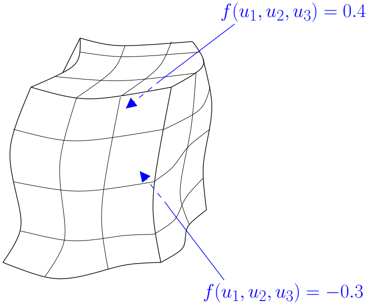
Visualisation-Multiresolution
8-Données Scalaires Volumiques

Polytech-Grenoble

1er semestre 2008

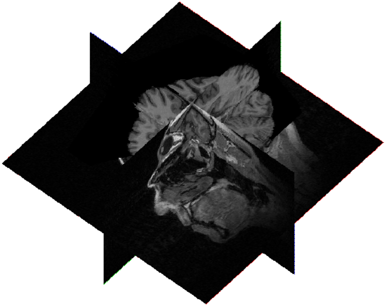
Données scalaires volumiques

- On désigne par V le volume sur lequel est définie le champ f dépendant de (u_1, u_2, u_3) (souvent une grille rectangulaire $(u_1, u_2, u_3) = (x, y, z)$).
- On est plongé dans $\mathbb{R}^3$.



Slicing

- Idée : On découpe des “tranches” de surfaces prédéfinie dans V.
- On colore la **densitée** rencontré (niveau de gris, texture, ...)
- On affiche $f(u_1 = \text{const}, u_2, u_3)$, $f(u_1, u_2 = \text{const}, u_3)$, $f(u_1, u_2, u_3 = \text{const})$.



Rendu sur variété

- On peut considérer des 2-variétés quelconques
- Question : Comment choisir la surface

Isosurface

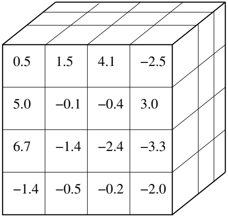
- Une surface particulière souvent utilisée : l'**Isosurface**
  Isosurface d'isovaleur *a* de la fonction *f* est

$$\{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 | f(x, y, z) = a\}$$

- On fait évoluer *a* pour obtenir différentes surfaces
- Comment construire une surface triangulée ?

Marching-Cube : Introduction

- But : Construire une surface triangulée à partir d'un champ volume discret donnée par $f(x, y, z) - a$.
- Premier brevet logiciel en inforgraphie en 1985 par Lorensen and Cline.
- Données d'entrées : Grille $3D$ suivant (x, y, z) de (N_i, N_j, N_k) sommets.



Marching-Cube : Principe

- On parcours cube à cube
- On calcule le signe de $f(x_i, y_j, z_k) - a$
- On considère les différents cas possibles
- La valeur 0 est obtenue par interpolation

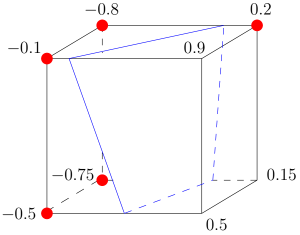
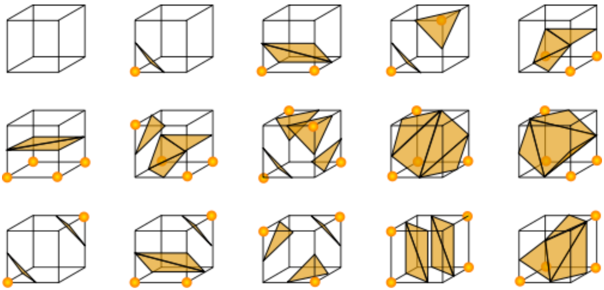


FIG.: Exemple d'un cas

Marching-Cube : Différents Cas

- En tout : 256 cas possible
- Se ramène à 15 cas de bases (on retrouve les 256 par rotation)

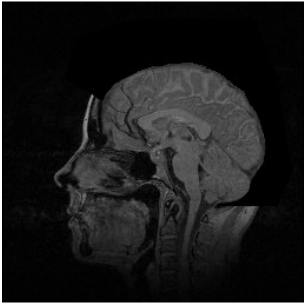


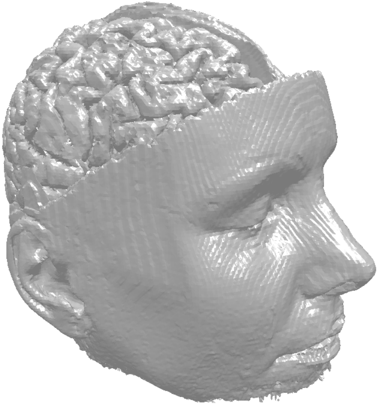
Marching-cube : Avantage-Inconvénients

- $\oplus$ Rapidité d'éxecution
- $\ominus$ Aspect cubique
  - Lissage du volume
  - Lissage de la surface finale
  - Adéquation médicale ?
- $\ominus$ Cas litigieux

Exemple d'isosurface : IRM

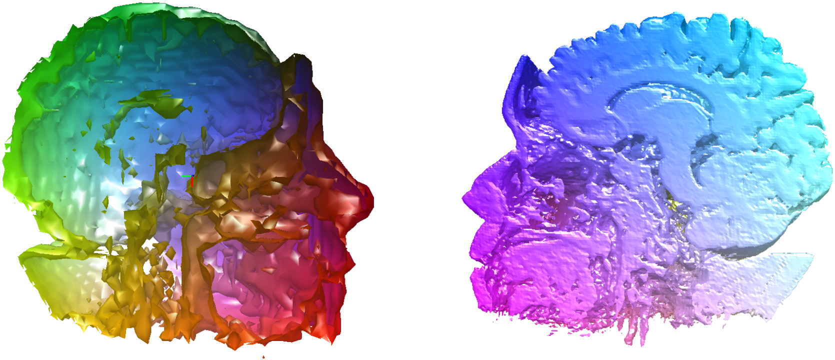
- Données IRM ($256 \times 256 \times 99$)





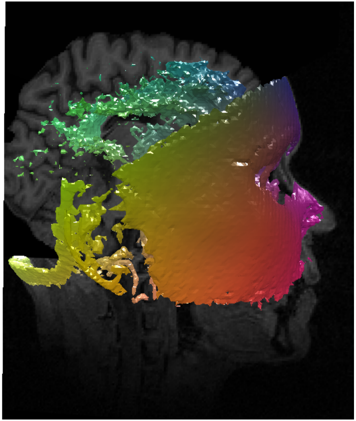
Exemple d'isosurface : IRM

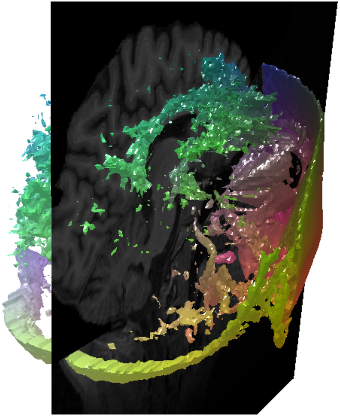
- Structures interne observable en coupant la surface.
- Valeurs aux frontières donne l'aspect du maillage.



Exemple d’isosurface : IRM

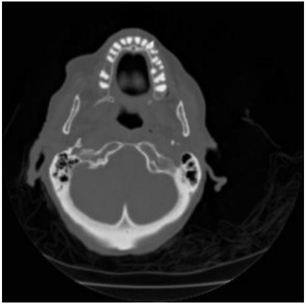
- Combine slicing + isosurface

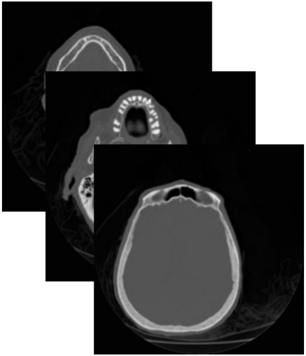




Exemple d'isosurface : CT

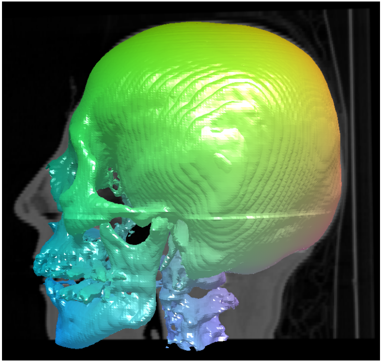
- Donnée CT (Rayons X)
- Information morphologique : peau/os
- ($256 \times 256 \times 99$)





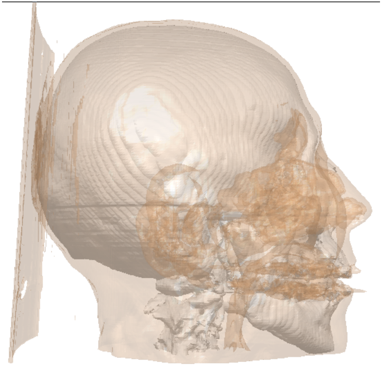
Exemple d’isosurface : CT

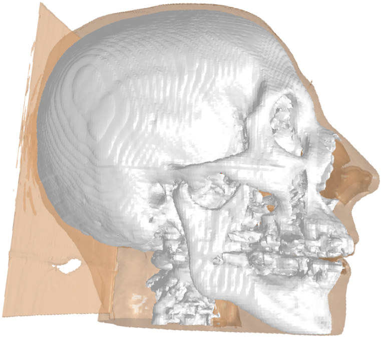
- 2 Informations majeurs de peau + os
- Intérêt de la combinaison coupe + isosurface



Exemple d'isosurface : CT

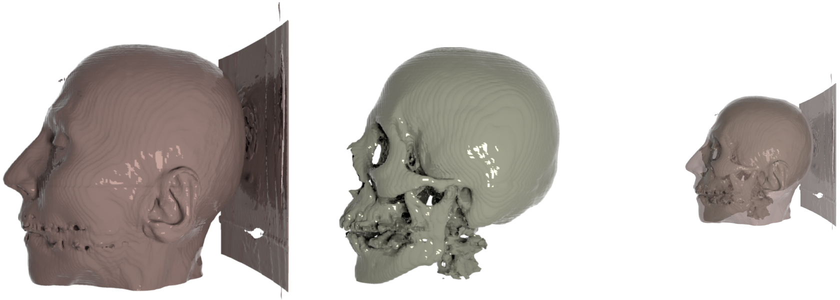
- Possibilité de cumule d'informations surfacique par transparence





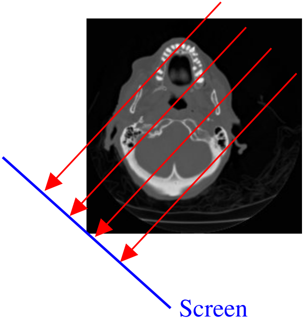
Exemple d'isosurface : CT

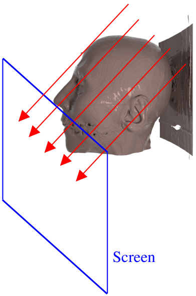
- Ajout d'un rendu, visualisation morphologique



Rendu Volumique

- Rendu direct des valeurs du volume projectées sur un plan.
- Par rotation, on a l'impression de $3D$.
- On rend l'objet "transparent"
- *Principe général* : On lance des rayons et on affecte une couleur en fonction du trajet parcouru = **ray-casting**

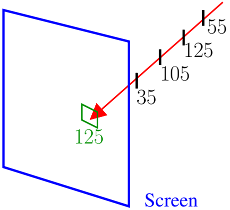




Maximum Intensity Projection (MIP)

- On lance une série de rayons perpendiculaires au plan de la caméra
- On affecte au pixel correspondant l'intensité maximale rencontrée.

$\oplus$ Très utilisé en imagerie-médicale
$\ominus$ Effet de profondeur inexistant
$\Rightarrow$ nécessite une animation.



Maximum Intensity Projection (MIP) : Théorie

- Plan $\mathcal{P}$ définie par un point $\mathbf{x}_0$ et une normale $\mathbf{n}$.

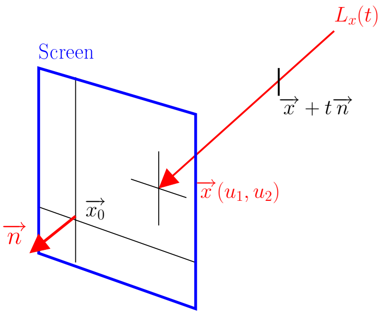
$$\mathbf{x}(u_1, u_2) = \mathcal{P} \Rightarrow (\mathbf{x} - \mathbf{x}_0) \cdot \mathbf{n} = 0$$

- Ligne L telle que

$$L_{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{x}(u_1, u_2) + t\,\mathbf{n}$$

- On affecte au pixel

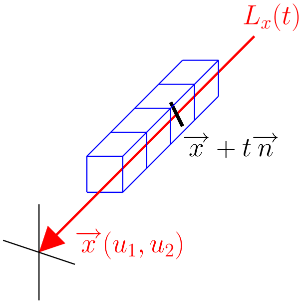
$$I(u_1, u_2) = \max_t f\Big(L_{\mathbf{x}}(t)\Big)$$



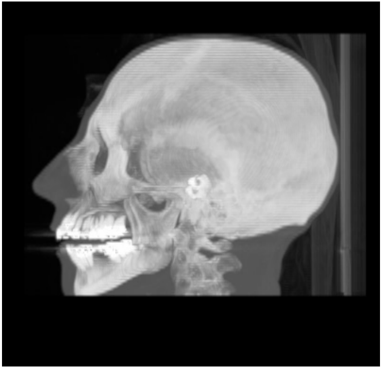
Maximum Intensity Projection (MIP)

- En discret :

```
pour tout (x[i],y[j]) du plan
  pour tout t de la droite d'integration
    X = (x[i],y[j],z) + t*normal
    I(i,j) = max(f(X),I(i,j))
```

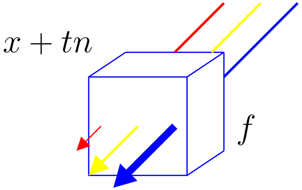


Maximum Intensity Projection (MIP)



Fonction de transfert

- Dans le cas général, on affecte une fonction lors de la progression.
- $I(i,j) = \mathcal{F}\Big(t, \mathbf{x}, f_{\mathbf{x}}(\gamma(t))\Big)$
- Chaque position possède
  - Une absorbtion/attenuation α
  - Une intensité/couleur C

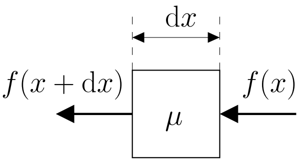


Rappel sur l'atténuation

- Soit une attenuation $\alpha(t)$ en un point de la droite paramétré par t.
- Soit une section $\mathrm{d}L$.
- Une intensitée lumineuse f arrive en $L(t)$.
- La perte d'intensitée en $L(t) + \mathrm{d}t$ est proportionnelle à f incident, et à l'épaisseur $\mathrm{d}t$.

$$\Rightarrow f(L(t) + \mathrm{d}t) - f(L(t)) = -\alpha\, f(L(t))\mathrm{d}t$$

$$\Rightarrow f(L(t)) = f(L(t_0))e^{\int_{t'=t_0}^{t} -\alpha t' \mathrm{d}t'}$$



- L'intensité totale reçu sur le plan image $\gamma(0)$ est donc

$$I(u_1, u_2) = \int_{t=-\infty} f\Big(L(t)\Big)\, e^{-\displaystyle\int_{t'=t}^{0} \alpha t' \mathrm{d}t'}$$

Intégration discrète

- Classiquement on utilise des fonctions de “blending”
- Intensité de l’image en $k = 0$ est donnée par C_0 avec

$$C_{k-1} = \alpha\, C_{k+1} + (1-\alpha) f_k$$

Fonction de transfert

- Pour une valeur f_k donnée (temps donné), on peut affecter une couleur (R, G, B, A).
- A définit l'absorbtion.
- Tableau de correspondance de couleur / LUT / Fonction de transfert ...