Visualisation - Isosurface

M1 info
damien.rohmer@imag.fr

Avril 2010

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, densitées, . . .)
- 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 variés

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

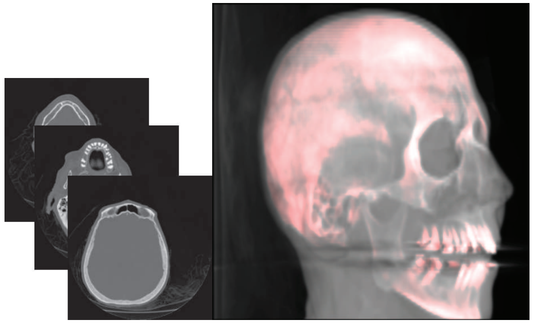
Définit on les données sur une surface, un volume ?

Champ scalaire

Surface du domaine ou caracteristiques internes

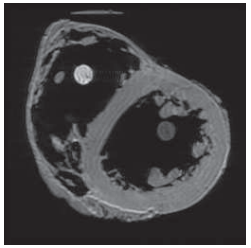
Champ scalaire

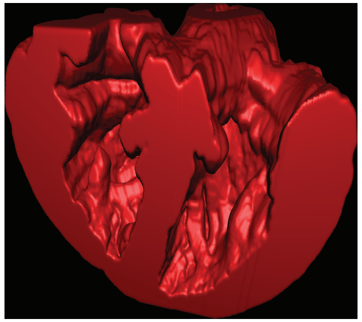
Section 2D ou vue volumique (isosurfaces, textures volumiques, . . .)



Champ scalaire

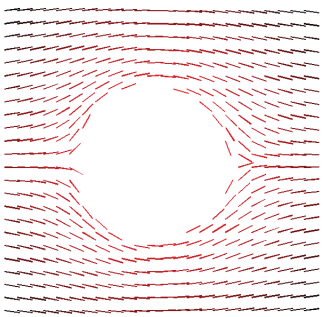
Section 2D ou isosurfaces 3D

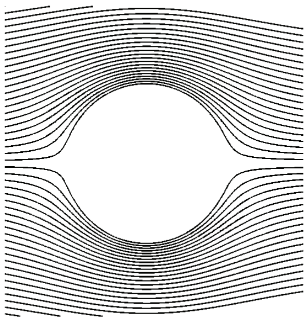




Champ Vectoriel

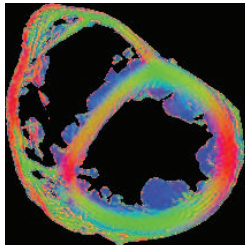
Vecteurs ou Trajectoires

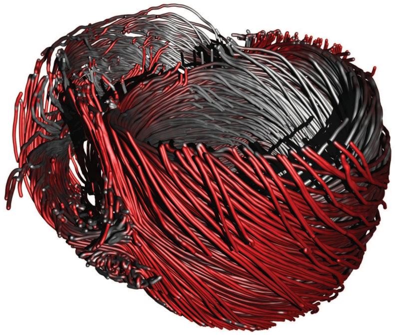




Champ Vectoriel

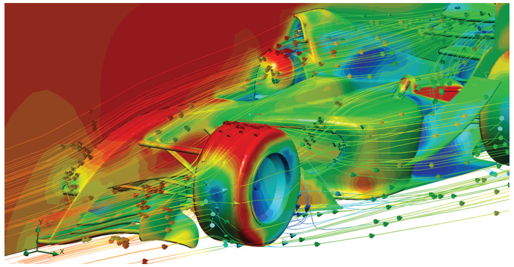
Vecteurs ou Trajectoires (les lignes de flux peuvent etre un objet reel)

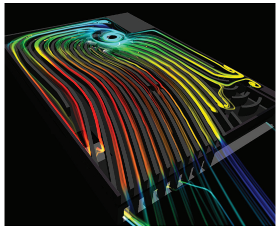




Champ Vectoriel

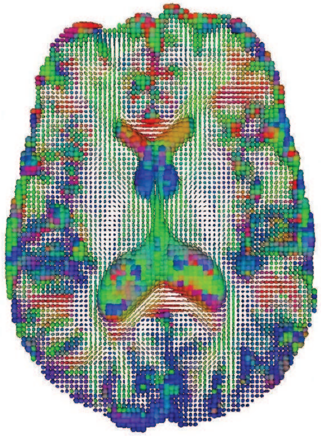
Simulations physiques complexes (streamlines, hyperstreamlines, . . .)

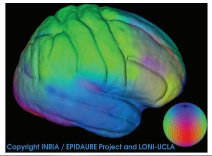


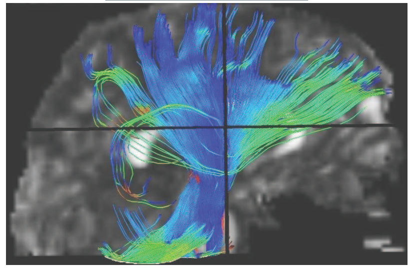


Champ Tensoriel

Matrices symétriques 3 $\times$ 3. (Ellipsoids, glyphs, orientation, fiber-tracking, . . .)

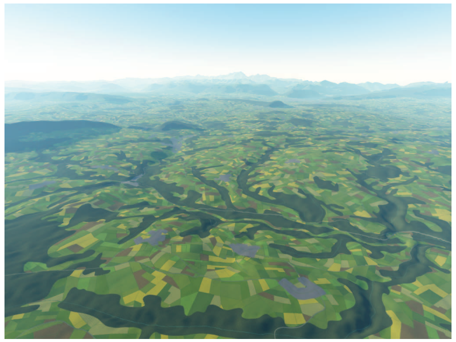


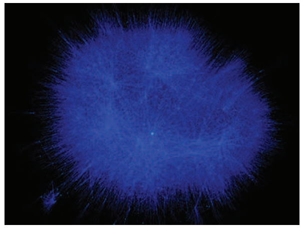


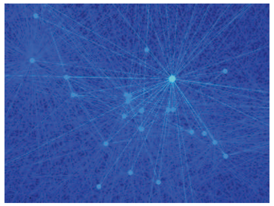


Grand ensemble de Données

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

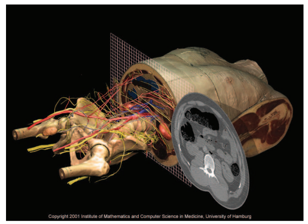


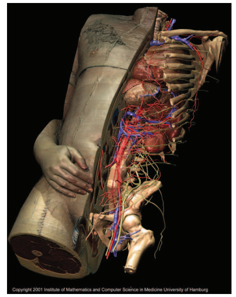




Grand ensembles de Données

Visible Human Project 40GB (0.33mm)





Classification

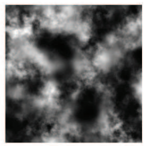
On visualise $f : \begin{cases} \mathbb{R}^v & \rightarrow & \mathbb{R}^d \text{ plongé dans } \mathbb{R}^n \\ u & \mapsto & f(u) \end{cases}$

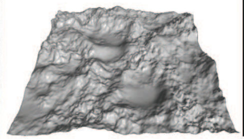
$d = 1$	champ scalaire
$d > 1$	champ vectoriel
$d = (i \times j)$	champ matriciel

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

- Cas particuliers fréquents

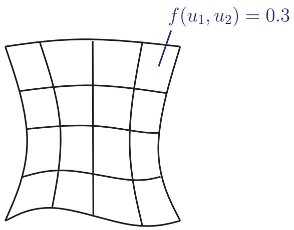
v	d	n	
2	1	2	Image n&b
2	3	2	Image couleur (texture)
2	1	3	Height-field (montagne)
3	1	3	Densité volumique



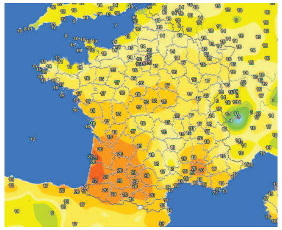



Notations

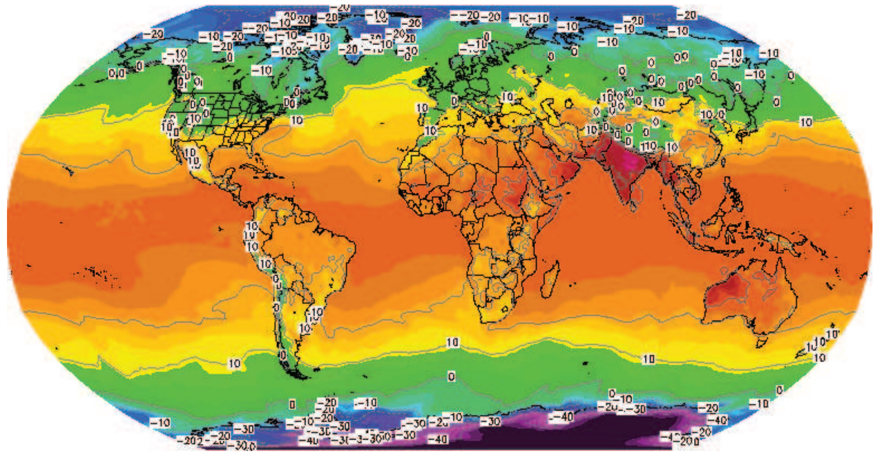
- Dans le cas de densités, on a :$f(u_1, u_2) = I \in \mathbb{R}$.
- Le plus généralement : $f(x, y) = I$.
- En discret : $f(k_x \Delta x, k_y \Delta y) = I_{k_x,k_y}$.



0.5	−0.2	1.1
1.5	0.5	0.9
−0.1	0.0	0.7



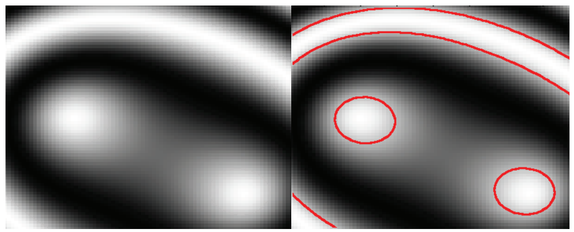
Exemples



Exemples

But

- Visualiser les isolignes
- Tracer les courbes se placant sur une valeur donnée
- dénomination : isolignes, iso/equi-potentiel, courbe de niveau, ...

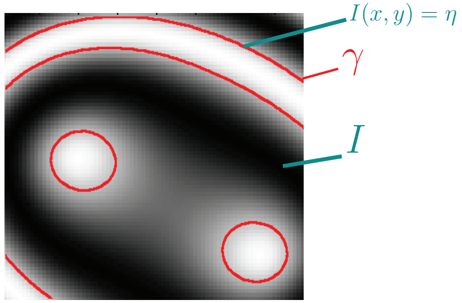


Entré - sortie

- Entré : Densité I 2D sur une grille discrète + isovaleur η
- Sortie : Ensemble de courbes

$$\{\gamma = (x, y) \in \mathbb{R}^2 | I(x, y) = \eta\}$$

(cas dégénérés : points, régions)



Exemples - cas continu

Pour $\eta = 0$:

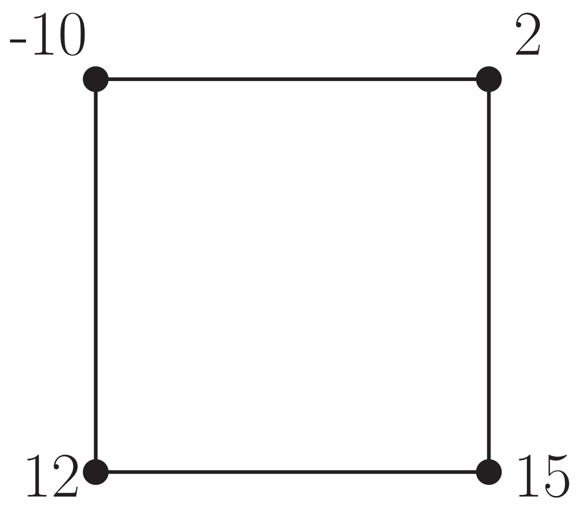
- $F_1 = 1$
- $F_2 = 0$
- $F_3 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 - r_0^2$
- $F_4 = F_3(x_0, y_0, r_0) + F_3(x_1, y_1, r_1)$
- $F_5 = F_3(x_0, y_0, r_0) \times F_3(x_1, y_1, r_1)$

- On peut définir une courbe par son equation implicite.
- Avantage : Topologie quelconque

Cas discret

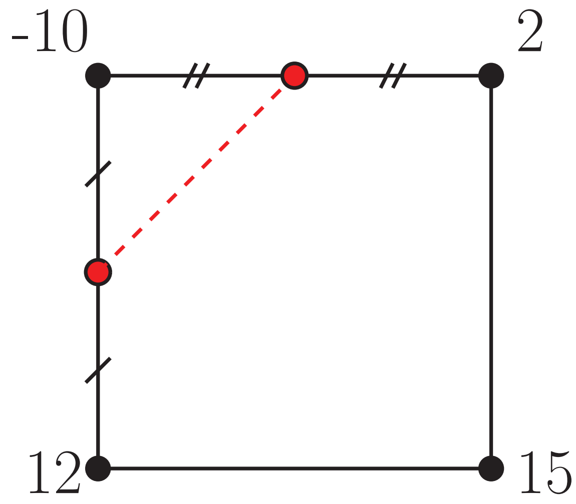
-61	-45	-42	-52	-72	-91	-99	-89
-17	8	13	-2	-34	-69	-94	-98
25	57	64	43	2	-45	-84	-99
51	87	94	71	25	-30	-76	-99
51	87	94	71	25	-30	-76	-99
25	57	64	43	2	-45	-84	-99
-17	7	13	-2	-34	-69	-94	-98
-61	-45	-42	-52	-72	-91	-99	-89

Cas discret



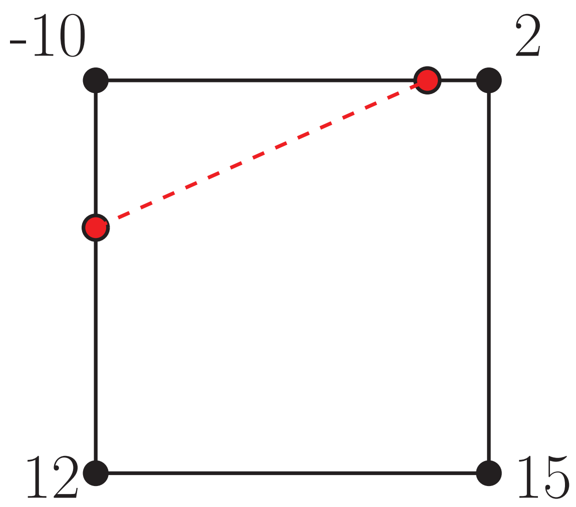
Cas discret : Interpolation

- Milieu des segments



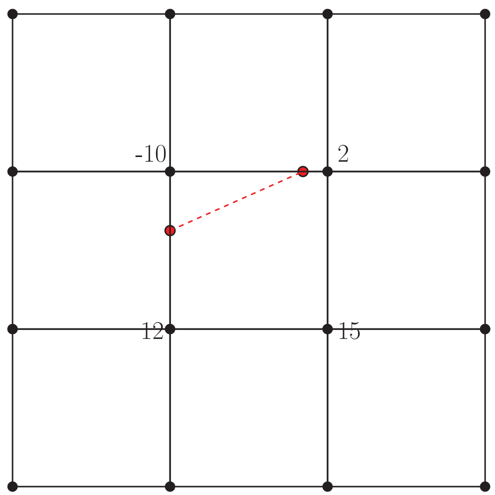
Cas discret : Interpolation

- Interpolation (bi)-linéaire



Cas discret : Interpolation

- Autres interpolations (cubique, spline, . . .)



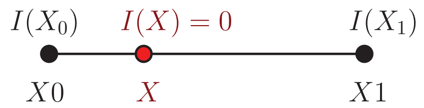
Cas discret : résultat

- Application au cas précédent

-61	-45	-42	-52	-72	-91	-99	-89
-17	8	13	-2	-34	-69	-94	-98
25	57	64	43	2	-45	-84	-99
51	87	94	71	25	-30	-76	-99
51	87	94	71	25	-30	-76	-99
25	57	64	43	2	-45	-84	-99
-17	7	13	-2	-34	-69	-94	-98
-61	-45	-42	-52	-72	-91	-99	-89

Rappel sur l'interpolation

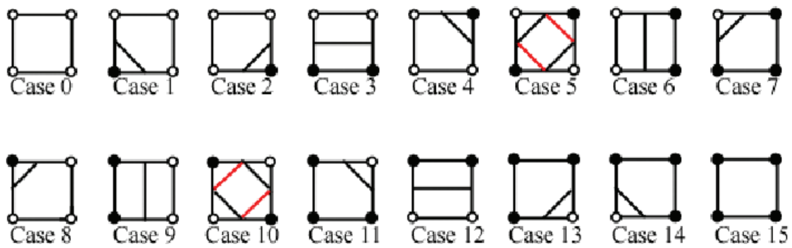
- Recherche de zéro par interpolation linéaire



$$X = \frac{I(X_1)X_0 - I(X_0)X_1}{I(X_1) - I(X_0)}$$

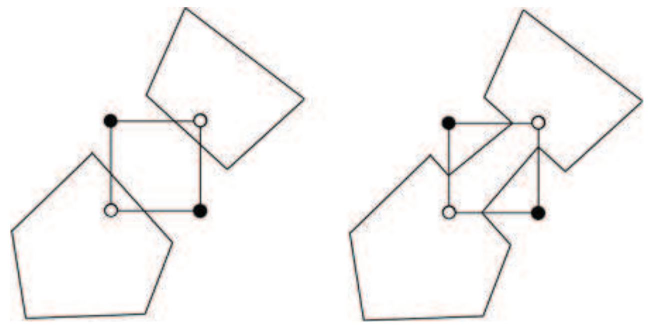
Cas possibles

- Pour une cellule : 16 cas différents



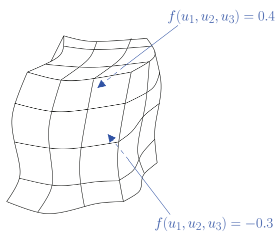
Cas possibles

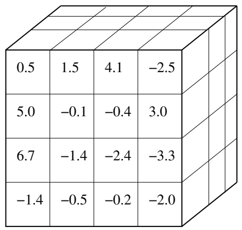
- Cas indéterminés

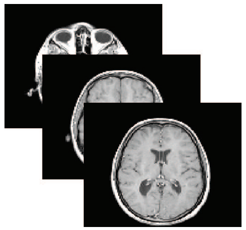


Notations

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

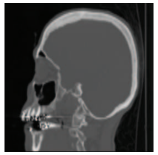




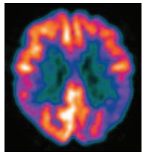


Modalités d'imagerie médicale

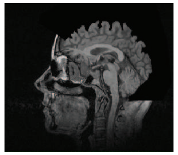
- Rayons X (CT)
  - Anatomique
  - Mesure d'atténuation (problème inverse)



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

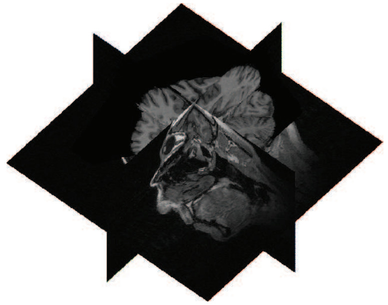


- IRM
  - Anatomique (IRM classique, Angiographie) ou Fonctionel
  - Mesure de densité (mesure directe)



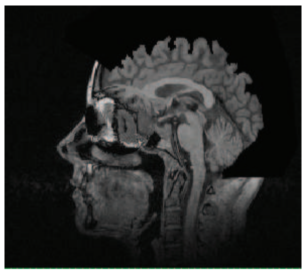
Slicing

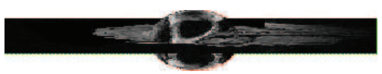
- Idée : On découpe des “tranches” de surfaces prédéfinies dans V.
- On colore la **densité** rencontrée (niveau de gris, texture, ...)
- On affiche $I(u_1 = \text{const}, u_2, u_3)$, $I(u_1, u_2 = \text{const}, u_3)$, $I(u_1, u_2, u_3 = \text{const})$.



Rendu sur variété

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





Isosurface

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

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

- On fait évoluer η pour obtenir différentes surfaces
- Comment construire une surface triangulé ?

Exemples

Pour $\eta = 0$:

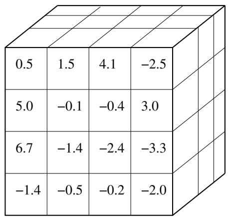
- $F_1 = 1$
- $F_2 = 0$
- $F_3 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 - r_0^2$
- $F_4 = F_3(x_0, y_0, z_0, r_0) + F_3(x_1, y_1, z_1, r_1)$
- $F_5 = F_3(x_0, y_0, z_0, r_0) \times F_3(x_1, y_1, z_1, r_1)$

- On peut définir une surface par son equation implicite.
- Avantage : Topologie quelconque

Marching-Cube : Introduction

- But : Construire une surface triangulé à partir d'un champ volume discret donné par $I(x, y, z) - \eta$.
- 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 $I(x_i, y_j, z_k) - \eta$
- On considère les différents cas possibles
- La valeur 0 est obtenue par interpolation

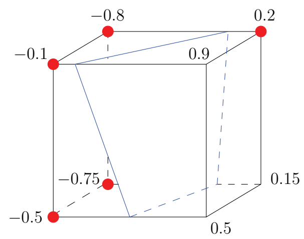
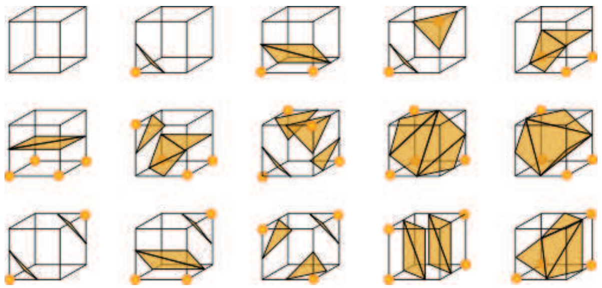


FIG.: Exemple d'un cas

Marching-Cube : Différents Cas

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

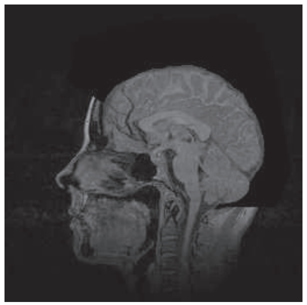


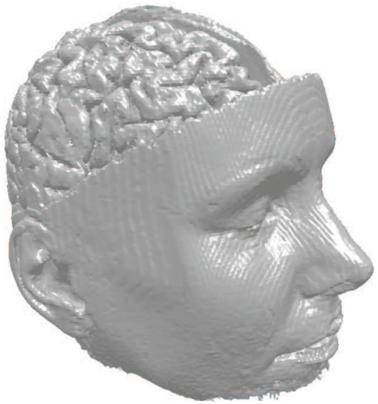
Marching-cube : Avantage-Inconvénients

- ⊕ Rapidité d'execution
- ⊖ Aspect cubique
  - Lissage du volume
  - Lissage de la surface finale
  - Adéquation médicale ?
- ⊖ Cas litigieux

Exemple d'isosurface : IRM

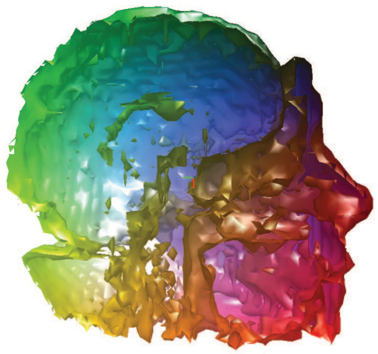
- Données IRM ($256 \times 256 \times 99$)

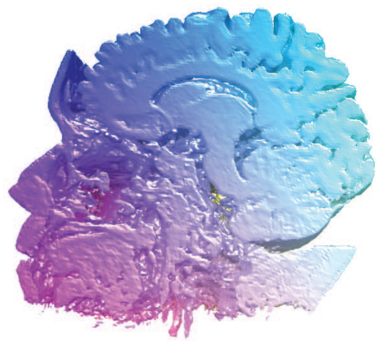




Exemple d'isosurface : IRM

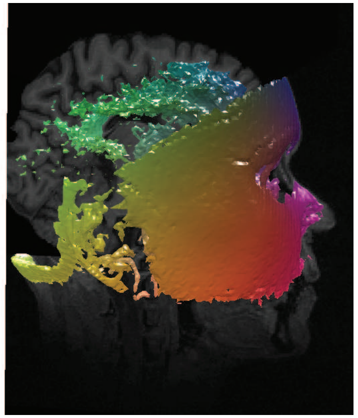
- Structures interne observable en coupant la surface.
- Valeurs aux frontières donne l'aspect du maillage.

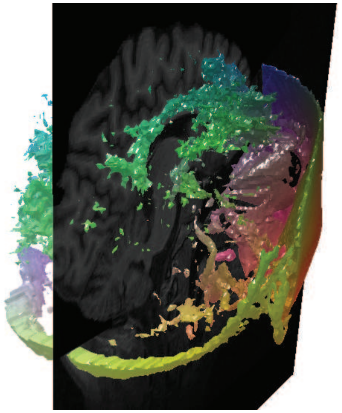




Exemple d'isosurface : IRM

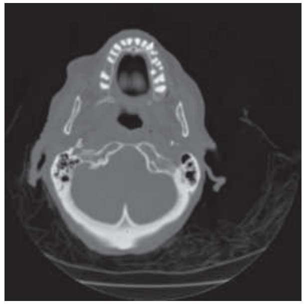
- Combine slicing + isosurface

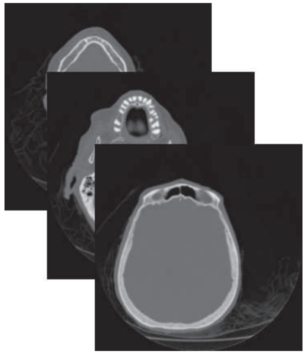




Exemple d'isosurface : CT

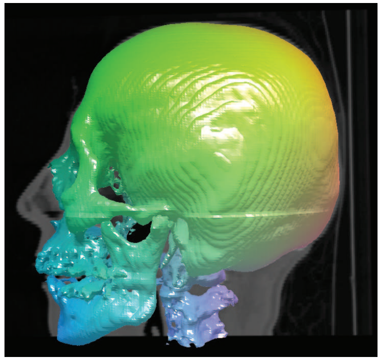
- Donnée CT (Rayons X)
- Information morphologique : peau/os
- $(256 \times 256 \times 99)$





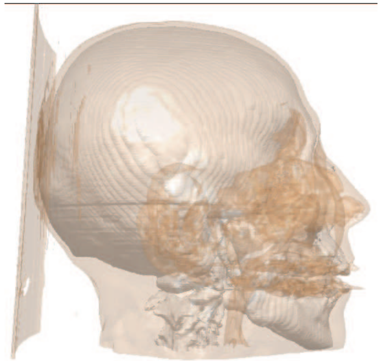
Exemple d'isosurface : CT

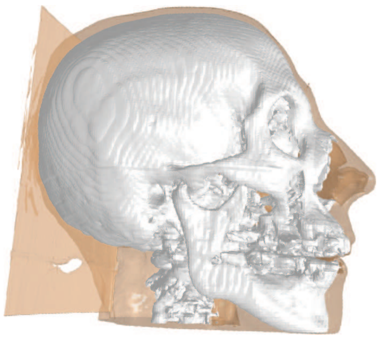
- 2 Informations majeurs de peau + os
- Intérêt de la combinaison coupe + isosurface



Exemple d'isosurface : CT

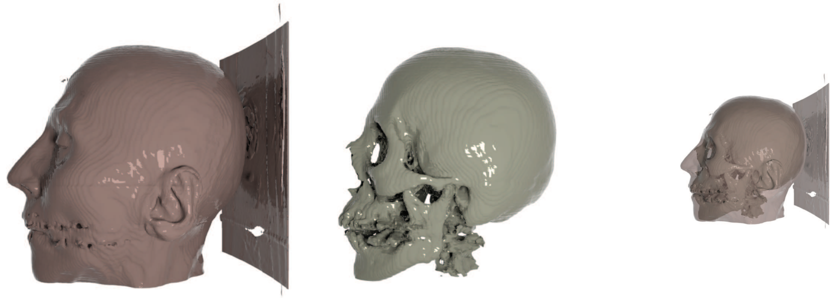
- Possibilité de cumule d'informations surfacique par transparence





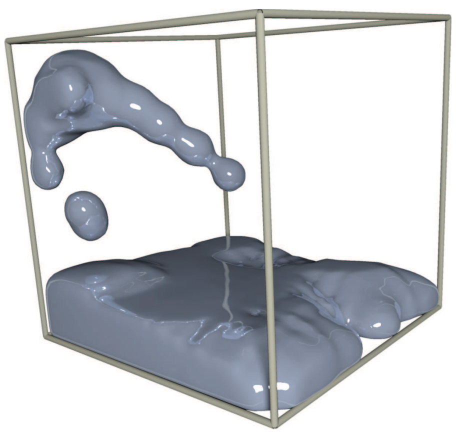
Exemple d'isosurface : CT

- Ajout d'un rendu, visualisation morphologique



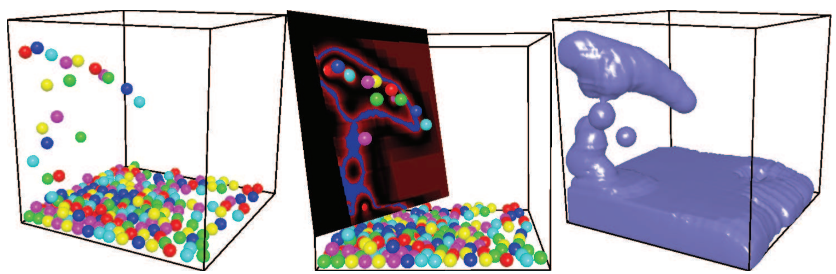
But

- Animation d'une surface fluide



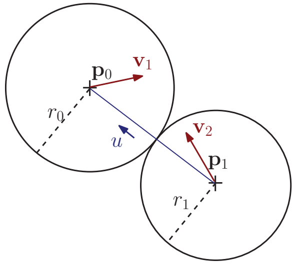
Méthode

1. Animation d'un système de particules
2. Création d'un potentiel volumique autour des particules
3. Extraction de la surface par marching-cube



1 : Système de particules

- Sphères tombants sous la gravité.
- Non collision



Rappel :

- collision si : $r_0 + r_1 > \|\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_0\|$
- nouvelle vitesse :

$$\begin{cases} \mathbf{v}_1' = \mathbf{v}_1 + \frac{1}{m_1+m_2}\left[m_2 v_{2n} - \frac{1}{2}(m_1+3m_2)\,v_{1n}\right]\mathbf{u} \\ \mathbf{v}_2' = \mathbf{v}_2 + \frac{1}{m_1+m_2}\left[m_1 v_{1n} - \frac{1}{2}(m_2+3m_1)\,v_{2n}\right]\mathbf{u} \end{cases}$$

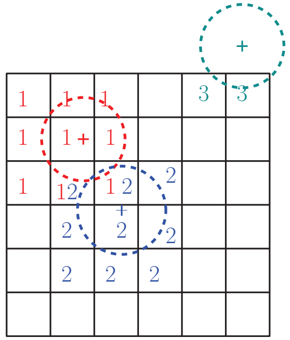
avec $v_{1n} = v_1 \cdot u$; $v_{2n} = v_2 \cdot u$

1 : Système de particules

- Détection de proximité : structure accélératrice.

Compromis entre

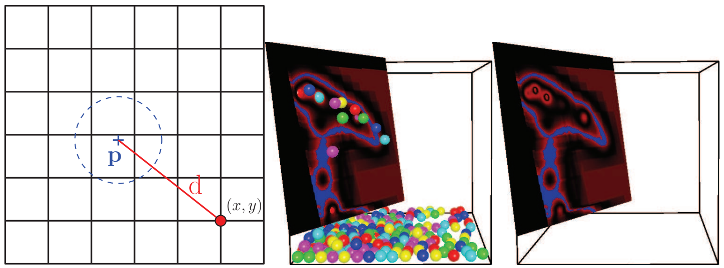
- Grille large : Tests nombreux.
- Grille fine : + de voxels à parcourir.



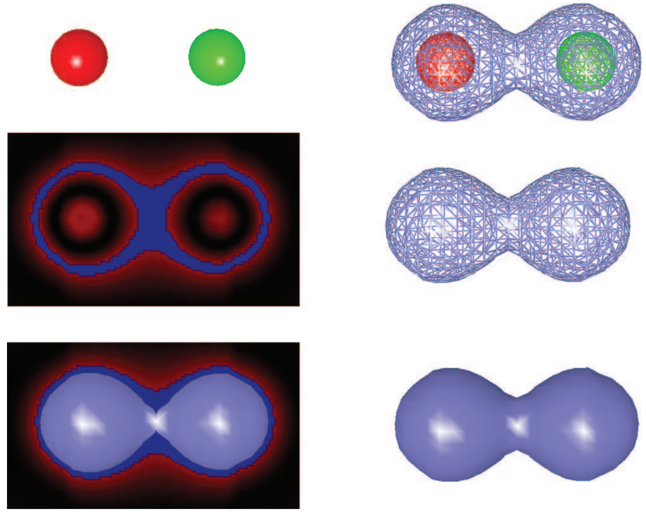
2 : Création du potentiel

- Exemple : Fonction de la distance $d = \|(x, y) - \mathbf{p}\|$

$$F(x, y) = \sum_i \frac{1}{d(\mathbf{p}_i)^2}$$



3 : Extraction de l'isosurface



3 : Extraction de l'isosurface