

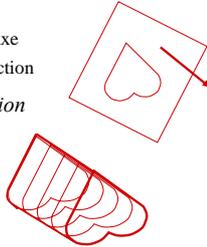
Partie 1 Modélisation

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

Splines : primitives de base

- **Lofting**
 - Données : une section plane et un axe
 - Grille de points en tradant la section

Permet de monter d'une dimension

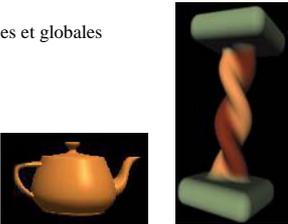


2

Motivation

Rappel: Pour créer des formes libres

1. Primitives de base
2. Déformations locales et globales
3. Assemblage



3

Modélisation surfacique

1. Primitives de base

Extrusion, ou « Sweeping » (terme générique)

- Surfaces splines créées à partir de courbes splines 2D



- **Surfaces de révolution**
 - Rotation d'un profil plan autour d'un axe
 - Grille de points de contrôle
 - Conditions de raccordement
 - Trois rangées communes de points !



4

Splines : primitives de base

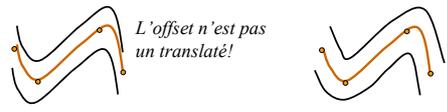
- **Extrusion (Free-form sweeping)**
 - Données :
 - une section plane,
 - un squelette gauche,
 - un profil plan
 - La section est « promenée » le long du squelette
 - Le profil sert de facteur d'échelle



5

Splines : Extrusion

- Etape 1 : tubes à section constante
 - **Offset** du squelette : courbe restant toujours à la même distance, et formant le même angle par rapport à la normale
 - But : approcher l'offset avec même nb de pts de contrôle

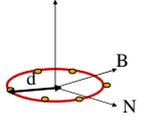
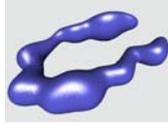


L'offset n'est pas un translaté!

6

Splines : Extrusion

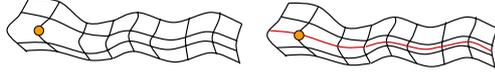
- Etape 2
 - Tracer des offsets pour chaque points de la section
- Etape 3
 - Modifier la distance d'offset en fonction du profil

7

Modélisation surfacique 2. Déformations

- Déformation locales
 - Déplacer les points de contrôle : c'est fait pour
 - MAIS l'ajout de points se fait par lignes entières !
- Comment contrôler la localité ?
 - déformation globale après avoir ajouté des détails ?



8

Splines hiérarchiques (H-Splines)

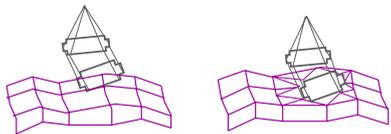
- But : contrôler la localité des déformations
- Arborescences de grilles de contrôle
- Représentation locale des points : $P = G + O$,
 - $G = S_i(u_i, v_i)$ point surface parent le plus proche
 - O vecteur d'offset
- Déformer à grande échelle préserve les détails !

9

Modélisation surfacique 3. Assemblage

Surfaces polygonales

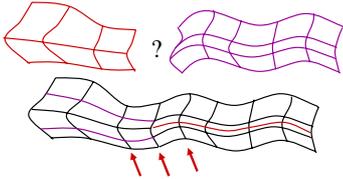
1. Approcher les éléments à assembler (fitting)
2. Projeter la section sur l'autre surface
3. Re-trianguler localement et supprimer les faces internes
4. Générer un filet si nécessaire



10

Assemblage des surfaces splines

- Bord à bord
 - nombre de lignes = ppcm des nombres de lignes initiaux
 - 3 rangées communes de points de contrôle



11

Assemblage de surfaces splines



- Poignées, embranchements ?
 - élément de surface à 5 cotés ?
 - jonction entre 5 carreaux ?




Très difficile de modéliser des objets de topologie non triviale!
C'est l'une des motivations pour la modélisation volumique



12

Représentations volumiques
1. Voxels

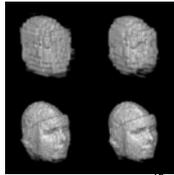
Volumes discrets

- Voxels = éléments d'une grille 3D
- Présence, absence, ou densité de matière



Exemple : imagerie médicale

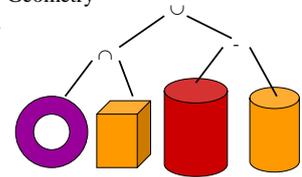
- Reconstruction d'un objet réel
 - Simplification ?
 - Mesure de l'erreur ?



Représentations volumiques
2. Arbres CSG

CSG = Constructive Solid Geometry

- Primitives géométriques
- Opérateurs booléens
 - Union (ou)
 - Intersection (et)
 - Différence (not)
- Arbre de construction



Très utilisé en CAO (semblable au procédé d'usinage),
mais visualisation délicate

14

Représentations volumiques
3. Surfaces implicites

Définies par une équation implicite

$$S = \{ P(x,y,z) / f(x,y,z) = iso \}$$

- f est la « fonction potentiel »
- normale à la surface : $N = - \nabla f$
- modélisation volumique : intérieur $f(x,y,z) > iso$
 - test d'appartenance d'un point (collisions, rayons...)
- Forme libre : S a la même continuité que f



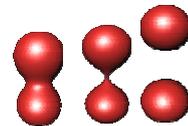
15

Représentations volumiques
3. Surfaces implicites

$$S = \{ P(x,y,z) / f(x,y,z) = iso \}$$

Intérêt : Assembler des éléments

- union : $f = \max(f_1, f_2)$
- Intersection : $f = \min(f_1, f_2)$
- « mélange » : $f = f_1 + f_2$



16

Représentations volumiques
3. Surfaces implicites

Arbre de construction

- Pour combiner les primitives implicites (+, -, max, min, etc)
- Pour appliquer des déformations

$$f(F^{-1}(P)) = iso$$
 - F est une défo « de l'espace »
 - Ex: courbure, torsion, fuselage... données par une matrice de déformation



17

Visualisation des surfaces implicites

1. Lancer de rayons [Bl82]

- Intersection rayon/surface par dichotomie
- Intersection analytique
- Lancer de sphères (constantes de Lipzchisz)

Temps de rendu : qq heures

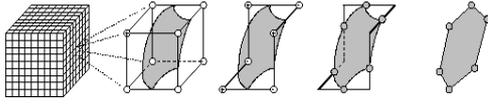


18

Visualisation des surfaces implicites

2. Marching cubes [WMW86, LC87]

- Polygonisation s'appuyant sur une grille de l'espace
- Possibilité de suivi de la surface (file d'attente)
- Temps de rendu : quelques minutes



19

Visualisation des surfaces implicites

3. Particules

- Contraintes à rester sur la surface
- Forces d'attraction répulsion
- Vie et mort pour garder un échantillonnage uniforme



[WH94]

[DTG95]

20

Surfaces implicites Comment modéliser ?

$$S = \{ P(x,y,z) / f(x,y,z) = iso \}$$

Définition et contrôle de f ?

- Trois catégories de surfaces

1. Algébriques (équation analytique)

- Super-ellipsoïdes $x^n/a^n + y^n/b^n + z^n/c^n = iso$
- Super-quadrriques

Primitives de base, mais contrôle des formes peu intuitif !

21

Surfaces implicites Comment modéliser ?

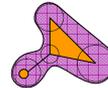
$$S = \{ P(x,y,z) / f(x,y,z) = iso \}$$

Définition et contrôle de f ?

- Trois catégories de surfaces

2. Définies par squelettes

- Représentation compacte & intuitive
- Primitives de contrôle



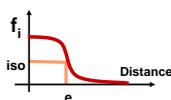
22

Surfaces à squelettes

$$f = \sum f_i \quad S = \{ P / f(P) = iso \}$$

- f_i fonction décroissante de la distance (P, S_i)

- Contrôle local si f_i à support compact
- Topologie variable
- Deux paramètres importants : taille et rayon d'influence



23

Surfaces à squelettes

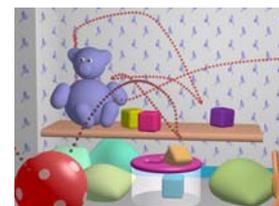
Fonction potentiel

- Exponentiel

- blobs [Bli82]
- $f(d) = k \exp(-d / r(S_i^2))$

- Polynomial (contrôle local)

- meta-balls [NHK+85]
- $f(d) = 1 - 3 d^2$ si $0 < d < 1/3$
- $f(d) = 3/2 (1 - d^2)$ si $1/3 < d < 1$
- soft objects [WMW89],
- $f(d) = -4/9 d^2 + 17/9 d^4 - 22/9 d^6 + 1$



Squelette négatif : creuse l'objet !

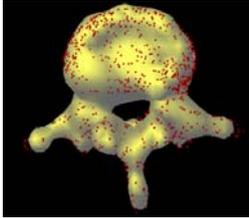
24

Surfaces implicites à squelettes ponctuels

Exemple: Utilisation en reconstruction

- Points de donnée P_i
- Minimisation de l'erreur

$$E = \sum (f(P_i) - iso)^2$$
- Subdivision et placement progressifs de squelettes

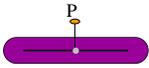
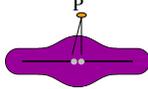


25

Surfaces à squelettes

Squelettes courbes et surfaciques

- Surfaces de distance
 - un seul point du squelette est utilisé (le plus proche de p)
 - Crée des bosses (bulges) au niveau des jonctions

Autres squelettes

- courbe, surface, volume....
- Savoir calculer la distance !

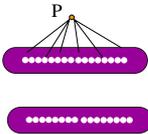
26

Surfaces implicites à squelettes

- Surfaces de convolution [BS91]
 - Utiliser tous les points du squelette

$$F(S, p) = \int_{s \in S} f(s, p) ds$$

- Calcul discret de l'intégrale [BS91]
- Solution analytique [She98]



27

Surfaces implicites à squelettes

Problème du mélange indésirable

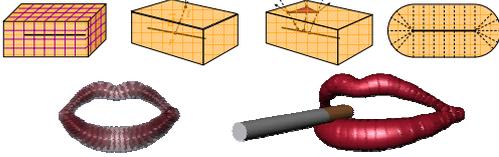
- Sans graphe de mélange
 - Diagrams showing a blue surface with a hole and a blue surface with a protrusion.
- Avec :
 - Diagrams showing a blue surface with a hole and a blue surface with a protrusion, with a label $f_i(p) < \epsilon$.
 - A green snake-like object with a label [CH01].

28

Surfaces implicites à squelettes

Visualisation interactive

- Polygonisation par morceaux [DTG95]
 - Surface fermée opaque autour de chaque « territoire »

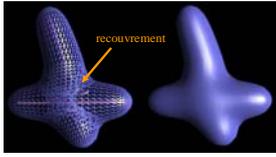


29

Surfaces implicites à squelettes

Visualisation interactive

- Polygonisation par morceaux (extensions)
 - Un seul maillage fermé autour des squelettes courbes
 - Recouvrement local
 - territoire étendu [CH01] $\{p \mid \forall j \neq i, f_i(p) + \eta > f_j(p)\}$



30

Surfaces implicites Comment modéliser ?

$$S = \{ P(x,y,z) / f(x,y,z) = iso \}$$

Définition et contrôle de f ?

- Trois catégories de surfaces

3. Définies par valeurs échantillonnées

- Dans une grille
- Interpolation tri-linéaire



Contrôle par des outils qui « peignent » une densité

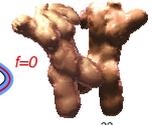
31

Représentations volumiques Conclusion

- Approches constructive (squelettes + CSG)
 - Stockage hiérarchique compact
 - Calcul du potentiel fonction du nb d'éléments
 - Le squelette est utile pour déformer, animer



- Approches discrètes (voxels, potentiel discret)
 - Potentiel en temps constant
 - Coût mémoire important
 - Ne stocker que les voxels utiles!



32