

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

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 ...)
- ...

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**.

Quels type de données

Types de données variées

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

Définit on les données sur une surface, un volume ?

1 Visualisation - Generalitees

- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Donnees scalaires volumiques

- Généralités
- Procédés d'aquisitions
- Implémentation

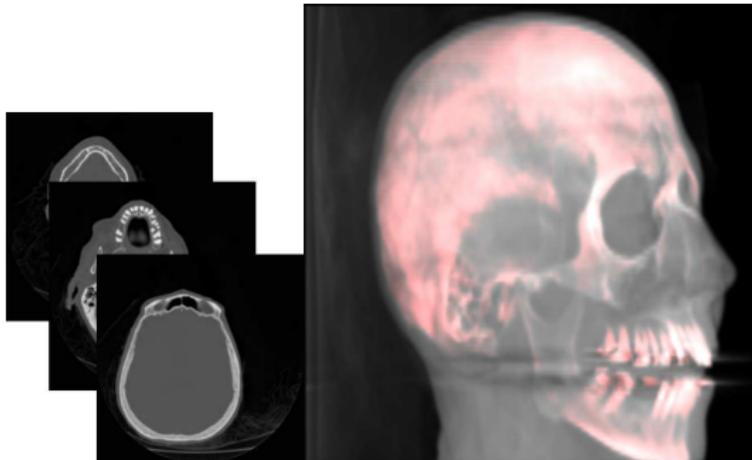
Champ scalaire

Surface du domaine ou caracteristiques internes



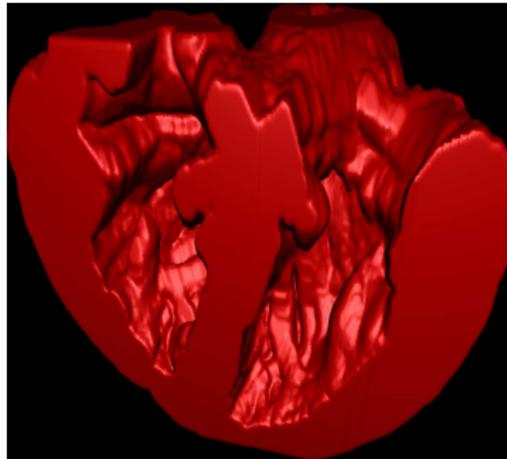
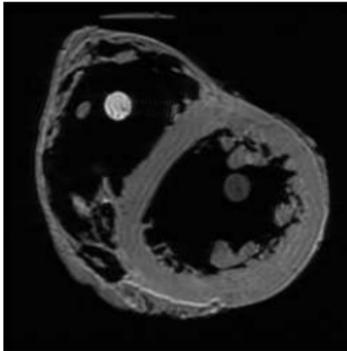
Champ scalaire

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



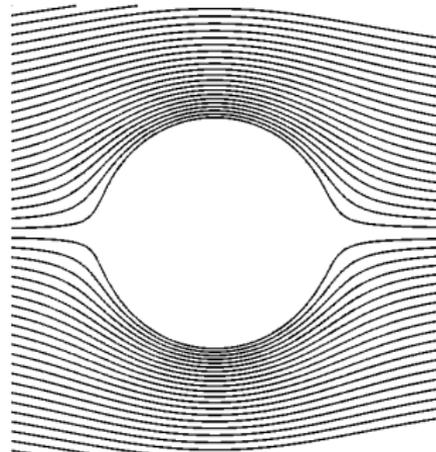
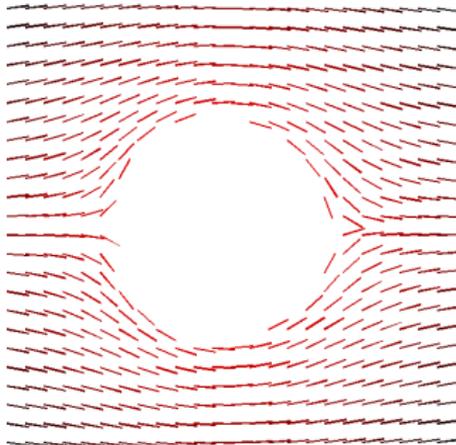
Champ scalaire

Section 2D ou isosurfaces 3D



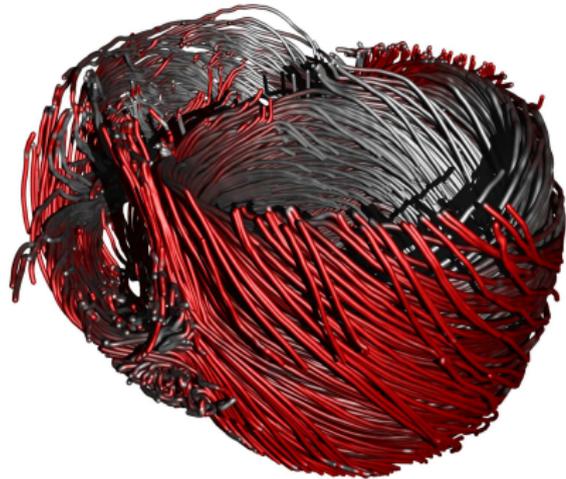
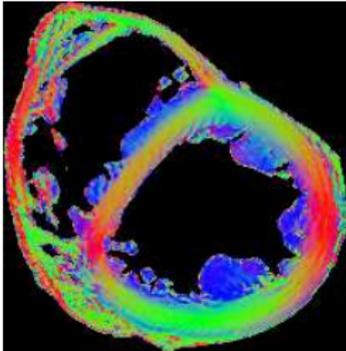
Champ Vectoriel

Vecteurs ou Trajectoires



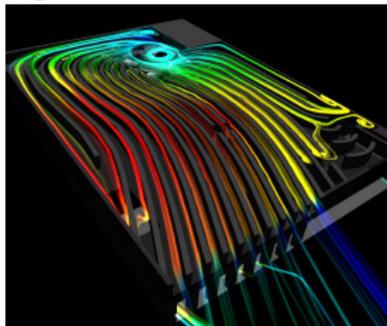
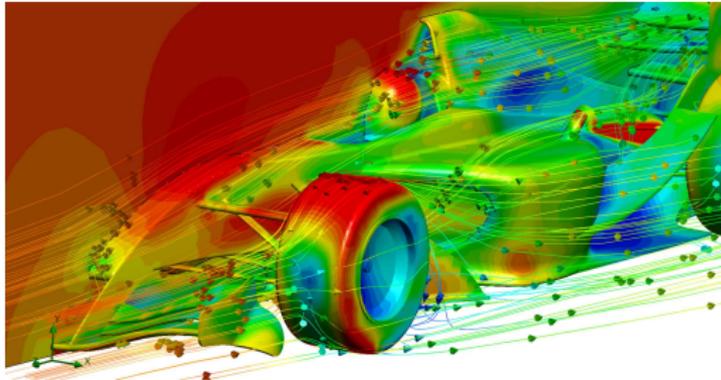
Champ Vectoriel

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



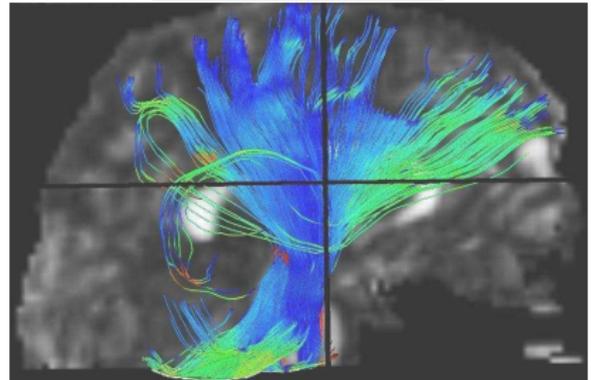
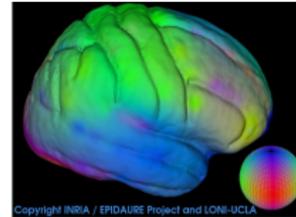
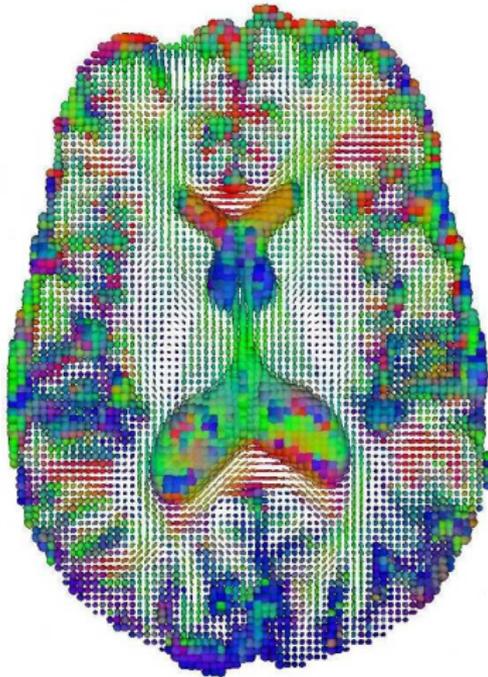
Champ Vectoriel

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



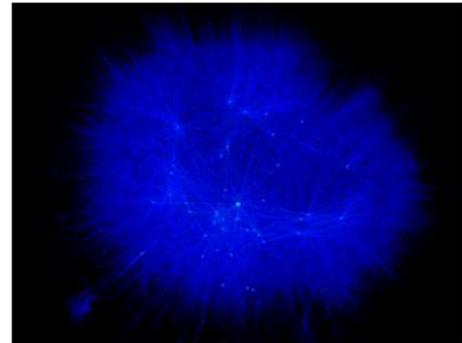
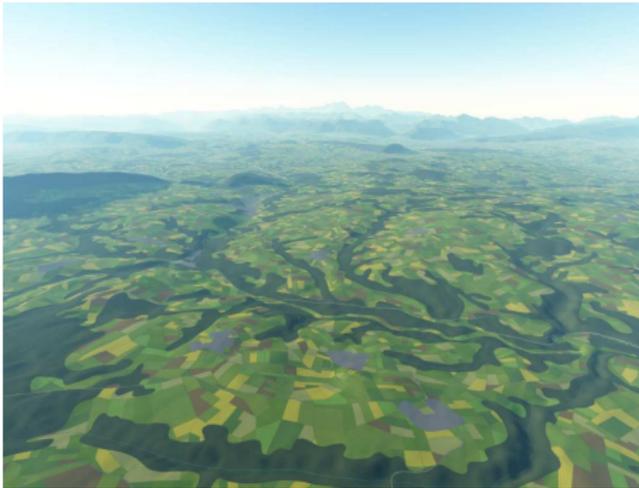
Champ Tensoriel

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



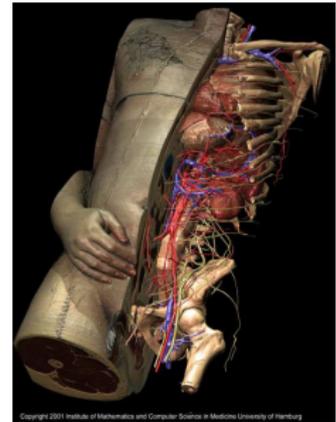
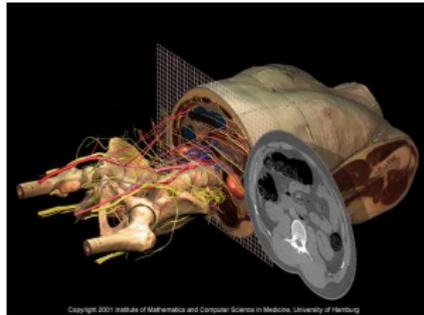
Grand ensemble de Données

Les données physiques aquises sont souvent trop nombreuses !
(Cartographies, Reseaux, ...)



Grand ensembles de Données

Visible Human Project 40GB (0.33mm)



1 Visualisation - Generalitees

- Introduction
- Exemples de visualisations
- **Classification**

2 Donnees scalaires volumiques

- Généralités
- Procédés d'aquisitions
- Implémentation

Classification

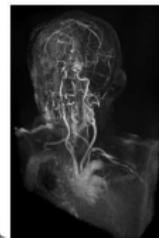
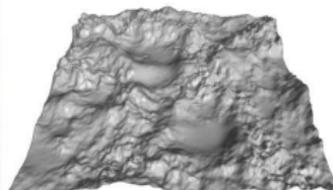
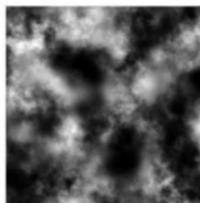
On visualise $f : \begin{cases} \mathbb{R}^v & \rightarrow \mathbb{R}^d \text{ plongé dans } \mathbb{R}^n \\ u & \mapsto f(u) \end{cases}$

| | |
|--------------------|-----------------|
| $d = 1$ | 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 |



1 Visualisation - Generalitees

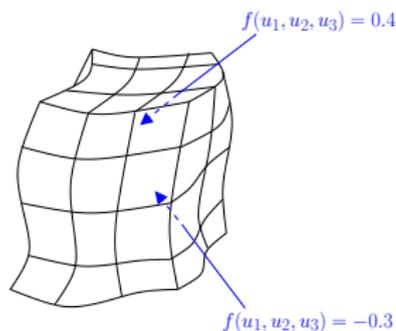
- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Donnees scalaires volumiques

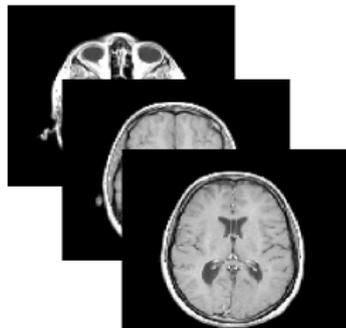
- Généralités
- Procédés d'aquisitions
- Implémentation

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 : $f(k_x \Delta x, k_y \Delta y, k_z \Delta z) = I_{k_x, k_y, k_z}$.



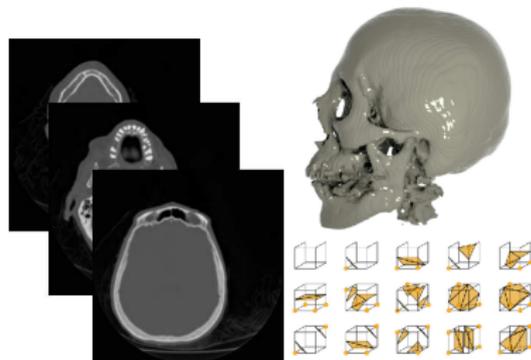
| | | | |
|------|------|------|------|
| 0.5 | 1.5 | 4.1 | -2.5 |
| 5.0 | -0.1 | -0.4 | 3.0 |
| 6.7 | -1.4 | -2.4 | -3.3 |
| -1.4 | -0.5 | -0.2 | -2.0 |



Rappels

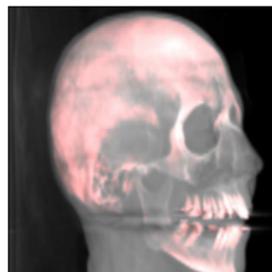
Ce que vous savez déjà faire :

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



Ce que l'on va voir :

- Rendu par transparence =
Visu volumique



Avantage/Inconvénient

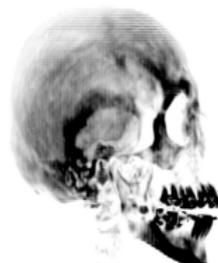
Approche surfacique

- ⊕ 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.

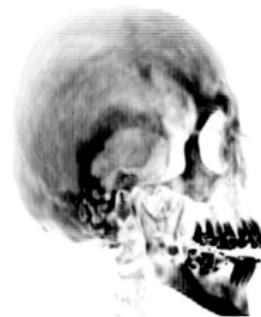
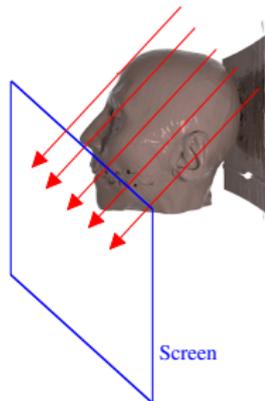
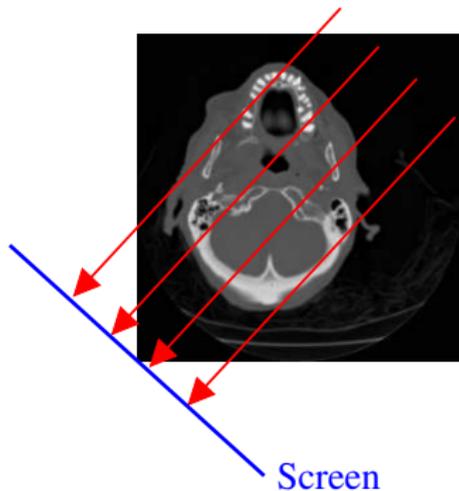
1 Visualisation - Generalitees

- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Donnees scalaires volumiques

- Généralités
- **Procédés d'aquisitions**
- Implémentation

- **But** : Modéliser une acquisition par transparence.
- **Probleme** : 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.

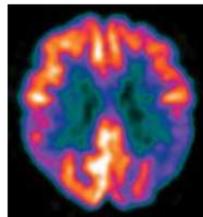


Modalité d'imagerie

- Rayons X (CT)
 - Anatomique
 - Mesure d'atténuation (problème inverse)

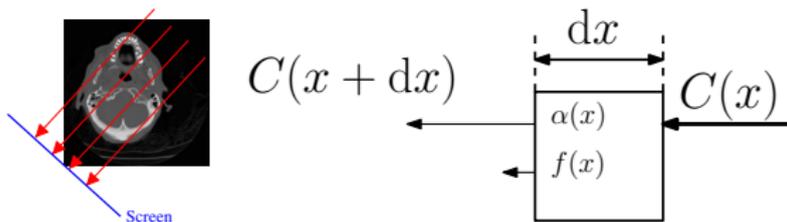
- Nucléaire (PET,SPECT)
 - Fonctionnel
 - Mesure d'émission atténuée (problème inverse - complexe)

- 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

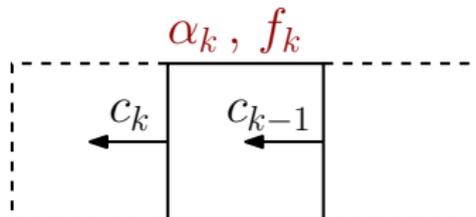
1 Visualisation - Generalitees

- Introduction
- Exemples de visualisations
- Classification

2 Donnees scalaires volumiques

- Généralités
- Procédés d'aquisitions
- Implémentation

Version discrete



Equation itérative discrète

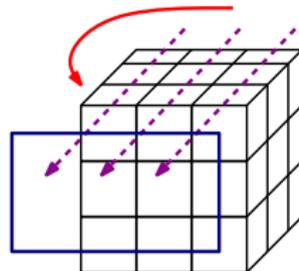
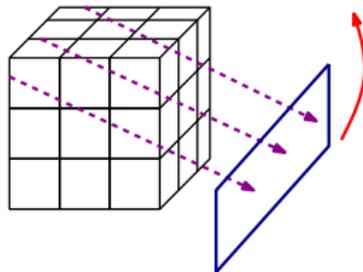
$$c_k = (1 - \alpha_k) c_{k-1} + \alpha_k f_k$$

- 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 transfert \mathcal{F}, \mathcal{G} tels que $\alpha_k = \mathcal{F}(I_k), f_k = \mathcal{G}(I_k)$.

Implémentation

Deux approches :

- Lancé de rayons obliques
- Rotation du volume puis intégration sur un axe (texture 3D)

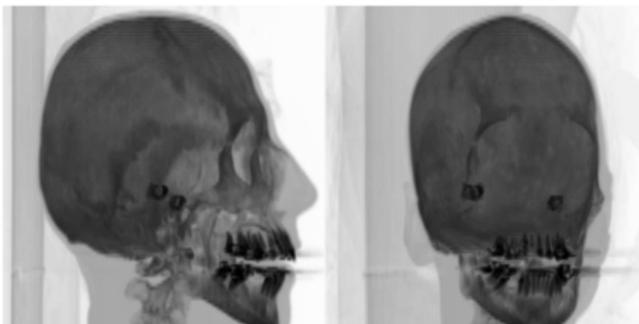
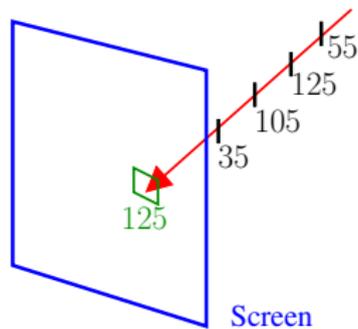


Facilement parallélisable.

Cas particulier : MIP

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

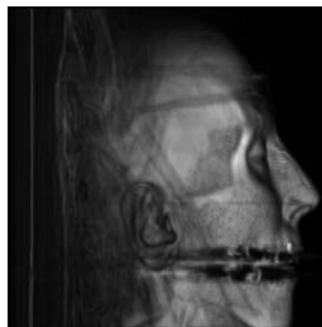
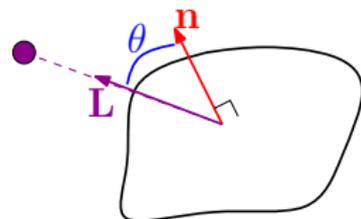
- ⊕ Rapide, simple.
- ⊕ Standard dans le monde médical.
- ⊖ Absence totale d'information de profondeur en statique.



Eclairage

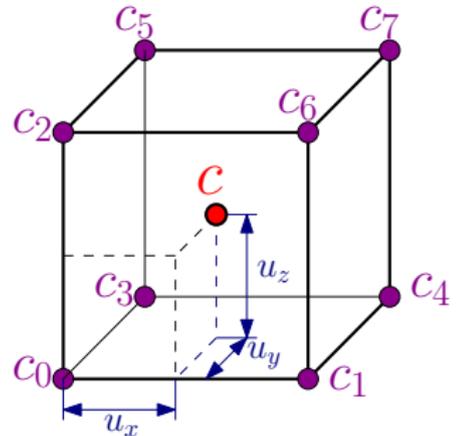
- Rappel : Éclairage diffus = $\cos(\theta)$, avec $\cos(\theta) = \langle \mathbf{L}, \mathbf{n} \rangle$.
- En un voxel donné, on approxime une surface de normale $\mathbf{n} = \frac{\nabla I}{\|\nabla I\|}$.
- En discret, une possibilité

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



Rappel : interpolation trilineaire

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



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>