

Plan

5 Visualisation - courbes/surfaces isovaleur

- Présentation
- Courbes isovaleur
- Données volumiques
- Surfaces isovaleur

Principe

Données quelconques : $X_i = (x_i, y_i, z_i); F_i$

Principe

Données quelconques : $X_i = (x_i, y_i, z_i); F_i$

Trouver une surface isovaleur

$$\mathcal{S}_v = \{X \in \mathbb{R}^3, F(X) = v\}$$

où F est un interpolant des données.

Principe

Données quelconques : $X_i = (x_i, y_i, z_i); F_i$

Trouver une surface isovaleur

$$\mathcal{S}_v = \{X \in \mathbb{R}^3, F(X) = v\}$$

où F est un interpolant des données.

Equivalent 3D des courbes isovaleur

→ méthodes similaires

Principe

Données quelconques : $X_i = (x_i, y_i, z_i); F_i$

Trouver une surface isovaleur

$$\mathcal{S}_v = \{X \in \mathbb{R}^3, F(X) = v\}$$

où F est un interpolant des données.

Equivalent 3D des courbes isovaleur

→ méthodes similaires

$$X_i = (x_i, y_i, z_i) \in \mathbb{R}^3 + F_i \in \mathbb{R} \equiv P_i = (x_i, y_i, z_i, F_i) \in \mathbb{R}^4$$

Principe

Données quelconques : $X_i = (x_i, y_i, z_i); F_i$

Trouver une surface isovaleur

$$\mathcal{S}_v = \{X \in \mathbb{R}^3, F(X) = v\}$$

où F est un interpolant des données.

Equivalent 3D des courbes isovaleur

→ méthodes similaires

$$X_i = (x_i, y_i, z_i) \in \mathbb{R}^3 + F_i \in \mathbb{R} \equiv P_i = (x_i, y_i, z_i, F_i) \in \mathbb{R}^4$$

$$\mathcal{S}_v \equiv \underbrace{\{(x, y, z, w) \in \mathbb{R}^4, F(x, y, z) = w\}}_{\text{hypersurface de } \mathbb{R}^4} \cap \underbrace{\{(x, y, z, w) \in \mathbb{R}^4, w = v\}}_{\text{hyperplan de } \mathbb{R}^4}$$

Exemples d'application

Exemples d'application

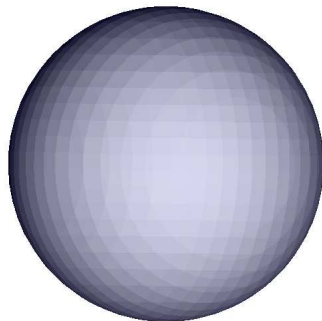
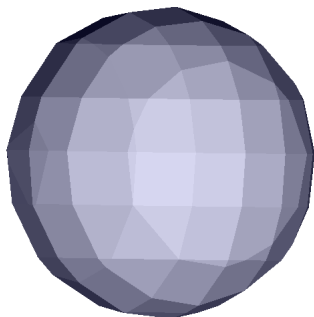
représentation de surface implicite

exemple de la sphère $\{(x, y, z), F(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0\}$

Exemples d'application

représentation de surface implicite

exemple de la sphère $\{(x, y, z), F(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0\}$



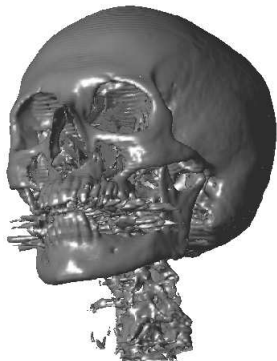
Exemples d'application

Exemples d'application

image médicale - extraction du volume d'un organe spécifique à partir de coupes issues d'un examen radiologiques (IRM, ...)

Exemples d'application

image médicale - extraction du volume d'un organe spécifique à partir de coupes issues d'un examen radiologiques (IRM, ...)



Algorithme de calcul de surfaces isovaleur

Algorithme de calcul de surfaces isovaleur

Données : grille régulière uniforme

– points $P_{i,j,k} = (x_i = x_0 + i\Delta_x, y_j = y_0 + j\Delta_y, z_k = z_0 + k\Delta_z)$

– valeurs associées $F_{i,j,k}$

avec $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq P$

Algorithme de calcul de surfaces isovaleur

Données : grille régulière uniforme

– points $P_{i,j,k} = (x_i = x_0 + i\Delta_x, y_j = y_0 + j\Delta_y, z_k = z_0 + k\Delta_z)$

– valeurs associées $F_{i,j,k}$

avec $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq P$

1) Découper la grille en tétraèdres (tétraédrisation préalable)

Algorithme de calcul de surfaces isovaleur

Données : grille régulière uniforme

– points $P_{i,j,k} = (x_i = x_0 + i\Delta_x, y_j = y_0 + j\Delta_y, z_k = z_0 + k\Delta_z)$

– valeurs associées $F_{i,j,k}$

avec $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq P$

- 1) Découper la grille en tétraèdres (tétraédrisation préalable)
- 2) Traiter la séquence de tétraèdres pour obtenir une surface formée de triangles.

Tétraédrisation préalable

Tétraédrisation préalable

données $X_{i,j,k} = (x_i, y_j, z_k) + F_{i,j,k}$,

points disposés suivant une grille régulière uniforme

Tétraédrisation préalable

données $X_{i,j,k} = (x_i, y_j, z_k) + F_{i,j,k}$,

points disposés suivant une grille régulière uniforme

$X_{i,j,k}$ sommets de parallélépipèdes/cubes = **pavés**

Tétraédrisation préalable

données $X_{i,j,k} = (x_i, y_j, z_k) + F_{i,j,k}$,

points disposés suivant une grille régulière uniforme

$X_{i,j,k}$ sommets de parallélépipèdes/cubes = **pavés**

Décomposition de chaque pavé en un ensemble de tétraèdres avec une cohérence entre pavés adjacents

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

$$\text{Pavé } P_{i,j,k} = [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}] \times [z_k, z_{k+1}]$$

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Pavé $P_{i,j,k} = [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}] \times [z_k, z_{k+1}]$

8 sommets :

$$A = X_{i,j,k}$$

$$B = X_{i,j,k+1}$$

$$C = X_{i,j+1,k}$$

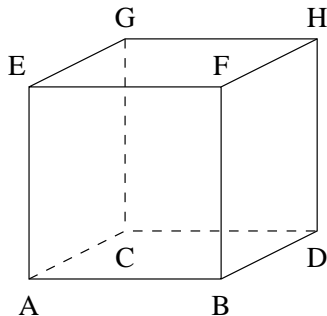
$$D = X_{i,j+1,k+1}$$

$$E = X_{i+1,j,k}$$

$$F = X_{i+1,j,k+1}$$

$$G = X_{i+1,j+1,k}$$

$$H = X_{i+1,j+1,k+1}$$



Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

$$\text{Pavé } P_{i,j,k} = [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}] \times [z_k, z_{k+1}]$$

8 sommets :

$$A = X_{i,j,k}$$

$$B = X_{i,j,k+1}$$

$$C = X_{i,j+1,k}$$

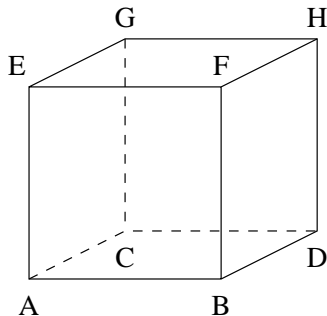
$$D = X_{i,j+1,k+1}$$

$$E = X_{i+1,j,k}$$

$$F = X_{i+1,j,k+1}$$

$$G = X_{i+1,j+1,k}$$

$$H = X_{i+1,j+1,k+1}$$



→ plusieurs possibilités pour découper un hexaèdre en tétraèdres

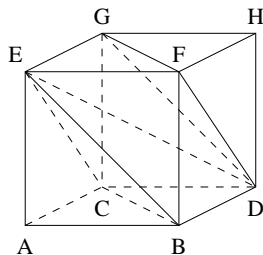
Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

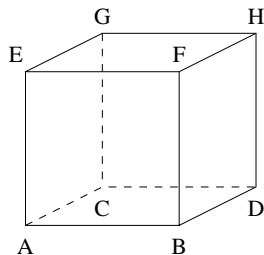
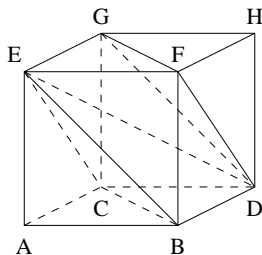
Décomposition en 6 tétraèdres



Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres

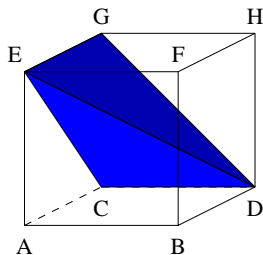
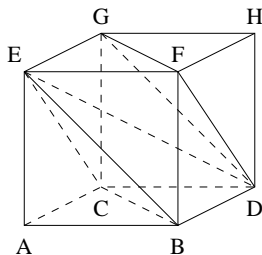


→ 6 tétraèdres :

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres

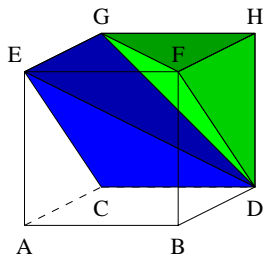
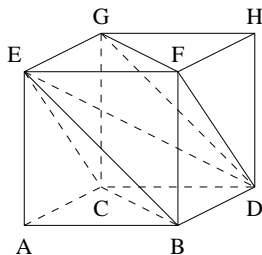


→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres

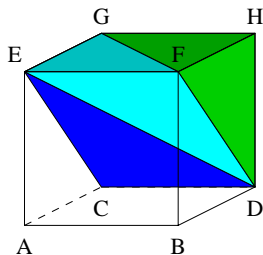
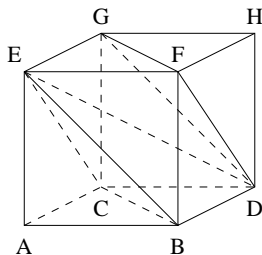


→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres

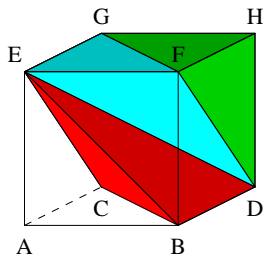
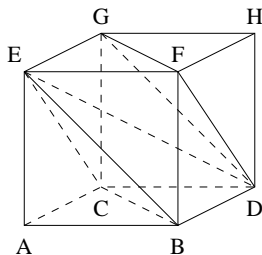


→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$ - $[DEFG]$

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres

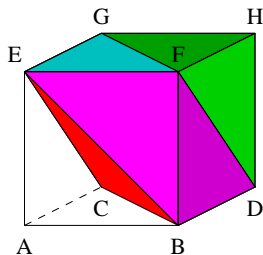
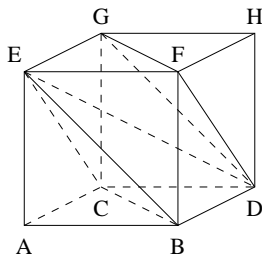


→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$ - $[DEFG]$ - $[BCDE]$

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres

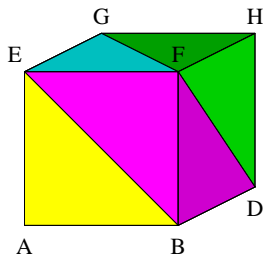
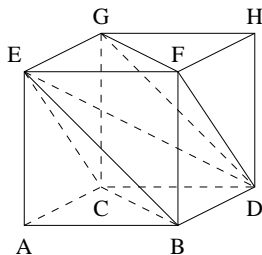


→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$ - $[DEFG]$ - $[BCDE]$ - $[BDEF]$

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres

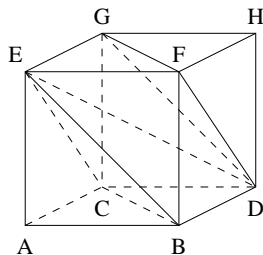


→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$ - $[DEFG]$ - $[BCDE]$ - $[BDEF]$ - $[ABCE]$

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres



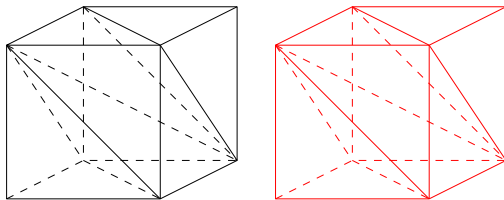
→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$ - $[DEFG]$ - $[BCDE]$ - $[BDEF]$ - $[ABCE]$

Inconvénient : décomposition non minimale (en nb de tétraèdres)

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres



→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$ - $[DEFG]$ - $[BCDE]$ - $[BDEF]$ - $[ABCE]$

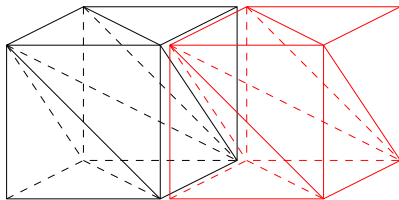
Inconvénient : décomposition non minimale (en nb de tétraèdres)

Avantage : bon raccord des tétraèdres issus d'hexaèdres voisins

Tétraédrisation préalable

Le problème de décomposition d'un pavé

Décomposition en 6 tétraèdres



→ 6 tétraèdres : $[CDEG]$ - $[DFGH]$ - $[DEFG]$ - $[BCDE]$ - $[BDEF]$ - $[ABCE]$

Inconvénient : décomposition non minimale (en nb de tétraèdres)

Avantage : bon raccord des tétraèdres issus d'hexaèdres voisins

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Extraction d'une surface isovaleur dans une tétraèdrisation

Méthode similaire à l'algorithme d'extraction de courbe isovaleur dans une triangulation.

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Extraction d'une surface isovaleur dans une tétraèdrisation

Méthode similaire à l'algorithme d'extraction de courbe isovaleur dans une triangulation.

Données : Tétraèdrisation \mathcal{T} avec

- sommets $P_i = (x_i, y_i, z_i)$ et données scalaires associées F_i
- tétraèdres $T_k = [k_1, k_2, k_3, k_4]$ (k_j indices des sommets)

+ valeur réelle v

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Extraction d'une surface isovaleur dans une tétraèdrisation

Méthode similaire à l'algorithme d'extraction de courbe isovaleur dans une triangulation.

Données : Tétraèdrisation \mathcal{T} avec

- sommets $P_i = (x_i, y_i, z_i)$ et données scalaires associées F_i
- tétraèdres $T_k = [k_1, k_2, k_3, k_4]$ (k_j indices des sommets)

+ valeur réelle v

Résultat : Surface \mathcal{S} sous forme d'un ensemble de triangles

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

- 1 parcourir l'ensemble des tétraèdres
et pour chaque tétraèdre :

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

- 1 parcourir l'ensemble des tétraèdres
et pour chaque tétraèdre :
 - tester s'il intersecte la surface isovaleur (deux sommets de signe différents)

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

- ➊ parcourir l'ensemble des tétraèdres
et pour chaque tétraèdre :
 - tester s'il intersecte la surface isovaleur (deux sommets de signe différents)
 - si oui, calculer l'intersection entre le tétraèdre et la surface isovaleur sous forme de triangle(s)

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

- ➊ parcourir l'ensemble des tétraèdres
et pour chaque tétraèdre :
 - tester s'il intersecte la surface isovaleur (deux sommets de signe différents)
 - si oui, calculer l'intersection entre le tétraèdre et la surface isovaleur sous forme de triangle(s)
- ➋ → liste de triangles \equiv surface isovaleur

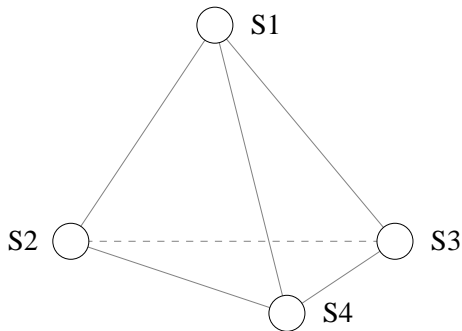
Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

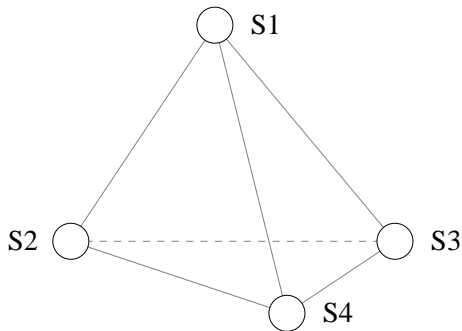
Tétraèdre $T = [S1, S2, S3, S4]$ avec valeur F_i associée à S_i



Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

Tétraèdre $T = [S1, S2, S3, S4]$ avec valeur F_i associée à S_i



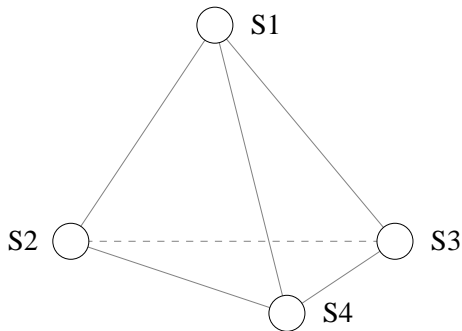
chaque sommet S_i : ● si $F_i > v$

● si $F_i \leq v$

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

Tétraèdre $T = [S1, S2, S3, S4]$ avec valeur F_i associée à S_i



chaque sommet S_i : ● si $F_i > v$

● si $F_i \leq v$

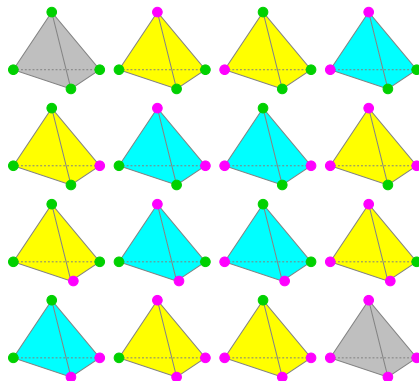
→ 16 configurations possibles

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre - 16 configurations possibles

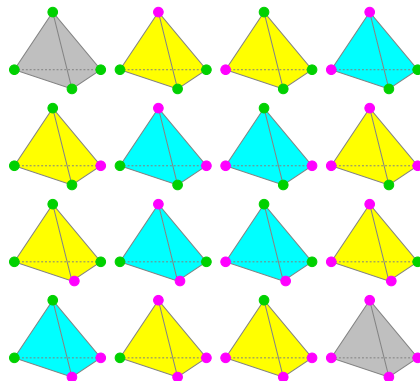
Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre - 16 configurations possibles



Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre - 16 configurations possibles



- 2 config. avec 4 sommets de même signe
- 8 config. avec 1 sommet de signe différent des trois autres
- 6 config. avec 2 sommets d'un signe et 2 sommets de l'autre

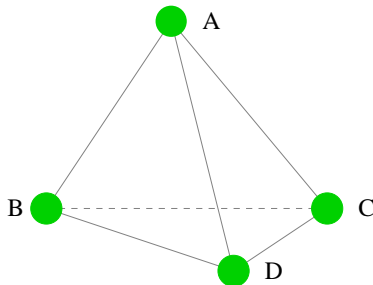
Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

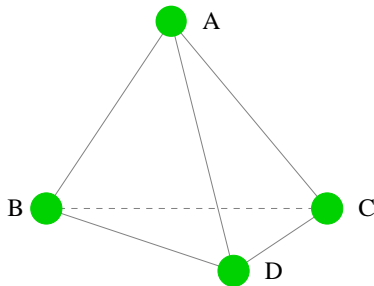
sommets de même signe



Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets de même signe



→ pas d'intersection avec la surface isovaleur

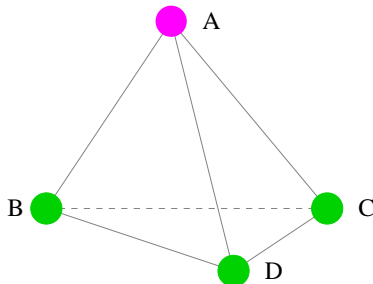
Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

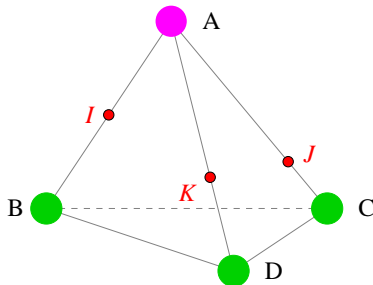
sommet A de signe différent des sommets B,C et D



Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D

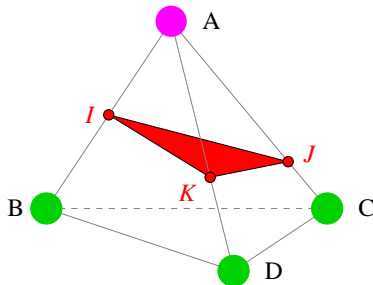


→ intersection des 3 arêtes $[A, B]$, $[A, C]$ et $[A, D]$ avec la surface isovaleur

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D



→ intersection des 3 arêtes $[A, B]$, $[A, C]$ et $[A, D]$ avec la surface isovaleur

→ un triangle $[I, J, K]$

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D

8 configurations \rightarrow 4 cas :

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D

8 configurations \rightarrow 4 cas :

- sommet S1 de signe différent des sommets S2,S3 et S4

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D

8 configurations \rightarrow 4 cas :

- sommet S1 de signe différent des sommets S2,S3 et S4
- sommet S2 de signe différent des sommets S3,S4 et S1

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D

8 configurations \rightarrow 4 cas :

- sommet S1 de signe différent des sommets S2,S3 et S4
- sommet S2 de signe différent des sommets S3,S4 et S1
- sommet S3 de signe différent des sommets S4,S1 et S2

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommet A de signe différent des sommets B,C et D

8 configurations \rightarrow 4 cas :

- sommet S1 de signe différent des sommets S2,S3 et S4
- sommet S2 de signe différent des sommets S3,S4 et S1
- sommet S3 de signe différent des sommets S4,S1 et S2
- sommet S4 de signe différent des sommets S1,S2 et S3

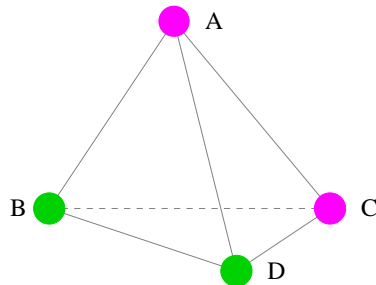
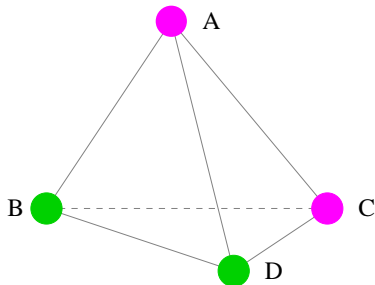
Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

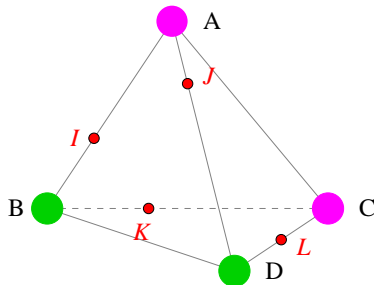
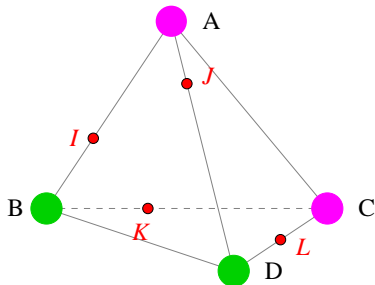
sommets A, C d'un signe et sommets B, D de l'autre signe



Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets **A**, **C** d'un signe et sommets **B**, **D** de l'autre signe

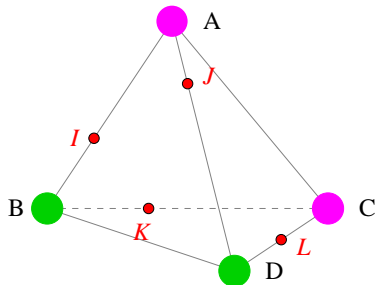
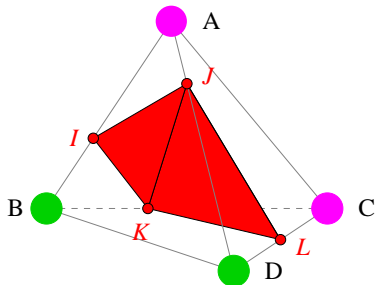


→ intersection des 4 arêtes $[A, B]$, $[A, D]$, $[C, B]$ et $[C, D]$ avec la surface isovaleur

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets **A, C** d'un signe et sommets **B, D** de l'autre signe



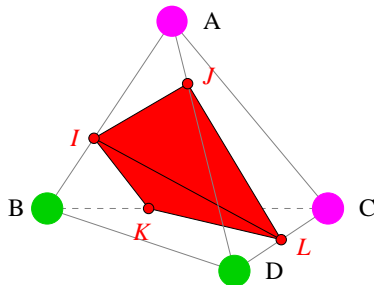
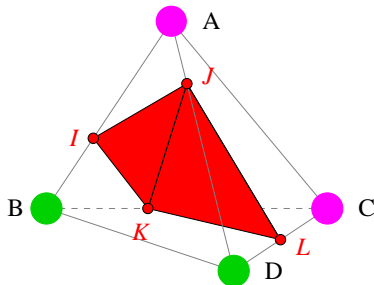
→ intersection des 4 arêtes $[A, B]$, $[A, D]$, $[C, B]$ et $[C, D]$ avec la surface isovaleur

→ deux triangles $[I, J, K]$ et $[L, J, K]$

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets A, C d'un signe et sommets B, D de l'autre signe



→ intersection des 4 arêtes $[A, B]$, $[A, D]$, $[C, B]$ et $[C, D]$ avec la surface isovaleur

→ deux triangles $[I, J, K]$ et $[L, J, K]$

→ OU deux triangles $[I, J, L]$ et $[I, K, L]$

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets A, C d'un signe et sommets B, D de l'autre signe

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets A, C d'un signe et sommets B, D de l'autre signe

3 configurations \rightarrow 3 cas :

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets A, C d'un signe et sommets B, D de l'autre signe

3 configurations \rightarrow 3 cas :

- sommets S1, S2 d'un signe et sommets S3, S4 de l'autre signe

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets A, C d'un signe et sommets B, D de l'autre signe

3 configurations \rightarrow 3 cas :

- sommets S1, S2 d'un signe et sommets S3, S4 de l'autre signe
- sommets S1, S3 d'un signe et sommets S2, S4 de l'autre signe

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme - traitement d'un tétraèdre

sommets A, C d'un signe et sommets B, D de l'autre signe

3 configurations \rightarrow 3 cas :

- sommets S1, S2 d'un signe et sommets S3, S4 de l'autre signe
- sommets S1, S3 d'un signe et sommets S2, S4 de l'autre signe
- sommets S1, S4 d'un signe et sommets S2, S3 de l'autre signe

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Données :

- tétraèdrisation \mathcal{T} avec sommets S_k et valeurs associées F_k
- valeur v
- **fonction** $I = \text{intersection_arete_hyperplan}(P, Q, F_P, F_Q, v)$

// calcul du point I, intersection de l'arete $[P, Q]$

// avec la surface isovaleur S_v

// F_P : valeur associée au sommet P

// F_Q : valeur associée au sommet Q

$\lambda \leftarrow (v - F_P) / (F_Q - F_P)$

$I \leftarrow (1 - \lambda) P + \lambda Q$

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Données :

- tétraèdrisation \mathcal{T} avec sommets S_k et valeurs associées F_k
- valeur v
- **fonction** $I = \text{intersection_arete_hyperplan}(P, Q, F_P, F_Q, v)$

// calcul du point I, intersection de l'arete [P, Q]

// avec la surface isovaleur S_v

// F_P : valeur associée au sommet P

// F_Q : valeur associée au sommet Q

$\lambda \leftarrow (v - F_P) / (F_Q - F_P)$

$I \leftarrow (1 - \lambda) P + \lambda Q$

Résultat :

- surface isovaleur \mathcal{S} (séquence de triangles)

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

fonction $m = \text{marque}(P, F, v)$

// calcul de la marque du sommet P de valeur associée F

si $F < v$ **alors**

| $m \leftarrow 0$

sinon

| $m \leftarrow 1$

fin_si

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Calcul de la surface isovaleur \mathcal{S}

```
// Initialisation de  $\mathcal{S}$ 
```

```
 $\mathcal{S} \leftarrow \emptyset$ 
```

```
// Parcours des tétraèdres
```

```
pour_tout tétraèdre  $T$  de  $\mathcal{T}$  faire
```

```
|   traitement_tetraedre( $T$ )
```

```
fin_pour
```

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

procédure `traitement_tetraedre(T)`

// les quatres sommets de T , leurs valeurs et marques

$S1 \leftarrow \text{sommet1}(T)$, $F1 \leftarrow \text{valeur1}(T)$

$S2 \leftarrow \text{sommet2}(T)$, $F2 \leftarrow \text{valeur2}(T)$

$S3 \leftarrow \text{sommet3}(T)$, $F3 \leftarrow \text{valeur3}(T)$

$S4 \leftarrow \text{sommet4}(T)$, $F4 \leftarrow \text{valeur4}(T)$

$m1 \leftarrow \text{marque}(S1, F1, v)$

$m2 \leftarrow \text{marque}(S2, F2, v)$

$m3 \leftarrow \text{marque}(S3, F3, v)$

$m4 \leftarrow \text{marque}(S4, F4, v)$

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

procédure traitement_tetraedre(T) *// suite*

// cas marque de S_1 différente des marques de S_2, S_3, S_4

si $m_1 \neq m_2$ **et** $m_1 \neq m_3$ **et** $m_1 \neq m_4$ **alors**

// calcul des trois intersections

$I \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_1, S_2, F_1, F_2, v)$

$J \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_1, S_3, F_1, F_3, v)$

$K \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_1, S_4, F_1, F_4, v)$

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[I, J, K]\}$ *// ajouter $[I, J, K]$ à \mathcal{S}*

fin_si

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

procédure traitement_tetraedre(T) *// suite*

// cas marque de S_2 différente des marques de S_3, S_4, S_1

si $m_2 \neq m_3$ **et** $m_2 \neq m_4$ **et** $m_2 \neq m_1$ **alors**

// calcul des trois intersections

$I \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_2, S_3, F_2, F_3, v)$

$J \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_2, S_4, F_2, F_4, v)$

$K \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_2, S_1, F_2, F_1, v)$

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[I, J, K]\}$ *// ajouter $[I, J, K]$ à \mathcal{S}*

fin_si

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

procédure traitement_tetraedre(T) *// suite*

// cas marque de $S3$ différente des marques de $S4$, $S1$, $S2$

si $m3 \neq m4$ **et** $m3 \neq m1$ **et** $m3 \neq m2$ **alors**

// calcul des trois intersections

$I \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S3, S4, F3, F4, v)$

$J \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S3, S1, F3, F1, v)$

$K \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S3, S2, F3, F2, v)$

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[I, J, K]\}$ *// ajouter $[I, J, K]$ à \mathcal{S}*

fin_si

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

procédure traitement_tetraedre(T) *// suite*

// cas marque de S_4 différente des marques de S_1, S_2, S_3

si $m_4 \neq m_1$ **et** $m_4 \neq m_2$ **et** $m_4 \neq m_3$ **alors**

// calcul des trois intersections

$I \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_4, S_1, F_4, F_1, v)$

$J \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_4, S_2, F_4, F_2, v)$

$K \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_4, S_3, F_4, F_3, v)$

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[I, J, K]\}$ *// ajouter $[I, J, K]$ à \mathcal{S}*

fin_si

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

procédure traitement_tetraedre(T) *// suite*

// cas marques de S_1 et S_2 différentes des marques de S_3 et S_4

si $m_1 = m_2$ **et** $m_2 \neq m_3$ **et** $m_3 = m_4$ **alors**

// calcul des quatre intersections

$I \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_1, S_3, F_1, F_3, v)$

$J \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_1, S_4, F_1, F_4, v)$

$K \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_2, S_3, F_2, F_3, v)$

$L \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S_2, S_4, F_2, F_4, v)$

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[I, J, K]\}$ *// ajouter $[I, J, K]$ à \mathcal{S}*

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[L, J, K]\}$ *// ajouter $[L, J, K]$ à \mathcal{S}*

fin_si

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

procédure traitement_tetraedre(T) *// suite et fin*

// cas marques de $S1$ et $S3$ différentes des marques de $S2$ et $S4$

si $m1 = m3$ **et** $m3 \neq m2$ **et** $m2 = m4$ **alors**

// calcul des quatre intersections

$I \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S1, S2, F1, F2, v)$

$J \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S1, S4, F1, F4, v)$

$K \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S3, S2, F3, F2, v)$

$L \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S3, S4, F3, F4, v)$

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[I, J, K]\}$ *// ajouter $[I, J, K]$ à \mathcal{S}*

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[L, J, K]\}$ *// ajouter $[L, J, K]$ à \mathcal{S}*

fin_si

Calcul de surfaces isovaleur

Algorithme

Routine `traitement_tetraedre(T)` // suite et fin

// cas marques de $S1$ et $S4$ différentes des marques de $S2$ et $S3$

si $m1 = m4$ **et** $m4 \neq m2$ **et** $m2 = m3$ **alors**

// calcul des quatre intersections

$I \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S1, S2, F1, F2, v)$

$J \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S1, S3, F1, F3, v)$

$K \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S4, S2, F4, F2, v)$

$L \leftarrow \text{intersection_arete_hyperplan}(S4, S3, F4, F3, v)$

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[I, J, K]\}$ // ajouter $[I, J, K]$ à \mathcal{S}

$\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \{[L, J, K]\}$ // ajouter $[L, J, K]$ à \mathcal{S}

fin_si

