



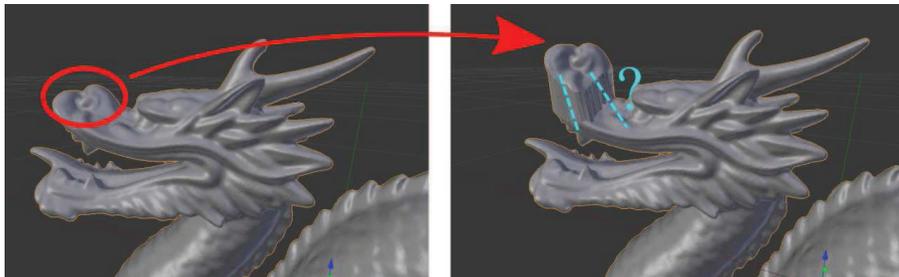
Projet de recherche en synthèse d'images (Computer Graphics)

Plan

- 1 Coordonnées différentielles
- 2 Interpolations de transformations
- 3 Synthèse de texture
- 4 Reconstruction de surfaces : Moving Least Squares
- 5 Déformation par coordonnées barycentriques complexes
- 6 Textures 3D procédurales
- 7 Visualisation de données scientifiques
- 8 Lancé de rayons avancé : Algorithme du Path Tracing
- 9 Surfaces de convolutions

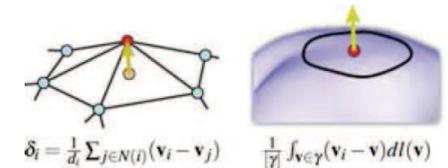
Coordonnées Différentielles: Problématique

Comment déformer une surface localement ?

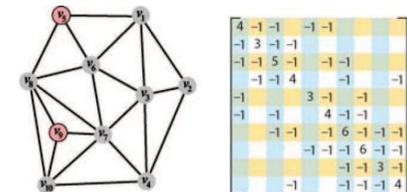


Coordonnées Différentielles: Principe

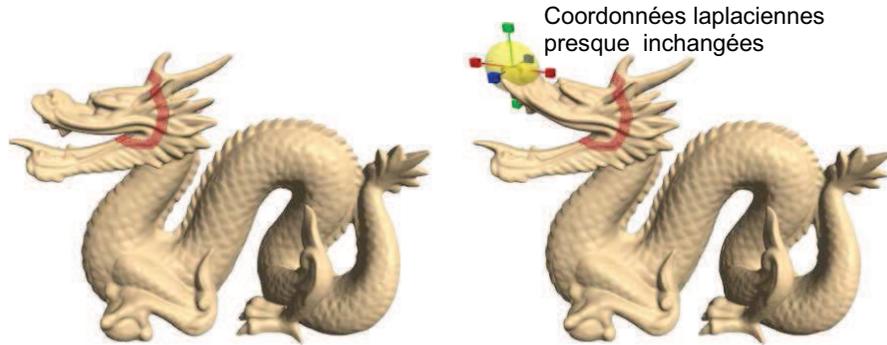
Encode des informations locales



Exprime linéairement



=> Garde voisinage similaire au cours de la déformation



Coordonnées laplaciennes presque inchangées

[Sorkine SGP 04]

1.3 Travail demandé

- Comprendre et expliquer le principe de l'encodage suivant les coordonnées différentielles.
- Réaliser une étude bibliographique de la déformation Laplacienne et des autres encodage différentiels. Comparez leurs avantages et inconvénients.
- Réaliser une étude bibliographique des méthodes d'estimation du Laplacien sur un maillage. Comparez leurs avantages et inconvénients.
- En vous inspirant de [Sor+04], implémentez une déformation 2D ou 3D par déformation Laplacienne sur un maillage.
- + Implémentation et comparaison des différentes méthodes de calculs.
- + Réalisation d'un outil d'édition interactif.
- + Prise en compte des rotations.

Références

[AW11] Marc ALEXA et Max WARDETZKY. « Discrete Laplacians on General Polygonal Meshes ». Dans : *ACM SIGGRAPH, ACM Transaction on Graphics (TOG)* 30.4 (2011).

[Lip+04] Yaron LIPMAN, Olga SORKINE, Daniel COHEN-OR, David LEVIN, Christian ROSSL et Hans-Peter SEIDEL. « Differential Coordinates for Interactive Mesh Editing ». Dans : *Shape Modeling International (SMI)* (2004).

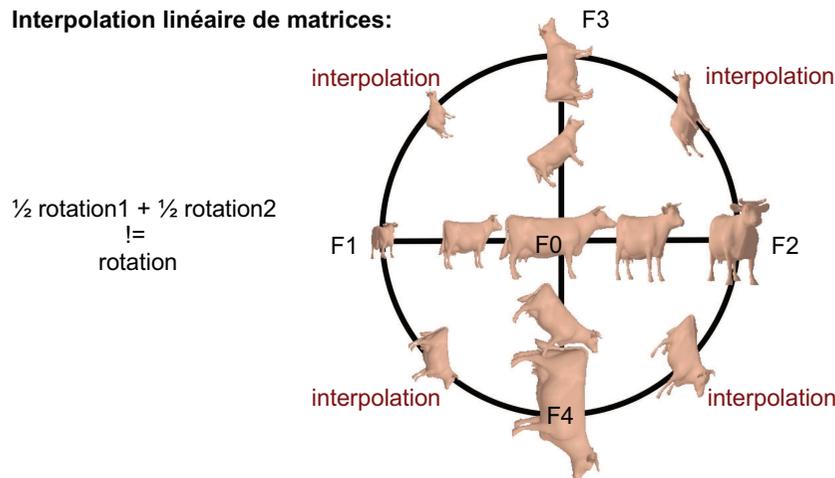
[Sor05] Olga SORKINE. « Laplacien Mesh Processing ». Dans : *Eurographics, State of the Art Report* (2005).

[Sor06] Olga SORKINE. « Differential Representations for Mesh Processing ». Dans : *Computer Graphics Forum (CGF)* 25.4 (2006), p. 799-807.

[Sor+04] Olga SORKINE, Daniel COHEN-OR, Yaron LIPMAN, Marc ALEXA, Christian ROSSL et Hans-Peter SEIDEL. « Laplacian Surface Editing ». Dans : *Symposium on Geometry Processing (SGP)* (2004).

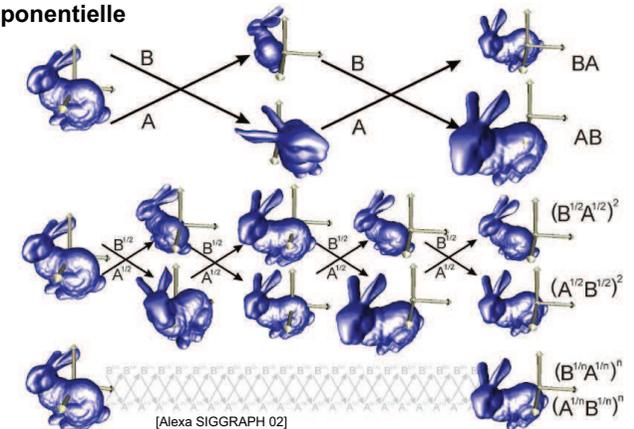
[WMBG07] Max WARDETZKY, Saurabh MATHUR, Felix KALBEER et Eitan GRINSFUND. « Discrete Laplace Operators: No free lunch ». Dans : *Symposium on Geometry Processing (SGP)* (2007).

Interpolation linéaire de matrices:



Origine = non commutativité du produit matriciel

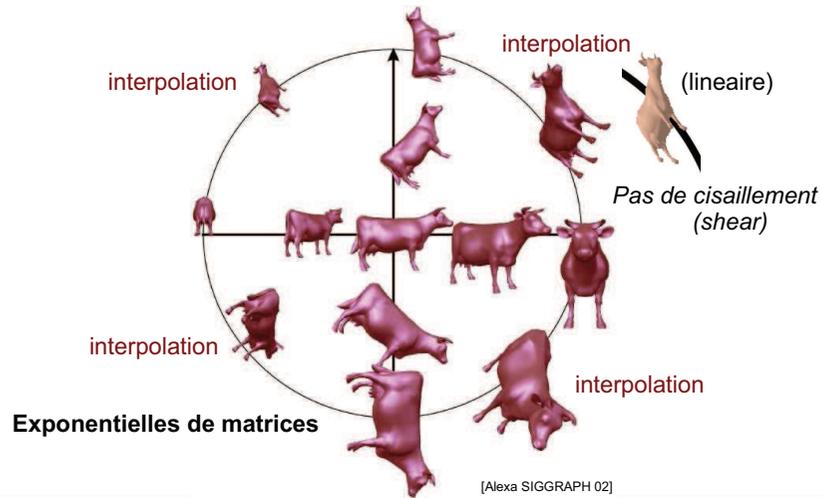
Solution = passage à l'exponentielle



Théorie : Groupe de Lie

[Alexa SIGGRAPH 02]

Interpolation de matrices: Resultats



9

Interpolation de matrices: Travail

2.3 Travail demandé

- Comprendre et expliquer la problématique d'interpolation.
- Comprendre et expliquer l'interpolation par l'application exponentielle.
- Réaliser une étude bibliographique des différents travaux de calculs d'interpolation dans des variétés
- En vous basant sur [Ale02], implémentez l'interpolation de déformations 3D par l'application exponentielle.
- + Implémenter d'autres interpolations spécifiques et comparez les résultats.
- + Implémenter l'interpolation sur variété dans le cadre de la mécanique.

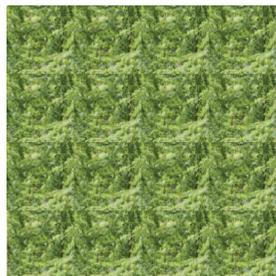
Références

- [Ale02] Marc ALEXA. « Linear Combination of Transformations ». Dans : *ACM SIGGRAPH, ACM Transaction on Graphics (TOG)* 21.3 (2002).
- [EM98] Practical Parameterization of Rotations Using the EXPONENTIAL MAP. « Sebastian Grassia ». Dans : *The Journal of Graphics Tools* (1998).
- [PFA06] Xavier PENNEC, Pierre FILLARD et Nicholas AYACHE. « A Riemannian Framework for Tensor Computing ». Dans : *International Journal of Computer Vision* 66.1 (2006).
- [RM94] Shankar Sastry RICHARD MURRAY Zexiang Li. *A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation*. CRC Press, 1994.

10

Synthèse de textures: Problématique

Etendre une texture ?



Duplication => rassemblement visible

Ex d'application : suppression d'objet



?

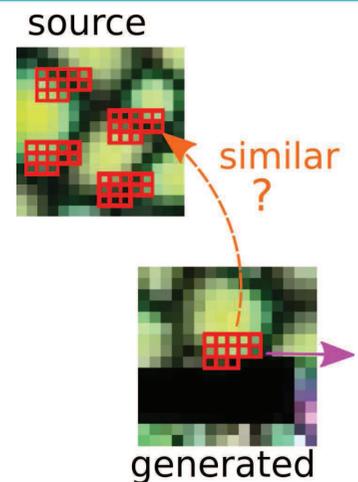
11

Synthèse de textures: Principe

Génération par **parcours ordonné**

Masque local de comparaison

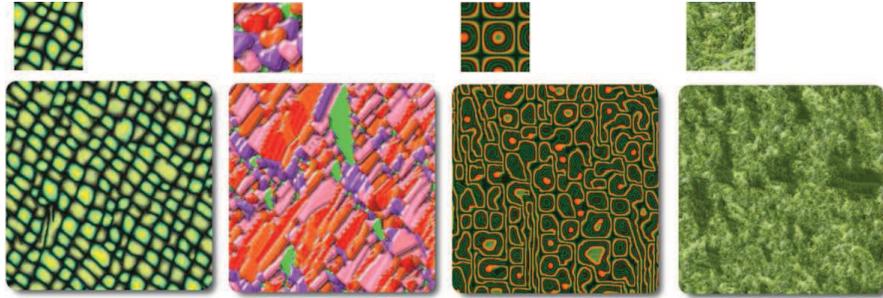
Recherche du meilleur patch de la source



[Wei SIGGRAPH 00]

12

Synthèse de textures: Resultats



Agrandissement de textures automatique

13

Synthèse de textures: Resultats

Application : **Suppression d'objets d'une image**



14

Synthèse de textures: Resultats

Application : **Suppression d'objets d'une image**



15

Synthèse de textures: Resultats

Application : **Suppression d'objets d'une image**



16

Synthèse de textures: Travail

3.3 Travail demandé

- Réaliser une étude bibliographique des travaux de synthèse de textures et leurs applications. On prendra soin de comparer les approches ([WL00; EF01; Kwa+03; MWT11], etc).
- Comprendre et expliquer le principe décrit dans [EL99]. Notamment expliquer ses fondements théoriques.
- Implémenter la synthèse de texture suivant l'approche de [EL99] sur divers échantillons. Le mettre en oeuvre sur de la suppression de partie d'une image (voir fig. 4).
- Expliquez les limitations et améliorations possibles : Contrôle de la synthèse, prise en compte des bords francs, calcul efficace.
- + Implémentation efficace de l'algorithme.
- + Implémentation d'une méthode prenant en compte les bords francs [Ash01].
- + Contrôle de la synthèse, prise en compte de sources multiples.
- + Textures 3D / animée.

Références

- [Ash01] Michael ASHKHMIN. « Synthesizing Natural Textures ». Dans : *Symposium on Interactive 3D Graphics (3D)* (2001).
- [EF01] Alexei EFROS et William FREEMAN. « Image quilting for texture synthesis and transfer ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (2001).
- [EL99] Alexei EFROS et Thomas LEUNG. « Texture Synthesis by Non-Parametric Sampling ». Dans : *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)* 2 (1999).
- [Kwa+03] Vivek KWATRA, Arno SCHODL, Irfan ESSA, Greg TURK et Aaron BOBICK. « Graphcut textures: image and video synthesis using graph cuts ». Dans : *ACM SIGGRAPH, ACM Transaction on Graphics (TOG)* 22.3 (2003).
- [MWT11] Chongyan MA, Li-Yi WEI et Xin TONG. « Discrete Element Textures ». Dans : *ACM SIGGRAPH, ACM Transaction on Graphics (TOG)* 30.4 (2011).
- [Wei01] Li-Yi WEI. « Texture Synthesis by Fixed Neighborhood Searching ». Thèse de doct. Stanford, 2001.
- [WL00] Li-Yi WEI et Marc LEVOY. « Fast Texture Synthesis using Tree-structured Vector Quantization ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (2000).

17

Reconstruction de surfaces: Problématique

Scanners lasers => Points 3D + Normales

Pas d'info de surfaces



woodlaserengraver.com



[Alexa TVCG 03]

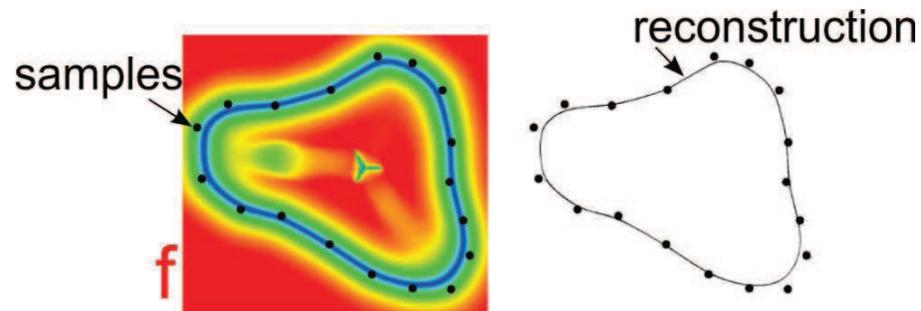


[Alexa TVCG 03]

18

Reconstruction de surfaces: Principe

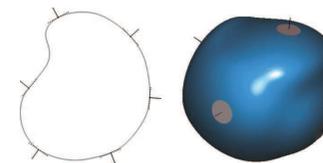
Cherche fonction scalaire f telle que $f(x,y,z)=0$ sur la surface



[Alexa TOG 09]

19

Reconstruction de surfaces: Resultat



2D

[Alexa TOG 09]

3D

Points + Normales => Surface



[Alexa TVCG 03]



20

Reconstruction de surfaces: Travail

4.3 Travail demandé

- Réaliser une étude bibliographique de la reconstruction de surface à partir de points + normales. Placer les *Moving Least Squares* dans ce contexte.
- Comprendre et expliquer le rapport entre la notion de *Moving Least Squares* et cette approche.
- En se basant sur [Ale+03], implémenter une méthode de reconstruction de surface en 2D dans un premier temps. Puis passer à une généralisation en 3D.
- + Mise en place d'une reconstruction 3D complète.
- + Comparaison avec des améliorations telles que l'approche algébrique, etc ([GG07 ; OGG09; AA09], etc).

Références	
[AA04]	Marc ALEKA et Anders ADAMSON. « On normals and Projection Operators for Surfaces Defined by Point Sets ». Dans : <i>Symposium on Point-Based Graphics</i> (2004).
[AA09]	Marc ALEKA et Anders ADAMSON. « Interpolatory Point Set Surfaces - Convexity and Hermite Data ». Dans : <i>ACM Transaction on Graphics (TOG)</i> 28.2 (2009).
[Ale+03]	Marc ALEKA, Johannes BEHR, Daniel COHEN-OR, Shachar FLEISHMAN, David LEVIN et Claudio SILVA. « Computing and Rendering Point Set Surfaces ». Dans : <i>IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG)</i> 9.1 (2003).
[AK04]	Nina AMENTA et Yong KIL. « Defining Point-Set Surfaces ». Dans : <i>ACM SIGGRAPH, ACM Transaction on Graphics (TOG)</i> 23.3 (2004).
[GG07]	Gael GUENNEBAUD et Markus GROSS. « Algebraic Point Set Surfaces ». Dans : <i>ACM SIGGRAPH, ACM Transaction on Graphics (TOG)</i> 26.3 (2007).
[KBH06]	Michael KAZHDAN, Matthew BOLITHO et Hughes HOPPE. « Poisson Surface Reconstruction ». Dans : <i>Symposium on Geometry Processing (SGP)</i> (2006).
[OGG09]	Congxi OZIERRELL, Gael GUENNEBAUD et Markus GROSS. « Feature Preserving Point Set Surfaces based on Non-Linear Kernel Regression ». Dans : <i>Eurographics, Computer Graphics Forum (CGF)</i> 28.2 (2009).

21

Déformation 2D complexe: Problématique

Image dans une grille

But : Déformation de la cage => déformation de l'image

Coordonnées d'interpolation ?

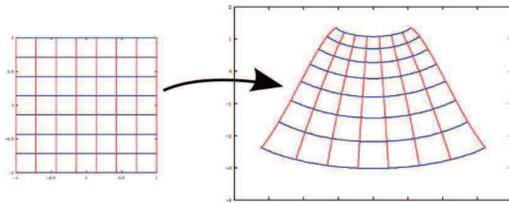


[Weber EG 09]

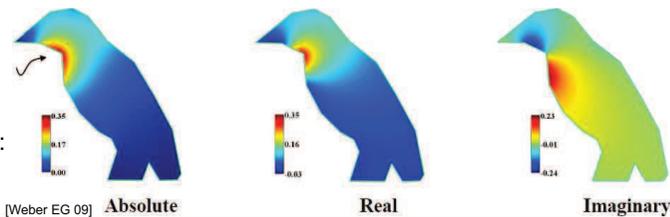
22

Déformation 2D complexe: Principe

Déformation complexe (holomorphe)



Poids d'interpolations barycentriques :



[Weber EG 09]

Absolute

Real

Imaginary

23

Déformation 2D complexe: Resultat



Déformation par grille

Déformation par points

[Weber EG 09]

24

Déformation 2D complexe: Travail

5.3 Travail demandé

- Réalisez une étude bibliographique des déformations du plan.
- Comprenez et expliquez la méthode de déformation proposée dans ce contexte.
- En se basant sur [WBCG09], implémentez la déformation d'une image par coordonnées de Cauchy-Green et par coordonnées de Szegő. On considérera spécifiquement des polygones de contrôles non convexes (voir fig. 6).
- Discutez des avantages et inconvénient de cette approche par rapport à d'autres méthodes.
- + Réaliser un outil de déformation interactive de déformation point à point.
- + Discutez et présentez des extensions à la 3D.

Références

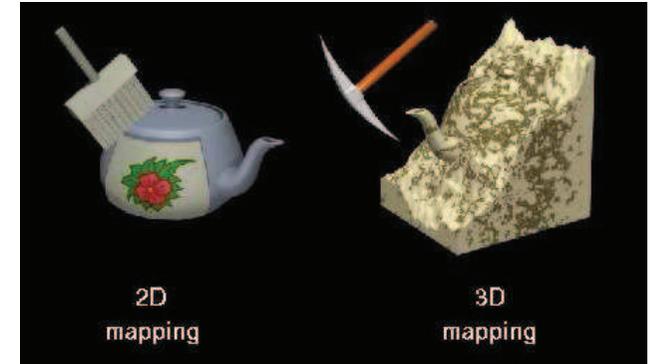
- [Web10] Ofir WEBER. « Hybrid Methods for Interactive Shape Manipulation ». Thèse de doct. Technion, 2010.
- [WBCG09] Ofir WEBER, Mirela BEN-CHEN et Craig GOTSMAN. « Complex Barycentric Coordinates with Applications to Planar Shape Deformation ». Dans : *Eurographics, Computer Graphics Forum (CGF)* 28.2 (2009).
- [WBCGH11] Ofir WEBER, Mirela BEN-CHEN, Craig GOTSMAN et Kai HORMANN. « A complex view of barycentric mappings ». Dans : *Symposium on Geometry Processing (SGP)* (2011).

25

Texture 3D procédurales: Problématique

Pouvoir creuser dans un objet ?

- Taille mémoire de la texture
- Obtention texture 3D

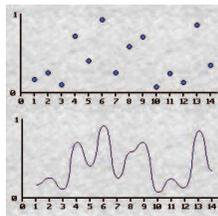


Pascal Vuylstecker

26

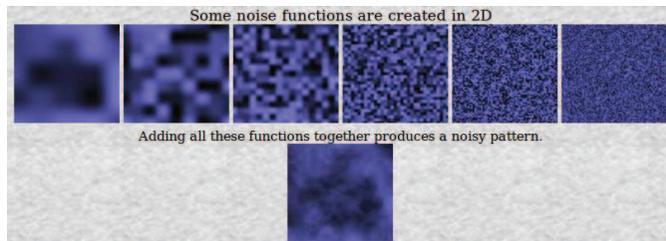
Texture 3D procédurales: Principe

Bruit de Perlin



- 1- Interpole
- 2- Somme avec:
Fréquence croit
Amplitude décroit

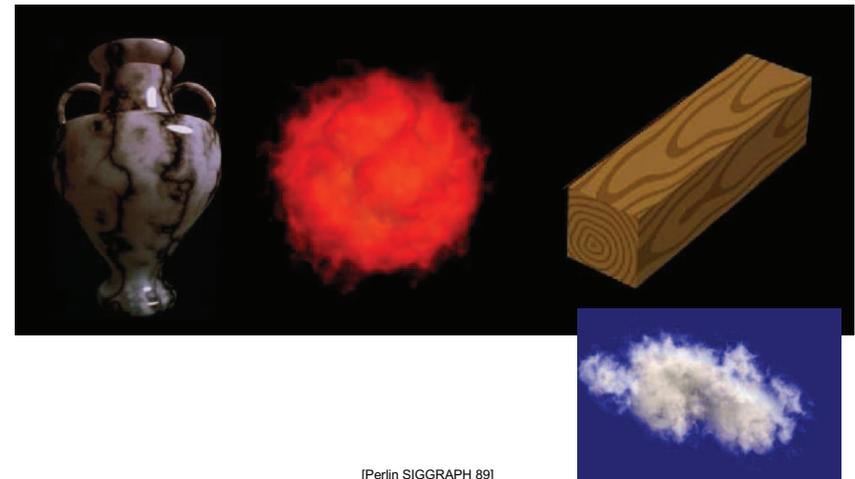
En 2D :



Hugo Elias

27

Texture 3D procédurales: Resultat



[Perlin SIGGRAPH 89]

28

Texture 3D procédurales: Resultat



Stealth, Digital Domain

Texture 3D procédurales: Travail

6.3 Travail demandé

- Réalisez une étude bibliographique de l'utilisation du *bruit de Perlin* en s'attachant à montrer l'étendue de leur utilisation.
- Réalisez une étude bibliographique sur la génération de texture 3D, quelles autres approches existent, comparez leurs avantages et inconvénients (ex. [Lew89; Tur91; Ney03; Pea85; Miy90; CN02], etc).
- Implémentez une génération de texture 3D, visualisez celle-ci par coupe ou placage sur un objet 3D.
- Mettez en place des paramètres de contrôle sur votre texture.
- + Implémentation efficace de votre outil de génération de texture.
- + Réalisez des déformations volumiques de votre objet (creusement, etc).
- + Visualisez des textures volumiques transparentes (ex. nuages, etc).
- + Implémentez la génération d'autre type de bruits.
- + Implémentez des textures animées.

Références

[CN02] Jean COMBAZ et Fabrice NEYRET. « Painting Folds Using Expansion Textures ». Dans : *Pacific Graphics (PG)* (2002).

[Lew89] J. P. LEWIS. « Algorithms for solid noise synthesis ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1989).

[Miy90] Kazunori MINATA. « A method of generating stone wall patterns ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1990).

[Ney03] Fabrice NEYRET. « Advected textures ». Dans : *Symposium on Computer Animation (SCA)* (2003).

[Pea85] Darwyn PEACHEY. « Solid texturing of complex surfaces ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1985).

[Per85] Ken PERLIN. « An Image Synthesizer ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1985).

[PH89] Ken PERLIN et Eric HOFFERT. « Hypertexture ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1989).

[Tur91] Greg TURK. « Generating textures on arbitrary surfaces using reaction-diffusion ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1991).

Visualisation scientifique: Problématique

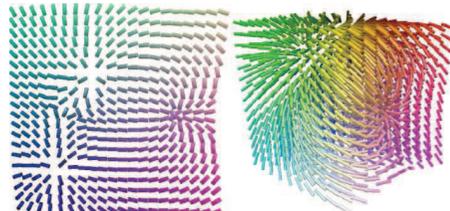
Données 3D scalaires ?

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



Données 3D vectorielles ?

(0.5, 1.0, 1.25)	(0.9, 1.5, -0.75)
(0.1, 1.9, -0.95)	(1.9, 1.9, -0.15)

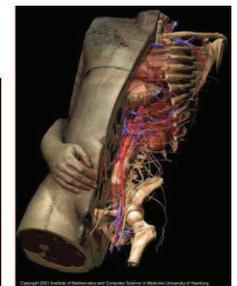
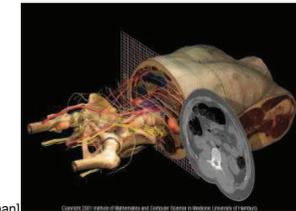


Visualisation scientifique: Principes

Rendu volumique

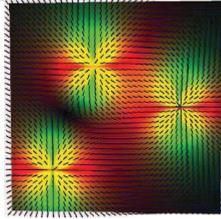


Isosurface

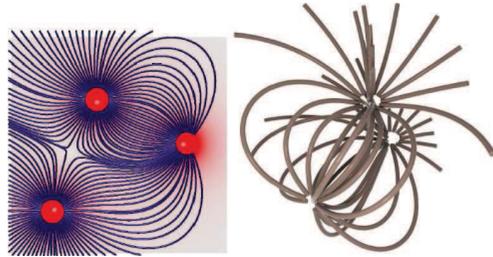


[Visible Human]

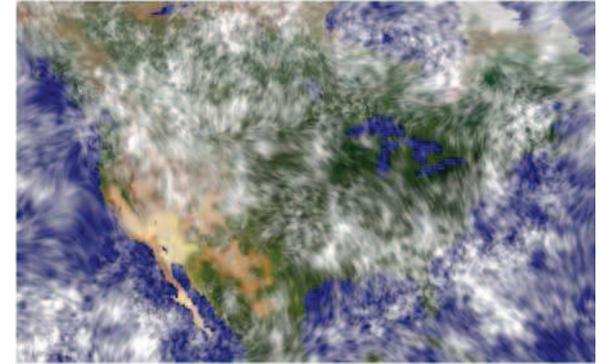
Encodage couleur



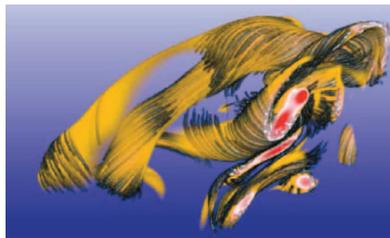
Lignes de champ



Ligne Integral Convolution (LIC)



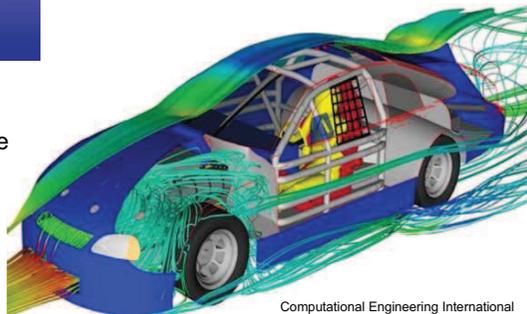
[Cabral SIGGRAPH 93]



mix : volumique + LIC

[Helgeland TVCG 04]

mix : Lignes de champs + isosurface + couleur



Computational Engineering International

7.3 Travail demandé

- Réaliser une étude bibliographique sur les différents types de données que l'on cherche à visualiser.
- Réaliser une étude bibliographique de différentes méthodes de visualisation de données scientifiques. On portera une attention particulière à expliciter l'intérêt et l'utilisation standard de chaque méthode présentée (et non une simple énumération).
- Implémentez certains algorithmes de visualisation sur des données surfaciques et volumiques.
- Montrez la complémentarité de différentes visualisations sur un même jeu de données.

Références

[CL93] Brian CABRAL et Leith LEEDOM. « Imaging Vector Fields Using Line Integral Convolution ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1993).

[FW08] Martin FALK et Daniel WEISKOPF. « Output-Sensitive 3D Line Integral Convolution ». Dans : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG)* 14.4 (2008).

[HA04] Anders HELGELAND et Oyvind ANDRIASSEN. « Visualization of Vector Fields Using Seed LIC and Volume Rendering ». Dans : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG)* 10.6 (2004).

[HE06] Anders HELGELAND et Thomas ELBOTH. « High-Quality and Interactive Animations of 3D Time-Varying Vector Fields ». Dans : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG)* 12.6 (2006), p. 1535-1546.

[Hu92] J.-E. HUIFOJIST. « Constructing stream surfaces in steady 3D vector fields ». Dans : *Conference on Visualization* (1992).

[Lev88] Marc LEVOY. « Display of Surfaces from Volume Data ». Dans : *IEEE Computer Graphics and Applications (CG&A)* 8.3 (1988).

[LC87] William LORENSEN et Harvey CLINE. « Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1987).

[MW97] Heinrich MULLER et Michael WEHLE. « Visualization of Implicit Surfaces Using Adaptive Tetrahedrizations ». Dans : *Conference on Scientific Visualization* (1997).

[PL09] Zhenmin PENG et Robert LARAMEE. « Higher Dimensional Vector Field Visualization: A Survey ». Dans : *Theory and Practice of Computer Graphics* (2009).

[VTK] Visualization Toolkit VTK. <http://www.vtk.org/>.

Rendu réaliste: Path Tracing: Problématique

Rendu classique



Pas de sources secondaires de lumière

37

Rendu réaliste: Path Tracing: Problématique

Rendu classique



Pas de sources secondaires de lumière

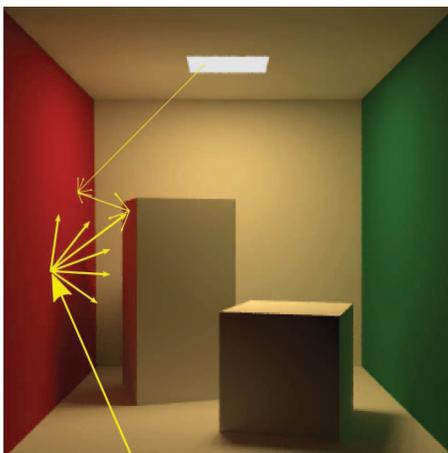
38

Rendu réaliste: Path Tracing: Principe

Lancement de plusieurs rayons

Solution de l'équation d'illumination

Théorie : Intégration de Monte Carlo



39

Rendu réaliste: Path Tracing: Resultat



Ombrage
diffus

Zone bleue

Zone rouge

40



8.3 Travail demandé

- Comprendre et expliquer l'équation de la l'illumination que l'on cherche à résoudre.
- Placer et expliquer le lien avec l'algorithme du path tracing.
- Réaliser un travail bibliographique sur les méthodes de rendu approximant cette équation. Donnez les avantages et inconvénients propres à chacune. On prendra soin de séparer les approches biaisées et non biaisées.
- Implémentez un ray-traceur proposant un rendu par illumination directe, et par *path-tracing*.
- + Implémentation et comparaison avec d'autres approches non biaisées (MLT, etc)
- + Implémentation et comparaison avec d'autres approches biaisées (photon mapping, radiance, etc)
- + Prise en compte des BRDF
- + Implémentation parallèle.
- + Implémentation d'un ray-traceur générique (primitives, etc).

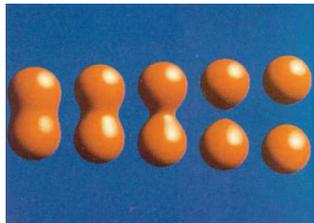
Références

[Kaj86] James KAJIYA. « The rendering equation ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1986).

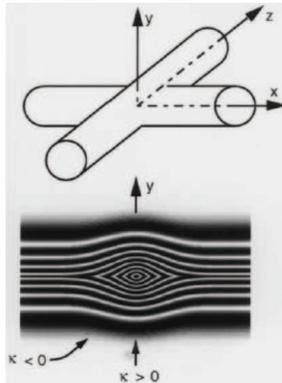
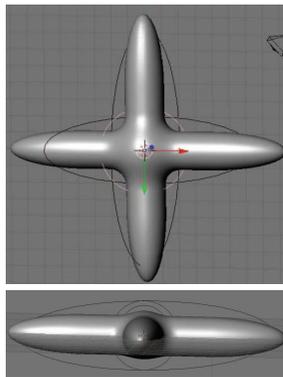
[Laf96] Eric LAFORTUNE. « Mathematical Models and Monte Carlo Algorithms for Physically Based Rendering ». Thèse de doct. Leuven University, 1996.

[PH10] Matt PHARR et Greg HUMPHREYS. *Physically Based Rendering: From Theory To Implementation*. Morgan Kaufmann, 2010.

[Whi80] Turner WHITTED. « An improved illumination model for shaded display ». Dans : *Communications of the ACM (CACM)* 23.6 (1980).



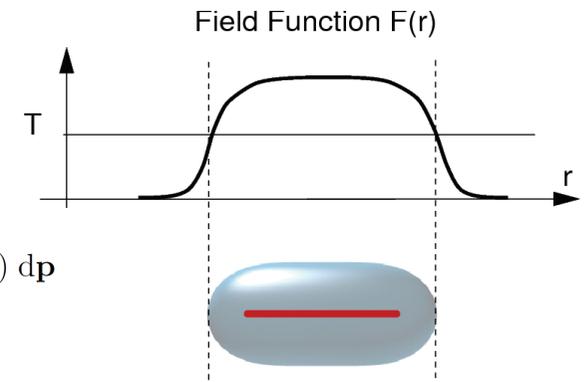
Surface implicite



Somme de potentiel = bosse

Potentiel donné par la convolution d'un noyaux:

$$f(\mathbf{x}) = \int_{\mathbf{p} \in S} h(\|\mathbf{x} - \mathbf{p}\|) d\mathbf{p}$$



[Sherstuyk 99]

squelette : Surface obtenue



[Sherstyuk 99]

Exemple de modélisation



[Bernhardt 10]

9.3 Travail demandé

- Réaliser une étude bibliographique de l'art de l'utilisation des fonctions implicites.
- Réaliser une étude bibliographique sur l'utilisation des surfaces implicite en modélisation. Placer les surfaces de convolution dans ce contexte.
- Implémenter une modélisation par surface de convolution le long de segments en 2D puis en 3D.
- Tester différents noyaux d'intégration et comparez à une fonction de distance la plus courte.
- + Réaliser un outil de modélisation interactif 3D permettant de visualiser le champ et la surface.
- + Implémentez une méthode d'intégration numérique de noyaux quelconque.

Références

- [BBCW10] Adrien BERNHARDT, Loïc BARTHE, Marie-Paule CANI et Brian WYVILL. « Implicit Blending Revisited ». Dans : *Eurographics, Computer Graphics Forum (CGF)* 29.2 (2010), p. 367-375.
- [Bl82] James BLINN. « A Generalization of Algebraic Surface Drawing ». Dans : *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 1.3 (1982).
- [Bl97] Jules BLOOMENTHAL. « Bulge Elimination in Convolution Surfaces ». Dans : *Computer Graphics Forum (CGF)* 16.1 (1997), p. 33-41.
- [BS91] Jules BLOOMENTHAL et Ken SHOEMAKE. « Convolution surfaces ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1991).
- [JT02] Xiaogang JIN et Chiew-Lan TAL. « Analytical methods for polynomial weighted convolution surfaces with various kernels ». Dans : *Computer and Graphics* 26.3 (2002), p. 437-447.
- [MS98] Jon MCCORMACK et Andrei SHERSTYUK. « Creating and Rendering Convolution Surfaces ». Dans : *Computer Graphics Forum (CGF)* 17.2 (1998), p. 113-120.
- [Mur91] Shigeru MURAKI. « Volumetric shape description of range data using "Bobby Model" ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1991).
- [She99] Andrei SHERSTYUK. « Convolution Surfaces in Computer Graphics ». Thèse de doct. Monash University, 1999.