



Introduction au Traitement des Images Médicales

Jean-Paul ARMPACH
jparmspach@unistra.fr
 Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube)
 Institut Physique Biologique
 4, rue Kirchleger
 67085 STRASBOURG Cedex
 Localisation : <http://icube.unistra.fr>

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMPACH/STIC - Sem 2013-2014



Traitement des Images Médicales

Accès aux documents du cours

- http://icube-imis.unistra.fr/index.php/Jean-Paul_Armspach
- Aller au point 7 : Enseignement - Formation
- Login : tim
- Passwd : tim_2014

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMPACH/STIC - Sem 2013-2014



Traitement des images médicales

Intégrer l'image médicale dans la stratégie médicale.

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMPACH/STIC - Sem 2013-2014



La stratégie médicale

Les grandes phases de l'action médicale

- Le Diagnostic
 - L'interrogatoire
 - L'examen clinique
 - L'image médicale
 - Les données biologiques
 - Les explorations fonctionnelles
- Le pronostic
 - Tous les examens (dont l'image)
 - Facteurs à risque
- La Thérapeutique
 - Les médicaments
 - Le suivi de l'évolution de la maladie
 - La médecine interventionnelle (dont l'image)
 - La chirurgie
 - La radiothérapie
 - La thérapie relationnelle
- La recherche clinique

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMPACH/STIC - Sem 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale

- Permet d'obtenir une image in vivo du corps humain
- L'image médicale provient
 - soit d'une observation directe : lésion cutanée, endoscopie, ...
 - soit de système biophysique : radiographie, échographie, ...
 - soit enfin d'une reconstruction mathématique : TDM, IRM, scintigraphie, ...
- Vient juste après l'interrogatoire et l'examen clinique et occupe une place prépondérante dans les grandes phases de l'action médicale
- L'image médicale peut être :
 - morphologique ou fonctionnelle,
 - statique ou dynamique.

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMPACH/STIC - Sem 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale

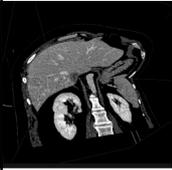
- L'image traitée informatiquement permet d'obtenir :
 - une reconstruction tridimensionnelle d'un organe ou d'un tissu ;

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMPACH/STIC - Sem 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale : reconstruction



Reconstruction abdomen : IRCAD

Traitement images médicales - Jean-Paul ABENSAOUCI-STIC - Santé 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale

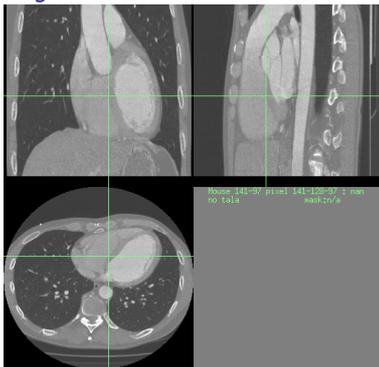
- L'image traitée informatiquement permet d'obtenir :
 - une reconstruction tridimensionnelle d'un organe ou d'un tissu ;
 - un film montrant les mouvements d'un organe (cœur, ..) ;

Traitement images médicales - Jean-Paul ABENSAOUCI-STIC - Santé 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale : mouvement



Traitement images médicales - Jean-Paul ABENSAOUCI-STIC - Santé 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale : mouvement

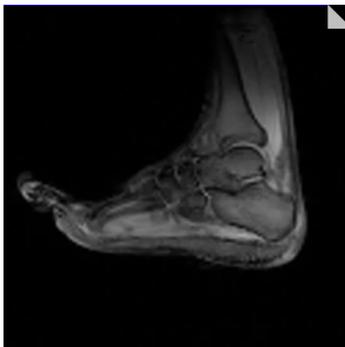


Traitement images médicales - Jean-Paul ABENSAOUCI-STIC - Santé 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale : mouvement



Traitement images médicales - Jean-Paul ABENSAOUCI-STIC - Santé 2013-2014



La stratégie médicale

L'image médicale

- L'image traitée informatiquement permet d'obtenir :
 - une reconstruction tridimensionnelle d'un organe ou d'un tissu ;
 - un film montrant les mouvements d'un organe (cœur);
 - une imagerie quantitative qui représente les valeurs mesurées pour certains paramètres biologiques dans un volume donné ;

Traitement images médicales - Jean-Paul ABENSAOUCI-STIC - Santé 2013-2014

La stratégie médicale

L'image médicale : image quantitative

Proton Density T1
T2 Chi-2

Traitement images médicales - Jean-Paul ARONSOULSTIC - Juin 2012 2014

La stratégie médicale

L'image médicale : image quantitative

T1 (s) T2 (ms) f (%)

Cartographie du T1 Cartographie du T2 Cartographie de la fraction de myéline

Traitement images médicales - Jean-Paul ARONSOULSTIC - Juin 2012 2014

La stratégie médicale

L'image médicale

- L'image traitée informatiquement permet d'obtenir :
 - une reconstruction tridimensionnelle d'un organe ou d'un tissu ;
 - un film montrant les mouvements d'un organe (cœur);
 - une imagerie quantitative qui représente les valeurs mesurées pour certains paramètres biologiques dans un volume donné ;
 - une représentation multimodale recalant plusieurs données au sein d'un même document (image fonctionnelle sur image morphologique);

Traitement images médicales - Jean-Paul ARONSOULSTIC - Juin 2012 2014

La stratégie médicale

L'image médicale : multi-modalité

TDM
PET F18-FDG

Traitement images médicales - Jean-Paul ARONSOULSTIC - Juin 2012 2014

La stratégie médicale

L'image médicale : multi-modalité

TEP + TDM

Traitement images médicales - Jean-Paul ARONSOULSTIC - Juin 2012 2014

La stratégie médicale

L'image médicale

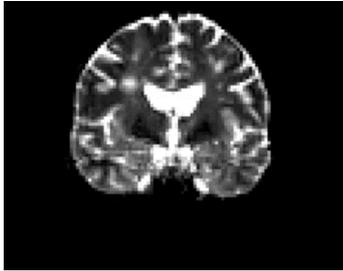
- L'image traitée informatiquement permet d'obtenir :
 - une reconstruction tridimensionnelle d'un organe ou d'un tissu ;
 - un film montrant les mouvements d'un organe (cœur);
 - une imagerie quantitative qui représente les valeurs mesurées pour certains paramètres biologiques dans un volume donné ;
 - une représentation multimodale recalant plusieurs données au sein d'un même document (image fonctionnelle sur image morphologique);
 - l'évolution d'un organe ou d'une lésion au cours du temps ;

Traitement images médicales - Jean-Paul ARONSOULSTIC - Juin 2012 2014



La stratégie médicale

L'image médicale : évolution pathologie



Mode ciné de l'évolution de lésions de Sclérose En Plaques.

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/CHU STIC - Santé 2013 2014



L'image médicale dans le diagnostic

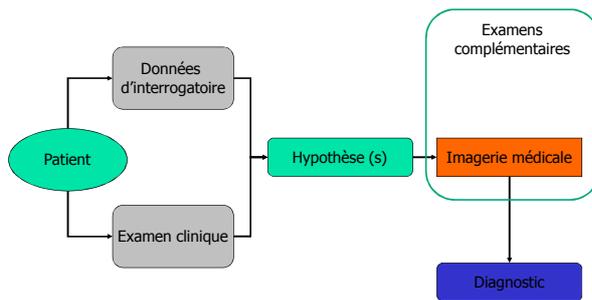
- Elle peut être
 - Le seul moyen de visualiser l'étendu d'une pathologie (lésions, atrophie, fracture, ...)
 - Le seul ou meilleur moyen pour affirmer un diagnostic par la visualisation des signes pathognomoniques de la pathologie
 - Le seul moyen d'éliminer une hypothèse
 - Un moyen d'apporter des arguments positifs ou négatifs à l'appui des hypothèses diagnostiques
- Elle n'est pas
 - Un remplacement de l'examen clinique
 - Une fin en soi (beauté de l'image, seul moyen de diagnostic de la maladie)

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/CHU STIC - Santé 2013 2014



L'image médicale dans le diagnostic

Élément du diagnostic

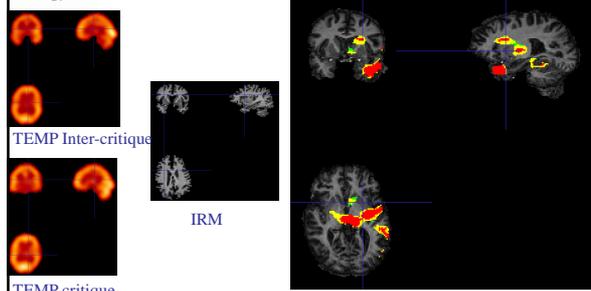


Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/CHU STIC - Santé 2013 2014



L'image médicale dans le diagnostic

Fusion images en épilepsie



Superposition des images IRM/TEMP d'un patient présentant une épilepsie temporal gauche : mise en évidence des foyers épileptogènes par une hyper perfusion locale

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/CHU STIC - Santé 2013 2014



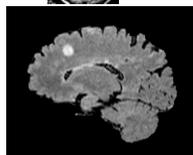
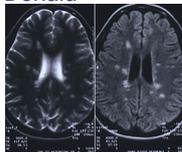
L'image médicale dans le diagnostic

Diagnostic SEP : Critère Mac Donald

Trois des quatre critères suivants :

- 9 lésions hyperintenses en T2 ou une lésion réhaussée au gadolinium
- Au moins une lésion sous-tentorielle
- Au moins une lésion juxtacorticale
- Au moins trois lésions périventriculaires (1 lésion de la moelle épinière = 1 lésion cérébrale)

d'après Barkhof *et coll.* et Tintore *et coll.*



- Examen IRM de suivi au moins 3 mois plus tard
 - une nouvelle lésion en T2 ou une Gd+ suffira

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/CHU STIC - Santé 2013 2014



L'image médicale dans la thérapie

- Permet de suivre l'évolution d'une pathologie
- Permet de connaître l'efficacité d'un médicament en observant les signes pathognomoniques
- Utilisé en radiologie interventionnelle
 - Repérage, guidage, navigation actes chirurgicaux
- Radiothérapie (planification, réalisation, ...)
- Chirurgie (Planification, simulation, ...)

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/CHU STIC - Santé 2013 2014

L'image médicale dans la thérapie

Suivi d'un lymphome

Pre-therapy 2 cycles - chimiothérapie 6 cycles - chimiothérapie

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Santé 2013-2014

L'image médicale dans la thérapie

Chirurgie interventionnelle

Une acquisition rapide et précise des images permet facilement la mise en place d'un drain même dans des endroits d'accès difficiles. Ici, drain dans un abcès pré-vertébral.

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Santé 2013-2014

L'image médicale dans le pronostic

IRM anormale en SEP

si ≥ 1 lésion en IRM après un 1^{er} épisode : pronostic à 10ans

lésion	1	>1
SEP	33%	85%
EDSS ≥ 3	0%	30%

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Santé 2013-2014

L'image médicale

Quelques images médicales

PET Scanner X Ultrason

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Santé 2013-2014

L'image médicale

Quelques images médicales

Angiographie mammographie Coupe anatomique

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Santé 2013-2014

L'image médicale

Quelques images médicales

Imagerie tenseur de diffusion Angiogramme 3D CT colonne vertébrale

3D coeur 3D bassin Echographie 3D

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Santé 2013-2014

L'image médicale

Différentes modalités d'imagerie médicale

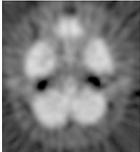
IMAGERIE ANATOMIQUE

- investigation anatomique, morphologique
- Permet une bonne représentation des structures anatomiques
- haute résolution spatiale (~ 1 mm)



IMAGERIE FONCTIONNELLE

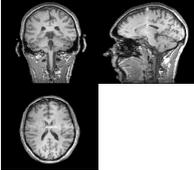
- étude de processus fonctionnels biochimiques et physiologiques
- Observation 'in vivo' de processus fonctionnels. Souvent les modifications physiologiques ou biochimiques précèdent les altérations anatomiques
- faible résolution spatiale (~ 5 à 12 mm chez l'homme)



Traitement images médicales - Jean-Paul AMISSENCI-STIC - Sem07 2013-2014

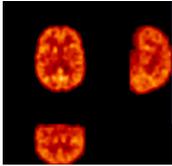
L'image médicale

Différentes modalités d'imagerie médicale



Informations anatomiques :

- radiographie X
- tomographie X (CT)
- échographie
- imagerie par résonance magnétique (IRM) (T₁, T₂, DP, FLAIR, ...)
- images vidéo (laryngoscope, laparoscope) ...



Informations fonctionnelles :

- Tomoscintigraphie par émission monophotonique (TEMP)
- Tomographie par émission de positons (TEP)
- imagerie cognitive par résonance magnétique (IRMf) (effet BOLD)
- Spectroscopie RMN (Biochimique)
- EEG, MEG
- Tomographie optique

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISSENCI-STIC - Sem07 2013-2014

L'image médicale

L'imagerie médicale

Corps humain (crâne, coeur, thorax, ...)

CT, IRM, Med. Nuc., US, TO, ...

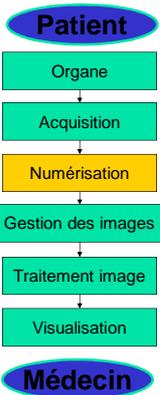
Numérisation spatiale, en intensité, temporelle

Archivage, communication, format fichier

Filtrage, recalage, segmentation, analyse, ...

Planaire, surfacique 3D, volumique, ...

Radiologue, clinicien, chirurgien, ...



Traitement images médicales - Jean-Paul AMISSENCI-STIC - Sem07 2013-2014

L'image médicale

Image numérique : les trois discrétisations

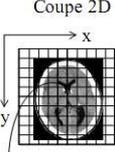
- **Discrétisation spatiale (dans l'espace)**
 - Image 2D $f(x,y)$ => Tableau 2D $f(i,j)$ (pixel)
 - Image 3D $f(x,y,z)$ => Tableau 3D : $f(i,j,k)$ (voxel) (le plus fréquent)
 - La taille d'un pixel ou voxel (résolution spatiale) exprimée en mm
 - champs de vue (FOV)/dimension du tableau
- **Discrétisation de l'intensité (amplitude)**
 - Niveaux de gris (multiple d'octets) : $F(i,j)$
- **Discrétisation temporelle**
 - 1s pour image fMRI, à 10 minutes en images morphologiques

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISSENCI-STIC - Sem07 2013-2014

L'image médicale

Image numérique

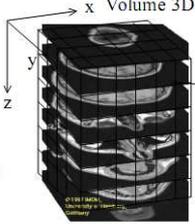
Coupe 2D



Pixel (picture element)

- forme, taille
- intensité $I(x,y)$

Volume 3D



voxel (voxel element)

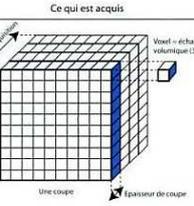
- forme
- intensité $I(x,y,z)$

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISSENCI-STIC - Sem07 2013-2014

L'image médicale

Ce qui est acquis

Ce qui est acquis



Voxel = échantillon volumique (3D)

Une coupe

Épaisseur de coupe

Représentation plane d'une coupe

Taille de la matrice (Ny lignes x Nx colonnes)

Dimensions du champ de vue (FOV)

Distance en y

Distance en x

Pixel = échantillon 2D

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISSENCI-STIC - Sem07 2013-2014

L'image médicale

Différentes modalités d'imagerie médicale

résolution spatiale (mm)

10
8
6
4
2

1 ms 1 seconde 1 min 10 min résolution temporelle

EEG / MEG / NIRS
IRMf
PET
IRMa

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale IRM

Image volumique

- Image volumique (totalité d'un organe, tête, foie, ...)
- Image acquise en 3D (T1, FLAIR, ..)
- Image multi-coupes jointives (FLAIR, T2, ..)
- Isotropique millimétrique
- L'idéal est d'avoir des images dont le voxel à une dimension de 1x1x1 mm (16 millions de voxels)

Sagittal
Coronal
Transverse
Sagittal
Axial

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale IRM

Voyage à travers les coupes axiales

Image morphologique **Image IRM**

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale

Numérisation : l'effet de volume partiel

- La valeur de densité apparente est faussée

Coupe 1
Coupe 2
Coupe 1
Coupe 2

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale IRM

Numérisation : le plan de coupe

Interférence entre coupes
Épaisseur de coupe nominale
Région d'interférence forte

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale IRM

Numérisation : le plan de coupe

Influence de la taille du voxel

IRM CAI Axiale T1

Fov : 250 x 250 mm		Fov : 250 x 250 mm
Matrice : 512 x 512		Matrice : 512 x 512
Épaisseur : 4 mm		Épaisseur : 2 mm
Taille du voxel : 0,5 x 0,5 x 4 mm		Taille du voxel : 0,5 x 0,5 x 2 mm

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale IRM

Numérisation : Influence de la taille du pixel

Fov : 210 x 280 mm

Matrice : 192 x 256

Taille du pixel : 1,1 x 1,1 mm

IRM ORL Axiale T1

Fov : 210 x 280 mm

Matrice : 384 x 512

Taille du pixel : 0,55 x 0,55 mm

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Santé 2012-2014

L'image médicale

L'imagerie médicale

Corps humain (crâne, coeur, thorax, ...)

CT, IRM, Med. Nuc., US, TO, ...

Numérisation spatiale, en intensité, temporelle

Archivage, communication, format fichier

Filtrage, recalage, segmentation, analyse, ...

Planaire, surfacique 3D, volumique, ...

Radiologue, clinicien, chirurgien, ...

Patient

Organe

Acquisition

Numérisation

Gestion des images

Traitement image

Visualisation

Médecin

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Santé 2012-2014

L'image médicale IRM

Les artéfacts : le mouvement

Image origine

Mouvement milieu de la séquence

Mouvement pendant acquisition haute fréquence

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Santé 2012-2014

L'image médicale IRM

Les artéfacts : le mouvement

Mouvements des yeux

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Santé 2012-2014

L'image médicale IRM

Les artéfacts : l'inhomogénéités RF

Image origine

Artéfact inhomogénéité

Image corrigée

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Santé 2012-2014

L'image médicale IRM

Les artéfacts : les problèmes de shim

Image origine

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDSPACH-STIC - Santé 2012-2014

L'image médicale IRM

Les artéfacts : le bruit

Image origine

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISPAQU-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale

Droite ou gauche

Convention neurologique
la gauche est à gauche, la droite est à droite

Convention radiologique
la gauche est à droite et la droite à gauche

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISPAQU-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale

L'imagerie médicale

Corps humain (crâne, coeur, thorax, ...)

CT, IRM, Med. Nuc., US, TO, ...

Numérisation spatiale, en intensité, temporelle

Archivage, communication, format fichier

Filtrage, recalage, segmentation, analyse, ...

Planaire, surfacique 3D, volumique, ...

Radiologue, clinicien, chirurgien, ...

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISPAQU-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale

Gestion des images : Stockage, archivage

- Stockage des images :
 - supports : (disque dur 2 To), CD ROM (600Mo), DVD (4,5 - 9Go), cartouche, jukebox, ..) ;
 - format des images (DICOM, raw data, NIFTI,)
- Gestion de bases de données d'images (PACS)
- Communication images entre systèmes

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISPAQU-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale

L'imagerie médicale

Corps humain (crâne, coeur, thorax, ...)

CT, IRM, Med. Nuc., US, TO, ...

Numérisation spatiale, en intensité, temporelle

Archivage, communication, format fichier

Filtrage, recalage, segmentation, analyse, ...

Planaire, surfacique 3D, volumique, ...

Radiologue, clinicien, chirurgien, ...

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISPAQU-STIC - Sem 2013-2014

L'image médicale

Le traitement d'images médicales

- Quelle est la question médicale à laquelle on souhaite répondre
- Que faut il comme information pour répondre à la question
- Comment répondre à la question à partir des informations

Traitement images médicales - Jean-Paul AMISPAQU-STIC - Sem 2013-2014



L'image médicale

Le traitement d'images médicales

- Y a-t-il une modification anatomique cérébrale chez les schizophrènes ?
- IRM 3D T1 d'un groupe témoins et des schizophrènes.
- Morphométrie anatomique ; méthode de type VBM (Voxel based morphométrie)

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Sem8 2013-2014



L'image médicale

Principaux problèmes du traitement d'images médicales

- Reconstruction d'images (Tomographie), problèmes inverses
- Restauration des données (Biais, filtrage, ...),
- Segmentation en régions,
- Visualisation,
- Mise en correspondance (Recalage),
- Représentations des formes et des textures,
- Statistiques,
- Morphométrie,
- Analyse du mouvement,
- Modélisation (Atlas, ...),
- Simulation,
- Robotique médicale,
-

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Sem8 2013-2014



L'image médicale

L'imagerie médicale

Corps humain (crâne, coeur, thorax, ...)

CT, IRM, Med. Nuc., US, TO, ...

Numérisation spatiale, en intensité, temporelle

Archivage, communication, format fichier

Filtrage, recalage, segmentation, analyse, ...

Planaire, surfacique 3D, volumique, ...

Radiologue, clinicien, chirurgien, ...

Patient

Organe

Acquisition

Numérisation

Gestion des images

Traitement image

Visualisation

Médecin

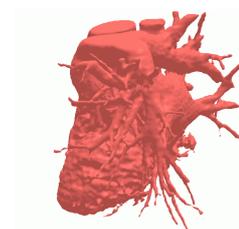
Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Sem8 2013-2014



L'image médicale

Visualisation 3D

Suite cours Julien. LAMY



Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Sem8 2013-2014



L'image médicale

Synthèse

- L'image médicale occupe une place prépondérante dans l'action médicale (diagnostic, pronostic, thérapie).
- L'image médicale permet d'observer l'intérieur du corps humain sans destruction.
- Il existe différentes modalités d'acquisition des images (multi-modalité) (Scanner X, IRM, Imagerie Nucléaire, Echographie).
- L'image médicale permet d'observer l'anatomie (morphologique) ou la fonction (fonctionnelle)
- Trois discrétisations d'une image médicale (spatiale, intensité, temporelle)
- L'image n'est jamais parfaite, il y a du bruit (appareillage, discrétisation, reconstruction, ..), des artéfacts.

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACU-STIC - Sem8 2013-2014