

Introduction au traitement d'images

Marie-Odile Berger, INRIA Nancy Grand Est

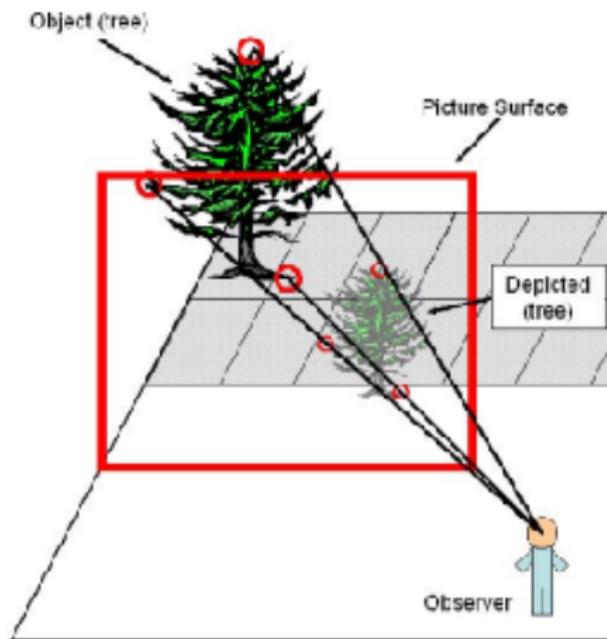
- les fondements du Traitement d'Images
 - formation d'une image
 - caractéristiques des images numériques
 - quelles informations peut on extraire d'une image 2D ?
 - analyser et reconstruire grâce à l'image
- outils de test et de démonstration : matlab + toolbox image processing
- objectif : vous montrer qu'on peut rapidement construire des applications de vision utiles dans votre discipline

Première partie I

Formation d'une image : différents types d'images

Formation d'une image

- Une image est une représentation bi-dimensionnelle d'une scène.
- Elle dépend de la scène (géométrie), du système optique (lentilles, focales,...), des propriétés associées à la lumière (illumination, propriétés de réflectance des matériaux de la scène)



Formation d'une image

Les objets émettent une onde électromagnétique, ils en reflètent aussi.

- le cas le plus fréquent : les rayons lumineux issues de sources (lampes, soleil,...) sont réfléchis par les objets et atteignent le capteur.
- Les objets émettent des ondes électromagnétiques : c'est le cas de l'infra-rouge
- les objets absorbent des ondes et on mesure le reste : c'est le cas des images RX.

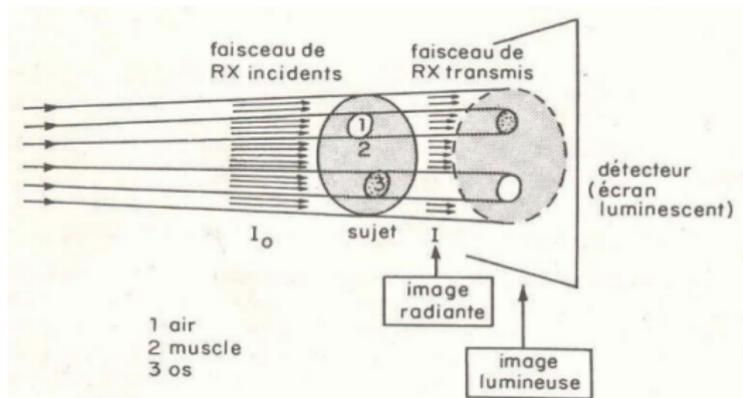
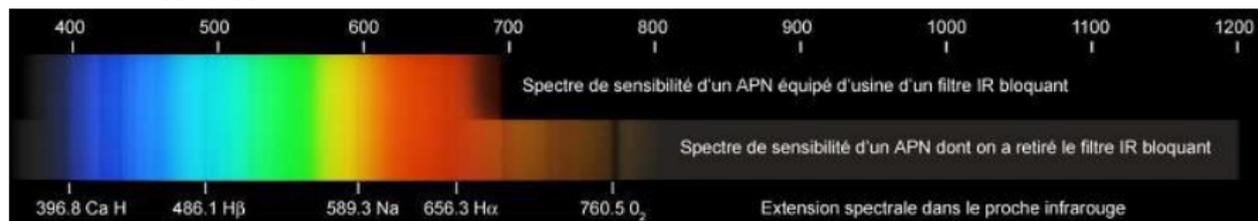


Fig. Image Radiante

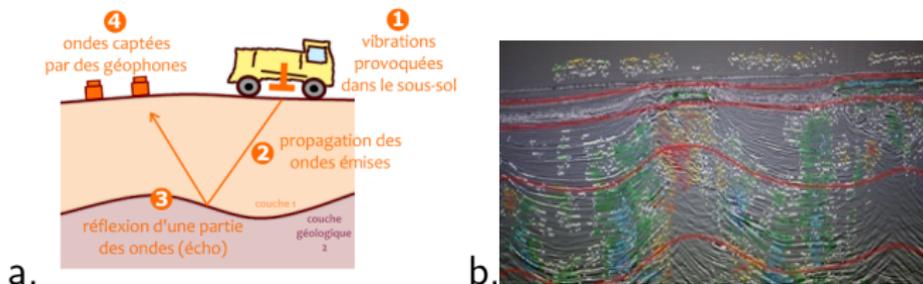
Différents type de formation d'une image

- les objets émettent une onde électromagnétique, ils en reflètent aussi.
 - Le niveau de gris d'une image est l'énergie reçue par le capteur.
 - Dans des images multi-spectrales, chaque composante mesure l'éclairement reçu dans une gamme de fréquences du signal électromagnétique (pas forcément dans le domaine visible). exemple : l'imagerie infra-rouge est utilisée pour détecter les zones de chaleur, invisibles à l'oeil nu. L'oeil humain voit les longueurs d'onde entre 400nm et 750 nm mais les capteurs sont sensibles aux ondes entre 200 et 1200 nm.
 - les images couleurs : Dans le modèle RGB, les couleurs sont obtenues par addition des trois couleurs fondamentales Rouge ($\lambda = 700nm$), vert et bleu.



Images sismiques (image d'échos)

- La sismique par réflexion étudie la réflexion d'ondes sismiques aux interfaces entre plusieurs couches géologiques.
- Les ondes émises se propagent suivant les lois de réflexion et de réfraction et sont en partie réfléchies à chaque changement de vitesse de propagation (couche géologique). Elles sont mesurées par des capteurs.
- Traitement : transformer les données sismiques en une image en deux ou trois dimensions (2D ou 3D) du sous sol



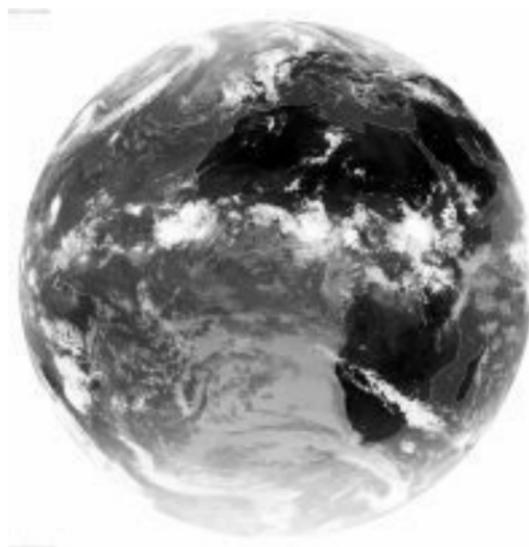
- permet entre autre d'estimer les probabilités de trouver du pétrole.

Image infrarouge meteo

Exemple tiré de <http://fr.allmetsat.com/interpretation.php>

Les images infrarouges représentent une mesure du rayonnement infrarouge émis par le sol ou les nuages. Ce rayonnement dépend de la température.

- Plus l'objet est chaud, plus il est noir et plus l'objet est froid, plus il est blanc.
- Les nuages élevés apparaissent plus blancs que les nuages bas car ils sont plus froids.
- Dans les zones sans nuages, plus le sol est chaud, plus il est sombre.



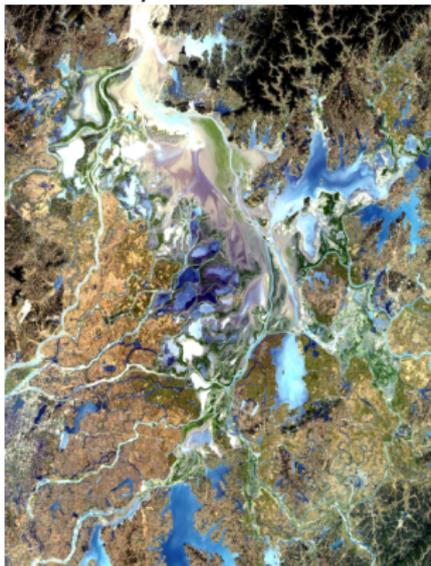
Images multispectrales

Une image : observation de la scène dans de multiples bandes spectrales.

→ difficulté de visualisation si grand nombre de canaux

Trouver une représentation couleur classique (3 niveaux) permettant de représenter l'information.

Bandes spectrales Proche INFRA-ROUGE : $0,77-0,90 \mu\text{m}$ ROUGE : $0,63-0,69 \mu\text{m}$ VERT : $0,52-0,60 \mu\text{m}$



Beaucoup d'autres images

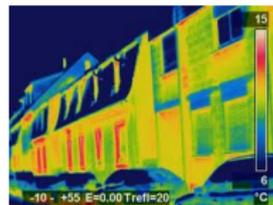
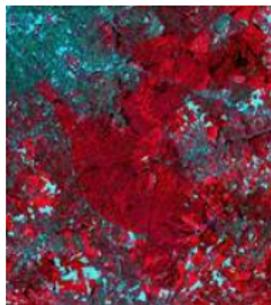
- beaucoup d'images créées par la physique-chimie
- images de profondeurs (laser, Kinect,...)
- les séquences d'images 2D+t (temps)
- l'image volumique (scanner, IRM,...)
- séquences d'images volumiques
- nombreux exemples en imagerie médicale

Deuxième partie II

Visualisation des images

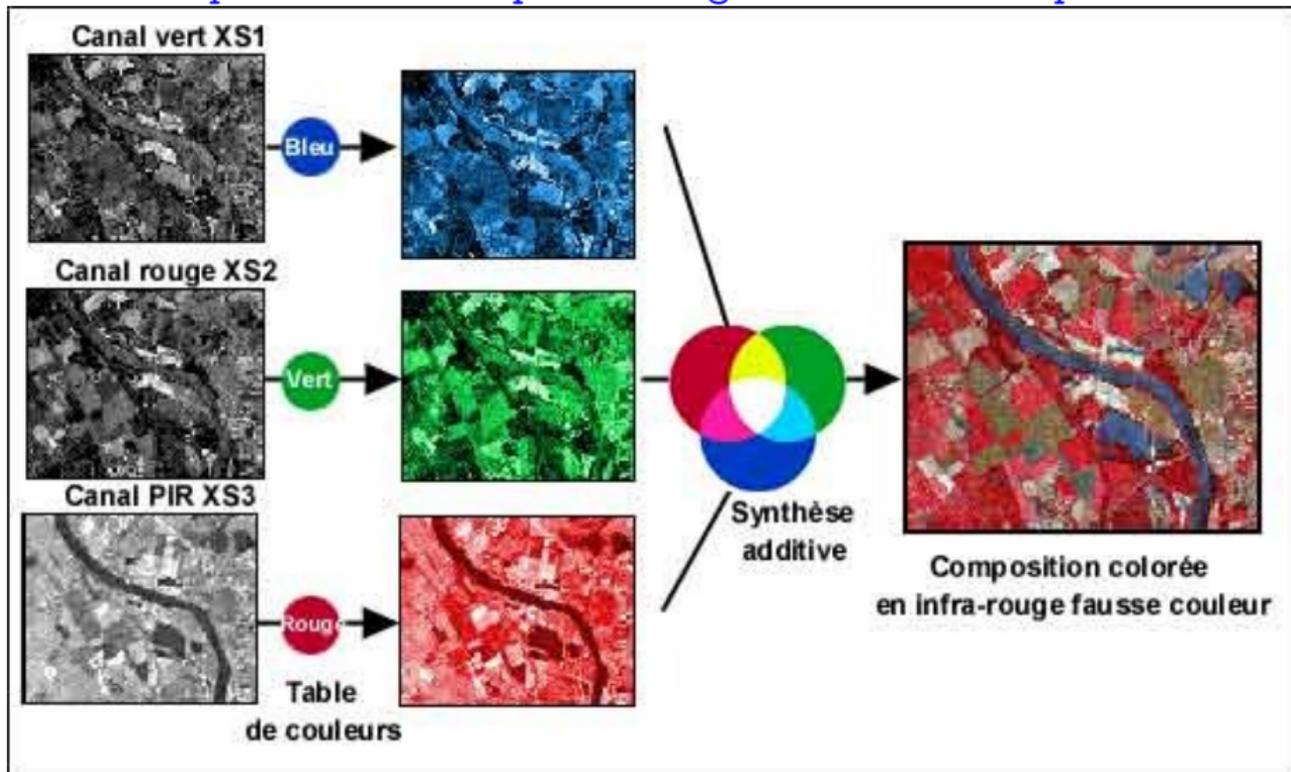
La visualisation des images

- Une image correspondant à un seul canal peut être rendue avec une couleur proportionnelle à l'intensité (en niveaux de gris)
- Une image couleur est fidèle à ce qu'un observateur aurait vu
- On peut aussi utiliser de fausses couleurs *lut* ou *colormap* pour une meilleure compréhension du rendu (sous matlab : `edit`→`colormap`).
- les images infrarouges sont souvent rendues avec une échelle de rouge
- les images d'erreurs avec une couleur d'autant plus chaude que l'erreur est importante



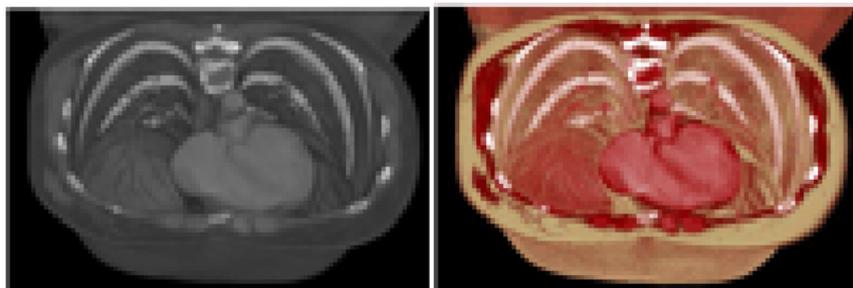
La visualisation des images

Tiré de <http://eoedu.belspo.be/fr/guide/deftele.asp?section=1>



La visualisation des images

- les images de type scanner sont rendues avec des couleurs correspondant à os, muscle... car les niveaux sont bien calibrés mais ce n'est pas une segmentation



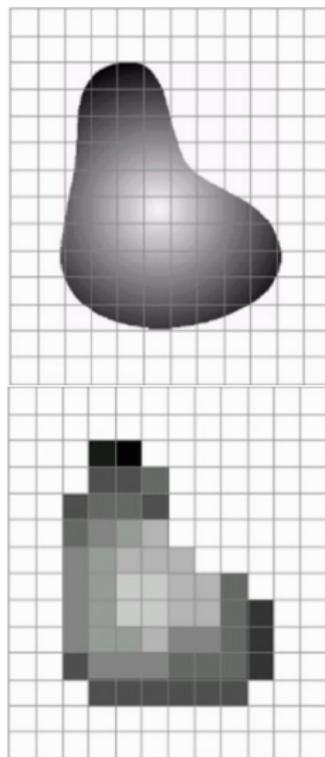
| Tissue type | HU Range | (Rbase, Gbase, Bbase) |
|-------------------|---------------|-----------------------|
| Air filled cavity | 1000 | (0, 0, 0) |
| Lung Parenchyma | 600 to 400 | (194, 105, 82) |
| Fat | 100 to 60 | (194, 166, 115) |
| Soft Tissue | +40 to +80 | (102 ↔ 153, 0, 0) |
| Bone | +400 to +1000 | (255, 255, 255) |

Troisième partie III

Quantification et compression d'une image

La réalité d'une image numérique

- Une image est un tableau à deux dimensions à valeurs discrètes
- L'image est issue d'un monde continu par pixelisation et quantification des niveaux de couleur
- En pratique, on considèrera une image comme une fonction $R \rightarrow R$ mais elle n'est connue qu'en un ensemble discret de valeurs.



Quantification des images

- Chaque valeur d'une composante est représentée par un mot binaire codé sur un nombre fini de bits :
 - codage 8 bits : on code $2^8 = 256$ valeurs
 - codage sur 16 bits : 65536 valeurs
 - n bits : codage entre 0 et $2^n - 1$ valeurs
- Effets de la quantification sur la qualité des images sur une image 50x50 avec 255 puis 16 et 8 niveaux de gris :



Les capacité de stockage sont maintenant très grandes mais on produit de plus en plus d'images, de séquences à visualiser sur des dispositifs portables → nécessité de compresser les données

- deux critères antagonistes : le taux de compression et la qualité de l'image après compression.
- $\text{taux compression} = \frac{\text{nombre de bits utilisés par l'image originale}}{\text{nombre de bits utilisés par l'image compactée}}$
- le codage peut être sans perte (GIF, TIFF, png) ou avec perte (JPG, JPG 2000). Quantifier la perte est difficile car c'est aussi une question de perception.

- **Pourquoi peut on compresser ?** : car les valeurs des pixels ne sont pas indépendantes mais sont corrélées à leurs voisins.
- Exemples de méthodes pour la compression **sans perte** :
 - méthode de codage des répétitions
 - méthodes statistiques : le codage de Huffman utilise un code à longueur variable pour représenter un symbole de la source. Le code est déterminé à partir des probabilités d'apparition des symboles de source : un code **court** est associé aux symboles de source les plus **fréquents**.
- Principes de compression **avec perte**
 - réduction/sous échantillonnage de l'espace des couleurs
 - approximations locales de l'image avec des transformations

JPEG= Joint Photographic Expert Group

- Taux de compression (20 :1 à 25 :1 sans perte notable de qualité)
- Découpage de l'image en blocs de 8x8 points
- puis l'application de la fonction DCT (Discrete Cosinus Transform, transformation discrète en cosinus : variante de la transformée de Fourier) qui décompose l'image en somme de fréquences.

Dans la norme JPEG2000, utilisation d'une transformée en ondelettes.

$$\text{DCT}(i, j) = \frac{2}{N} C(i) C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \text{pixel}(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N} \right]$$

La compression s'effectue sur les hautes fréquences : selon un seuil, on met à 0 les valeurs peu significatives et on arrondit les autres

- utilisation d'un algorithme de compression sans perte sur les coefficients en zigzag.

Les principales fonctionnalités :

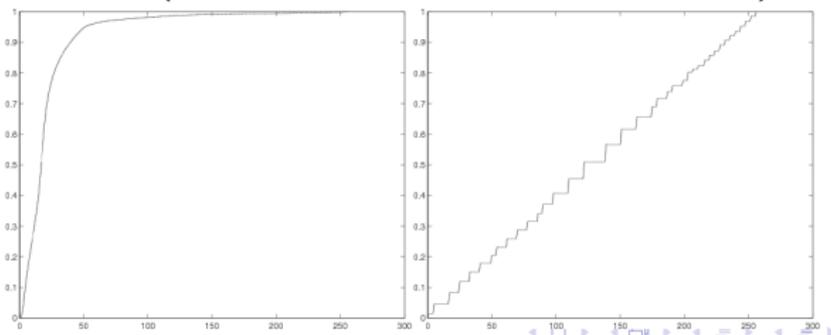
- **path** : sert à définir les répertoires où Matlab cherche par défaut les fonctions appelées ou les images ; Ajouter le répertoire ImagesTest dans votre path.
- **lire une image** : `im=imread('triGrain.jpg')` ; i est une matrice d'entiers (entre 0 et 255) de dimension 2. $im(i,j)$ est la valeur du pixel correspondant à la i^{ieme} ligne et la j^{ieme} colonne de l'image. ex : `im(100,200)`.
- connaître la **taille de l'image** : `size(im)` Les indices commencent à 1 en matlab.
- **afficher une image** : `imshow(im)`, `imagesc` (si c'est une image à valeurs non entières). Si affichage dans une **autre** fenetre : `figure` ; `imshow(im)` ;
- **extraire une sous image** `subim=im(50 :100, 100 :300)` ; `imshow(subim)` ;
- image couleur : `I=imread('champ.jpg')` ; `Taper size(I)` ; Il y a 3 composantes R,V,B. Visualiser la composante verte : `imshow(I(:, :,2))` ;
- plot pour **afficher des courbes** : `plot([1,100,200],[200,10,300])` ;
- Connaître la liste des **fonctions disponibles dans la toolbox image processing** : `help images`
- connaître la façon d'utiliser une fonction : `help nom-fonction`
- ex : avec l'image `champ.jpg` : passer d'une image couleur i à une image à niveaux de gris avec `rgb2gray`, binariser cette image avec un seuil donné avec `im2bw`

- L'histogramme est très utilisé en image pour juger de la qualité d'une image. Si x est un niveau de gris possible, $H(x)$ est le nombre de pixels ayant le niveau de x .
- charger les images `restau1.png` et `restau2.png`. Visualiser leur histogrammes avec la fonction `imhist`. Que constatez vous ? Visualiser l'histogramme cumulé T avec la fonction `cumsum`.
- la dynamique de l'image `restau1.png` est réduite car seule la plage $[0, 100]$ de niveaux de gris est utilisé. On peut améliorer cette plage en effectuant une transformation linéaire sur les niveaux de gris. Multiplier les niveaux de gris par 2 permet ici d'utiliser la plage $[0, 200]$. Que pensez vous du résultat ?

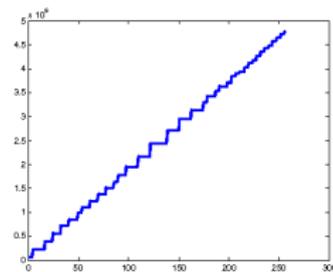
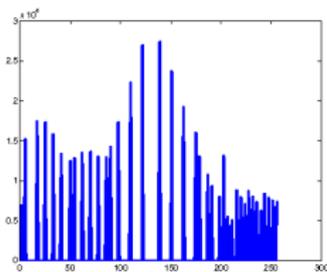
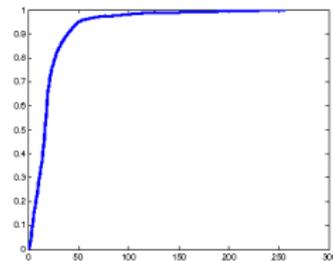
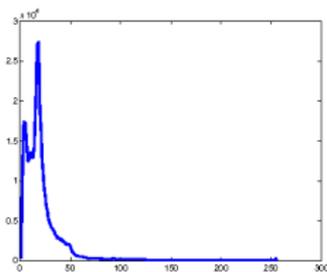
- on souhaite améliorer la dynamique de `restau1.png`. On souhaite trouver une transformation T sur les niveaux de gris tels que IoT ait un histogramme le plus proche possible d'une loi uniforme. Cette opération est connue sous le nom d'égalisation d'histogramme. Utilisez la fonction `histeq` pour faire cette égalisation sur les deux images. Affichez les histogrammes cumulés pour ces nouvelles images. A quoi est due la texture un peu granuleuse sur les images égalisées ?
- on peut aussi demander avec `histeq` à avoir une égalisation de façon que l'histogramme de l'image résultat soit semblable à un histogramme donnée. Essayez ici avec vos deux images.

Quelques idées sur l'égalisation d'histogrammes

- objectif : avoir un histogramme le plus uniforme possible, où les niveaux de couleurs sont représentés de manière assez équitable...
- soit hc l'histogramme cumulé de l'image.
$$hc(x) = \#\{p \text{ telquel}(p) \leq x\} / \text{size}(I)$$
- ex : le niveau 50 est tel que $hc(x) = 0,3$. (ie les pixels de niveau inférieurs à 50 représentent 30% de l'image). On voudrait un représentation uniforme donc 30% devrait correspondre au niveau $255 * .3$. En remplaçant les pixels de niveau 50 (x) par le niveau $255 * .3$ ($hc(x) = 76.5$, on une nouvelle image avec un histogramme relativement uniforme (au problème de discrétisation près)



Quelques idées sur l'égalisation d'histogrammes



haut : histogramme et hist cumulé pour restau1.png. En bas les histogramme éga

Quatrième partie IV

Quelques idées sur les applications de la vision

- Les applications industrielles et le contrôle qualité : analyse 2D de l'image
- Compression d'images
- Les application tri-dimensionnelles de la vision : positionner et reconstruire en 3D
- Reconnaissance en vision par ordinateur

Contrôle qualité

Quelques exemples tirés du site d'alliance vision

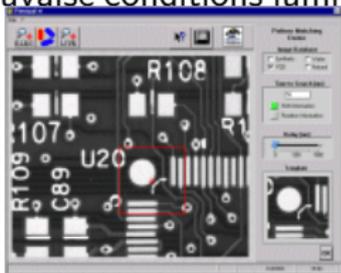
<http://www.alliancevision.fr>



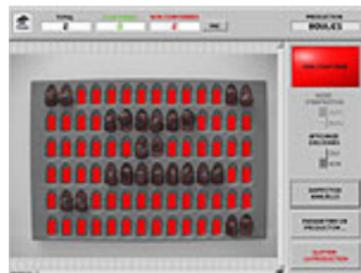
Contrôle d'aspect et des dimensions de gélules pharmaceutiques en mauvaises conditions lumineuses



Analyse de crash tests à partir de marqueurs



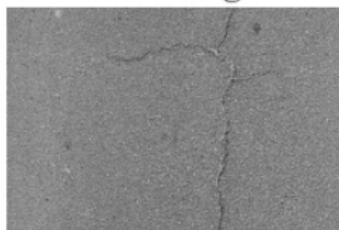
vérification de présence de composants



Contrôle de propreté

Extraction de caractéristiques en 2D

Real image



Reference segmentation



Morph



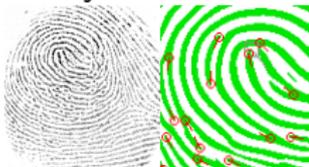
FaMM



[Chambon 2010]

Exemples d'applications (2D)

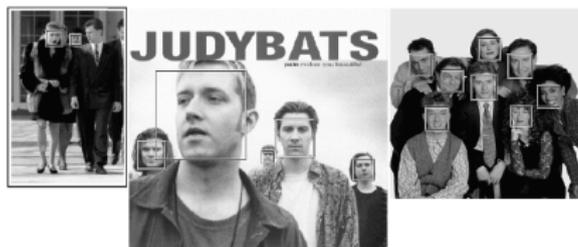
- Analyse 2D



- Construction de panoramiques [Brown & Lowe 07]



- Reconnaissance [Viola01]



Exemples d'applications (3D)

- Reconstruction stéréoscopique [IGN]



- Structure from motion [Snavely]



- amélioration d'images/filtrage
- **détection** d'indices pertinents : contours, régions, granulométrie
- **expliquer/interpréter** le contenu des images ; classification routes, eau, prés...
- **compression** de l'information contenu dans des images **multispectrales**



Figure 5 – Vue aérienne multispectrale représentée dans l'espace image

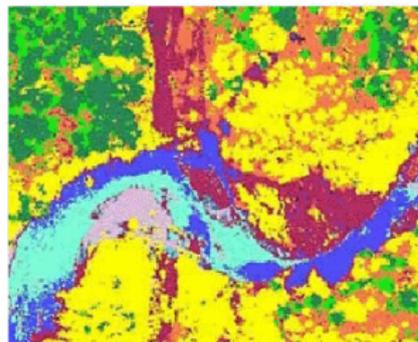
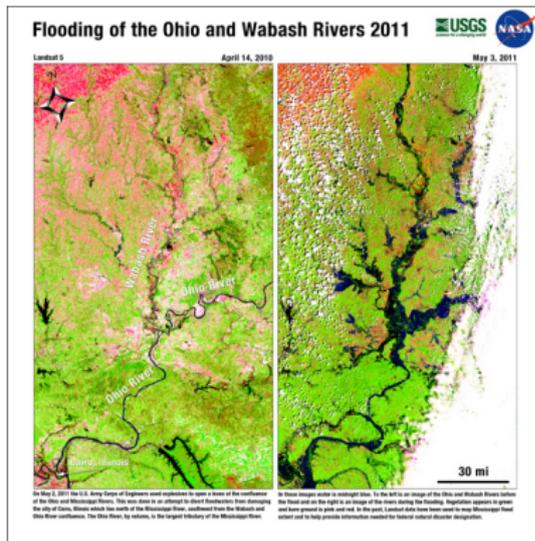


Figure 7 – Résultat de la classification.

Légende : Vert foncé = conifères, Vert = taillis, Jaune = feuillus, Violet = graviers, Orange = zones sèches,

Les besoins en traitement d'images en géosciences

- analyse temporelle d'images
- reconstruction de modèle de terrains



Tiré de [Dinet05]

- Les bases du filtrage et de l'amélioration d'image : le couteau suisse du traitement du signal...
- Les méthodes dédiées à l'extraction d'indices et la segmentation d'images (morphomats, contours actifs,..)
- Les méthodes permettant d'extraire des indices complexes en construisant un modèle spatial ou photométriques : méthodes par apprentissage
- Analyse temporelle de données
- Quelques éléments sur la reconstruction 3D
- Des exemples d'applications effectives de vision par ordinateur

Quelques ressources utiles sur le traitement d'image

- Matlab et la toolbox image processing
- opencv : bibliothèque concernant la vision par ordinateur (C,C++, android). www.opencv.org
- Image Processing on line <http://www.ipol.im/> : une revue et les codes associés
- computer vision on line <http://www.computervisiononline.com> : software, bases de données variées, livres...