

Techniques de Visualisation Médicale

Thomas Bonfort
Laure Heigéas

Étude d'Approfondissement
RICM3

Objectifs : Comment visualiser des données médicales ?

- Qu'est-ce que la visualisation ?
Compréhension d'un phénomène simulé ou observé.
- Données médicales
Données 3D mesurées à partir de différentes techniques :
IRM, scanner, échographie, scintigraphie
Observées grâce aux techniques de visualisations :
Marching cube, lancé de rayon, projection de voxels
- Il ne s'agit pas de simulation
- Traiter des données physiquement existantes

Pourquoi ?



- Visualiser l'intérieur du corps humain... Sans découper le corps, un regard à l'intérieur non-chirurgical

Pourquoi ?

- Difficulté de reconstruire mentalement un volume de données à partir de coupes
 - faible différence d'intensité, branchement d'une coupe à la suivante
- Visualiser permet
 - de voir dans toutes les directions de l'espace un volume de densités
 - d'analyser les informations de façon plus approfondie que l'œil humain.
- Assistance du radiologue dans son travail :
 - diagnostiquer ou contrôler une action thérapeutique.

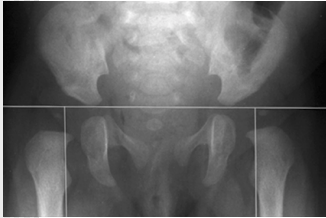
Les Thèmes Abordés

- Les techniques d'acquisition de données
- Les techniques de visualisation
- Autres perspectives

L'acquisition des données

- Historique des techniques d'acquisition
- Sur quelles données travailler ?

1895: les rayons X



- Rayons X absorbés par les tissus, puis visualisation sur papier sensible
- Images bruitées, floues et distordues
- Rayons nocifs pour le patient

1927: la tomographie



- Aussi appelé scanner
- Utilise les rayons X émis dans un plan
- Permet d'obtenir des coupes nettes

1952: l'échographie



- Utilise des ultrasons émis dans un plan
- Les tissus renvoient un écho, permettant d'obtenir une coupe
- Inoffensif et facile à mettre en œuvre

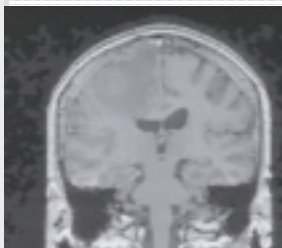
1955 : la scintigraphie



- Permet d'obtenir la concentration d'un marqueur radioactif préalablement injecté



1971: la résonance magnétique



- Informe sur la densité de protons dans les tissus
- Permet d'obtenir des coupes précises
- Pas de dangers connus

1990: scanner hélicoidal (CT)



- Le patient est sur une table mobile
- Permet d'obtenir des reconstructions équivalentes aux modèles en résine

L'acquisition des données

- Historique des techniques d'acquisition
- Sur quelles données travailler ?

Les données à traiter

- En général une fonction $f(x,y,z)$ ou $f(x,y,z,t)$
- Peut représenter une densité, une température, une concentration...
- Les appareils modernes fournissent plusieurs millions de points. Selon le résultat voulu, on peut soit en supprimer, soit en rajouter par interpolation. Les points peuvent être échantillonnés ou non.
- L'objectif est de transformer ces données sous forme d'image

Les Thèmes Abordés

- Les techniques d'acquisition de données
- Les techniques de visualisation
- Autres perspectives


Techniques de visualisation

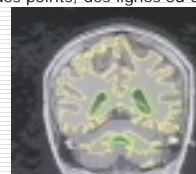
- Requièrent
 - une grande capacité de mémoire
 - 256 x 256 x 128, soit plus de 8 300 000 voxels
 - et de vitesse de calcul.
- Diminution coût des stations de travail graphiques de qualité depuis les années 80
- Explosion des algorithmes de visualisation

Techniques de visualisation

- Pré-traitement
- Visualisation par surfaces
- Visualisation par pixels
- Visualisation par volume

Pré-traitement

- Restauration: suppression des défauts liés aux processus physique d'acquisition 
- Segmentation: déterminer les régions d'intérêt
 - extraire des points, des lignes ou des régions

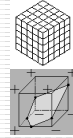


Techniques de visualisation

- Pré-traitement
- **Visualisation par surfaces**
- Visualisation par pixels
- Visualisation par volume

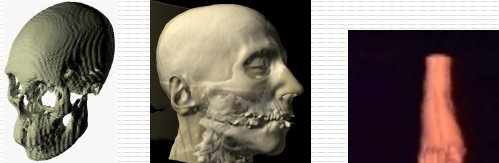
Visualisation par surfaces Marching-cubes

- Iso surfaces définies par :
 - $S = \{(x, y, z) \mid F(x, y, z) = \text{constante}\}$.
En médecine la constante sera souvent une densité
- Evaluer F sur une grille cubique uniforme : voxels
- Intersection de S avec les arêtes de chaque voxels
- Trianguler les polygones
- Lissage de la surface et calcul des normales aux triangles pour l'ombrage.
- Affichage RGB + opacité
 - Synthèse d'image



Visualisation par surfaces Marching cube

- Avantages et inconvénients
 - (+) Pour les surface fermée, ajuster une primitive
 - (+) Rendu avec la synthèse d'images (hardware)
 - (-) Beaucoup de polygones
 - (-) Problèmes de précision : faux trous ou bosses
 - (-) Pas de progression de densité autour de la surface

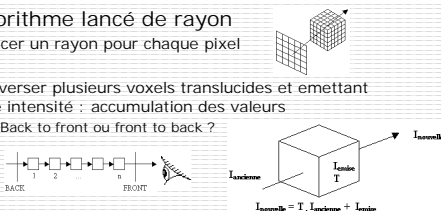


Techniques de visualisation

- Pré-traitement
- Visualisation par surfaces
- **Visualisation par pixels**
- Visualisation par volume

Visualisation par pixels d'un volume semi-transparent

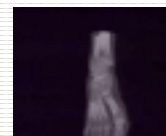
- L'algorithme lancé de rayon
 - Lancer un rayon pour chaque pixel
 - Traverser plusieurs voxels translucides et émettant une intensité : accumulation des valeurs
 - Back to front ou front to back ?
- Appliquer une fonction de transfert à l'intensité pour attribuer une couleur à chaque pixel



Visualisation par pixels d'un volume semi-transparent

- Avantages et inconvénients
 - (+) dégradé d'intensité
 - (+) Efficace si le volume est opaque
 - (-) Difficulté d'interprétation des images floues
 - (-) Plus coûteux en temps CPU qu'un algorithme de rendu de surface
 - (-) Sans parallélisation, données volumiques toutes stockées en mémoire
- Un exemple de lancé de rayon simplifié : MIP, Maximum Intensity Projection

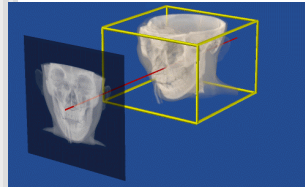
Signal du sang rehaussé
Détection par IRM



Techniques de visualisation

- Pré-traitement
- Visualisation par surfaces
- Visualisation par pixels
- **Visualisation par volume**

Le splatting



- Précalculer la projection d'un voxel en fonction du nombre de pixels qu'il intersecte
- Projeter chaque voxel en utilisant les précalculs et en ajoutant les informations de transparence et de couleur

Splatting (suite)



- (+) Permet de traiter des gros volumes de données
- (+) Peut être parallélisé facilement
- (-) Pas de temps réel: ± 1 fps

Projection de tétraèdres

- Affiche les données sous forme de nuages
- Chaque cellule est projetée sur l'écran, puis on triangule les projections
- (+) Fait par le hardware, donc rapide
- (-) Imprécis

Ce que ça donne...



Les Thèmes Abordés

- Les techniques d'acquisition de données
- Les techniques de visualisation
- **Autres perspectives**

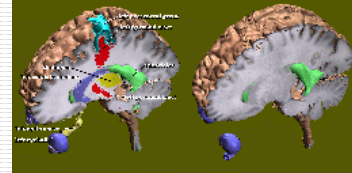
Autres perspectives

- Simulation
 - Modéliser un patient virtuel afin de simuler un protocole thérapeutique et d'en évaluer les effets.
 - Enseignement et entraînement de certains gestes
 - ex : chirurgie endoscopique
 - Exemple : thèse de Gilles Debonne
 - Création d'un simulateur chirurgical d'opérations minimalement invasives



Autres perspectives

- Analyse automatique
 - Logiciels dédiés à l'analyse d'images médicales
 - Ex: détection et mesure de toute variation anormale à partir d'atlas anatomiques probabilistes obtenus par morphométrie



Autres perspectives

- Réalité augmentée
 - Contrôle en temps réel pendant un intervention chirurgicale en superposant sur une image
 - des structures (anatomique, pathologiques)
 - ou un instrument virtuel afin de confirmer un geste tel que l'incision ou l'insertion de prothèse avant d'être effectivement réalisé.
- Robotique
 - Réalisation de gestes médicaux par un robot asservi à des images pendant l'intervention (per-opérateurs)
 - télé-opération, opération chirurgicale à distance