



Eléments de traitement numérique des images et
OPENCV, bibliothèque de traitement d'images pour
l'embarqué (vision en contexte robotique)

Introduction générale



- Objectif du module :
 - Contribuer à l'acquisition de compétences en traitement de l'information associée à des systèmes de perception et d'observation de l'environnement
 - Fournir des connaissances de base en traitement d'images
 - Fournir un outil pour la mise en application de ces connaissances :



- Faciliter certains projets école ou industriels
- Pré-requis pour les cours de TNI, Vidéo et Vision de 3^{ème} année

Introduction générale



- Notions de traitement d'images vues dans le cadre de ce module
 - Transformée de Fourier
 - Filtrage
 - Amélioration d'images
 - Segmentation par seuillage de l'histogramme
 - Eléments de morphologie mathématique
 - Détection de contour
 - Perception et Traitement de la couleur

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 3

Objectifs d'apprentissage



- A l'issue de ce module, les élèves devront être capables :
 - (o1) d'**énumérer** et d'**expliquer** les traitements de base du traitement numérique des images (Comment peut-on segmenter une image ? Comment peut-on extraire le contour des objets d'intérêts dans une image ?...)
 - (o2) d'**appliquer** les traitements vus en cours à des images fixes ou à des séquences acquises par Webcam, à l'aide des fonctions de la bibliothèque OpenCV
 - (o3) d'**analyser** des résultats de traitements
 - (o4) de **concevoir** une réponse appropriée à un problème d'analyse d'images (quelles sont les étapes nécessaires pour atteindre l'objectif visé ? comment réalise-t-on les étapes identifiées ? Par quelles méthodes adaptées ?...), par l'écriture d'un programme écrit en python, en complète autonomie, en utilisant la bibliothèque OpenCV et combinant plusieurs traitements à suivre (connus ou inconnus)
 - (o5) *implémenter une chaîne de traitement sur carte raspberry*

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 4

Dispositif de formation



- Contenu du module « Image et OpenCV »
 - Présentations orales (théorie)
 - TD (pratique) en deux groupes (*à terminer par vos soins le cas échéant*)
 - Deux évaluations **individuelles** : une théorique en salle d'examen (Documents NON autorisés) et une théorie/pratique (TOUT document/code de cours autorisés) en salle info
- Planification
 - Entre le 30/01 et le 17/04
- Intervenants :
 - Jean-Christophe Cexus (TD)
 - Hélène Thomas (Cours+TD)

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 5

Descriptif	Durée en créneaux de 55 min	Type	Intitulé de la séance	Besoins logistiques	Commentaires	Intervenant Groupe 1	Intervenant Groupe 2	Intervenant Groupe 3	Programmation
Traitement Numérique des Images	2	CM	CM1 - Introduction + Outils de base	salle de cours	tous les élèves ensemble	Hélène Thomas			lundi 30 janvier 2023 C1-C2
Traitement Numérique des Images	2	TD	TD1 - Familiarisation + Transformée de Fourier	salle info	2 gr SOIA et SE	Jean-Christophe Cexus	Hélène Thomas		lundi 30 janvier 2023 C3-C4
Traitement Numérique des Images	2	CM	CM2 - Amélioration d'images	salle de cours	tous les élèves ensemble	Hélène Thomas			lundi 06 février 2023 C1-C2
Traitement Numérique des Images	2	TD	TD2 - Amélioration d'images	salle info	2 gr SOIA et SE	Hélène Thomas	Jean-Christophe Cexus		lundi 06 février 2023 C3-C4
Traitement Numérique des Images	2	CM	CM3 - Segmentation + post-traitement binaire	salle de cours	tous les élèves ensemble	Hélène Thomas			lundi 27 février 2023 C1-C2
Traitement Numérique des Images	2	TD	TD3 - Segmentation	salle info	2 gr SOIA et SE	Jean-Christophe Cexus	Hélène Thomas		lundi 27 février 2023 C3-C4
Traitement Numérique des Images	2	CM	CM4 - Détection de contours	salle de cours	tous les élèves ensemble	Hélène Thomas			lundi 06 mars 2023 C1-C2
Traitement Numérique des Images	2	TD	TD4 - Post-traitement binaire + application	salle info	2 gr SOIA et SE	Hélène Thomas	Jean-Christophe Cexus		lundi 06 mars 2023 C3-C4
Traitement Numérique des Images	2	TD	TD5 - Détection de contours	salle info	2 gr SOIA et SE	Jean-Christophe Cexus	Hélène Thomas		lundi 13 mars 2023 C1-C2
Traitement Numérique des Images	2	CM	CM5 - Traitement d'images couleur	salle de cours	tous les élèves ensemble	Hélène Thomas			lundi 13 mars 2023 C3-C4
Traitement Numérique des Images	2	TD	TD6 - Traitement d'images couleur	salle info	2 gr SOIA et SE	Hélène Thomas	Jean-Christophe Cexus		lundi 20 mars 2023 C2-C3
Traitement Numérique des Images	1	CM	CM - Synthèse et Préparation évaluation	salle de cours	tous les élèves ensemble	Hélène Thomas			lundi 20 mars 2023 C4
Traitement Numérique des Images	4	TD	TP - Implémentation sur carte	salle info	2 gr dans 2 salles différentes parmi E202, E203, E204 (car prises DVI pour écrans)	Jean-Christophe Cexus	Hélène Thomas		lundi 3 avril 2023 C1-C4
Traitement Numérique des Images	1	contrôle	Traitement Numérique des Images	salle d'examen	Evaluation individuelle	Hélène Thomas			lundi 17 avril 2023 C2
Traitement Numérique des Images	2	contrôle	Traitement Numérique des Images	salle info	Evaluation individuelle en salle info (3 groupes en // ou 2 selon les effectifs)	Hélène Thomas	Jean-Christophe Cexus	Irvin Probst (selon effectifs)	lundi 17 avril 2023 C3-C4

Dispositif de formation



- Point d'entrée pour toute info : moodle :
<https://moodle.ensta-bretagne.fr/course/view.php?id=1550>
 → (vous y êtes tous inscrits)
- Informations disponibles :
 - Forum pour toute discussion en lien avec le cours en dehors des cours
 - Installation de l'environnement de développement (facultatif, hors cours et TD)
- Cours et TD :
 - Finir les TD par vous-même le cas échéant, avant la mise en ligne de la correction. Comparer systématiquement votre code à la correction

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 7

Evaluations finales



- Exemples de Capacités Evaluées
 - Lecture, affichage et sauvegarde d'une image couleur avec OpenCV
 - Capture d'une séquence vidéo avec Webcam, affichage et sauvegarde
 - Sélection des pixels d'une couleur spécifique et affichage
 - Réhaussement de contraste d'une image (*théorie, pratique*)
 - Filtrage d'une image/vidéo (*théorie, pratique*)
 - Segmentation d'une image couleur/séquence vidéo avec curseur glissant (*théorie, pratique*)
 - Détection de contours dans une image couleur fixe et une vidéo (*théorie, pratique*)
 - Description des observations et analyses des résultats
 - ...
 - Implémentation d'une fonction non vue en TE !

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 8

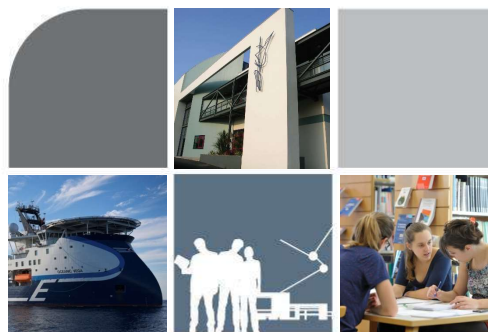
Pour acquérir les connaissances en TNI,
posséder les capacités attendues
et réussir mes deux évaluations ...



Je dois :

- Connaitre et avoir assimilé le cours
- Savoir refaire les petits exercices de cours
- Savoir refaire les TD
 - Avoir compris la correction des TD
- Savoir réutiliser à bon escient les codes développés en TD ou leurs corrigés

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 9



Introduction au traitement
numérique des images

Plan du cours



- Types d'images, systèmes d'acquisition
- Applications
- Processus de numérisation
- Définition d'une image numérique
- Types de traitements et exemples
- Disciplines associées et axes de recherche connexes
- Analogies Signal/Image et caractéristiques principales
- Bibliographie
- OpenCV

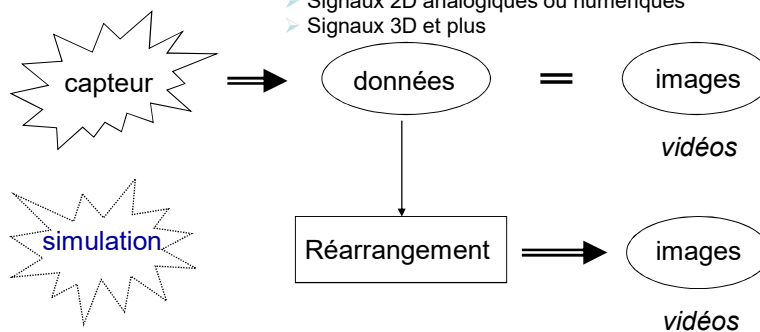
ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 11

Types d'images



Données

- signaux 1D analogiques ou numériques
- Signaux 2D analogiques ou numériques
- Signaux 3D et plus



Classification

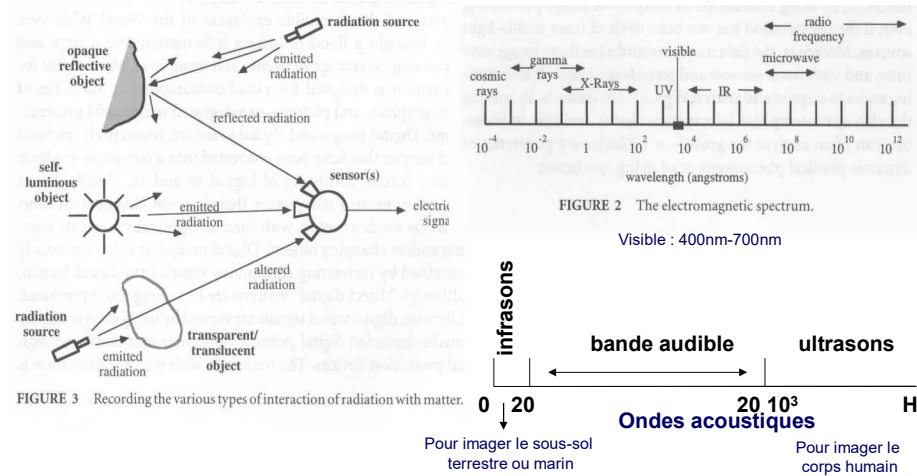
- selon le type de capteur
- selon le type d'interaction entre la radiation et le matériel rencontré (classification plus difficile, frontières floues)

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 12

Types d'images



Diversité d'applications => diversité dans les types d'images



ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 13

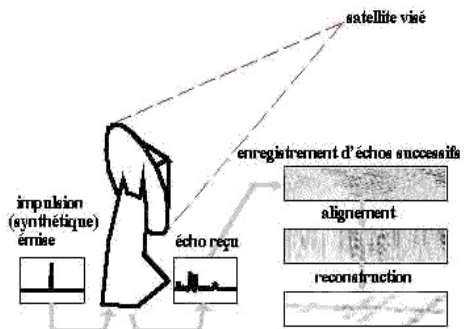
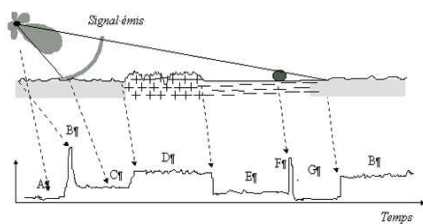
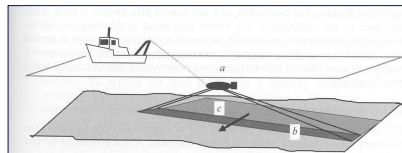
Systèmes d'acquisition des données



- Radars (SAR, ...)
- Sonars d'imagerie (sonar latéral, ...), Sondeurs, systèmes sismiques
- Capteurs médicaux (IRM, scanner, ...)
- Capteurs optiques (caméra CCD, ...)
- Capteurs infrarouges
- Télescopes
- Lasers (visible, IR, UV)
- Imagerie rayon X
- Imagerie (radar, sonar, médicale, ...) ≠ traitement d'images radar, sonar, ...
- Imagerie = production d'images et pas seulement optique

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 14

Exemples de capteurs

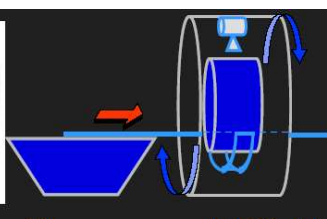


ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 15

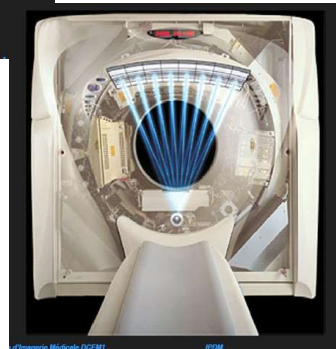
Exemples de capteurs



©General Electric Medical Systems HiSpeed CTs



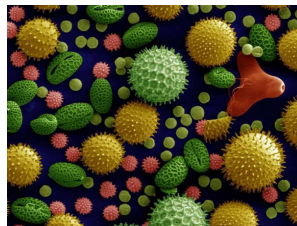
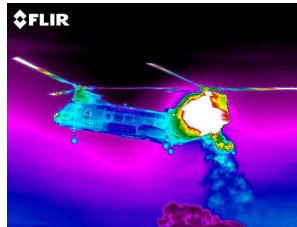
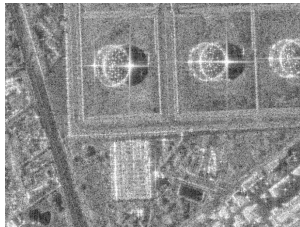
Scanner à rayons X



©Imagerie Médicale DCEM/IFM

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 16

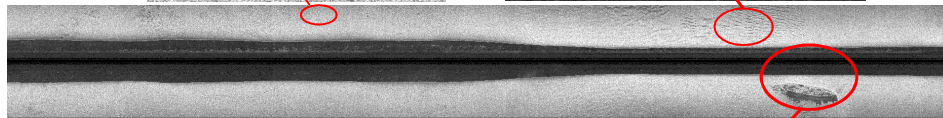
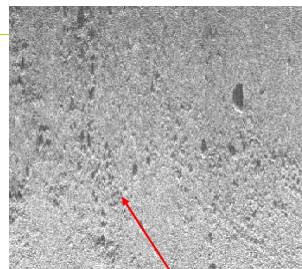
Exemples d'images produites



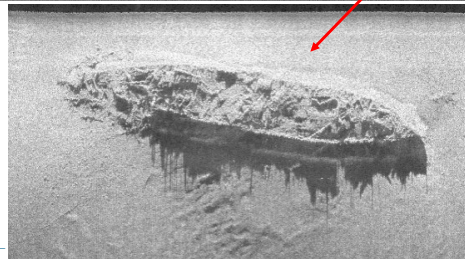
Source : polycopié de Guillaume Jubelin, Ensta Bretagne, 2013-14

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 17

Exemples



Exemples d'images sonar

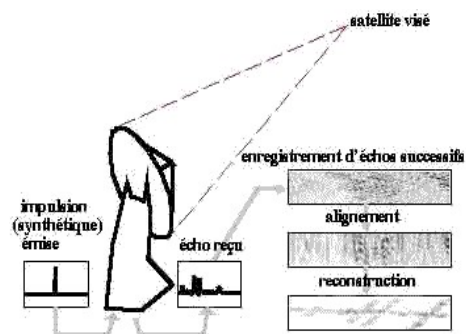


ENSTA Bretagne – SE/SOIA –

Exemples



Image ISAR de la station MIR
(radar Onera)



ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 19

Exemples

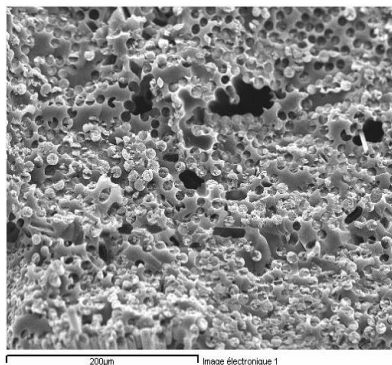
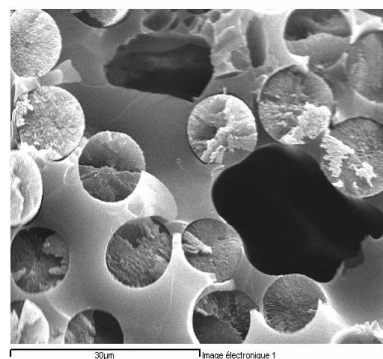


Image représentant la surface de rupture d'un
matériau composite fibreux – Cause de la rupture ?

Traitement

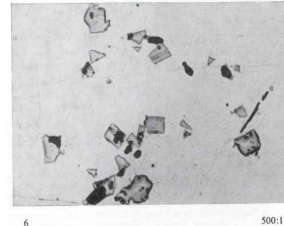


Zoom de l'image ci-contre

Exemples



Matériau présentant des dislocations – estimation des longueurs de dislocations par unité de volume



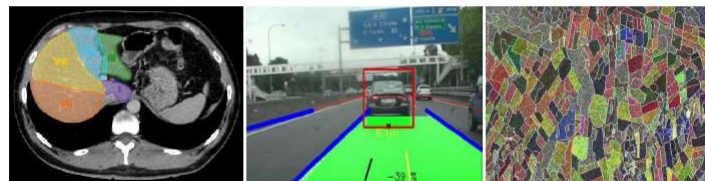
Matériau présentant des impuretés

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 21

Traitement d'images



Traitement d'image = exploiter un support image pour l'améliorer, le compresser, le diffuser, l'analyser pour en extraire des informations,...



Quelque soit le capteur imageur utilisé :
→ des outils mathématiques communs

Source : polycopié de Guillaume Jubelin, Ensta Bretagne, 2013-14

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 22

Domaines d'application



- Industrie : contrôle non destructif, guidage d'automate,, robotique...



- Défense : guidage missile, renseignement,...



- Sécurité : identification de personne, contrôle d'accès, vidéo-surveillance, ...



Source : polycopié de Guillaume Jubelin, Ensta Bretagne, 2013-14

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 23

Domaines d'application



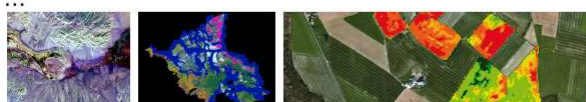
- Santé : détection de tumeur, suivi de grossesse, aide au diagnostic,...



- Divertissement : incrustation TV, kinect, réalité augmentée,...



- Ressources et territoires : spatio-cartes, étude d'impacts, ...



Source : polycopié de Guillaume Jubelin, Ensta Bretagne, 2013-14

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 24

Imagerie optique non conventionnelle ...



Réunion du GdR ISIS

•**Titre** : Journées Imagerie Optique Non Conventionnelle - 13ème édition

•**Dates** : 2018-03-26 - 2018-03-27 / **Lieu** : Maison des Universités, 103 Bd St-Michel, Paris 5e

Nous vous rappelons que, afin de garantir l'accès de tous les inscrits aux salles de réunion, l'inscription aux réunions est gratuite mais obligatoire.

Annonce :

Le comité d'organisation des JIONC a le plaisir de vous annoncer la 13e édition des JIONC

Nous sollicitons des propositions de communications de nature théorique et applicative, provenant des milieux académiques et industriels, sur les thèmes suivants (liste non exhaustive) :

•**Modalités d'imagerie non conventionnelles** : imagerie hyperspectrale, polarimétrique, holographique, interférométrique, multimodale, thermique, térahertz, radar, optique X-UV, ...

•**Conception d'imageurs innovants** : compressive sensing, imagerie 3D/plénoptique, haute résolution, co-conception, ...

•**Méthodes de traitement en imagerie non conventionnelle** : débruitage, déconvolution, segmentation, détection/classification, séparation de sources, ...

•**Approches « problèmes inverses » pour l'imagerie**

•**Imagerie biomédicale** : microscopie, OCT, imagerie multi-photonique, super-résolution, imagerie dans les milieux diffusants, ...

•**Applications de ces systèmes d'imagerie** : télédétection, contrôle industriel, défense, astronomie, sciences du vivant, ...

Date limite pour l'envoi des résumés : 9 février 2018

Des modèles de soumission (formats Word et LaTeX) pour les propositions sont à télécharger [ici](#).

Merci de faire parvenir vos propositions (max. 1 page par résumé) par courrier électronique aux organisateurs des journées :

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 25

Processus de numérisation



Double discrétisation :

| **Du temps et de l'amplitude pour les signaux 1D**
| **Pour les signaux 2D**

- **du domaine de définition de l'image**
 - domaine plan pour images fixes
échantillonnage
 - domaine plan + temps pour séquences d'images animées
- **de l'amplitude du signal d'image**
 - signal de luminance (images monochromes)
 - signaux couleur (images couleurs)
quantification
 - vecteur signal d'images (images multispectrales)

=> Image numérisée ou numérique

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 26

Discrétisation du domaine spatial



Définitions

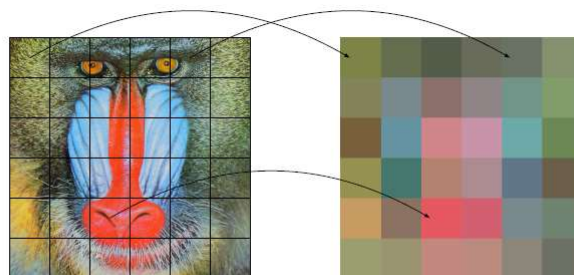
- Résolution spatiale : => *échantillonnage*
- Échantillonnage: découpage de l'espace à étudier en pavés réguliers de la surface à étudier



taille ↗ ←

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 27

Echantillonnage spatial



ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 28

Discrétisation de l'amplitude



Définitions

- Résolution tonale : => *quantification*
- Quantification : codage de l'information (en niveaux de gris ou en couleurs) reçue par le capteur en chaque point en données numériques (finies)



dynamique ↗ ←

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 29

Quantification



ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 30

Erreurs dues à la numérisation



- | Erreurs de pré-filtrage ou de sous-échantillonnage
- | Bruit de quantification
- | Bruit du capteur
- | Bruit électronique

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 31

Définitions



- ▶ Définition 1 : une image peut être vue comme un signal de dimension 2 représentant une scène de dimension 3
- ▶ Définition 2 : une image est une application d'un sous-ensemble N^2 dans un sous-ensemble de N , N^3 , N^n :

(x, y)
Coordonnées
spatiales



• image monochrome (en niveaux de gris)

I

• image couleur

(I_R, I_V, I_B)

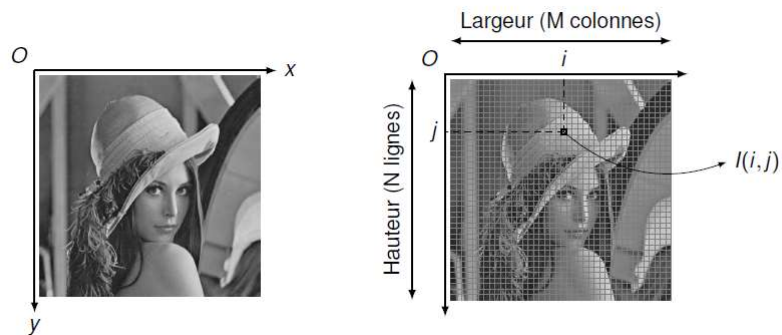
• image multispectrale

(I_1, I_2, \dots, I_n)

- ▶ Définition 3 : une image numérique peut être vue comme un tableau 2D de scalaires ou de vecteurs codés sur P bits
- ▶ Vidéo (séquence d'images ou images animées) : une vidéo est vue comme un signal à 3 dimensions : deux coordonnées spatiales et une dimension temporelle (déf. 2, déf. 3)
- ▶ 3D

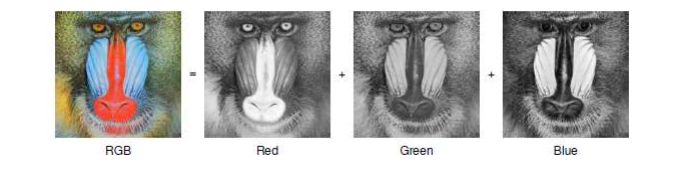
ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 32

Définitions

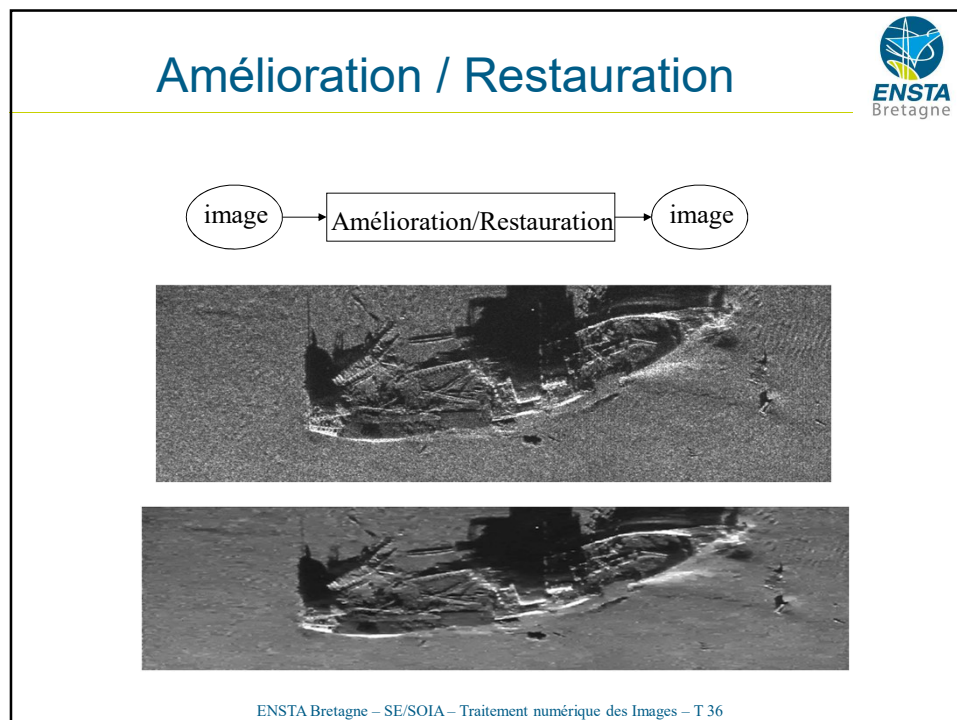
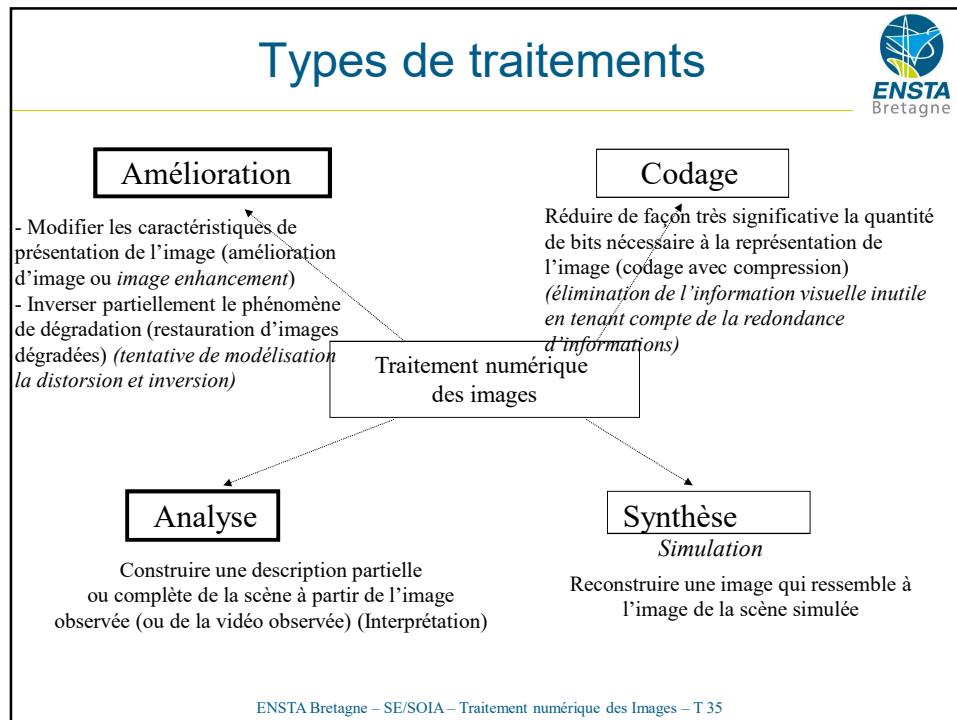


ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 33

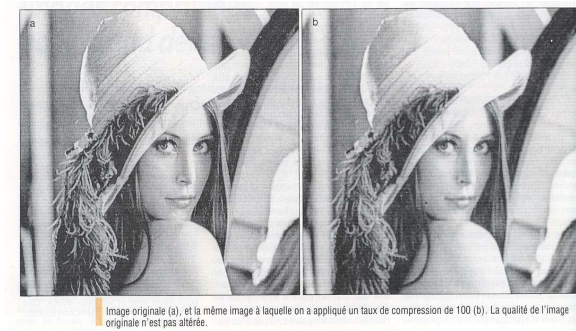
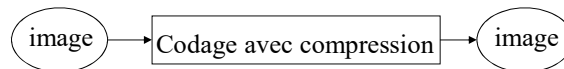
Définition couleur



ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 34



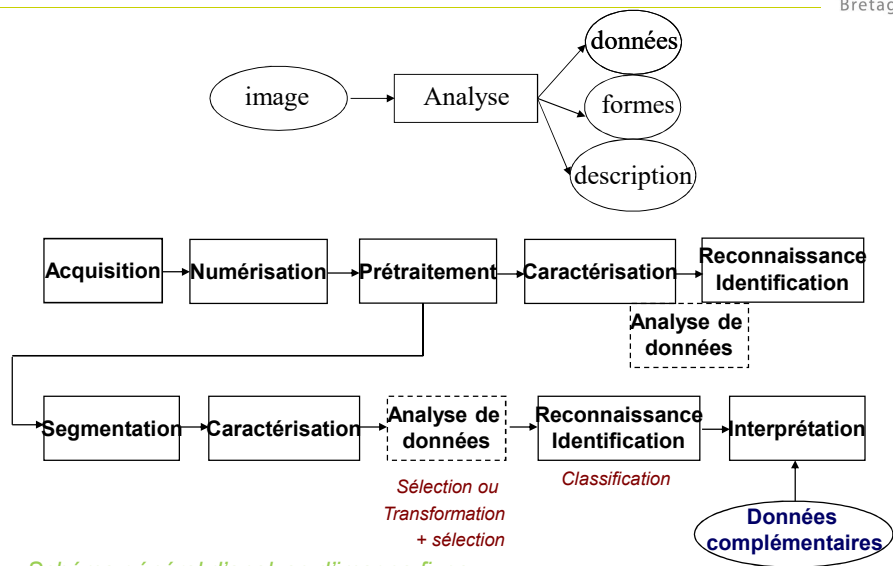
Codage avec compression



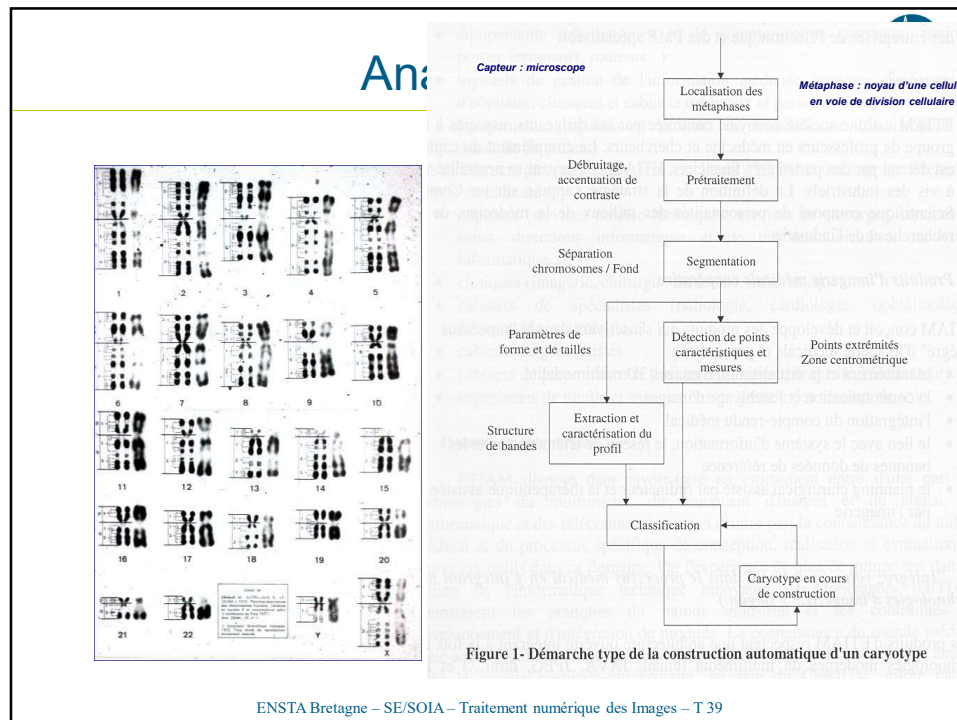
$G=100 \rightarrow 0.08$ bit par pixel en moyenne au lieu de 8 !

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 37

Analyse



ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 38



Disciplines associées et axes de recherche connexes



- Traitement du Signal
- Vision humaine et sa modélisation
- Informatique
- Théorie de l'information (dont décision/interprétation)
- Neurophysiologie
- Optique
- Electronique
- Statistiques et mathématiques appliquées
- Automatique

Analogies Signal/Image



- | Notions, outils et méthodes de traitement du signal
 - Moyenne, variance, entropie, bruit, moments, rapport signal sur bruit, réponse fréquentielle
 - Signaux : Dirac, gaussienne, porte, ...
 - Transformée de Fourier
 - Fonction d'autocorrélation, Densité Spectrale de Puissance
 - Numérisation
 - Filtre de Wiener, analyse fractale, analyse en cosinus discrète (MPEG), transformées en ondelettes, ...

- | Méthodes spécifiques au traitement d'images
 - Matrices de cooccurrences en analyse de la texture,
 - Morphologie mathématique en analyse d'images binaires
 - Modèles déformables en reconnaissance des formes

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 41

Caractéristiques fondamentales



- Les contours
- Les points d'intérêt
- Les régions
- Le mouvement
- La profondeur
- La couleur

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 42

Bibliographie globale



- « The Image Processing Handbook »
John C. Russ – ISBN 0-8493-4233-3 (1992)
- « Digital Image Processing »
William K. Pratt – ISBN 0-471-85766-1 (1991)
- « Traitement numérique des images », volume 2
Murat Kunt – ISBN 2-88074-238-2 (1993)
- « Analyse d'images : filtrage et segmentation »
J.P. Cocquerez et S. Philipp – ISBN 2-225-84923-4 (1995)
- « Handbook of Image Video Processing »
editor AL BOVIK – ISBN 0-12-119790-5 (2000)
- « Digital Image Processing »
R.C. Gonzalez et R.E. Woods – ISBN-10 : 0-13-505267-X (2008)

*Voir livres plus
récents à la
médiathèque !!*

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 43


OpenCV



- OpenCV=Open source Computer Vision
- Bibliothèque C/C++ pour le traitement d'images
- Bindings Python
- Initialement destinée aux traitements d'images génériques, elle s'est orientée de plus en plus vers la vision robotique
- Maintenu par Willow Garage (laboratoire de recherche)
- Scientifique de renom à l'origine d'openCV : Gary Bradski

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 44


OpenCV



OpenCV Overview! > 500 functions

opencv.willowgarage.com

Robot support



General Image Processing Functions







Image Pyramids




Geometric descriptors




Segmentation




Camera calibration, Stereo, 3D




Features




Utilities and Data Structures




Transforms




Tracking




**Machine Learning:
• Detection,
• Recognition**



Fitting




Matrix Math



ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – 1 45

OpenCV



Vous trouverez de l'aide en ligne aux adresses suivantes :

- OpenCV : <http://docs.opencv.org/3.2.0/>
(onglet sphinx documentation pour un accès à la documentation en ligne des fonctions)
- Tutoriaux OpenCV-python :
http://docs.opencv.org/3.2.0/d6/d00/tutorial_py_root.html

ENSTA Bretagne – SE/SOIA – Traitement numérique des Images – T 46