



Traitement des Images Médicales

Jean-Paul ARMSPACH
armspach@ipb.u-strasbg.fr
Institut Physique Biologique
4, rue Kircheleger
67085 STRASBOURG Cedex
Localisation : <http://www-ipb.u-strasbg.fr/tim>

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACH, Master ESTI 2006-2007



Traitement des Images Médicales

Le Plan

- L'image en médecine
- La reconstruction d'images
- Le recalage rigide et non-rigide d'images
- Création et utilisation des atlas
- L'IRM fonctionnelle
- La segmentation d'images
- La détection statistique de changements
 - Détection de changements dans des séquences temporelles d'images (intra patients)
 - Comparaison de populations (inter patients)
 - Morphométrie anatomique
 - Atlas fonctionnel
- Visualisation des images (Medimax).

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACH, Master ESTI 2006-2007



Traitement des images médicales

Intégrer l'image médicale dans la stratégie médicale.

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACH, Master ESTI 2006-2007



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
- La Thérapeutique
 - Les médicaments
 - La médecine interventionnelle
 - La chirurgie
 - La radiothérapie
 - La thérapie relationnelle
- La recherche clinique

Traitement images médicales - Jean-Paul ARMSPACH, Master ESTI 2006-2007



La stratégie médicale

L'image médicale

- Permet d'obtenir une image in vivo du corps humain
- 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 provient
 - soit d'une observation directe : lésion cutanée, endoscopie, lame d'histologie, ...
 - soit de système biophysique : radiographie, échographie, ...
 - soit enfin d'une reconstruction mathématique : IRM, TDM, scintigraphie, ...
- L'image médicale peut être statique ou dynamique, morphologique ou fonctionnelle

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master I277 2006/2007



La stratégie médicale

L'image médicale

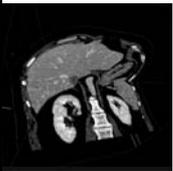
- L'image traitée informatiquement permet d'obtenir :
 - une reconstruction tridimensionnelle d'un organe ou d'un tissu ;
 - un film montrant les mouvements d'un organe (cœur);
 - une imagerie quantitative qui représente les valeurs mesurées pour certains paramètres biologiques dans un volume donné ;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

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master I277 2006/2007



La stratégie médicale

L'image médicale :reconstruction



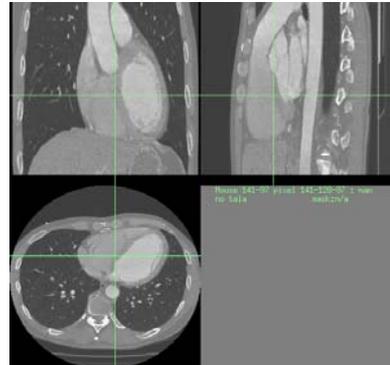
Reconstruction abdomen : IRCAD

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master I277 2006/2007



La stratégie médicale

L'image médicale : mouvement

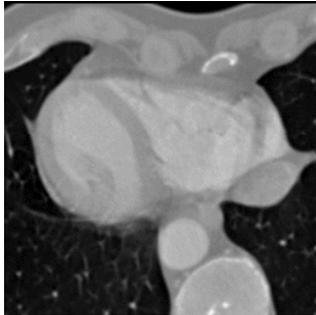


Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master I277 2006/2007



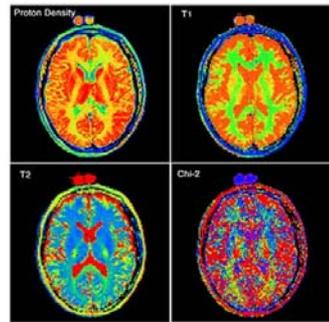
La stratégie médicale

L'image médicale : mouvement



La stratégie médicale

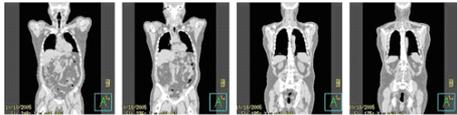
L'image médicale : image quantitative



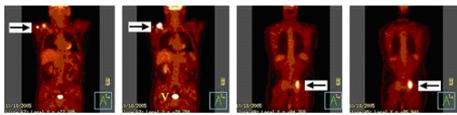
La stratégie médicale

L'image médicale : multi-modalité

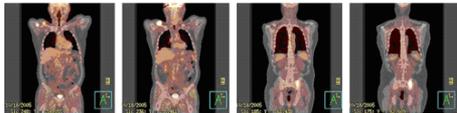
TDM



PET F18-FDG

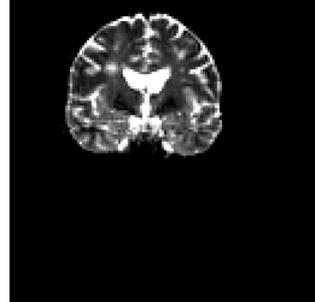


Fusion



La stratégie médicale

L'image médicale : évolution pathologie



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

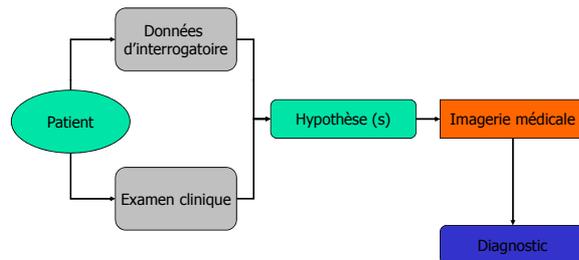


L'image médicale dans le diagnostic

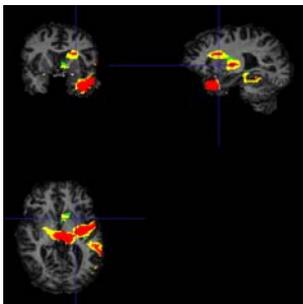
- Elle peut être
 - Le seul ou meilleur moyen pour affirmer un diagnostic par la visualisation des signes pathognomoniques de la pathologie
 - Le seul moyen d'éliminer une hypothèse
 - Le seul moyen de visualiser l'étendu d'une pathologie (lésions, atrophie, fracture, ...)
 - Un moyen d'apporter des 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)



L'image médicale dans le diagnostic Élément du diagnostic



L'image médicale dans le diagnostic Fusion images en épilepsie

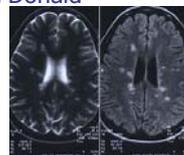


Superposition des images IRM/TEMP d'un patient présentant une épilepsie temporal gauche : mise en évidence des foyers épileptogènes par une hyper perfusion locale

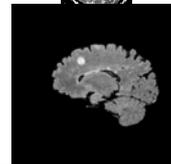


L'image médicale dans le diagnostic Diagnostic SEP : Critère Mac Donald

- 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





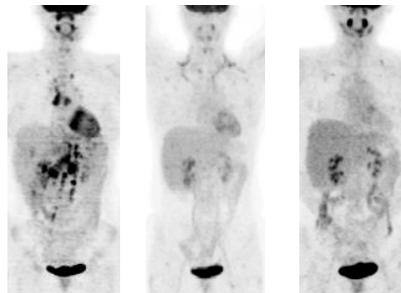
L'image médicale dans la thérapie

- 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, ...)



L'image médicale dans la thérapie

Suivi d'un lymphome



Pre-therapy

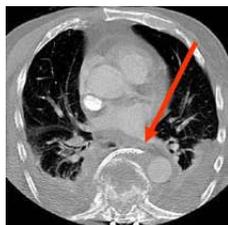
2 cycles - chimiothérapie

6 cycles - chimiothérapie



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.

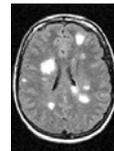


L'image médicale dans le pronostic

IRM anormale en SEP

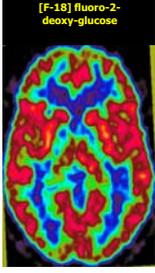
si ≥ 1 lésion en IRM après un 1^{er} épisode : pronostic à 10ans

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



L'image médicale

Quelques images médicales



PET

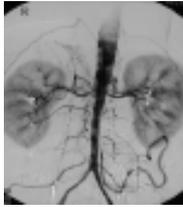
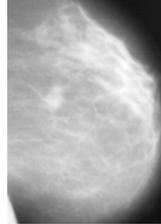
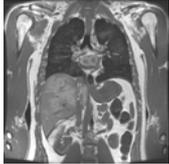
Scanner X

Ultrason

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master 1977-2006-2007

L'image médicale

Quelques images médicales

Angiographie

mammographie

Coupe anatomique

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master 1977-2006-2007

L'image médicale

Domaines de l'imagerie médicale



- Acquisition des images médicales
 - (IRM, Scanner X, échographie, Médecine Nucléaire...)
- Traitements des images médicales
- Modélisation et visualisation des images médicales
 - Rendu volumique, réaliste
 - Fusion des images
- Planification et simulation de l'acte chirurgical
- Système de communication et archivage des images médicales
 - Échange et transfert
 - Format DICOM
 - Stockage et archivage
 - PACS (Picture Archiving and Communication System)

Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master 1977-2006-2007

L'image médicale

L'imagerie médicale



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

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

Codage spatial, en intensité, temporel

Archivage, communication, format fichier

Filtrage, recalage, segmentation, analyse, ...

Planaire, surfacique 3D, volumique, ...

Radiologue, clinicien, chirurgien, ...

```

    graph TD
      Patient([Patient]) --> Organe[Organe]
      Organe --> Acquisition[Acquisition]
      Acquisition --> Numérisation[Numérisation]
      Numérisation --> Gestion[Gestion des images]
      Gestion --> Traitement[Traitement image]
      Traitement --> Visualisation[Visualisation]
      Visualisation --> Medecin([Médecin])
  
```

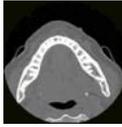
Traitement images médicales - Jean-Paul ARNDT/ICM - Master 1977-2006-2007



L'image médicale

Acquisition : sources de l'image

- Images en émission (Imagerie Nucléaire, infra-rouges, IRM, ...);
- Images en transmission = absorption (Scanner X, Optique, ...);
- Images en réflexion : cas le plus courant (échographie, ...)



Traitement images médicales - Jean-Paul LAMONDON-ROUJON - Master 1277 2006-2007



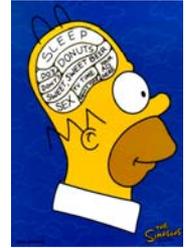
L'image médicale

Différentes modalités d'imagerie médicale

IRM étudie l'anatomie du cerveau.



L'IRMf (IRM fonctionnelle) étudie l'activité cérébrale.



Traitement images médicales - Jean-Paul LAMONDON-ROUJON - Master 1277 2006-2007



L'image médicale

Différentes modalités d'imagerie médicale

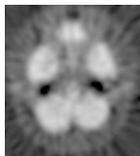
IMAGERIE ANATOMIQUE

- 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)

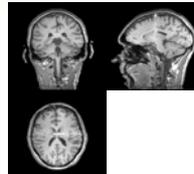


Traitement images médicales - Jean-Paul LAMONDON-ROUJON - Master 1277 2006-2007



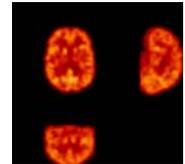
L'image médicale

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 :

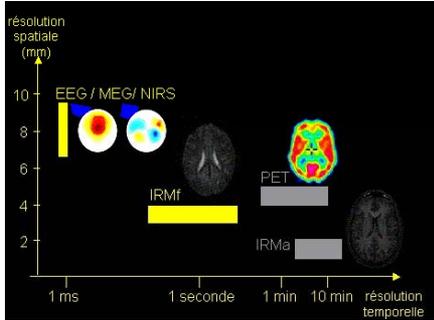
- Tomoscintigraphie par émission monophotonique (TEMP)
- Tomographie par émission de positons (TEP)
- imagerie cognitive par résonance magnétique (IRMf) (effet BOLD)
- Spectroscopie RMN (Biochimique)
- EEG, MEG
- Tomographie optique

Traitement images médicales - Jean-Paul LAMONDON-ROUJON - Master 1277 2006-2007



L'image médicale

Différentes modalités d'imagerie médicale



L'image médicale

Image numérique : les trois discrétisations

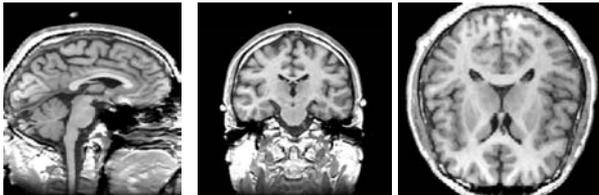
- Discrétisation spatiale (dans l'espace)
 - Image 2D $f(x,y)$ => Tableau 2D $f(i,j)$ (pixel)
 - Image 3D $f(x,y,z)$ => Tableau 3D : $f(i,j,k)$ (voxel) (le plus fréquent)
 - La taille d'un pixel ou voxel (résolution spatiale) exprimée en mm
 - champs de vue (FOV)/dimension du tableau
- Discrétisation 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



L'image médicale IRM

Image volumique

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



Sagittal

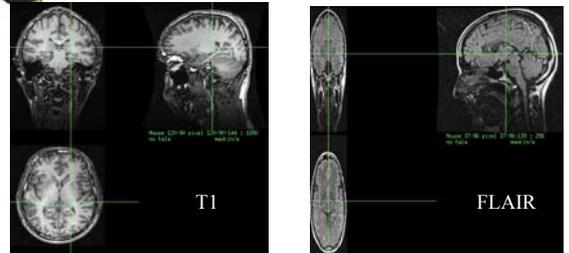
Coronal

Axial



L'image médicale IRM

Image volumique



T1

FLAIR

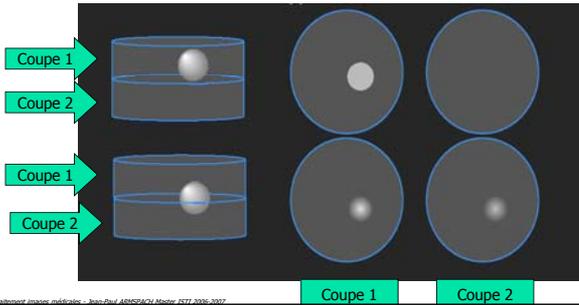
- $I(x,y,z)$ fonction de la densité et structure des protons
- Résolution millimétrique 16 Millions de voxels



L'image médicale

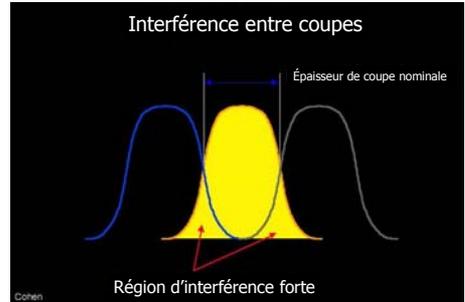
Numérisation : l'effet de volume partiel

- La valeur de densité apparente est faussée



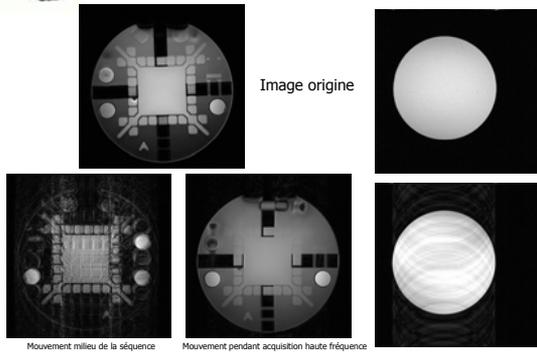
L'image médicale IRM

Numérisisation : le plan de coupe



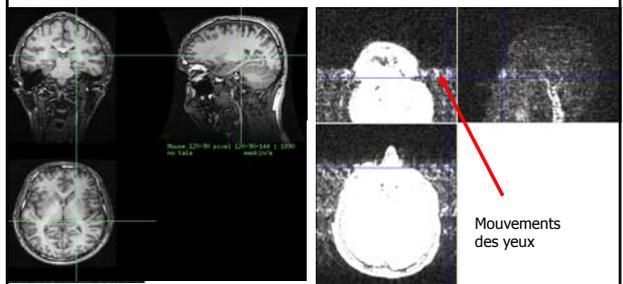
L'image médicale IRM

Les artéfacts : le mouvement



L'image médicale IRM

Les artéfacts : le mouvement





L'image médicale IRM

Les artéfacts : l'inhomogénéités RF

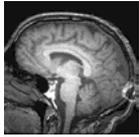
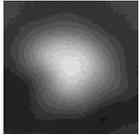
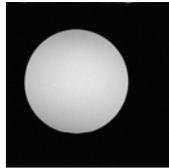


Image origine



Artéfact inhomogénéité

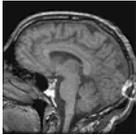
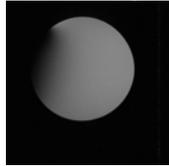


Image corrigée



L'image médicale IRM

Les artéfacts : les problèmes de shim

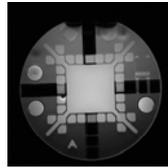
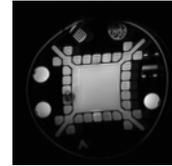


Image origine



L'image médicale IRM

Les artéfacts : le bruit

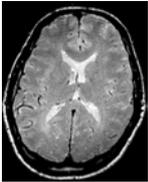
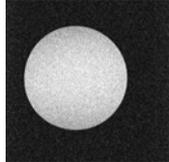


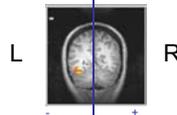
Image origine



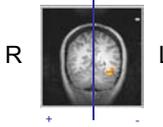
L'image médicale

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





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 LAMONDON, Membre IRTM 2006-2007



L'image médicale

Principaux problèmes du traitement d'images médicales

- Reconstruction d'images (Tomographie),
- 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 LAMONDON, Membre IRTM 2006-2007



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 LAMONDON, Membre IRTM 2006-2007



L'image médicale

Synthèse

- L'image médicale occupe une place prépondérante dans l'action médicale (diagnostic, thérapie, pronostic).
- 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 (spatial, intensité, temporelle)

Traitement images médicales - Jean-Paul LAMONDON, Membre IRTM 2006-2007