

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

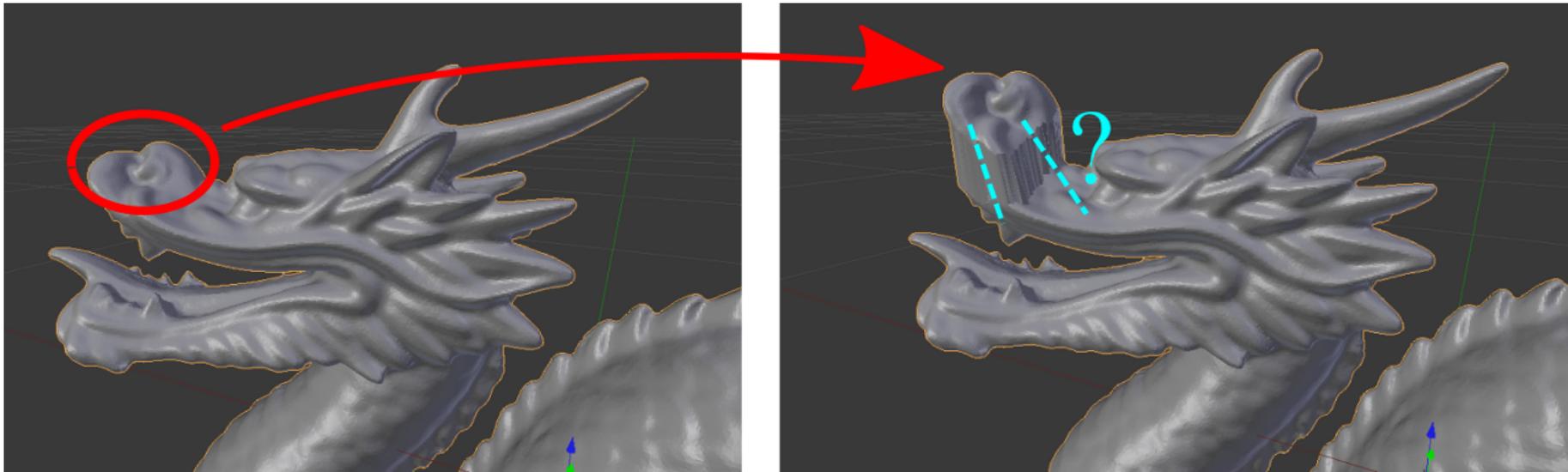
membre de UNIVERSITÉ DE LYON

LYON
CPE
ÉCOLE SUPÉRIEURE
DE CHIMIE PHYSIQUE ÉLECTRONIQUE
DE LYON

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

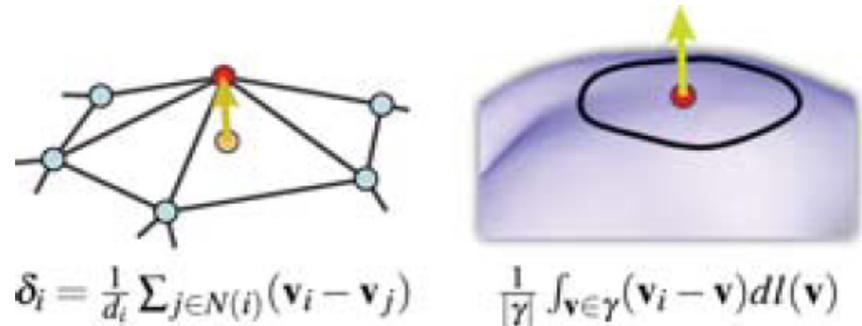
Comment déformer une surface localement ?



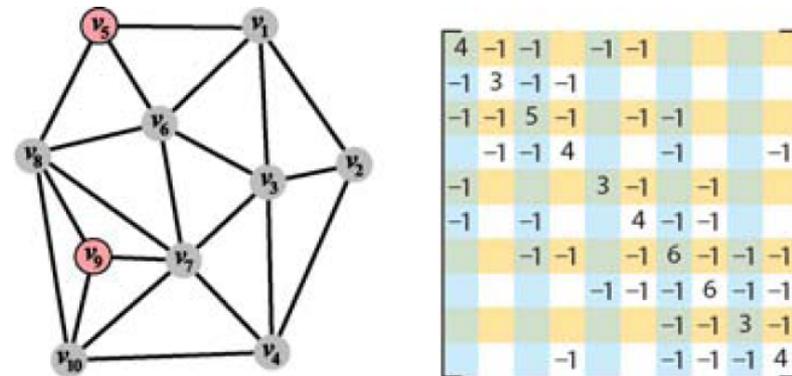
[Sorkine SGP 04]

Coordonnées Différentielles: Principe

Encode des informations locales



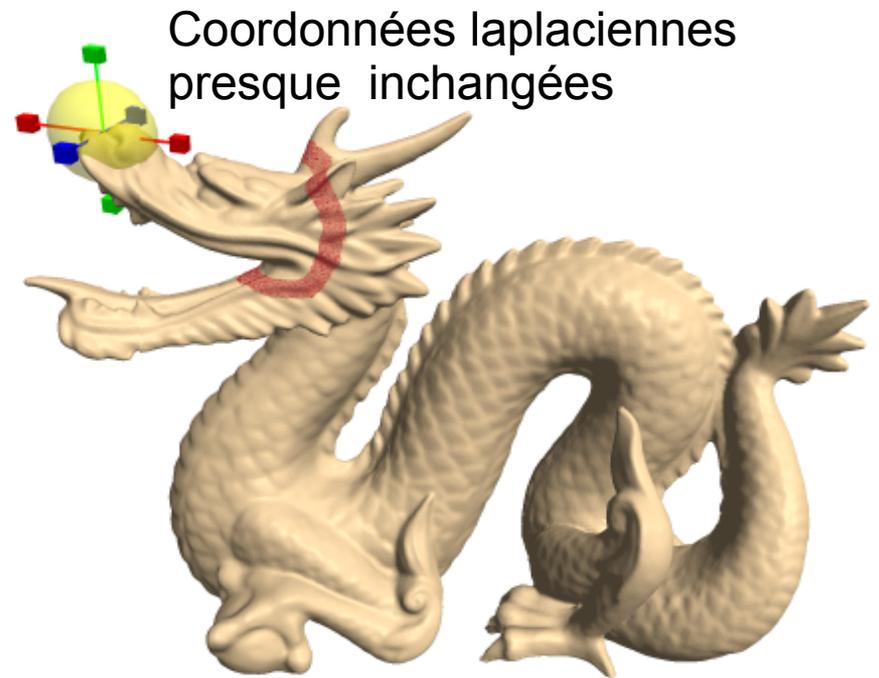
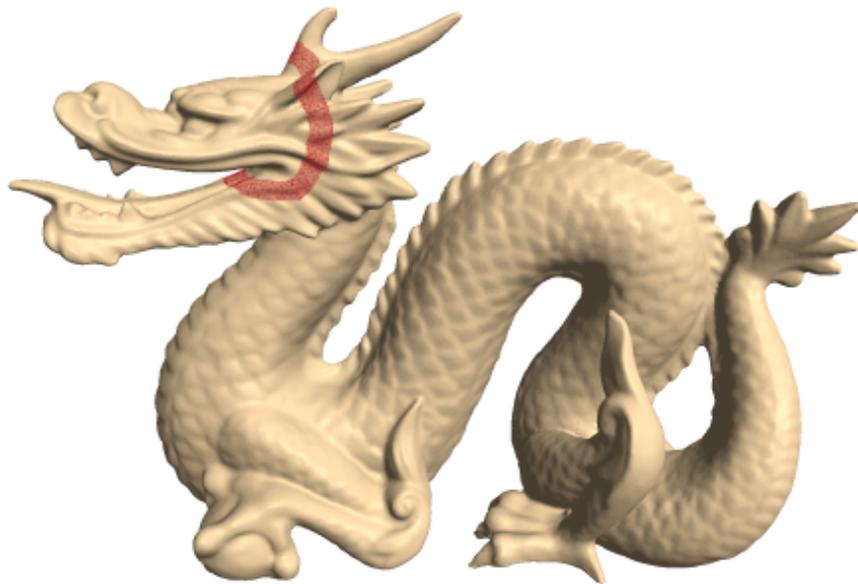
Exprime linéairement



[Sorkine SGP 04]

=> Garde voisinage similaire au cours de la déformation

Coordonnées Différentielles: Resultats



[Sorkine SGP 04]

1.3 Travail demandé

- Comprendre et expliquer le principe de l'encodage suivant les coordonnées différentielles.
- Réalisez une étude bibliographique de la déformation Laplacienne et des autres encodage différentiels. Comparez leurs avantages et inconvénients.
- Réalisez 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.

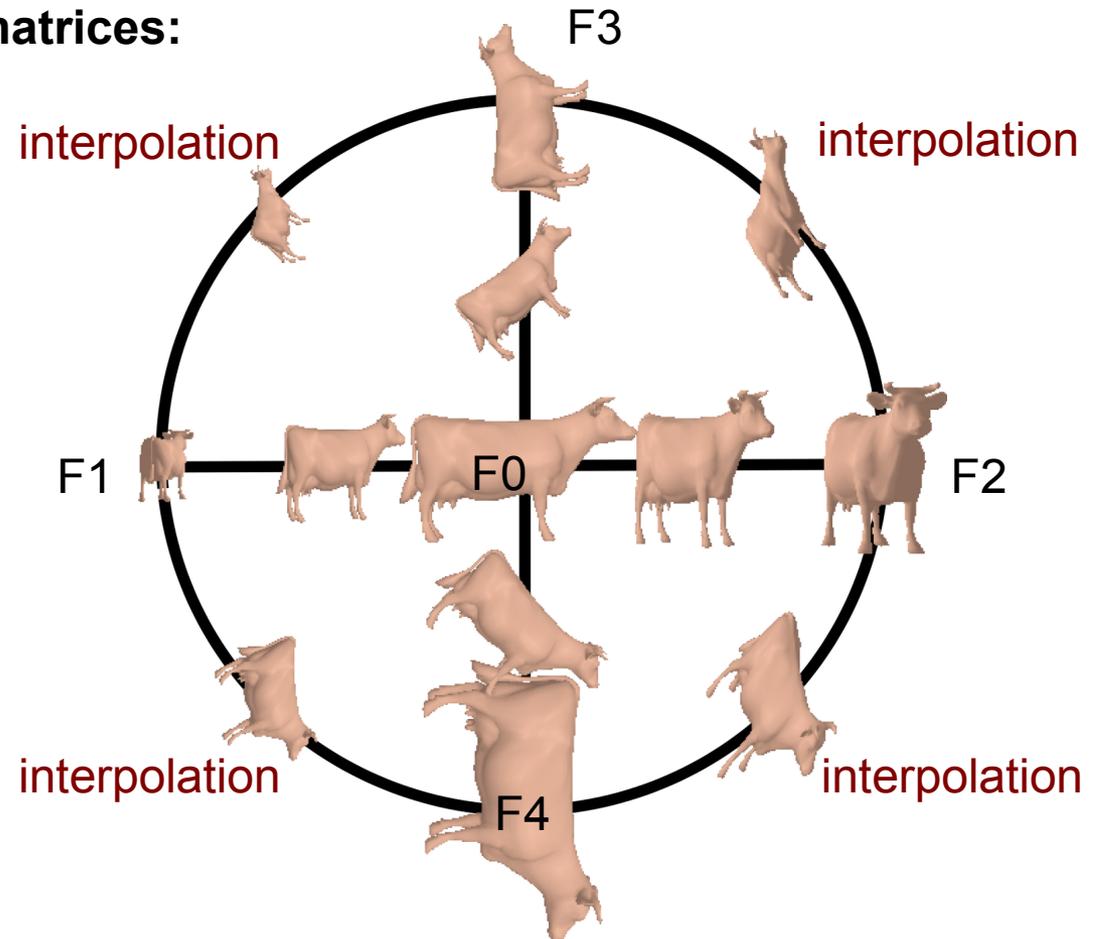
Références

- [AW11] Marc ALEXA et Max WARDEZKY. « 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, Chrisitan 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. 789–807.
- [Sor+04] Olga SORKINE, Daniel COHEN-OR, Yaron LIPMAN, Marc ALEXA, Christian ROESSL et Hans-Peter SEIDEL. « Laplacian Surface Editing ». Dans : *Symposium on Geometry Processing (SGP)* (2004).
- [WMKG07] Max WARDEZKY, Saurabh MATHUR, Felix KALBERER et Eitan GRINSPUN. « Discrete Laplace Operators: No free lunch ». Dans : *Symposium on Geometry Processing (SGP)* (2007).

Interpolation de matrices: Problématique

Interpolation linéaire de matrices:

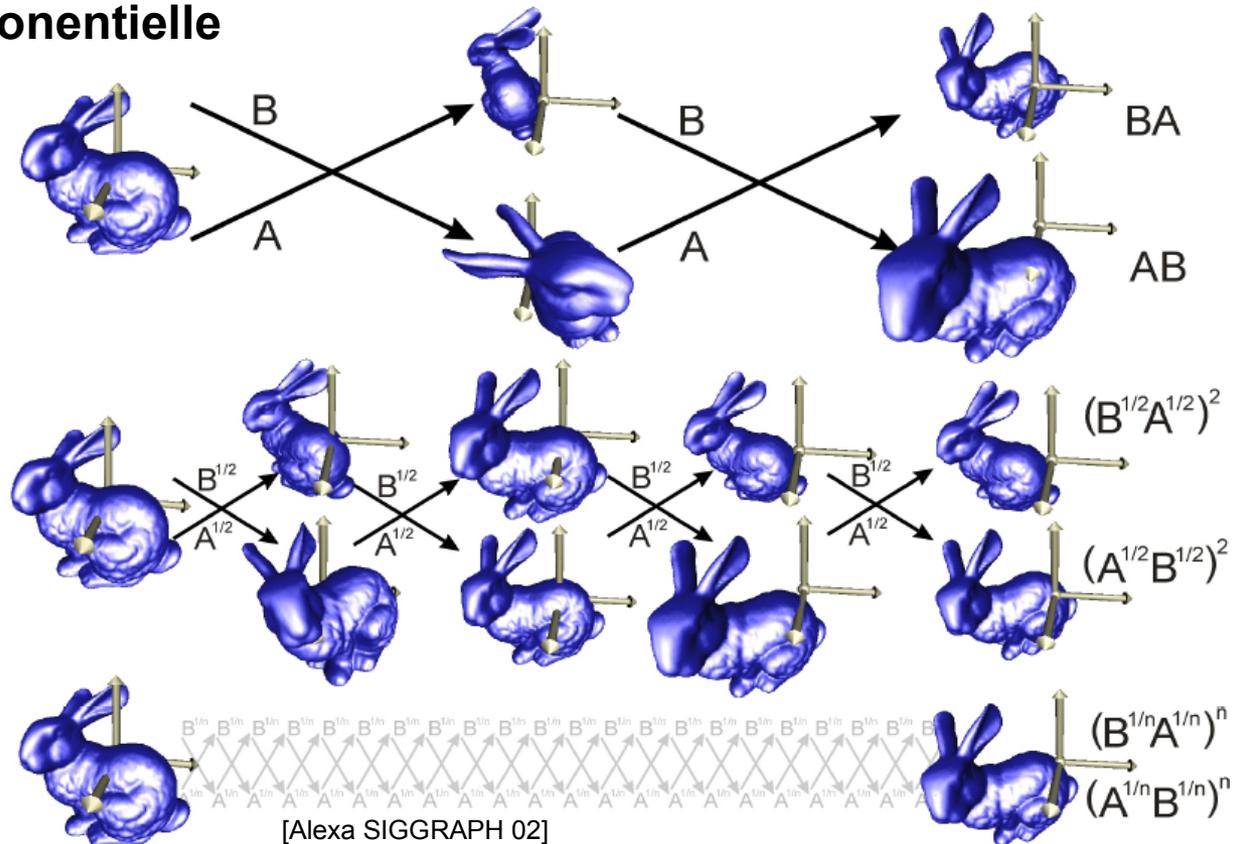
$\frac{1}{2}$ rotation1 + $\frac{1}{2}$ rotation2
!=
rotation



Interpolation de matrices: Principe

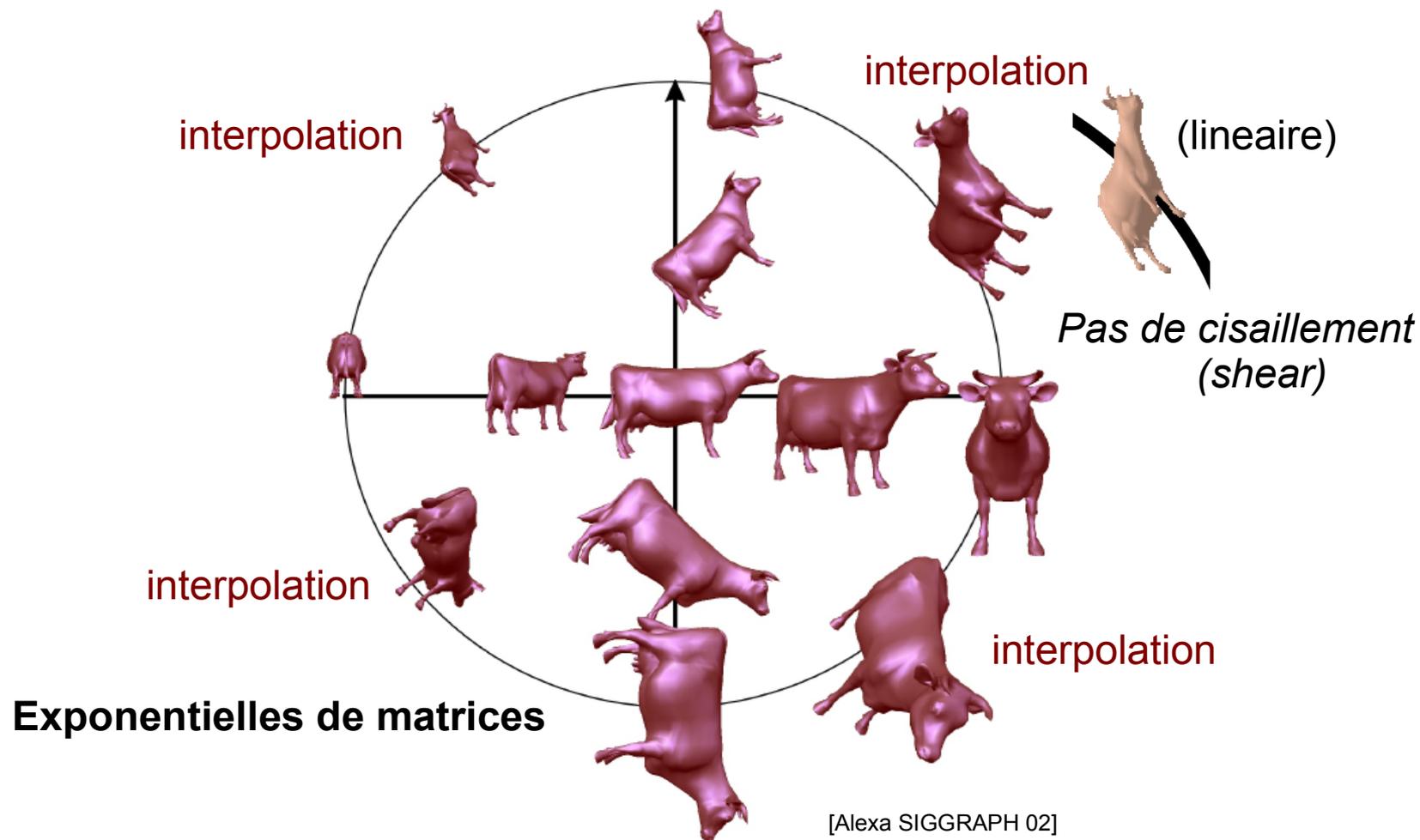
Origine = non commutativité du produit matriciel

Solution = passage à l'exponentielle



Théorie : Groupe de Lie

Interpolation de matrices: Resultats



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

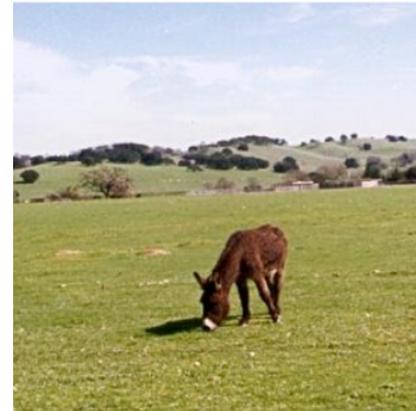
- [Ale02] Marc ALEXA. « Linear Combination of Transformations ». Dans : *ACM SIGGRAPH, ACM Transaction on Graphics (TOG)* 21.3 (2002).
- [EM98] Practical Parameterization of Rotations Using the EXPONENTIAL MAP. « Sebastian Grassia ». Dans : *The Journal of Graphics Tools* (1998).
- [PFA06] Xavier PENNEC, 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.

Synthèse de textures: Problématique

Etendre une texture ?



Ex d'application : suppression d'objet



?

Duplication => raccolement visible

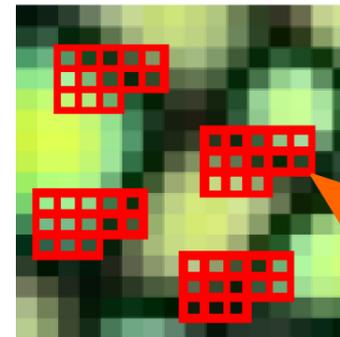
Synthèse de textures: Principe

Génération par **parcours ordonné**

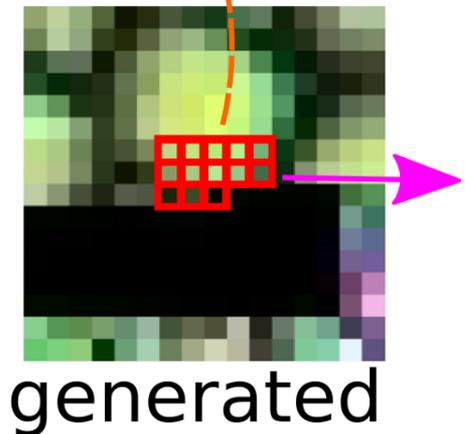
Masque local de comparaison

Recherche du **meilleur patch** de la source

source



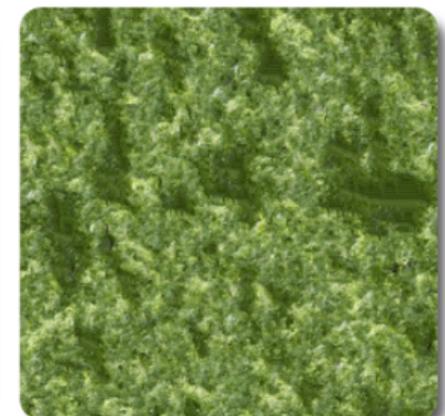
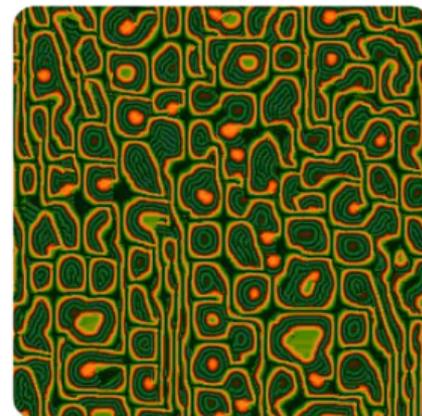
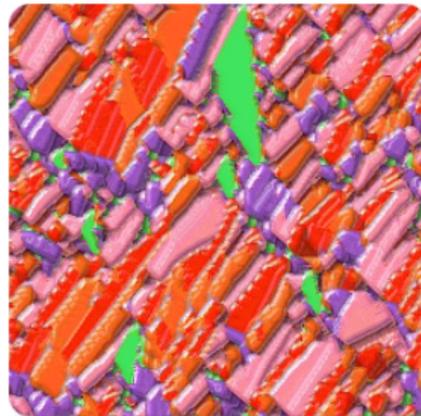
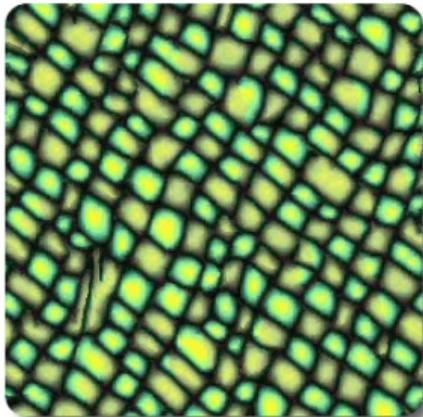
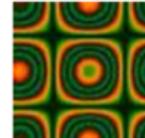
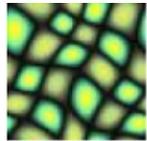
similar
?



generated

[Wei SIGGRAPH 00]

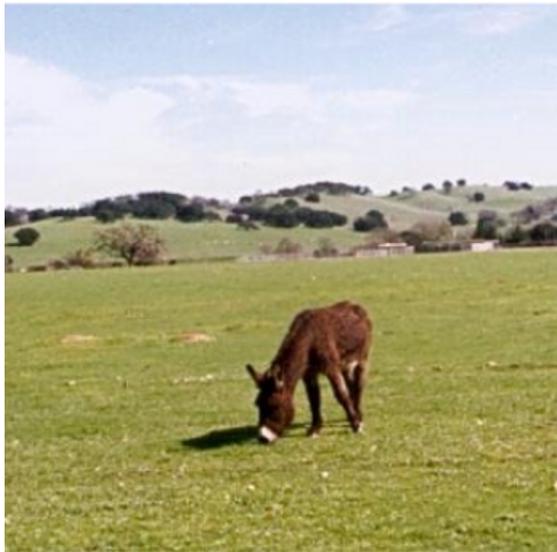
Synthèse de textures: Resultats



Agrandissement de textures automatique

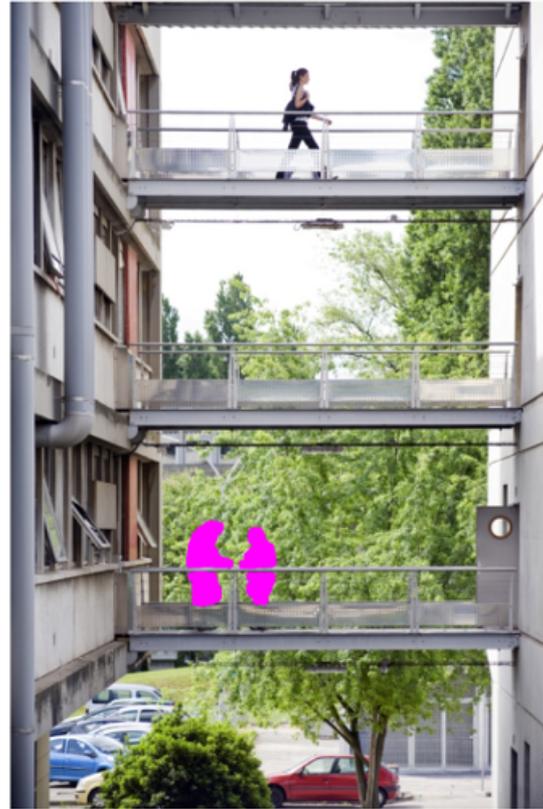
Synthèse de textures: Resultats

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



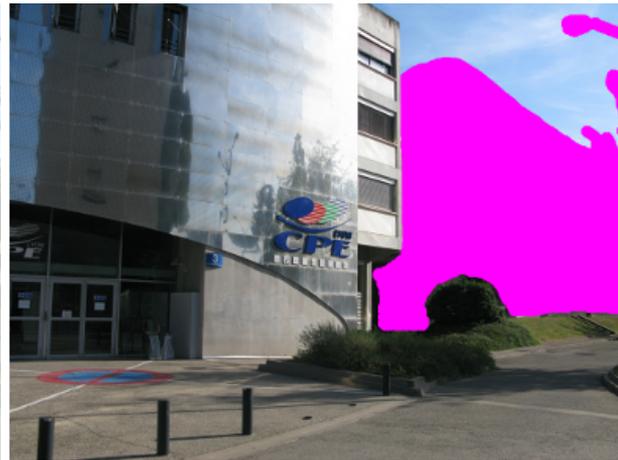
Synthèse de textures: Resultats

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



Synthèse de textures: Resultats

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



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 ASHIKHMINE. « Synthesizing Natural Textures ». Dans : *Symposium on Interactive 3D Graphics (I3D)* (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).

Reconstruction de surfaces: Problématique

Scanners lasers => **Points 3D + Normales**

Pas d'info de surfaces



woodlaserengraver.com



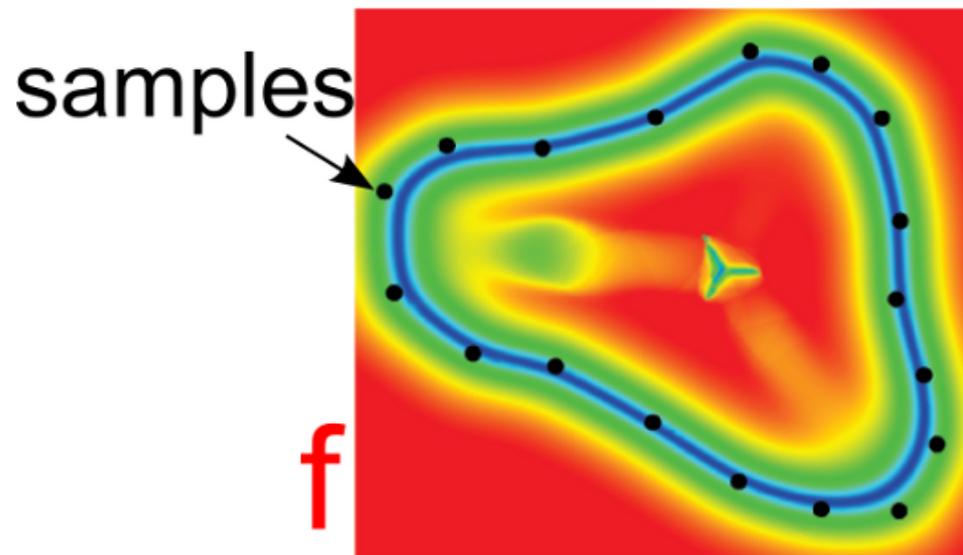
[Alexa TVCG 03]



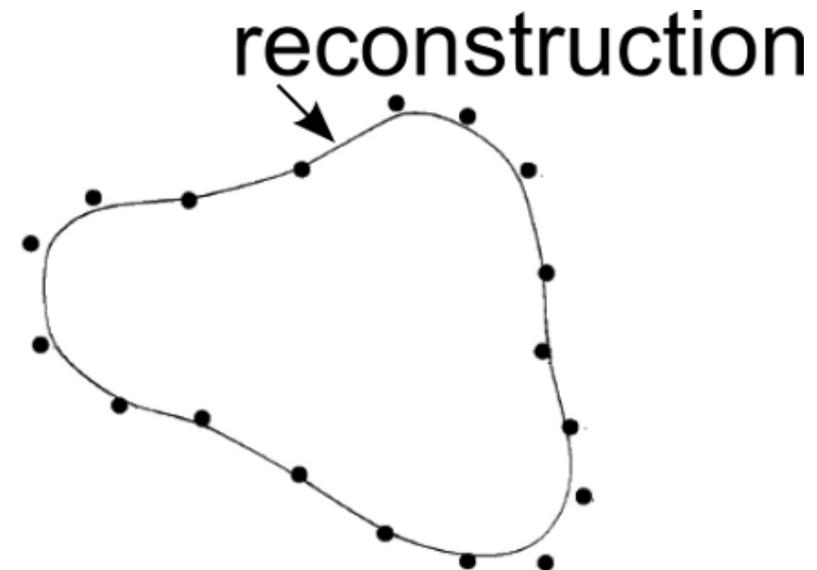
[Alexa TVCG 03]

Reconstruction de surfaces: Principe

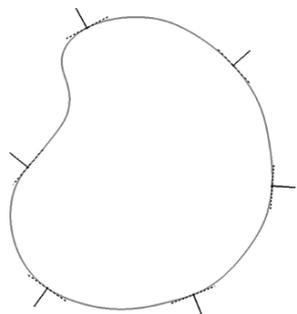
Cherche fonction scalaire f telle que $f(x,y,z)=0$ sur la surface



[Alexa TOG 09]

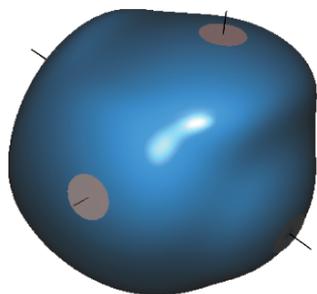


Reconstruction de surfaces: Resultat



2D

[Alexa TOG 09]



3D

Points + Normales => Surface



[Alexa TVCG 03]



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

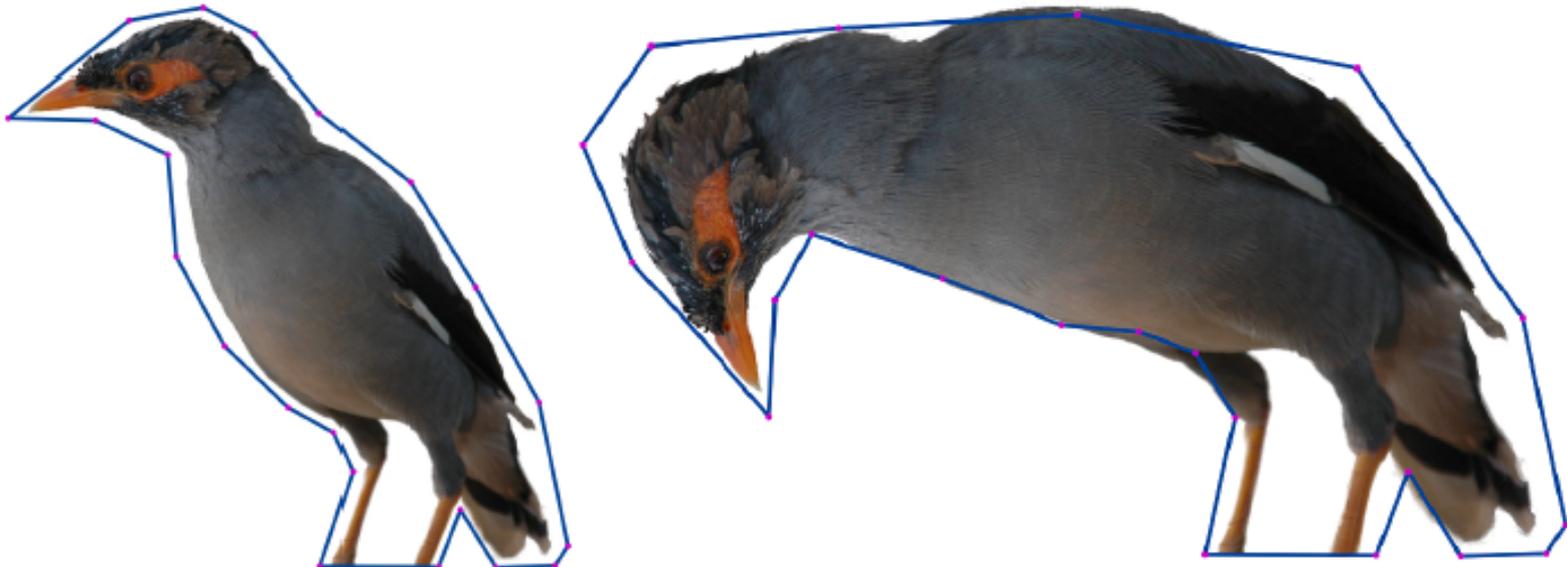
- [AA04] Marc ALEXA et Anders ADAMSON. « On normals and Projection Operators for Surfaces Defined by Point Sets ». Dans : *Symposium on Point-Based Graphics* (2004).
- [AA09] Marc ALEXA et Anders ADAMSON. « Interpolatory Point Set Surfaces - Convexity and Hermite Data ». Dans : *ACM Transaction on Graphics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

Déformation 2D complexe: Problématique

Image dans une grille

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

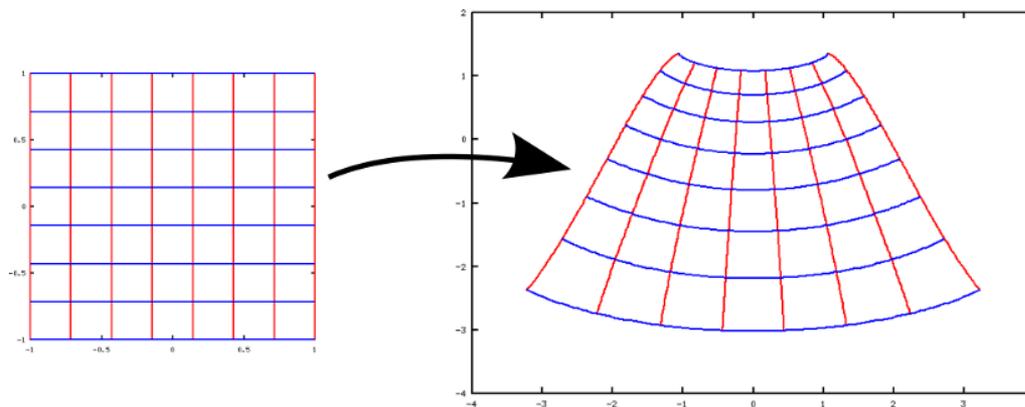
Coordonnées d'interpolation ?



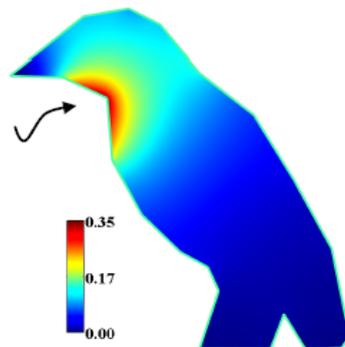
[Weber EG 09]

Déformation 2D complexe: Principe

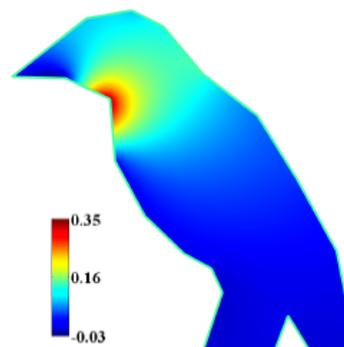
Déformation complexe (holomorphe)



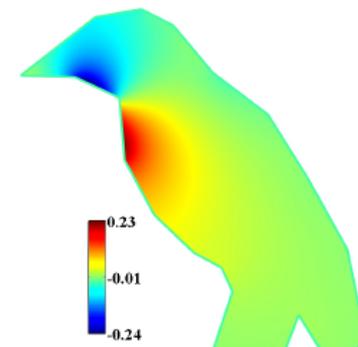
Poids
d'interpolations
barycentriques :



[Weber EG 09] **Absolute**

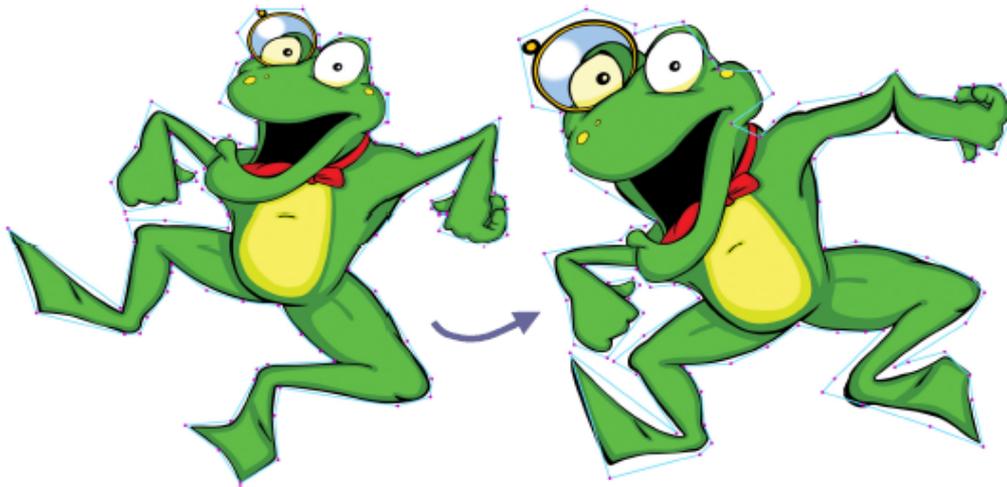


Real

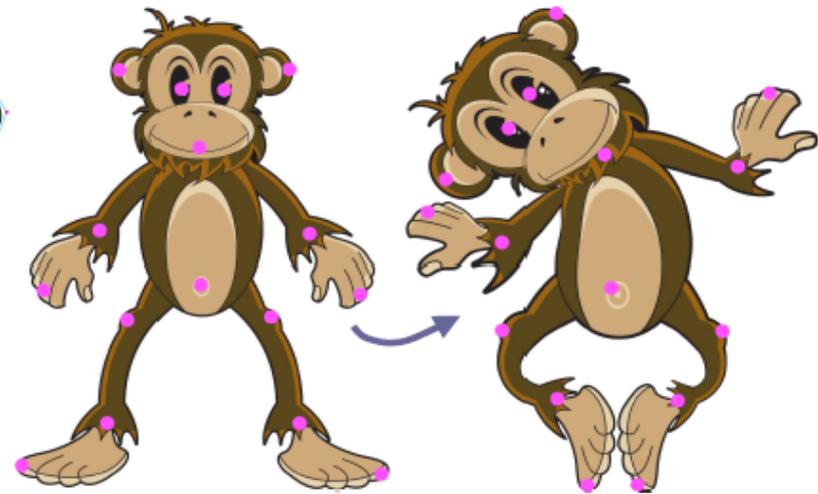


Imaginary

Déformation 2D complexe: Resultat



Déformation par grille



Déformation par points

Déformation 2D complexe: Travail

5.3 Travail demandé

- Réalisez une étude bibliographique des déformations du plan.
- Comprendre et expliquer 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 Szegö. On considèrera 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.

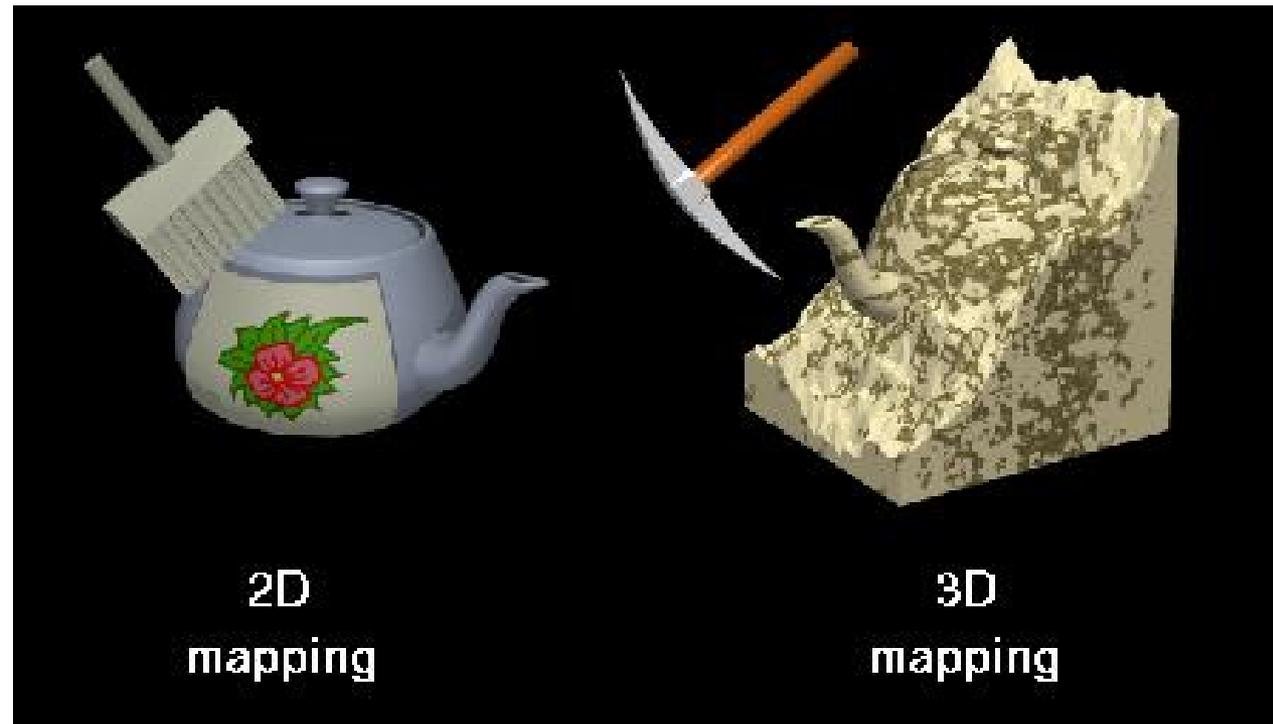
Références

- [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).

Texture 3D procédurales: Problématique

Pouvoir creuser dans un objet ?

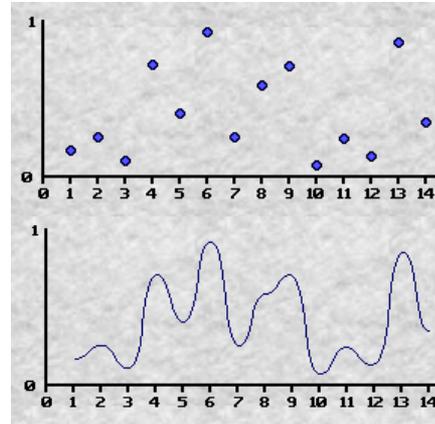
- Taille mémoire de la texture
- Obtention texture 3D



Pascal Vuylstecker

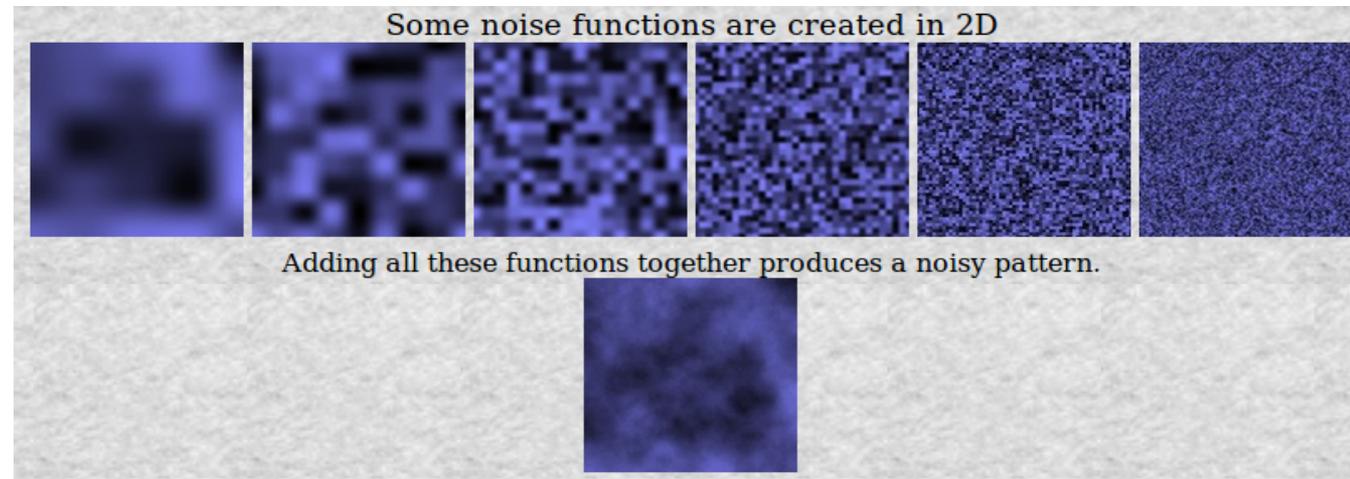
Texture 3D procédurales: Principe

Bruit de Perlin



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

En 2D :



Texture 3D procédurales: Resultat



[Perlin SIGGRAPH 89]

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.

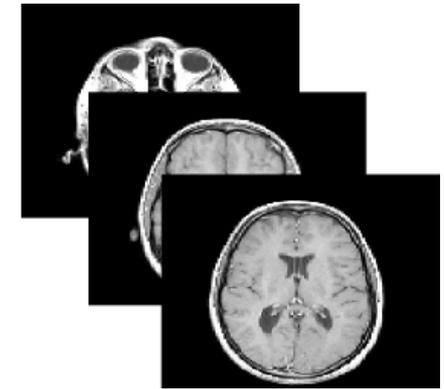
Références

- [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 MIYATA. « 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

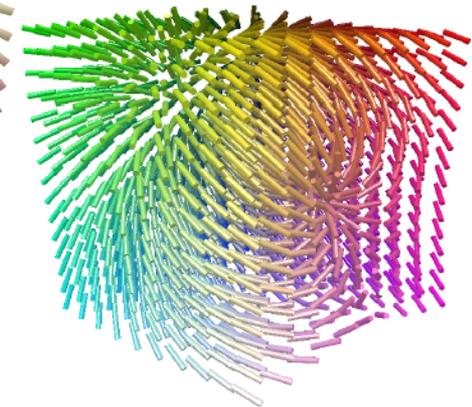
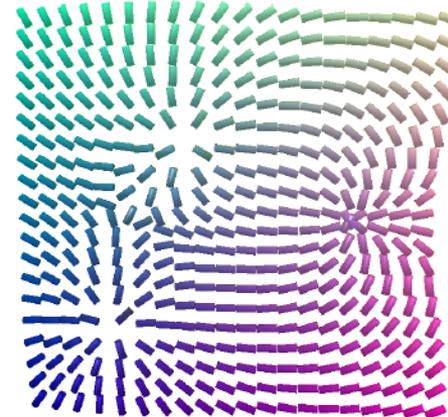
Données 3D scalaires ?

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

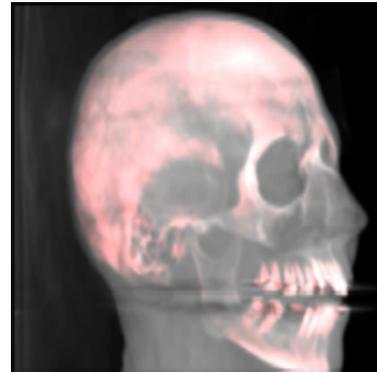


Données 3D
vectorielles ?

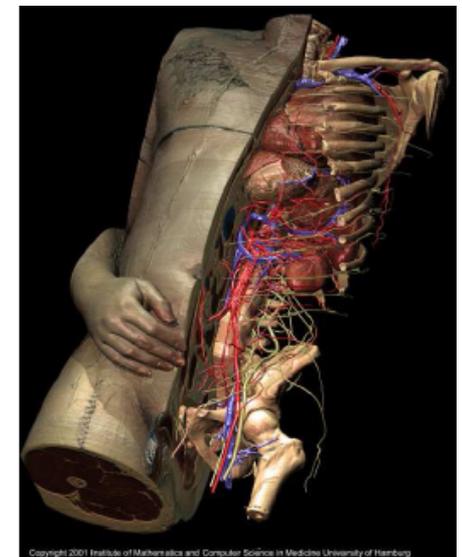
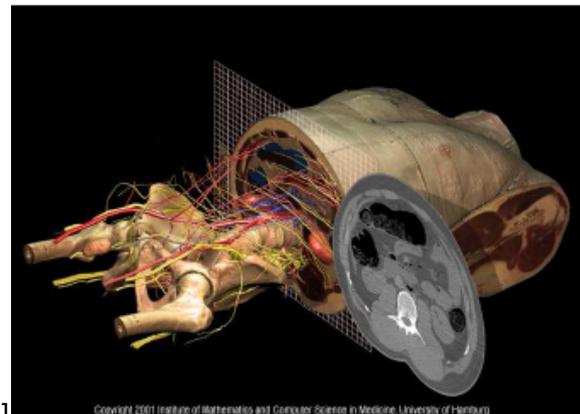
(0.5, 1.0, 1.25)	(0.9, 1.5, -0.75)
(0.1, 1.9, -0.95)	(1.9, 1.9, -0.15)



Rendu volumique



Isosurface

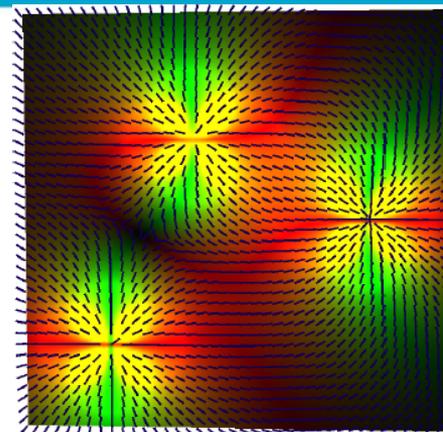


[Visible Human]

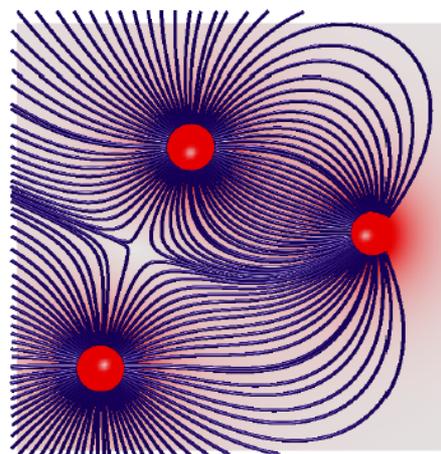
Copyright 2001 Institute of Mathematics and Computer Science in Medicine, University of Hamburg

Copyright 2001 Institute of Mathematics and Computer Science in Medicine, University of Hamburg

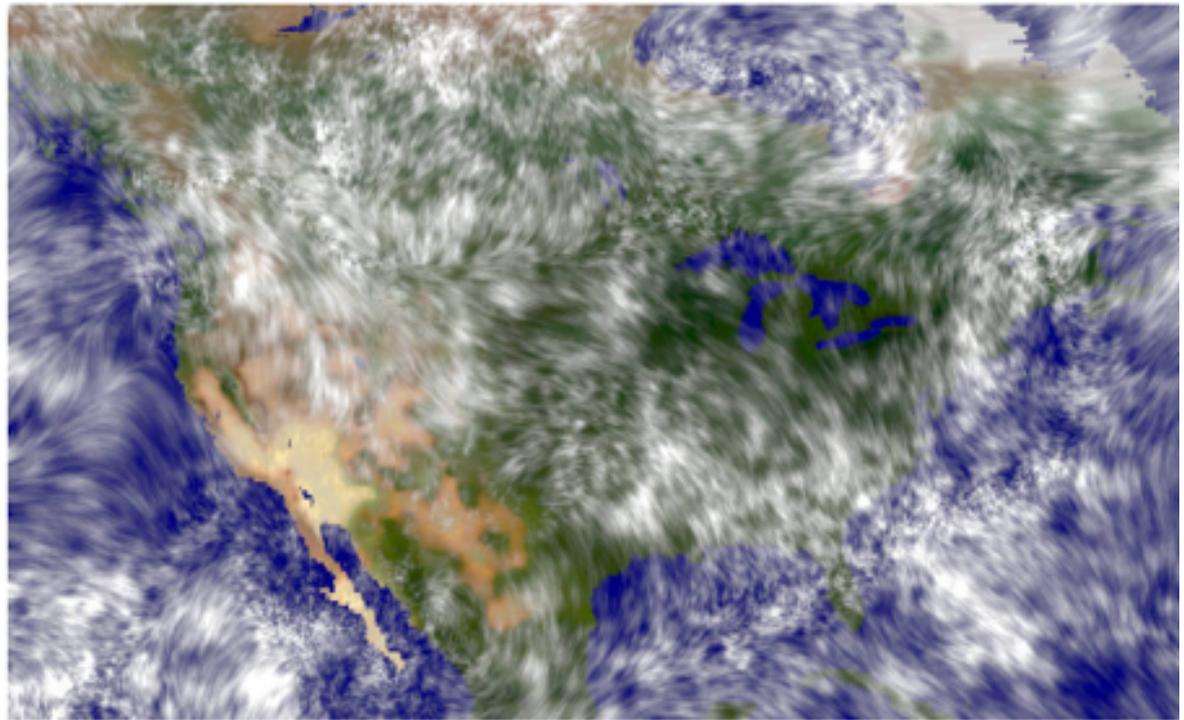
Encodage couleur



Lignes de champ

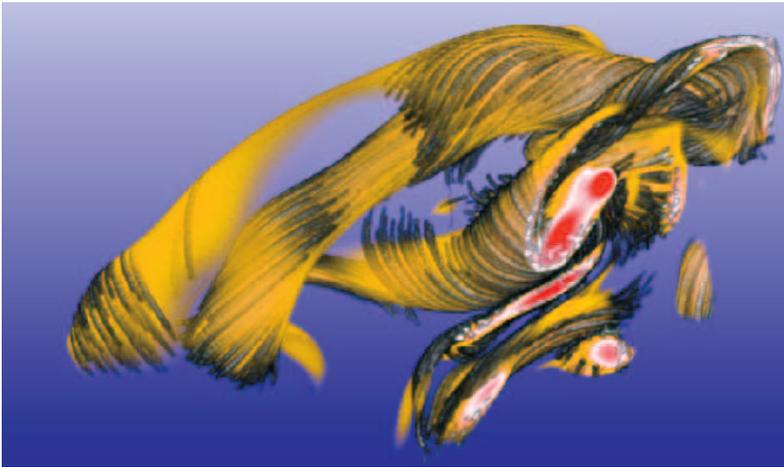


Ligne Integral Convolution (LIC)



[Cabral SIGGRAPH 93]

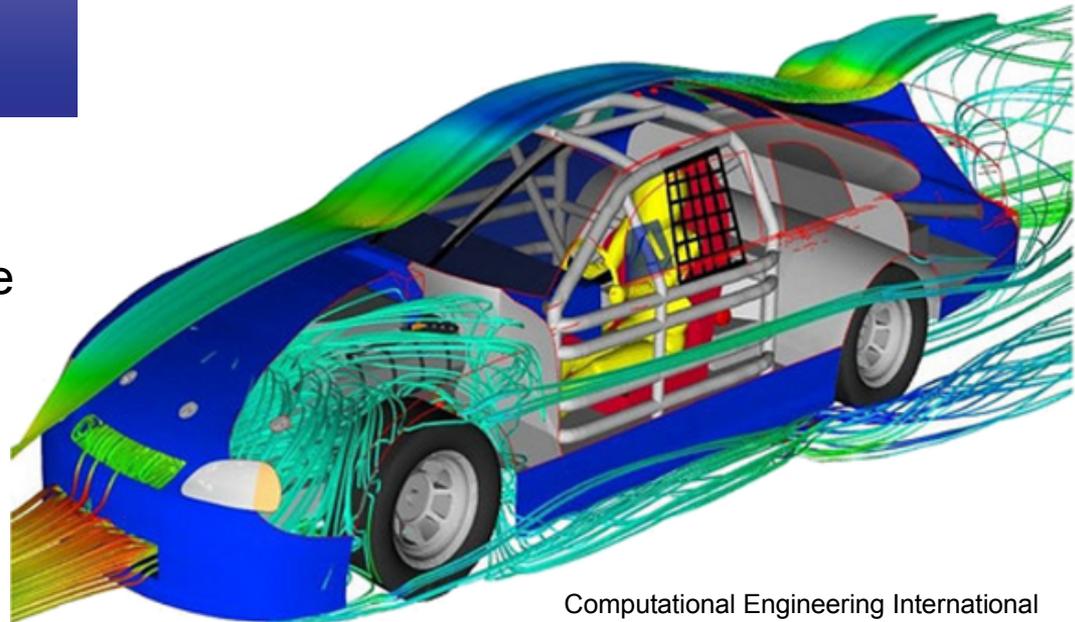
Visualisation scientifique: Resultat



[Helgeland TVCG 04]

mix : volumique + LIC

mix : Lignes de champs + isosurface
+ couleur



Computational Engineering International

Visualisation scientifique: Travail

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 donnée.

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 ANDREASSEN. « 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.
- [Hul92] J. P. HULTQUIST. « 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

Rendu classique



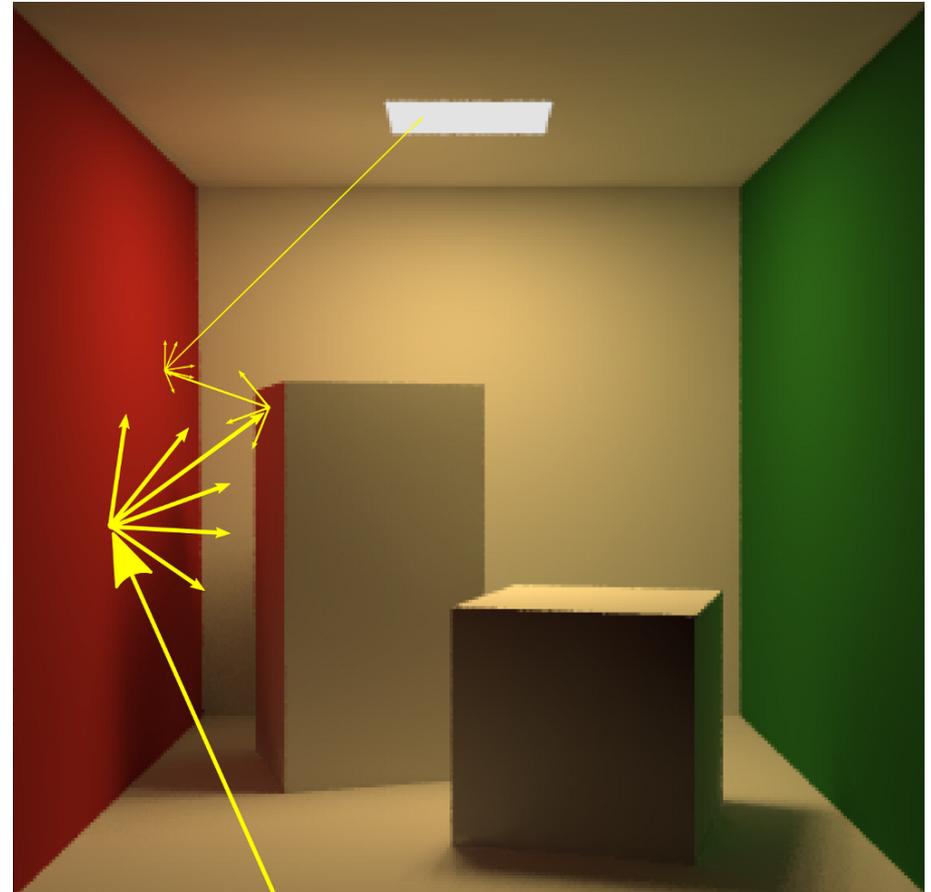
Pas de sources secondaires de lumière

Rendu réaliste: Path Tracing: Principe

Lancement de plusieurs rayons

Solution de l'équation d'illumination

Théorie : Intégration de Monte Carlo



Rendu réaliste: Path Tracing: Resultat



Rendu réaliste: Path Tracing: Resultat



Rendu réaliste: Path Tracing: Travail

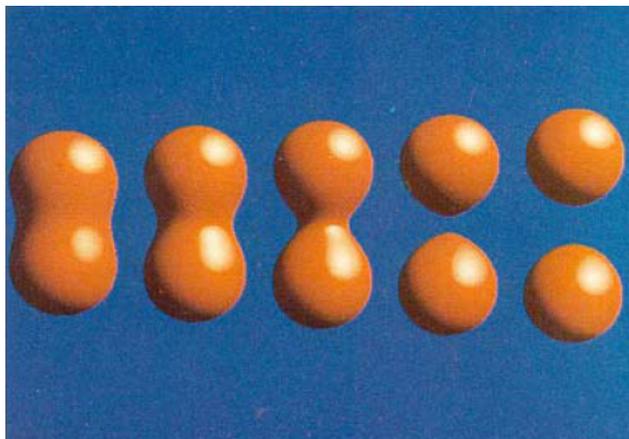
8.3 Travail demandé

- 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).

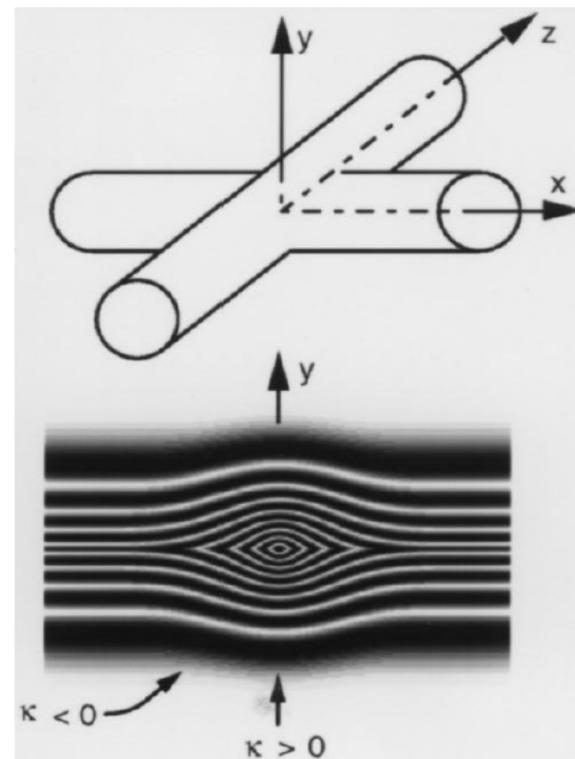
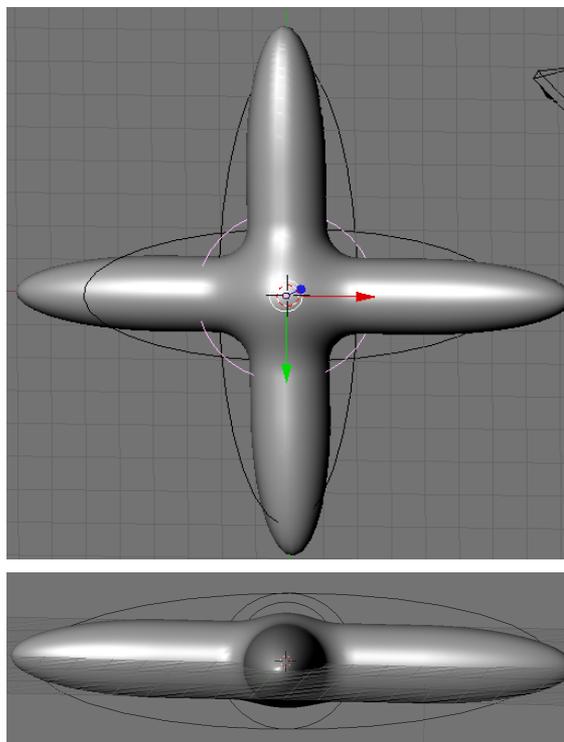
Références

- [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 de convolution: Problématique



Surface implicite

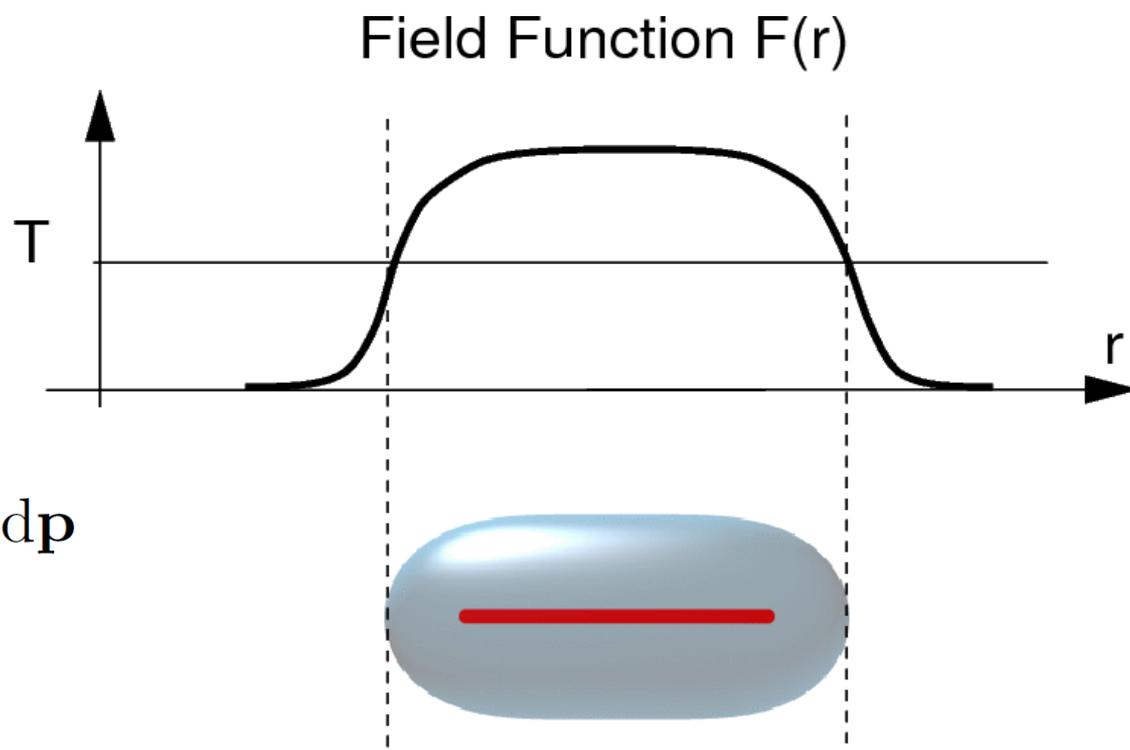


Somme de potentiel = bosse

Surface de convolution: Principe

Potentiel donné par la convolution d'un noyau:

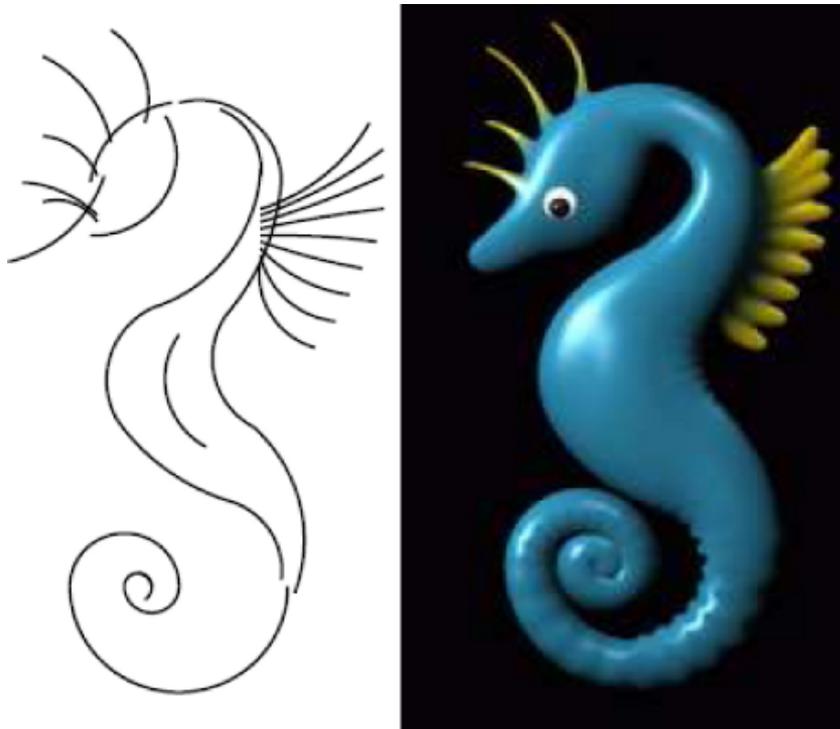
$$f(\mathbf{x}) = \int_{\mathbf{p} \in S} h(\|\mathbf{x} - \mathbf{p}\|) d\mathbf{p}$$



[Sherstyuk 99]

Surface de convolution: Resultat

squelette : Surface obtenue



[Sherstyuk 99]

Exemple de modélisation



[Bernhardt 10]

Surface de convolution: Travail

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, Loic BARTHE, Marie-Paule CANI et Brian WYVILL. « Implicit Blending Revisited ». Dans : *Eurographics, Computer Graphics Forum (CGF)* 29.2 (2010), p. 367–375.
- [Bli82] James BLINN. « A Generalization of Algebraic Surface Drawing ». Dans : *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 1.3 (1982).
- [Blo97] Jules BLOOMENTHAL. « Bulge Elimination in Convolution Surfaces ». Dans : *Computer Graphics Forum (CGF)* 16.1 (1997), p. 31–41.
- [BS91] Jules BLOOMENTHAL et Ken SHOEMAKE. « Convolution surfaces ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1991).
- [JT02] Xiaogang JIN et Chiew-Lan TAI. « 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 "Blobby Model" ». Dans : *ACM SIGGRAPH* (1991).
- [She99] Andrei SHERSTYUK. « Convolution Surfaces in Computer Graphics ». Thèse de doct. Monash University, 1999.