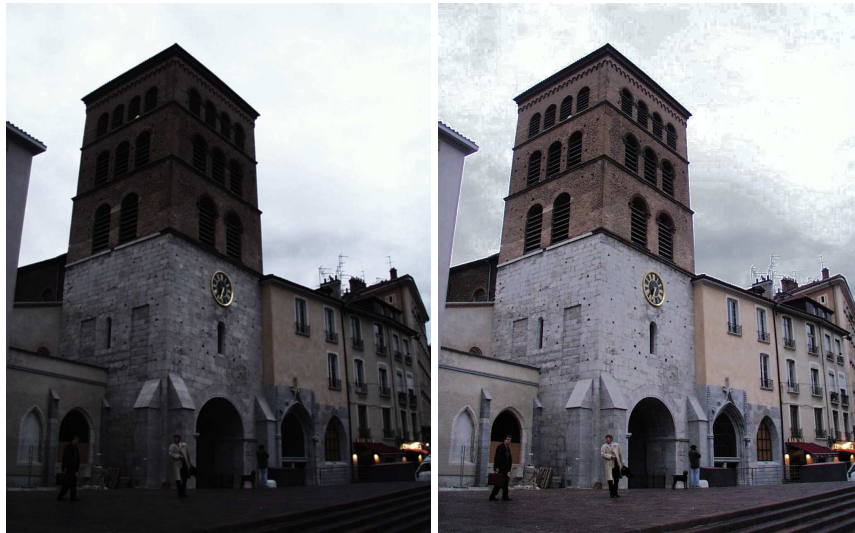


FIG. 1 – Niveau 1 : améliorer les caractéristiques d'une image. Les primitives sont ici les pixels dont les valeurs sont modifiées par filtrage.



FIG. 2 – Niveau 2 : extraire des caractéristiques, les primitives sont ici des contours et des points d'intérêts. Nécessite

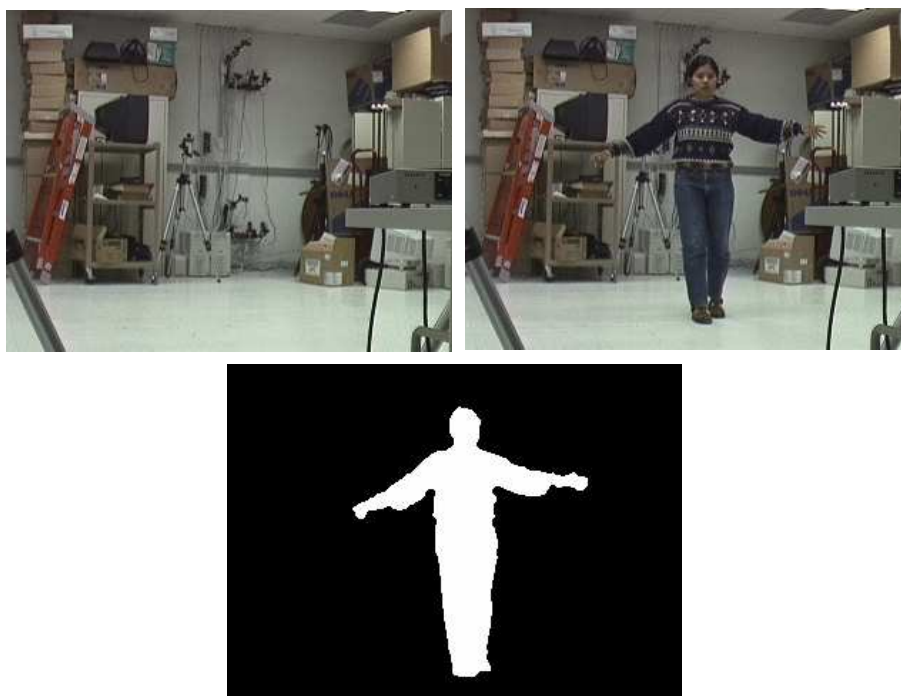


FIG. 3 – Niveau 2 : extraire le fond de l'avant plan. Nécessite un modèle (statistique par ex.) pour les pixels du fond.

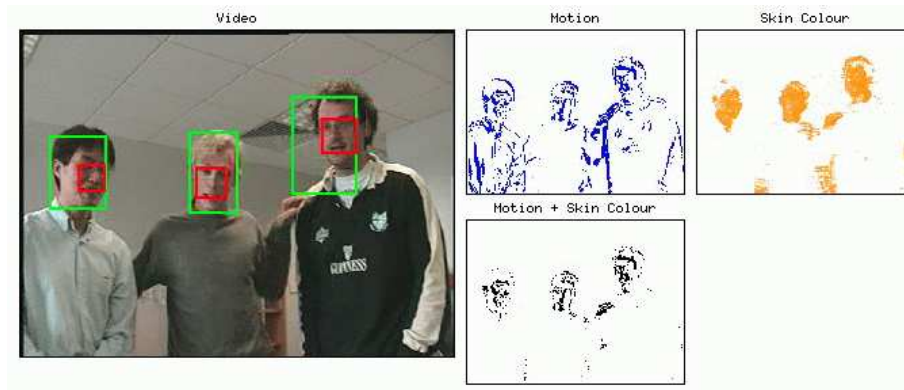


FIG. 4 – Niveau 3 : suivre des primitives (tracking).

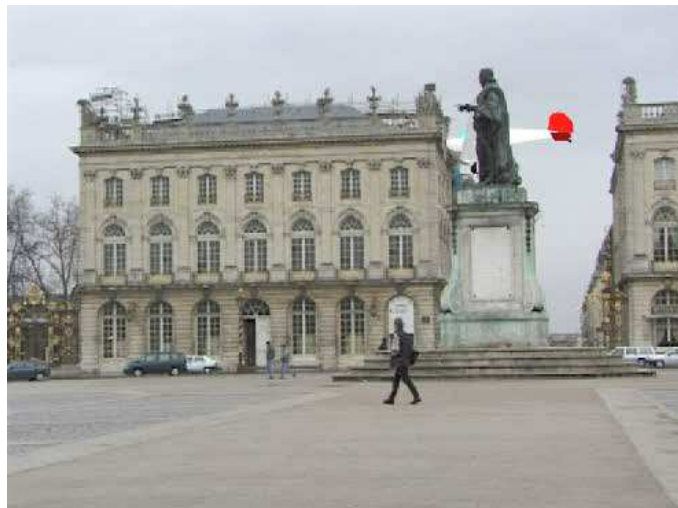


FIG. 5 – Niveau 4 : incruster des objets (réalité augmentée). Nécessite les caractéristiques géométriques de la caméra. (occultations ...)



FIG. 6 – Niveau 4 : enlever des objets (réalité diminuée).



FIG. 7 – Niveau 5 : stéréovision. Nécessite la géométrie de deux caméras et des techniques de mise en correspondance.

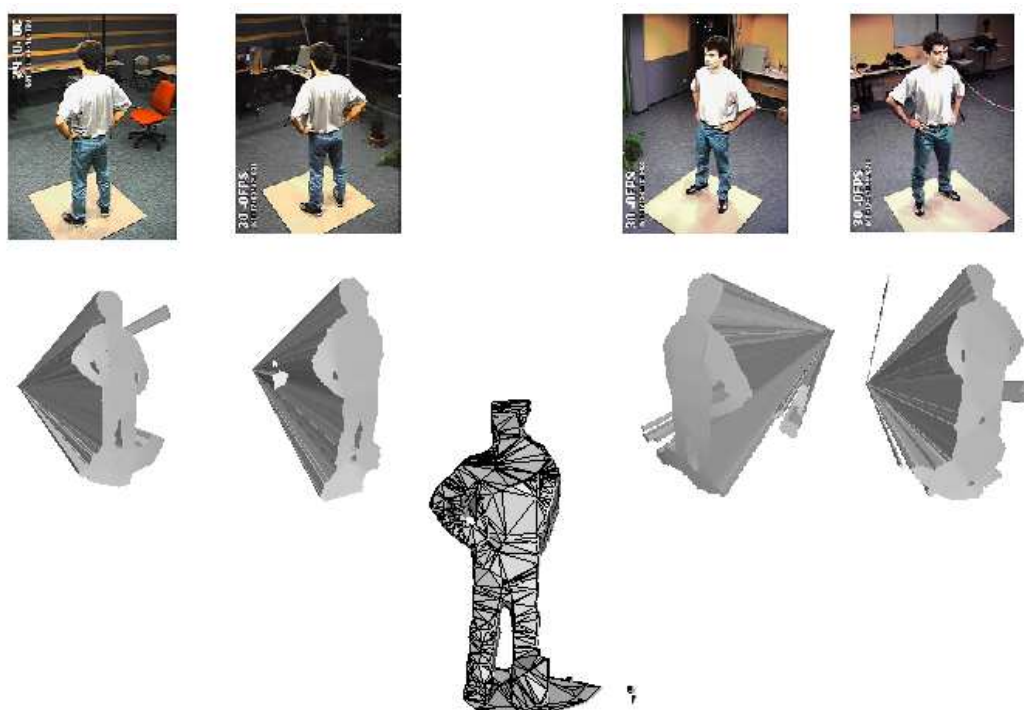


FIG. 8 – Niveau 6 : acquisition de modèles (temps réel).

4 Bref historique

- 1492** Projection perspective et centrale (Leonard de Vinci).
- 17-18è** Géométrie projective (Desargues, Pascal, Monge).
- 19è** Géométrie projective premier traité (Poncelet).
- 1839** Première photographie (Daguerre), Daguerreotype : plaque photosensible (argentine) en cuivre (image positive).
- 1849** Iconométrie (Laussedat, le Père de la photogrammétrie) : première utilisation de photos pour la réalisation de cartes topographiques.
- 1850-1900** Techniques géométriques étendue à la photo (photogrammétrie).
- 1900-1950** Utilisation des images aériennes associées à des systèmes mécaniques pour effectuer des mesures (photogrammétrie).
- > 1950** La photogrammétrie utilise l'ordinateur et non plus des systèmes mécaniques.
- 1969** Premier capteur CCD (Bell).
- 1970** Calibration de caméra à l'aide de points de références par des méthodes numériques.
- 1970-1980** Développement de la vision artificielle, techniques d'amélioration d'images.
- 1980-1990** Extraction de primitives (contours, points d'intérêts), caractéristiques différentielles. Vision active. Applications industrielles (vidéo-contrôle).
- 1990-2000** Géométrie de plusieurs caméras (imagerie non-métriques). Applications médicales. Apparition de la réalité augmentée, mixte. Systèmes d'indexation et de recherche d'images.
- 2000-** Méthodes temps réel, virtualisation. Développements des approches statistiques.

5 Matériel

5.1 Caméras TV (tube vidicon)

- L'image est focalisée sur une cible photoconductrice. La cible est balayée par un faisceau d'électrons, produisant un courant électrique proportionnel à l'intensité de la lumière en chaque point.
- signal video en sortie,
- inconvénients : persistance entre deux prises, résolution limitée, cible non plate.

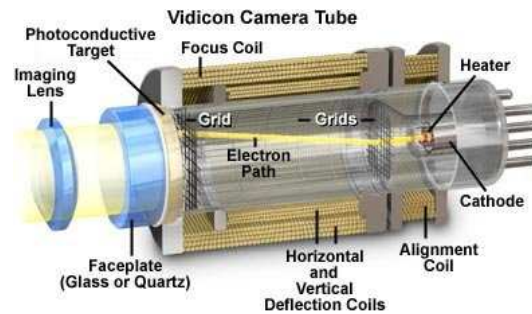
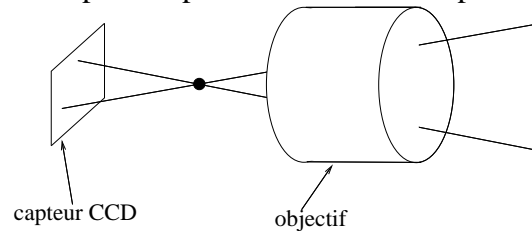


FIG. 9 – Schéma d'une caméra vidicon (<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/digitalimagingdetectors.html>)

5.2 Caméras CCD

Charged-coupled devices : une matrice de cellules photosensibles, chaque cellule accumule des charges en fonction de la lumière incidente qu'elle reçoit. Les charges sont ensuite transportées par colonnes sur le capteur.



- moins de distorsion géométrique
- signal vidéo plus linéaire par rapport à l'intensité lumineuse.
- résolution importante, caméras numériques les meilleures actuellement.
- très populaire.

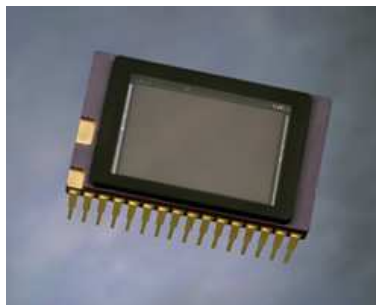


FIG. 10 – Photo d'un capteur CCD 5 Mpixels (Kodak)

Capture d'images couleurs

1. Placer un filtre devant le capteur et effectuer trois acquisitions successives (lent).
2. Utiliser trois CCDs (cher).
3. Utiliser deux CCDs, un pour la chrominance avec un filtre et un autre pour la luminance.

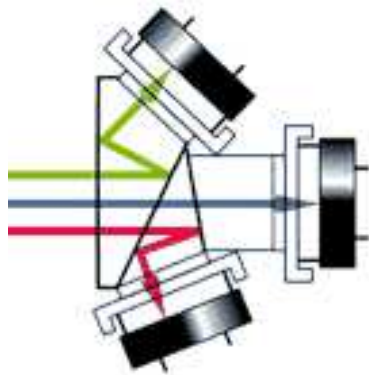


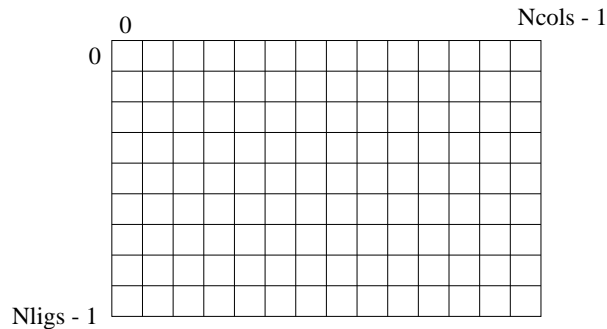
FIG. 11 – Le système tri-CCD

5.3 Caméras CMOS

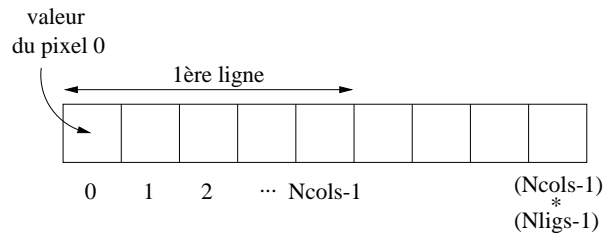
Le principe est le même que pour les capteurs CCD. Il s'agit d'une matrice de cellules photosensibles. La différence principale est que chaque cellule peut être adressée individuellement, et l'information transmise est la quantité de lumière instantanée et non accumulée. Ces caméras restent moins précises que les CCDs et moins adaptées aux prises de vue en temps réel (en raison du caractère instantané de l'information). Elles sont par contre moins chères que les CCDs.

6 Formats de fichiers d'images

Une image est un tableau de pixels :



Une image est stockée soit dans un fichier sous la forme de texte, soit dans la mémoire de l'ordinateur sous la forme d'un vecteur :



Les opérations de bases concernant une image sont la lecture (fichier → mémoire) et l'écriture (mémoire → fichier). Les informations nécessaires à la manipulation d'une image sont :

- nombre de lignes,
- nombre de colonnes,
- format des pixels (bit, niveaux de gris, niveaux de couleurs),
- compression éventuelle.

Il existe une multitude de formats de fichiers permettant de stocker ces informations ainsi que le tableau des valeurs. En particulier :

Les formats simples : fichiers textes comportant un entête contenant les dimensions de l'image et le format des pixels. Exemples, les formats PNM (portable anymap) : PBM (portable bitmap), PGM (portable grayscale map), PPM (portable pixmap). Les fichiers correspondants sont constitués des éléments suivants :

1. Un "nombre magique" pour identifier les type du fichier : P1 ou P4 pour PBM, P2 ou P5 pour PGM et P3 ou P6 pour PPM.

2. Un caractère d'espacement (blanc, TABs, CRs, LFs).
3. La largeur de l'image (valeur décimale, codée en ASCII) suivie d'un caractère d'espacement, la longueur de l'image (valeur décimale, ASCII) suivie d'un caractère d'espacement.
4. Uniquement pour PGM et PPM : l'intensité maximum (valeur décimale comprise entre 0 et 255, codée en ASCII) suivie d'un caractère d'espacement.
5. Largeur \times hauteur nombres. Ces nombres sont soit des valeurs décimales codées en ASCII et séparées par des espaces dans le cas des formats P1, P2, P3, soit directement les valeurs binaires sur 1 ou 2 octets dans le cas des formats P4, P5, P6. Dans ce dernier cas, il n'y a pas de caractères d'espacement entre les valeurs.

```
P1
# feep.pbm
24 7
0 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 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0
0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0
0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Fichier PBM d'une image 24 \times 7 dont les valeurs sont codées en ASCII

```
P2
# feep.pgm
24 7
15
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 3 3 3 3 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 15 0
0 3 3 3 0 0 0 7 7 7 0 0 0 11 11 11 0 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 0 0
0 3 0 0 0 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Fichier PGM d'une image 24 \times 7. Les valeurs d'intensité codées en ASCII sont au maximum de 15

```
P3
# feep.ppm
4 4
15
0 0 0 0 0 0 0 0 0 15 0 15
0 0 0 0 15 7 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 15 7 0 0 0
15 0 15 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Fichier PPM d'une image 4×4. Les valeurs d'intensité codées en ASCII sont au maximum de 15

Les formats compressés : l'information est compressé de manière à réduire la taille des fichiers images. Exemples, les formats images du web :

1. le format GIF (Graphics Interchange Format, CompuServe) : compression LZW (un standard). GIF utilise une palette de couleurs (256 au maximum), le nombre de couleurs étant spécifiable. Ce format permet de définir un fond transparent (GIF 89a), des trames entrelacées, et de faire de l'animation (stockage de plusieurs images dans un seul fichier).
 - ☞ Il n'y a perte d'information que si le nombre de couleurs d'origine est réduit.
2. le format JPEG (Joint Photographic Experts Group) : compression de la luminance et de la teinte par DCT (discrete cosine transform). Ce format offre la possibilité d'afficher une image de manière progressive en qualité (progressive JPEG).
 - ☞ la DCT est réversible aux erreurs d'arrondis près.



fichier ppm binaire :
94.5558 octets



fichier gif : 5585 octets



fichier gif avec réduction
des couleurs : 5137 octets



fichier jpeg avec un taux
de compressio de 25/100 :
5258 octets



fichier jpeg avec un
taux de compression de
50/100 : 3774.5 octets



fichier jpeg avec un
taux de compression de
70/100 : 3228 octets

7 Bibliographie

Les livres suivants ont servi de sources pour les notes et illustrations de ce cours. Ils constituent d'excellentes références pour aller plus loin dans le domaine de l'analyse d'images.

J. Cocquerez J et S. Philip, Analyse d'images : Filtrage et Segmentation, Masson. Paris, 1995.

R.I. Hartley and A. Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press, 2000.

O.D. Faugeras. Three Dimensionnal Computer Vision, A Geometric Viewpoint. MIT Press.