

Visualisation Volumique

M2 CAO
damien.rohmer@imag.fr

Janvier 2010

- 1 Visualisation - Generalitees
 - Introduction
 - Exemples de visualisations
 - Classification

- 2 Donnees scalaires volumiques
 - Généralités
 - Procédés d'aquisitions
 - Implémentation

Visu Volumique

Visualisation - Generalitees
Donnees scalaires volumiques

Introduction
Exemples de visualisations
Classification

Introduction

Visualization is any technique for creating images, diagrams or animations to *communicate a message*.

Visualisation de données scientifiques :

- Abstraites (...)
- Physique theorique (fluides, ...)
- Medicales (Rayons X, IRM, Imagerie, ...)
- Techniques (Pieces mécaniques ...)
- ...

Visu Volumique

Visu Volumique

Visualisation - Generalitees
Donnees scalaires volumiques

Introduction
Exemples de visualisations
Classification

Problématique

- Données complexes : non visualisables directement (tenseurs, densités, ...)
- Données nombreuses : 10,100 Gb (paysages, scanners, ...)
- Données bruitées (médical, ...)

But : Arriver à visualiser ce qui est **significatif**, de manière **utile**, **rapidement**.

Visu Volumique

Quels type de données

Types de données variées

- champ scalaire (température, pression, ...)
- champ vectoriel (vitesse, orientation, ...)
- champ tensoriel (contraintes mécaniques, courbure, ...)

Défini on les données sur une surface, un volume ?

Champ scalaire

Surface du domaine ou caracteristiques internes



1 Visualisation - Generalitees

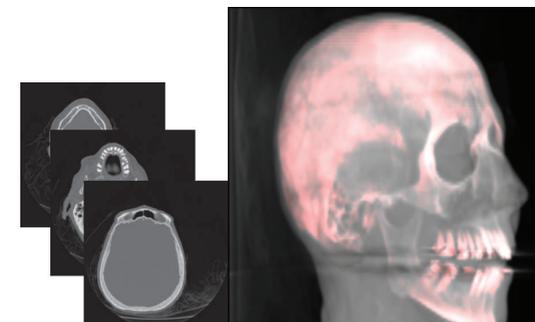
- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Donnees scalaires volumiques

- Généralités
- Procédés d'acquisitions
- Implémentation

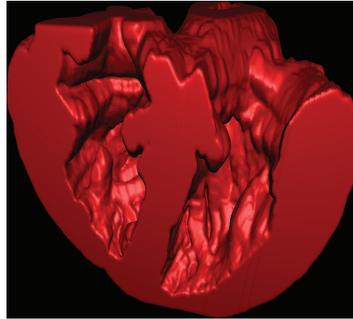
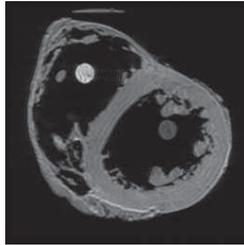
Champ scalaire

Section 2D ou vue volumique (isosurfaces, textures volumiques, ...)



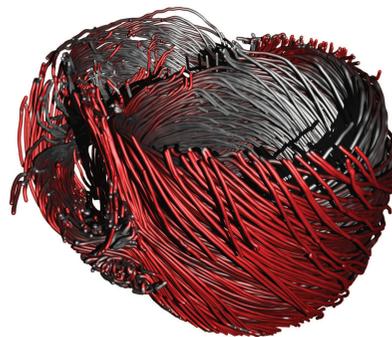
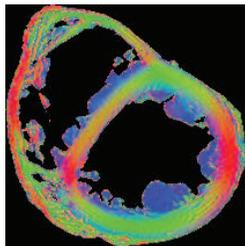
Champ scalaire

Section 2D ou isosurfaces 3D



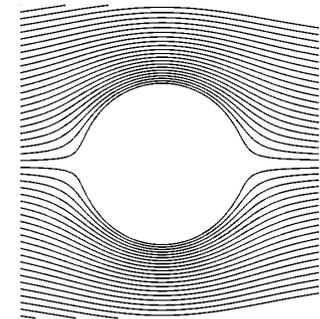
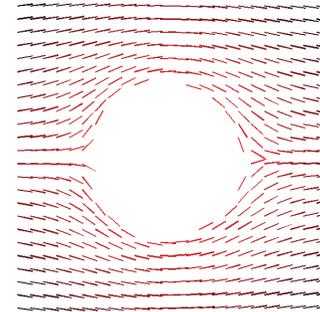
Champ Vectoriel

Vecteurs ou Trajectoires (les lignes de flux peuvent etre un objet reel)



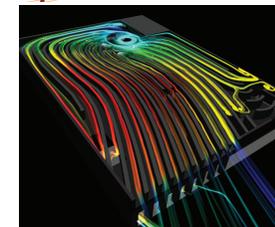
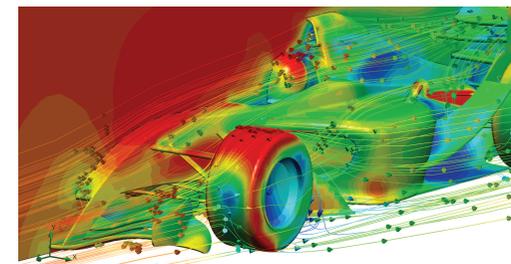
Champ Vectoriel

Vecteurs ou Trajectoires



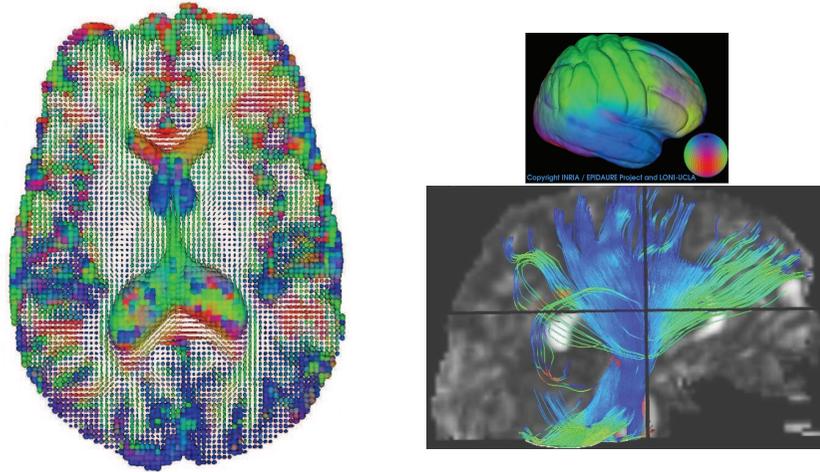
Champ Vectoriel

Simulations physiques complexes (streamlines, hyperstreamlines, ...)



Champ Tensoriel

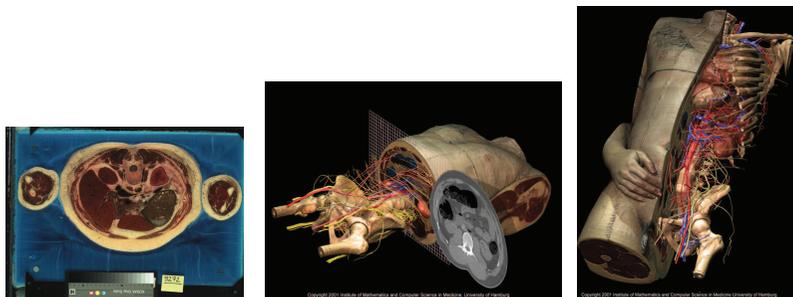
Matrices symétriques 3×3 . (Ellipsoïds, glyphs, orientation, fiber-tracking, ...)



Visu Volumique

Grand ensembles de Données

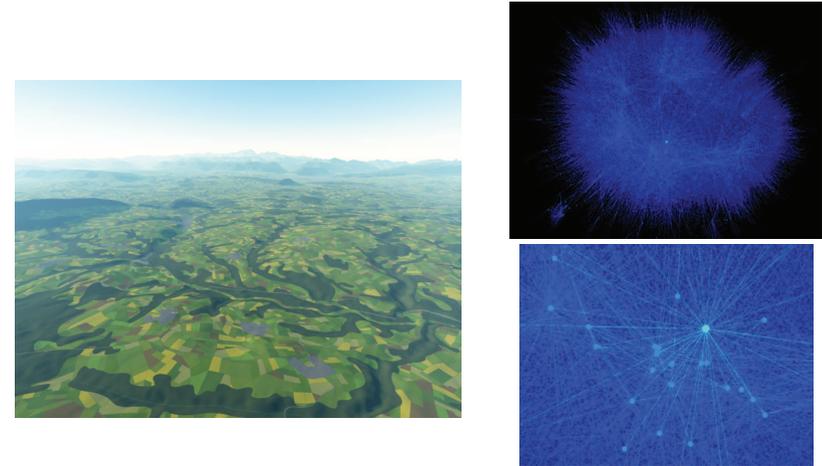
Visible Human Project 40GB (0.33mm)



Visu Volumique

Grand ensemble de Données

Les données physiques acquises sont souvent trop nombreuses !
(Cartographies, Réseaux, ...)



Visu Volumique

1 Visualisation - Generalitees

- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Donnees scalaires volumiques

- Généralités
- Procédés d'acquisitions
- Implémentation

Visu Volumique

Classification

On visualise $f : \begin{cases} \mathbb{R}^v \rightarrow \mathbb{R}^d \text{ plongé dans } \mathbb{R}^n \\ u \mapsto f(u) \end{cases}$

$d = 1$ champ scalaire
 $d > 1$ champ vectoriel
 $d = (i \times j)$ champ matriciel

$v = 1$ champ linéique
 $v = 2$ champ surfacique
 $v = 3$ champ volumique

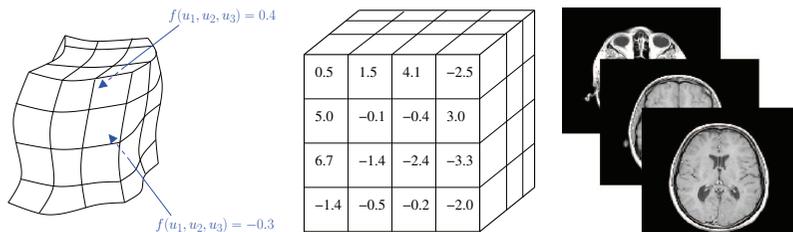
■ Cas particuliers fréquents

v	d	n	
2	1	2	Image n&b
2	3	2	Image couleur (texture)
2	1	3	Height-field (montagne)
3	1	3	Densité volumique



Notations

- Dans le cas de densités, on a : $f(u_1, u_2, u_3) = I \in \mathbb{R}$.
- Le plus généralement : $f(x, y, z) = I$.
- En discret : $f(k_x \Delta x, k_y \Delta y, k_z \Delta z) = I_{k_x, k_y, k_z}$.



1 Visualisation - Generalitees

- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

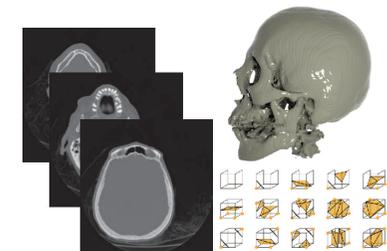
2 Donnees scalaires volumiques

- Généralités
- Procédés d'aquisitions
- Implémentation

Rappels

Ce que vous savez deja faire :

- Coupe surfacique dans le volume.
- Extraction d'isosurface (marching cubes/tetraedres).



Ce que l'on va voir :

- Rendu par transparence = Visu volumique



Avantage/Inconvénient

Approche surfacique

- ⊕ Précis
- ⊕ Réduction des données
- ⊖ Informations locales :
Connaissance préalable des données



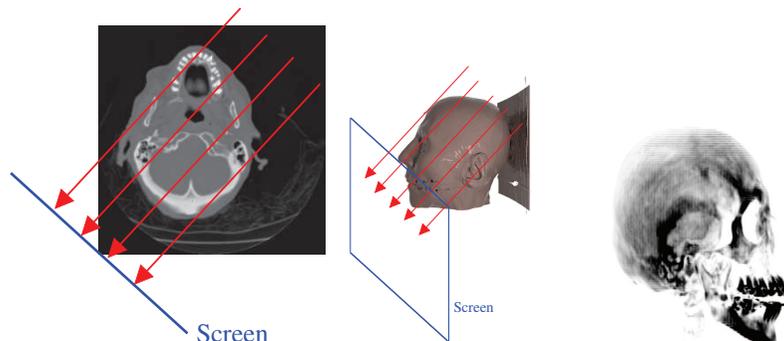
Approche volumique

- ⊕ Information globale,
visualisation directe
- ⊖ Peu précis, transparence
trompeuse



Pipe-line classique : Volumique dans un premier temps pour guider une visu surfacique.

- **But** : Modéliser une acquisition par transparence.
- **Problème** : Humains peu habitués à voir par transparence.
- **Principe général** : Ray-casting/tracing = On lance des *rayons* et on affecte une couleur en fonction du trajet parcouru et obstacles rencontrés.



1 Visualisation - Généralités

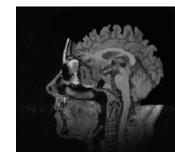
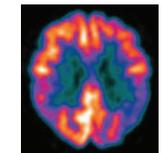
- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Données scalaires volumiques

- Généralités
- Procédés d'acquisitions
- Implémentation

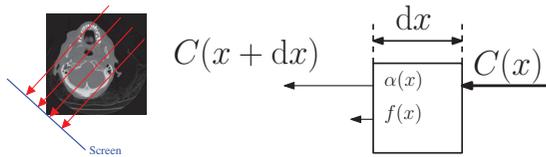
Modalité d'imagerie

- Rayons X (CT)
 - Anatomique
 - Mesure d'atténuation (problème inverse)
- Nucléaire (PET, SPECT)
 - Fonctionnel
 - Mesure d'émission atténuée (problème inverse - complexe)
- IRM
 - Anatomique (IRM classique, Angiographie) ou Fonctionnel
 - Mesure de densité (mesure directe)



Mise en equation

Cas d'émission atténuée



$$C(x + dx) = [1 - \alpha(x) dx] C(x) + \alpha(x) dx f(x)$$

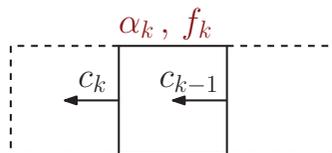
$$\Rightarrow C'(x) = -\alpha(x)C(x) + \alpha(x)f(x)$$

$$\Rightarrow C(x) = \left(\int_{x_0}^x \alpha(u)f(u) e^{\int_{x_0}^u \alpha(t) dt} + C(x_0) \right) e^{-\int_{x_0}^x \alpha(t) dt}$$

- Trouver C pour α, f donné = Visu volumique
- Trouver α, f pour C donné = Tomographie

Visu Volumique

Version discrete



Equation itérative discrète

$$C_k = (1 - \alpha_k) C_{k-1} + \alpha_k f_k$$

- α_k, f_k sont fonctions de l'intensité I du voxel.
 - ex. $\alpha_k = I_k/255, f_k = I_k$.
 - Plus généralement, on définit des fonctions de transferts \mathcal{F}, \mathcal{G} tels que $\alpha_k = \mathcal{F}(I_k), f_k = \mathcal{G}(I_k)$.

Visu Volumique

1 Visualisation - Généralités

- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Données scalaires volumiques

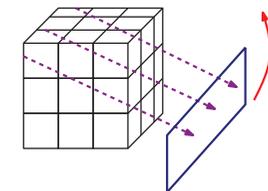
- Généralités
- Procédés d'acquisitions
- Implémentation

Visu Volumique

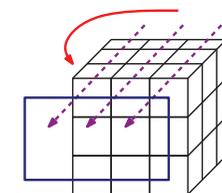
Implémentation

Deux approches :

- Lancé de rayons obliques



- Rotation du volume puis intégration sur un axe (texture 3D)



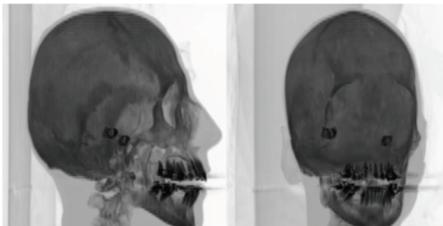
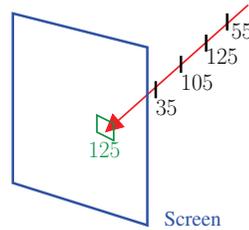
Facilement parallélisable.

Visu Volumique

Cas particulier : MIP

MIP=Maximum Intensity Projection : $c = \max_k(I_k)$.

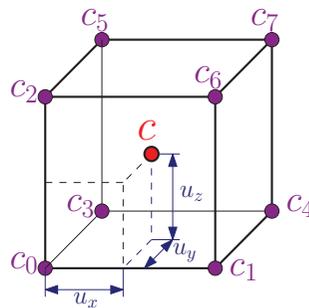
- ⊕ Rapide, simple.
- ⊕ Standard dans le monde médical.
- ⊖ Absence totale d'information de profondeur en statique.



Visu Volumique

Rappel : interpolation trlinéaire

$$\begin{aligned}
 c = & (1 - u_x)(1 - u_y)(1 - u_z) & c0+ \\
 & u_x(1 - u_y)(1 - u_z) & c1+ \\
 & (1 - u_x)(1 - u_y)u_z & c2+ \\
 & (1 - u_x)u_y(1 - u_z) & c3+ \\
 & u_x u_y(1 - u_z) & c4+ \\
 & (1 - u_x)u_y u_z & c5+ \\
 & u_x(1 - u_y)u_z & c6+ \\
 & u_x u_y u_z & c7
 \end{aligned}$$

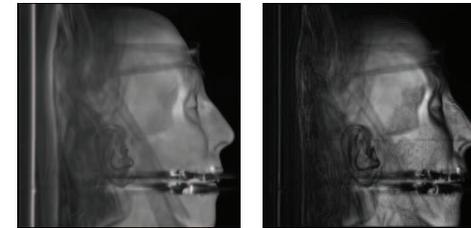
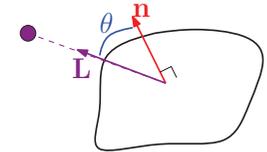


Visu Volumique

Eclairage

- Rappel : Éclairage diffus = $\cos(\theta)$, avec $\cos(\theta) = \langle \mathbf{L}, \mathbf{n} \rangle$.
- En un voxel donné, on approxime une surface de normale $\mathbf{n} = \frac{\nabla I}{\|\nabla I\|}$.
- En discret, une possibilité

$$\nabla I = \begin{pmatrix} I(k_x + 1, ky, kz) - I(k_x - 1, ky, kz) \\ I(k_x, ky + 1, kz) - I(k_x, ky - 1, kz) \\ I(k_x, ky, kz + 1) - I(k_x, ky, kz - 1) \end{pmatrix}$$



Visu Volumique

Librairies

Il existe des librairies toutes faites :

- VTK (the Visualization ToolKit). Lourd mais complet et efficace.
<http://www.vtk.org/>
- Volume rendering library (Stanford). Classique, Ancien.
<http://www-graphics.stanford.edu/software/volpack/>
- ImageVis3D. (Utah)
<http://www.sci.utah.edu/cibc/software/41-imagevis3d.html>
- V3. Rapide sur GPU : <http://www.stereofx.org/volume.html>

Visu Volumique