

Partie 1 Modélisation

1. Techniques de modélisation
2. Représentations de la géométrie
 - Surfâciques : polygones, splines, surfaces de subdivision
 - Volumiques : voxels, CGS, surfaces implicites
3. **Modélisation interactive**
Sculpture, déformations de l'espace, croquis (sketching)

Métaphore de la « Sculpture Virtuelle »

- Motivation: argile réelle
 - Ajouter ou enlever de la matière (trous, jonctions)
 - Déformer localement, lisser
 - Interagir directement avec une surface

Peut-on créer une argile virtuelle?

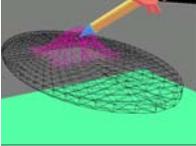
- undo/redo
- cut/paste
- etc




2

Sculpture virtuelle Représentation surfâcique ?

- Déformation interactive d'un modèle polygonal
 - Tirer / pousser des groupes de sommets
 - A partir
 - d'une sphère,
 - d'un objet digitalisé



- Inconvénient
 - Difficile de changer la topologie!

3

Sculpture virtuelle

Quelle représentation ?

- Pouvoir trous, raccorder : surface implicite
- Rester interactif même si l'on sculpte longtemps
 - Champ potentiel discrétisé!

Quel champ potentiel ?

- Champ de distance ("distance field")
 - Non local, discontinuités de tangente dans les concavités
- Champ représentant la densité de matière
 - Intuitive, non nulle seulement près de la surface
 - Les modifications resteront locales



4

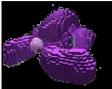
Sculpture virtuelle: structures de données

Grille virtuelle illimitée

- H-table stockant les cellules non vides
 - Créées ou supprimées selon les besoins
 - Valeurs entre [Max, 0], où iso = max/2

3 structures

- cellules non vides, cellules de surface, sommets sur arêtes



non-empty cells



surface cells



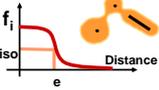
iso-surface

5

Outils de sculpture

Analytiques ou discrets, définis par

1. Une contribution = fonction potentiel
2. Une action = comment la combiner



Actions possibles

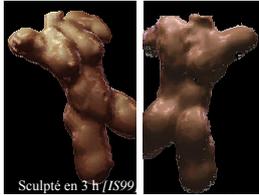
- Ajouter (+)
- Enlever (-)
- Peindre
- Lisser (filtrage)




6

Sculpture virtuelle : Visualisation

- Marching cubes incrémental, en temps réel
 - On ne recalcule les triangles que dans les zones modifiées
- Environment textures (reflets)
 - Bonne perception des formes



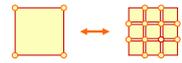
7

Sculpture virtuelle multi-résolution

- Pouvoir modifier en un temps interactif
 - des grandes zones
 - des détails fins
- L'utilisateur ne doit pas se soucier du pas de la grille!



Multi-grille

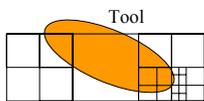


Stocke des valeurs supplémentaires aux niveaux fins
→ les niveaux peuvent être mis à jour indépendamment

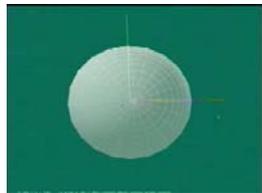
8

Sculpture virtuelle multi-résolution

- Multi-grille de résolution illimitée (H-code)
- La forme de l'outil guide la résolution
- Action progressive : mise à jour des niveaux grossiers aux détails
- Affichage adaptatif (LODs)

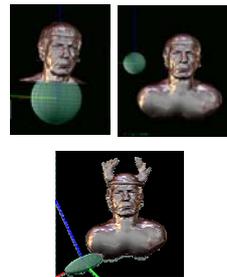


[Ferley Cani Gascuel, GMOD 2002]



9

Multi-Resolution



Sculpté en 1h30



10

"Sentir" la matière: retour d'effort

- Deux forces sont disponibles
- Frottement calculé en combinant vitesse et densité traversée
 - Force de contact le long du gradient au centre de l'outil

Bras Phantom (1000 Hz)



11

Comment combiner ces deux forces?

Déplacement de l'outil

- Plus de force de contact
 - L'utilisateur sent la surface
 - Elle lui sert à placer l'outil

Action de l'outil

- Plus de frottement visqueux
 - L'outil peut pénétrer dans l'argile
 - L'utilisateur sent la densité traversée



Sculpté en 1 h.

12

Mais l'argile réelle se déforme!

“Pousser” la matière avec un outil rigide ?
 - Déformation géométrique imitant la physique (bourrelet)

V_{tool}
 iso
 distance to the centre

Déformations locales

[Ferley Cani Gascuel, Visual Computer 2001]

14

Déformations globales ?

Add/remove Local (print, fold) Global

- La représentation s'y prête mal! (rééchantillonner)
- Il faudrait un “modèle physique” (cf. cours anim)
- Peut être fait de manière limitée par copier-coller

15

Permettre des déformations locales et globales? Déformations de l'espace

Fonction $F: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$

- Applicable à toute représentation de surface !
 - Paramétrique : P (sommet ou pt de contrôle) $\rightarrow F(P)$
 - Implicite : $\{P / f(P) = iso\} \rightarrow \{P / f(F^{-1}(P)) = iso\}$
- **Problème : Comment contrôler F ?**

16

Déformations de [Barr 84]

Déformations matricielles : Exemple

$$\begin{pmatrix} s(z) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s(z) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s(z)p_x \\ s(z)p_y \\ p_z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Contrôle axial

17

Déformations axiales

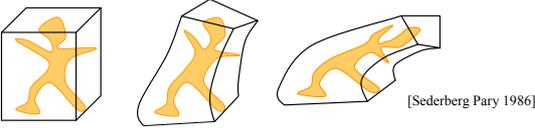
- Ne pas se limiter à un axe droit!
 - Plonger un squelette (courbe spline) dans l'objet
 - Attacher les points de l'objet à des repères locaux (distance)
 - Déformer l'axe

18

« Free form Deformations » FFD

- Plonger l'objet dans un volume spline 3D

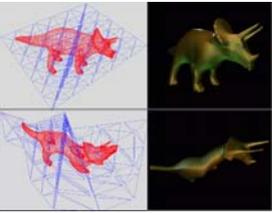
$$Q_{i,j,k}(u, v, w) = \sum B_i(u) B_j(v) B_k(w) P_{ijk}$$
- Déplacer les points de contrôle du bloc
- Recalculer les points de l'objet : $P = Q_{i,j,k}(u_0, v_0, w_0)$



[Sederberg Parry 1986]

19

« Free form Deformations » FFD



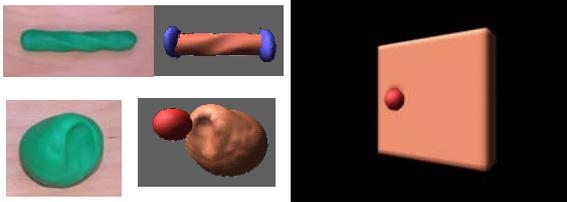
Contrôle direct de la surface ?



[W.Hsu et al.92]

20

Modèle physique d'argile ?



Real clay "Virtual clay" [Dewaele Cani 04]

21

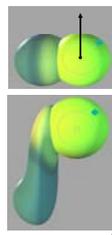
"Sweepers" [Angélidis 2004]

Sculpter par déplacement successifs de régions

- Outil = forme + influence décroissante
- F est définie par la trajectoire de l'outil
- Le maillage d'adapte automatiquement

$$F(P) = [f_{tool}(P) \odot M_{tool}](P)$$

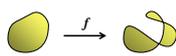
⊙ Puissance d'une matrice:
 Joue le rôle de la multiplication scalaire
 Exprimé par log and exp of matrices [Alexa02]



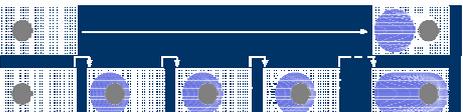
22

Sweepers

Réversibilité
 Eviter les *repliements de l'espace*
 ("fold-over free")



Appliquer chaque déformation par petites étapes (calculer le pas)

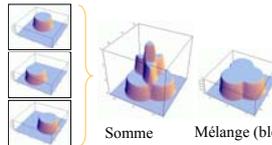


23

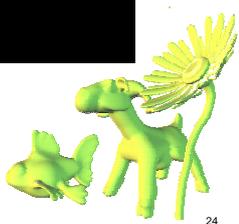
Sweepers

Outils multiples

- Mélange utilisant (+) [Alexa02]



Somme Mélange (blend)

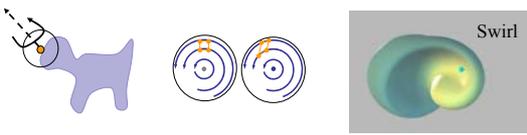


24

Imiter le modelage de l'argile ?
Volume constant

“Swirling-sweepers”

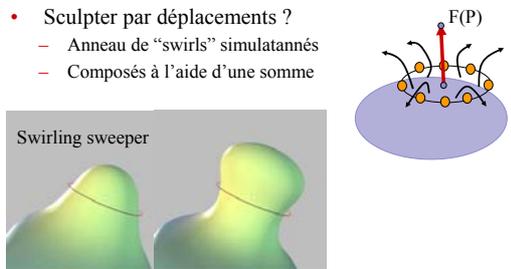
- « Swirl » (axe + angle de rotation)
 - “Vrille” l'espace localement
 - Déterminant (Jacobian F) = 1 donc préserve le volume



25

Swirling sweepers

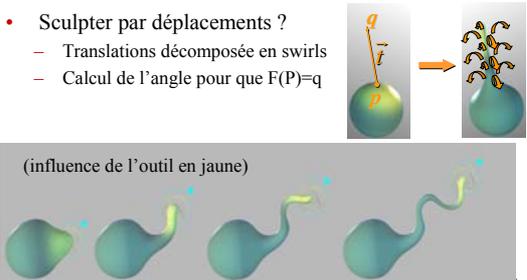
- Sculpter par déplacements ?
 - Anneau de “swirls” simulatannés
 - Composés à l'aide d'une somme



26

Swirling sweepers

- Sculpter par déplacements ?
 - Translations décomposée en swirls
 - Calcul de l'angle pour que $F(P)=q$



27

Swirling sweepers



[Angelidis, Cani, Wyvill, Pacific Graphics '04 best paper]

28

Encore plus rapide et intuitif ?
Modélisation par croquis

- Simple et rapide, accessible à tous
- Expressif: nous imaginons une forme 3D
- Traduit efficacement la complexité
- Peut indiquer l'incertitude

Applications en modélisation 3D

- Première jet de design
- Annotation et modification de formes
- Applications métier (architecture, mode...)

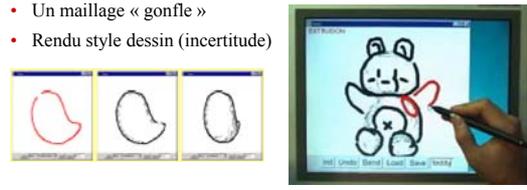


29

Prototypage rapide

Teddy [Igarashi et al., 1999]

- Un maillage « gonfle »
- Rendu style dessin (incertitude)



30

Prototypage rapide
Solution basée sur les surfaces implicites

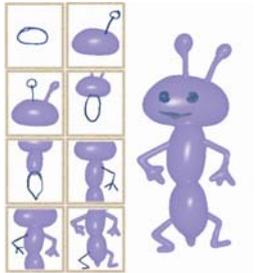
Buts

- Points de vue variables
- Toute topologie et géométrie

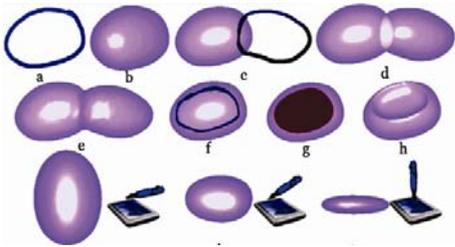
Choix

- Mélanges de primitives implicites
- Surfaces à squelettes
- Convolution à solution analytique

→ Pas d'étape d'optimisation!

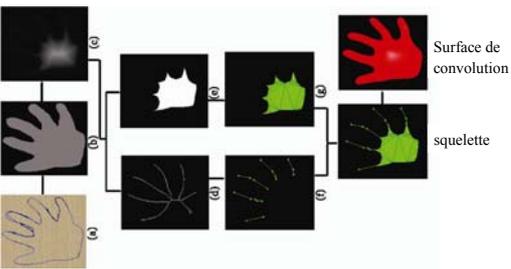


Interface utilisateur
Tablette graphique, pression et orientation



32

Calcul des primitives
Squelette = graphe de courbes et surfaces



33

SHAPE MODELLING BY SKETCHING
USING CONVOLUTION SURFACES

ANGA ALEXE, LOÏC BARTHÉ, MARIE-PAULE CANI AND VÉRONIQUE GAILLOLAT

Croquis pour le design de vêtements



[Turquin, Wither, Cani, Hughes 06]

35