

Opérateurs de mélange pour surfaces implicites

Rodolphe Vaillant

Séminaire Vortex du 13/01/2011



Outline

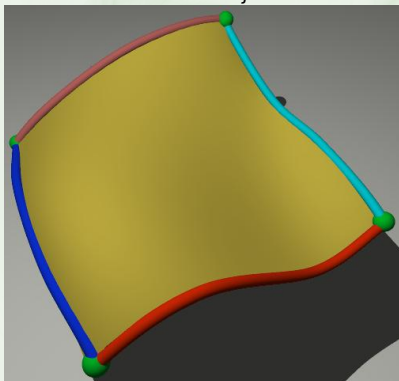
- 1 "Rappels" sur les surfaces implicites
- 2 Mélanges simples et connus
- 3 Problèmes liés à ces mélanges
- 4 Solutions proposées actuellement

Outline

- 1 "Rappels" sur les surfaces implicites
- 2 Mélanges simples et connus
- 3 Problèmes liés à ces mélanges
- 4 Solutions proposées actuellement

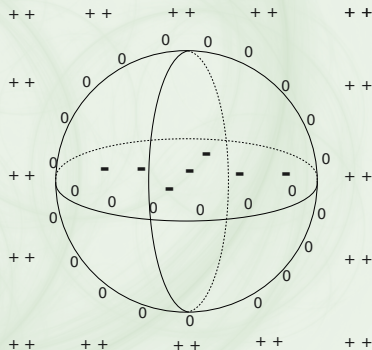
Exemples

$$p(u, v) = \sum \sum B_i^n(u) B_j^m(v) S_{ij}$$



Surface explicite

$$f(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - R^2$$

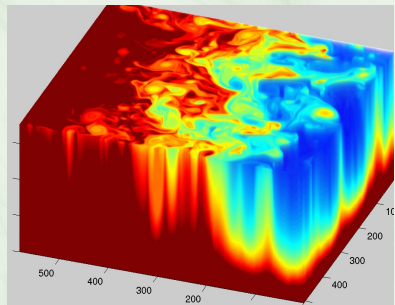


Volume explicite

Exemples



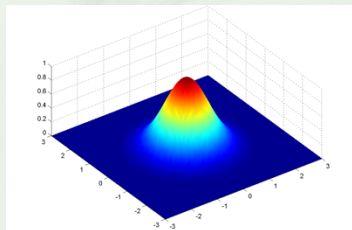
Tranches d'images IRM.



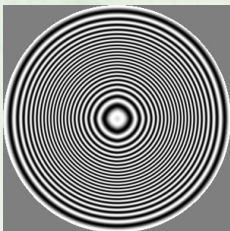
Champ de température.

Représentation par courbe de niveau

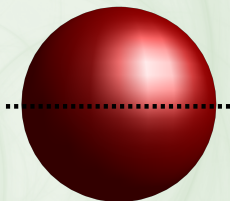
Une gaussienne 2D $g(x, y)$



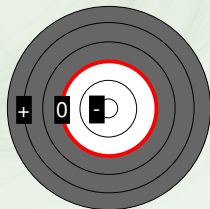
sa courbe de niveau :



sphère $f(x, y, z) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} - R^2$:



coupe 2D du potentiel :



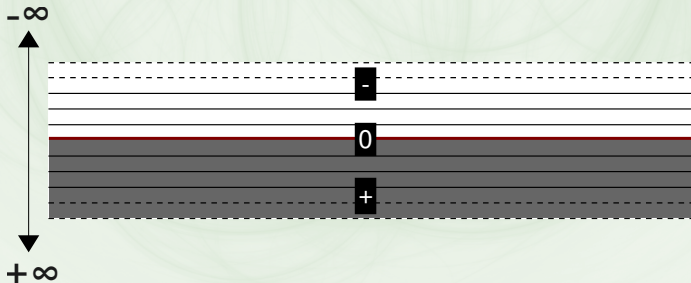
Définition : support d'une primitive

Primitive à support global

Il n'existe pas de boule telle que la fonction de champ soit constante à l'extérieur.

Exemple : équation cartésienne du plan

$$f(x, y, z) = ax + by + cz - D = 0$$

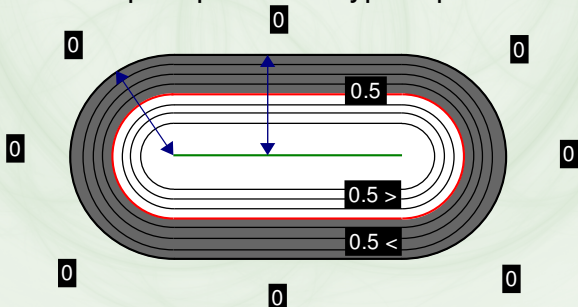


Définition : support d'une primitive

Primitive à support compact

Il existe une boule telle que à l'extérieur de celle-ci la fonction de champ est constante.

Exemple : primitives type squelette



Outline

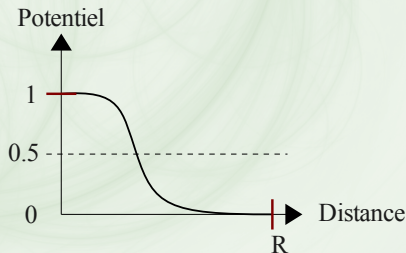
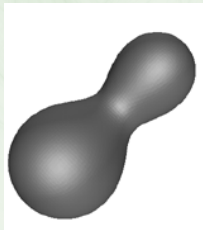
- 1 "Rappels" sur les surfaces implicites
- 2 Mélanges simples et connus**
- 3 Problèmes liés à ces mélanges
- 4 Solutions proposées actuellement

Meta-ball [N.Stolte]

Primitive à support compact :

- d distance au centre
- Surface définie pour $d = 0.5$
- R rayon de la Meta-ball

$$\begin{cases} f(d) = \frac{1}{R^8} (d^2 - R^2)^4 & \text{si } d < R \\ f(d) = 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

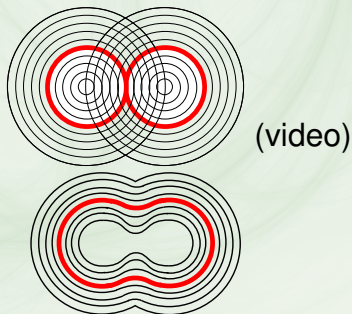
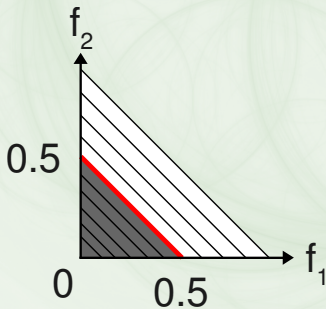


Union douce

Operateur N-aire type somme

Soit \widehat{G}_U l'operateur d'union douce :

$$\widehat{G}_U(f_1, \dots, f_n) = f_1 + \dots + f_n$$

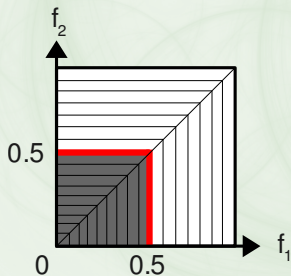


Union franche [A.Ricci 1973]

Operateur N-aire type max

Soit G_U l'operateur d'union franche :

$$G_U(f_1, \dots, f_n) = \max(f_1, \dots, f_n)$$



Discontinuité de gradient

Opérateur de Pasko [A.Pasko 1994]

Union propre de Pasko

- $G_{pasko}(f_1, f_2) = f_1 + f_2 - \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$
- Uniquement pour le support global
- C^0 en $f_1 = f_2 = 0$ et C^1 ailleurs.

Opérateur de Pasko [A.Pasko 1994]

Union propre de Pasko

- $G_{pasko}(f_1, f_2) = f_1 + f_2 - \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$
- Uniquement pour le support global
- C^0 en $f_1 = f_2 = 0$ et C^1 ailleurs.

Union "contrôlée"

- $\hat{G}_{ctrl}(f_1, f_2) = G_{pasko}(f_1, f_2) + disp(f_1, f_2)$

Opérateur de Pasko [A.Pasko 1994]

Union propre de Pasko

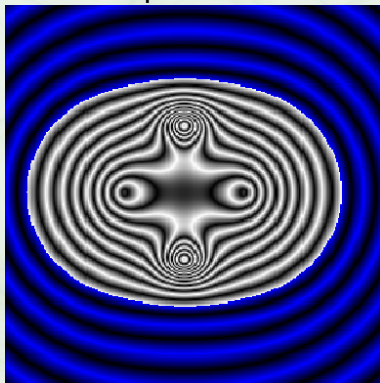
- $G_{pasko}(f_1, f_2) = f_1 + f_2 - \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$
- Uniquement pour le support global
- C^0 en $f_1 = f_2 = 0$ et C^1 ailleurs.

Union "contrôlée"

- $\widehat{G}_{ctrl}(f_1, f_2) = G_{pasko}(f_1, f_2) + disp(f_1, f_2)$
- $disp(f_1, f_2) = \frac{a_0}{1 + (\frac{f_1}{a_1})^2 + (\frac{f_2}{a_2})^2}$
- "Ajout" de matière paramétré avec $a_0 a_1 a_2$
- L'ajout est global aux deux primitives.

Opérateur de Pasko [A.Pasko 1994]

Champ résultant d'un mélange de Pasko avec deux sphères :



En résumé

- Mise en oeuvre simple
- Peu de contrôle sur le mélange
- Champ de potentiel déformé ou gradient discontinu

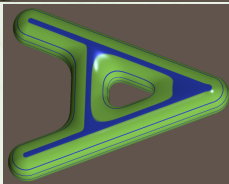
Outline

- 1 "Rappels" sur les surfaces implicites
- 2 Mélanges simples et connus
- 3 Problèmes liés à ces mélanges**
- 4 Solutions proposées actuellement

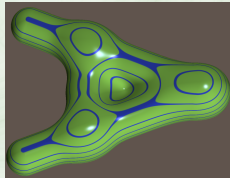
Mélange global

Effets indésirables

- Remplissage de trous non voulu
- Détails happés par les grosses surfaces
- Mélange et gonflement à faible distance



Resultat souhaité

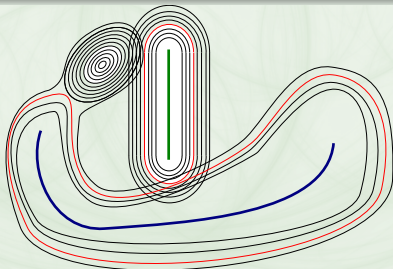


Mélange global (somme)

Support global

Limitation

- Nécessité de ré-évaluer toute la surface à chaque changement de paramètre ou d'opérateur.
- Mélange global à tout l'espace (en support compact il reste confiné dans une boîte englobante)

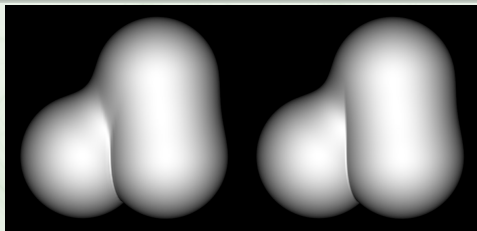


Utiliser le support compact garantit la localité du changement dans une boîte englobante

Qualité du champ résultant

Application multiple non prévisible si :

- Le champ est discontinu
- Trop de distortion dans le champ (mélange de Pasko)



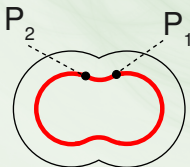
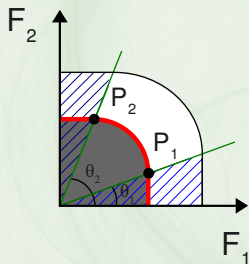
- Générer un champ de potentiel régulier
- Opérateur de classe C^∞

Outline

- 1 "Rappels" sur les surfaces implicites
- 2 Mélanges simples et connus
- 3 Problèmes liés à ces mélanges
- 4 Solutions proposées actuellement**

Qualité du champ : [L.Barthe 2004]

- Construction géométrique avec arc d'ellipse
- Continuité G^1 au raccord



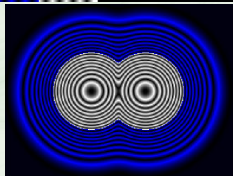
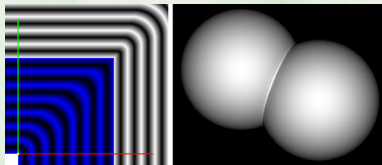
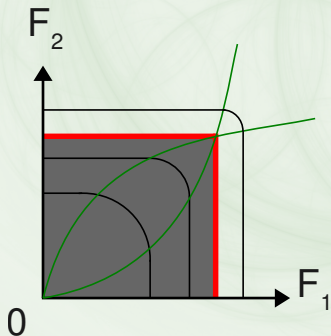
$$\widehat{G}_U(f_1, f_2) =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 \quad \text{si } f_2 = 0 \\ f_2 \quad \text{si } f_1 = 0 \\ f_1 \quad \text{si } \theta \leq \theta_1 \\ f_2 \quad \text{si } \theta \leq \theta_2 \\ C \quad \text{Où } C \text{ solution de :} \\ \frac{(f_1 - C \cdot \cot(\theta_2))^2}{(C - C \cdot \cot(\theta_2))^2} + \frac{(f_2 - C \cdot \tan(\theta_1))^2}{(C - C \cdot \tan(\theta_1))^2} = 1 \\ \text{si } \theta \in (\theta_1, \theta_2) \end{array} \right.$$

Qualité du champ : [L.Barthe 2004]

clean union

- Plus de discontinuité du champ comme avec l'opérateur max
- Continuité G^1 au raccord



Localité du mélange

Contrôle utilisateur

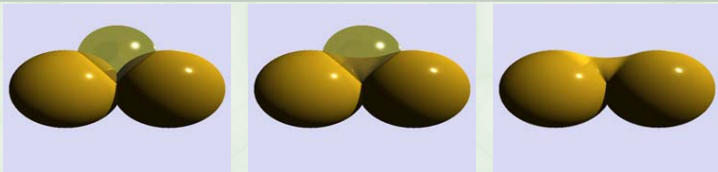
- Par défaut union franche, puis l'utilisateur choisit la zone à adoucir
- Processus long et rébarbatif.

Mélange automatique

- Seules les zones en contact se mélangent par union douce
- Le reste utilise une union franche

Contrôle par volume : [G.Pasko 2005]

- on restreint le mélange par un volume f_3
- $\hat{G}(f_1, f_2) = f_1 + f_2 - \sqrt{f_1^2 + f_2^2} + scale * disp(f_1, f_2, f_3)$



Contrôle par volume automatique :

[A.Bernhardt 2010]

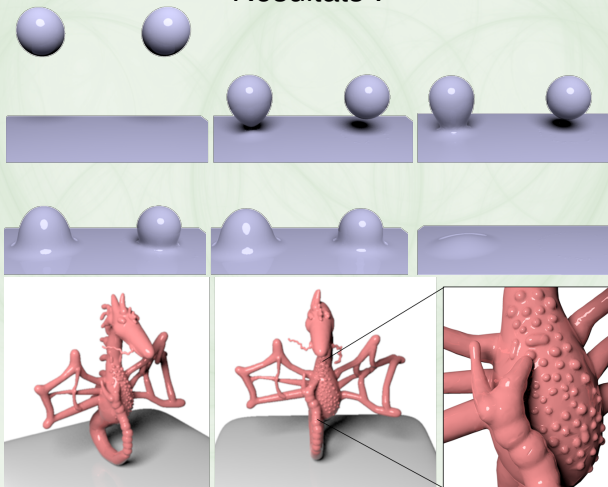
- Extraction de la courbe d'intersection
- Construction d'un volume autour de la courbe
- Interpolation linéaire entre union douce et franche dans le volume



N.B : Epaisseur du volume proportionnel au diamètre de la courbe.

Contrôle par volume automatique : [A.Bernhardt 2010]

Résultats :

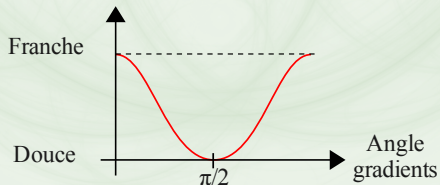
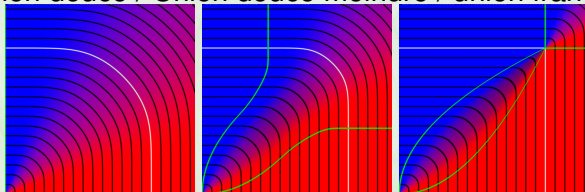


Contrôle par le gradient : [O.Gourmel 2011]

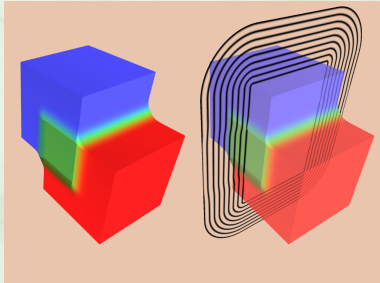
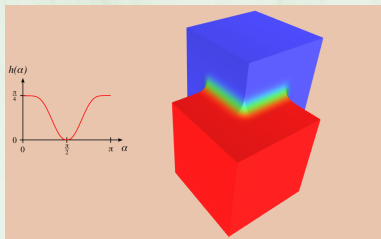
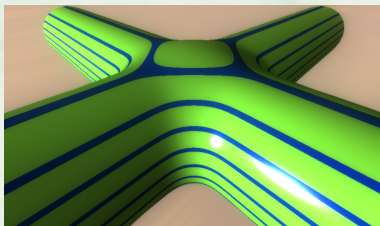
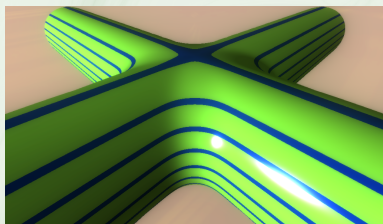
Idée simple mais efficace

Interpoler entre union douce et franche avec le gradient.

Union douce / Union douce moindre / union franche



Contrôle par le gradient : [O.Gourmel 2011]



Conclusion

Intérêt

- Des solutions de mélange plus simples que pour les surfaces paramétriques
- Mais aussi des solutions plus complexes (Implémentation sur GPU pour minimiser l'évaluation des opérateurs)
- Techniques **génériques**

Travaux futurs

- Opérateur N-aire
- Skinning

Bibliographie

[H.K.Tuy 1984] Tuy H. K. Tuy and Tuy L. T., "Direct 2-D Display of 3-D Objects", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 4, No. 10, October 1984, pp. 29–33.

[N.Stolte]

[A.Pasko 1994] A. Pasko, V. Savchenko, "Blending operations for the functionally based constructive geometry", Proc. Set-theoretic Solid Modeling : Techniques and Applications, CSG 94 Conference, Information Geometers, Winchester, UK, 1994 pp.151-161

[A.Ricci 1973] A. Ricci, "A constructive geometry for computer graphics," The Computer Journal, vol. 16, no. 2, 1973, pp. 157-160.

[L.Barthe 2004] L. Barthe, B. Wyvill and E. De Broot. "Controllable Binary CSG Operators for "Soft Objects"", International Journal of Shape Modeling, 10(2), pages 135-154, December 2004.

[O.Gourmel 2011] Publication sur le feu !

[G.Pasko 2005] G. Pasko, A. Pasko T. Kunii. "Bounded blending for function-based shape modeling", IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 25, No. 2, pp. 36-45. (2005)

[A.Bernhardt 2010] A. Bernhardt, L. Barthe, M-P. Cani and B. Wyvill. "Implicit Blending Revisited", Computer Graphics Forum, 29(2), proc. of EUROGRAPHICS, pages 367-376, 2010.