

La modélisation

2

- consiste à décrire une forme par la fabrication d'une maquette numérique qui est la représentation informatique 3D de l'objet à partir d'information géométrique.
- Chaque objet peut être décomposé en parties géométriques élémentaires tel que cube, sphère, cylindre, polygone, qui une fois assemblées permettent de générer chaque objet dans la scène
- → Le principal avantage de la modélisation est de donner une représentation de l'objet en 3 dimensions.

Mohamed Ali HADHRI

Le modèle

3

- **Modèle** : représentation abstraite, ensemble d'objets organisés pour représenter une scène à afficher. Objet du modèle = approximation de l'élément modélisé.
- Graphiquement, un objet c'est :
 - Soit un **ensemble de polygones (polyèdre)**. Série de points généralement sur un seul plan (appelé facette dans ce cas). Pleins ou non (mode fil-de-fer).
 - Soit des **surfaces ou courbes calculées par une méthode particulière** (ex : Beziers, splines, fractales).
 - Soit un **assemblage hiérarchique d'objets canoniques** (ex : sphère, cube, cône, ...). Ces objets sont projetés/mis à échelle selon les besoins.

Mohamed Ali HADHRI

Le modèle

4

- Outre les objets (aspect, organisation, comportement), un modèle est généralement complété par :
 - La position de la caméra, son orientation, le cadrage, le champs de vision,
 - La description de différents phénomènes complémentaires tels que l'éclairage, l'ombrage, le brouillard, la transparence, le lissage,
 - Des textures (procédés de remplissage de polygones).
 - Des données "pixel", des polices,
- ...

Mohamed Ali HADHRI

Bibliothèque graphique 3D

5

Une bibliothèque graphique 3D offre :

- Description du modèle, manipulation de données pixels.
- Outils de traduction d'un modèle en une image (processus de restitution ou rendering).
- Interface pour la mise en oeuvre d'algorithmes d'animation élémentaire.
- Interaction avec le système d'exploitation (le système de multi-fenêtrage).
- Interaction avec les périphériques d'entrée (clavier, souris).

Mohamed Ali HADHRI

Les types de représentation

6

- Deux grandes représentations s'opposent :
 - **La représentation surfacique** qui ne tient compte que de la surface d'objet et pas l'intérieur de celui-ci (polygonale)
 - **La représentation volumique** qui tient compte de l'intérieur de l'objet

Mohamed Ali HADHRI

Modèle surfacique

7

- Représentation par un ensemble de portion élémentaire de surface (carreau ou *patch*), définis par le type de la surface support et les équations des quatre courbes frontières.
- Propriétés :
 - un bon comportement aux dérivées premières (points de raccordement des carreaux),
 - un bon comportement aux dérivées secondes (courbure des surfaces),
 - une modification aisée de l'allure des surfaces,
 - un calcul rapide (interactivité).
- Chronologiquement, sont apparues les surfaces de Coones, Beziers, B-Splines et NURBS.

Mohamed Ali HADHRI

Modèle volumique B-rep

8

- Représentation par frontière : modélisation d'un volume par un ensemble de surfaces (polygonales).
- Frontière : ensemble de faces, reliées par des arêtes qui se rencontrent à des sommets. Attributs géométriques : surface, courbe et point. Attributs topologiques : réseau de noeuds et de liens.
- Solide valide : pas d'arêtes ni de faces pendantes et pas de faces qui se coupent (équation d'EULER), surface orientable (règle de MOEBIUS).

Mohamed Ali HADHRI

9

- La modélisation 3D se base sur la manipulation de formes de base (des cubes, des sphères ou des cônes, des courbes de Bézier ou des NURBS)
- Le résultat est la modélisation d'un squelette, l'image est dite en fil de fers. Ensuite on applique sur cette image appelée aussi maillage, des textures, les textures vont donc se coller sur la structure géométrique pour former une surface
- l'étape suivante consiste à créer un rendu, pour cela on utilise des "sources d'éclairages" virtuelles bien sur

Mohamed Ali HADHRI

10

- Pendant la phase où l'on applique une texture le logiciels effectue un lissage des formes, Sans effet de lissage, l'objet apparaîtra anguleux si la définition en facettes est faible. En général, le lissage de Gouraud, réalisé par la carte graphique 3D, est suffisant pour donner un aspect plus lisse au modèle.

Mohamed Ali HADHRI

Les modes de rendu

11

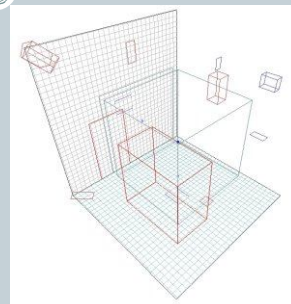
- Un modèle 3D peut se visualiser (à l'écran comme sur papier) de plusieurs manières, de la plus élémentaire à la plus réaliste.
- Plus le réalisme est élevé, plus les capacités de la machine doivent l'être également.
- Il existe de très nombreux modes de rendu différents dans le monde de la 3D à savoir :

Mohamed Ali HADHRI

Mode boîte

12

- Seulement l'encombrement de l'objet est montré dans ce mode de rendu, peut être utilisé comme rendu par des ordinateurs très peu puissants pour placer les objets dans la scène.

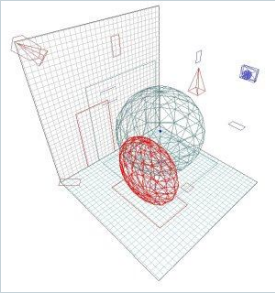


Mohamed Ali HADHRI

Mode filaire

13

- Toutes les arêtes du modèle sont montrées. Quand ce dernier est complexe, ce mode de représentation devient illisible, mais c'est le plus rapide.

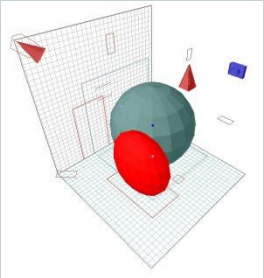


Mohamed Ali HADHRI

Mode rapide

14

- L'objet est représenté par facettes (non lissé) avec une texture simplifiée. Ce mode permet avec des ordinateurs puissants de déplacer les objets tout en conservant leur vraie forme et leur teinte.

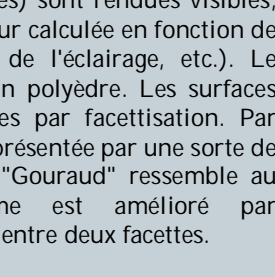


Mohamed Ali HADHRI

Mode ombrage

15

- Les surfaces planes (facettes) sont rendues visibles, chacune munie d'une couleur calculée en fonction de l'environnement (position de l'éclairage, etc.). Le modèle apparaît comme un polyèdre. Les surfaces courbes sont représentables par facettisation. Par exemple, une sphère est représentée par une sorte de diamant. L'algorithme de "Gouraud" ressemble au "flat", mais le réalisme est amélioré par l'interpolation des couleurs entre deux facettes.

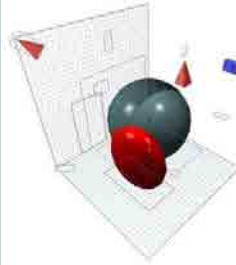


Mohamed Ali HADHRI

Mode ombrage

16

- Concernant les surfaces courbes, les arêtes des polyèdres de facettisation ne sont plus visibles, ce qui est un progrès. Néanmoins, le rendu n'est pas encore tout-à-fait réaliste. L'algorithme d'ombrage de "Phong" est une amélioration (sensible) de celui de Gouraud et sera vraisemblablement amené à se substituer à lui à l'avenir. D'autres modèles similaires existent également: Blinn, Cook-Torrance, etc.

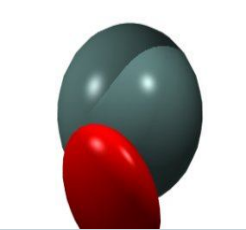


Mohamed Ali HADHRI

Mode final

17

- Ce mode lisse totalement la surface des objets et calcule à l'aide de puissants algorithmes la position des ombres et de lumières sur l'objet. Ce mode de rendu est le plus coûteux en ressources systèmes : pour cette seule image, le temps de rendu est de 30s, imaginez alors le temps que peuvent mettre le rendu des effets spéciaux au cinéma (25-30 images/s).



Mohamed Ali HADHRI

Types de modélisation

Modélisation par spline

19

- Créer des objets 3D à partir des lignes droites ou courbes appelés Splines;
- Ces lignes sont définies par des sommets
- Elles peuvent être utilisées en tant que trajectoire pour des objets
- Appropriée pour la création d'objets ayant un profil ou une forme pouvant être extrudée : une banane , une bouteille, un verre

Mohamed Ali HADHRI

Modélisation par maillage

20

- Crée des objets 3D avec des polygones à 3 ou 4 cotés joints ensemble pour former un objet plus complexe
- Employée pour des objets planaires et pas particulièrement organiques exemple: immeubles, carrefour routier

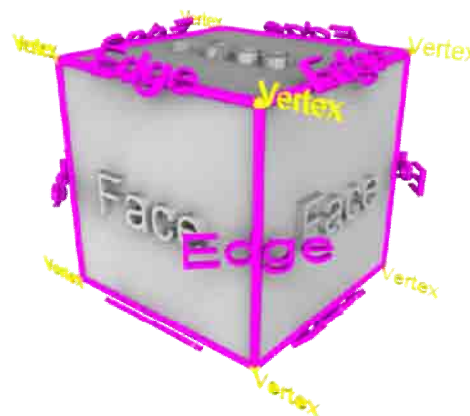
Mohamed Ali HADHRI

Modélisation par maillage

21

- Le polyèdre est décrit par la liste des sommets et des arêtes. Si les polygones sont orientés, on pourra différencier l'extérieur et l'intérieur du modèle. Si l'on veut lever l'ambiguïté apportée par des polygones non plans, on utilisera uniquement des triangles : cette triangulation peut être forcée par le modelleur.
- Sans effet de lissage, l'objet apparaîtra anguleux si la définition en facettes est faible. En général, le lissage de Gouraud, réalisé par la carte graphique 3D, est suffisant pour donner un aspect plus lisse au modèle.

Mohamed Ali HADHRI



Mohamed Ali HADHRI

22

Outils de modélisation polygonale

23

- La modélisation polygonale se sert d'outils de base identiques sur tous les logiciels 3D, ainsi que certains outils spécifiques aux logiciels génériques, aux logiciels spécialisés et aux plug-ins et scripts.

Parmi ces outils, les plus répandus sont l'extrusion, la coupe, la soudure/rétractation et la révolution.

Mohamed Ali HADHRI

Outils de modélisation polygonale

24

- **L'extrusion** consiste à surélever des faces (adjacentes ou non) ou un profil 2D le long d'une trajectoire et de créer les faces venant combler le vide occasionné par le déplacement de l'élément de départ.
- **La coupe** consiste à créer des arêtes sur un maillage, ainsi que les points correspondants aux intersections des arêtes déjà existantes et celles nouvellement créées. On peut ainsi affiner un modèle, en ajoutant des détails sur certaines régions
- **La soudure/rétractation** consiste à souder les sommets (vertices) entre eux, pour simplifier un maillage, boucher des trous ou faire converger des arêtes.
- **La révolution** consiste à faire tourner un profil 2D autour d'un axe 3D : on obtient ainsi un volume de révolution.

Mohamed Ali HADHRI

Avantages du maillage

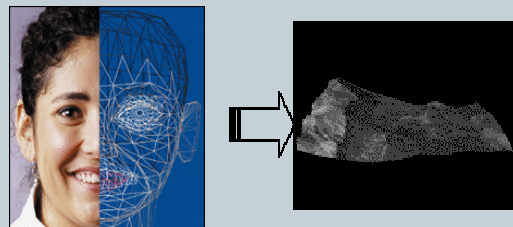
25

- L'utilisation d'un maillage permet de :
 - modifier ou remplacer des objets
 - améliorer la robustesse face aux erreurs
 - augmenter le taux de compression avec un faible taux d'erreur
 - prédire les mouvements
 - limiter la transmission des textures
 - faciliter les trucages vidéos

Mohamed Ali HADHRI

maillage

26



Mohamed Ali HADHRI

Modélisation par courbes NURBS

27

La modélisation par NURBS (Non uniform rational basic spline/Spline basique rationnelle non uniforme) consiste en un réseau de courbes créé grâce à des points de contrôles. L'interpolation des courbes entre ces points peut se faire automatiquement selon un algorithme NURBS, par la manipulations de tangentes de courbe de Bézier, ou encore par modification des paramètres d'interpolation.

La modélisation par courbe se base sur un maillage adaptatif, conçu pour adapter ses subdivisions à la complexité des courbes dans une région donnée. Une surface parfaitement plane aura un nombre de subdivision très faible ou nul. C'est la technique de modélisation la plus précise. C'est la raison pour laquelle elle est massivement utilisée en architecture et en CAO industrielle, lorsque le souci de précision prime (notamment lorsque les modèles 3D servent de référence pour les machines outils).

Mohamed Ali HADHRI

Modélisation paramétrique

28

- Implique que les objets aient des attributs prédéfinis comme leur hauteur et largeur ou qu'ils aient reçu des modificateurs.
- Un objet est dit paramétrique si on peut revenir à une étape de construction et changer ses attributs
- Offre un contrôle précis sur les objets

Mohamed Ali HADHRI

Modélisation par Subdivision de surfaces

29

- Cette méthode regroupe un peu des deux méthodes classiques (polygonale et NURBS). Elle consiste à accélérer le processus grâce à la subdivision automatique d'une partie de la surface. Ceci permet d'ajouter des détails à certains endroits uniquement, sans se soucier du nombre de faces comprises sur la globalité de l'objet.
- Elle se rapproche de la modélisation polygonale par les techniques employées lors de la création de la forme, et de la modélisation par NURBS en ce qui concerne le rendu de la surface, c'est-à-dire son arrondi.
- Elle est présente dans de nombreux logiciels professionnels (Maya, 3ds Max, Lightwave, Softimage, Modo...).

Mohamed Ali HADHRI

Courbes et surfaces

30

Courbes de Bézier

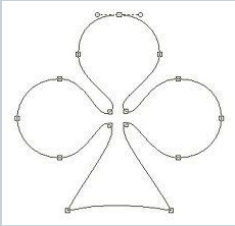

31

- Les courbes de Bézier sont des courbes polynomiales paramétriques décrites pour la première fois en 1962 par l'ingénieur français Pierre Bézier qui les utilisa pour concevoir des pièces d'automobiles à l'aide d'ordinateurs. Elles ont de nombreuses applications dans la synthèse d'images et le rendu de fontes. Elles ont donné naissance à de nombreux autres objets mathématiques.

Mohamed Ali HADHRI

Courbes de Bézier

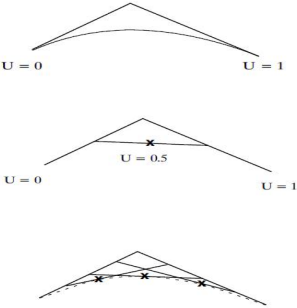
32



Mohamed Ali HADHRI

Création de courbe Bézier

33



Le point $U = 0$ constitue le début de la courbe et le point $U = 1$ la fin de cette courbe.

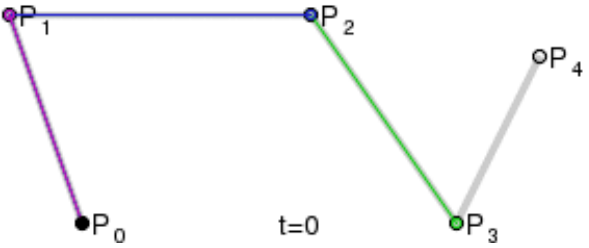
La courbe est créée avec un descripteur de 3 points. Sélectionnez les milieux des segments et reliez-les pour former un autre segment. Créez le milieu du nouveau segment ; ce point se trouve en $U = 0,5$.

Plus le nombre de points utilisés est important, à des distances différentes le long des segments, plus la forme de la courbe est précise.

Mohamed Ali HADHRI

Courbes de Bézier

34

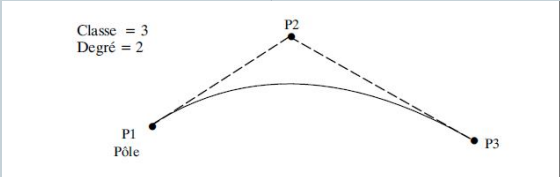


Mohamed Ali HADHRI

Classe et degré d'une courbe

35

- Définie par une équation mathématique dérivée des points caractéristiques de la courbe.
- Ces points forment un brisé appelé descripteur de la courbe
- La courbe et son descripteur ont les mêmes points de fin. La courbe est tangente au premier et au dernier segment du descripteur



Classe = 3
Degré = 2

Mohamed Ali HADHRI

Classe et degré d'une courbe

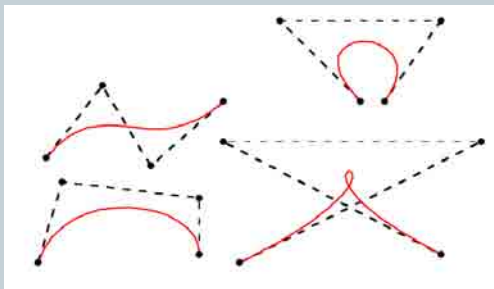
36

- Classe de courbe :**
 - nombre de points du descripteur
 - Une courbe de classe 4 correspond à un descripteur de 4 points
 - La classe maximale est égale à 10
- Le degré de la courbe**
 - est égale au nombre de segments du descripteur et est égale à la classe moins 1
 - DEGRE = CLASSE - 1

Mohamed Ali HADHRI

Exemples de courbes de Bézier

37



Mohamed Ali HADHRI

B-splines

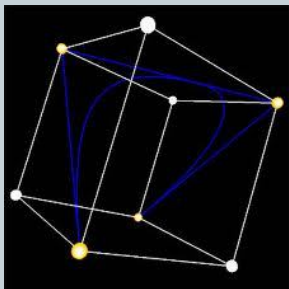
38

- Les objets fabriqués par l'industrie comportent des lignes courbes. Les logiciels de CAO proposent un catalogue de formes simples (segments de droites, arcs de cercles, de coniques...) mais elles ne suffisent pas. Le designer a besoin d'une famille plus riche de courbes, dépendant de paramètres.
- Il souhaite disposer de suffisamment de paramètres pour pouvoir spécifier des conditions aux limites et autres contraintes ;
- deviner l'effet de chaque paramètre, pour trouver rapidement en les ajustant une courbe qui correspond à celle qu'il a imaginée.

Mohamed Ali HADHRI

B-splines

39



Mohamed Ali HADHRI

B-splines

40

- Une B spline est une chaîne de courbe de Bézier de degré 3 . Les courbes sont tangentes aux autres en leurs points de début et de fin. Une B spline se construit à partir d'une seule ligne : le descripteur

Mohamed Ali HADHRI

B-splines

41

- Pour construire le descripteur, les segments sont divisés comme suit:
- Le premier et le dernier segment ne sont pas divisés: le deuxième et l'avant_dernier sont divisés en 2; les segments intermédiaires sont divisés en 3
- Les nouveaux points situés sur les segments sont reliés. Les milieux de ces segments sont créés, constituant les points de fin des courbes de Bézier. Chaque courbe est créée comme une courbe de Bézier

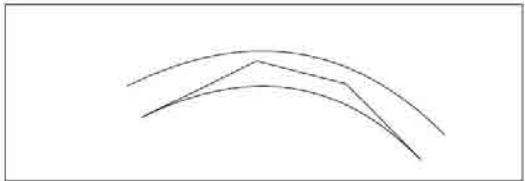
Mohamed Ali HADHRI

Les courbes parallèles

42

COURBE PARALLELE

Une courbe parallèle est créée à partir d'une courbe existante. Elle est PARALLELE à cette courbe en fonction des normales à la courbe origine. Elle ne possède pas de descripteur et ne peut être modifiée comme une courbe de Bézier.



Mohamed Ali HADHRI

NURBS :Non-Uniform Rational B-Splines

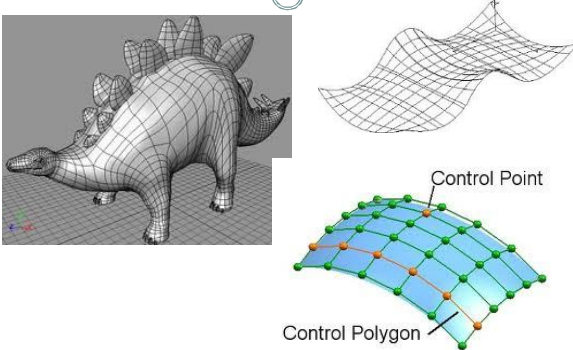
43

- on introduit une coordonnée homogène supplémentaire pour chaque point de contrôle. On définit une nouvelle classe de courbes qui sont une généralisation des Bsplines, et qui permettent de représenter de façon exacte les coniques.

Mohamed Ali HADHRI

NURBS

44



Control Point

Control Polygon

Mohamed Ali HADHRI

NURBS

45



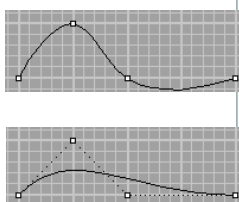
Mohamed Ali HADHRI

46

Les NURBS sont des courbe réalisées par extrapolation de points, contrairement aux courbes de Bézier plus connues qui sont réalisées par interpolation.

— courbe interpolée, style Bézier.

— courbe extrapolée, style b-spline.

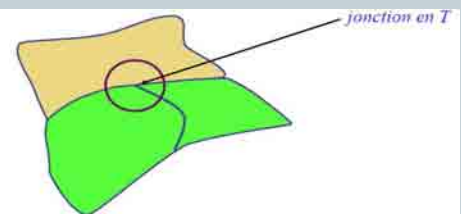


Mohamed Ali HADHRI

T-spline

47

- Autre type de courbes apparu en 2003 (Dr. Sederberg)
- Permet les jonctions en T dans les surfaces

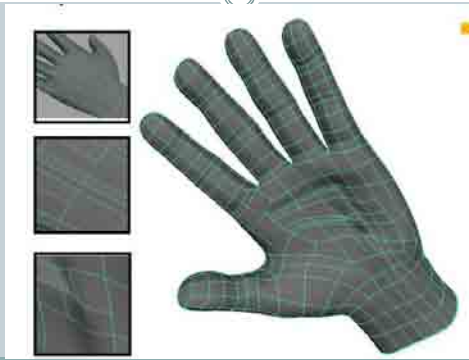


jonction en T

Mohamed Ali HADHRI

T-spline

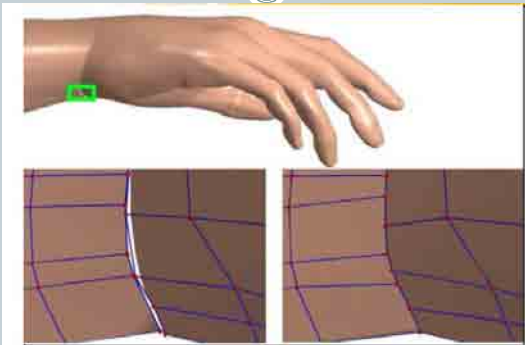
48



Mohamed Ali HADHRI

Replissage des trous


49



Mohamed Ali HADHRI

Nurbs vs T-spline

50



Mohamed Ali HADHRI

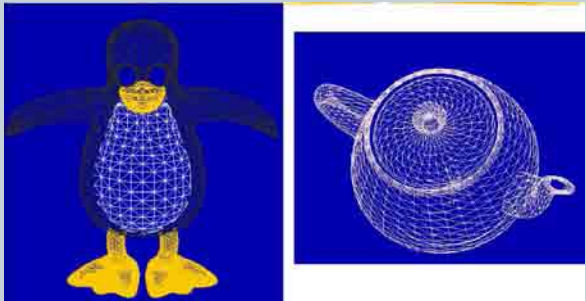
déformations

51

Mohamed Ali HADHRI

Modèles originaux

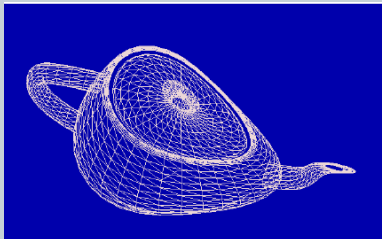
52



Mohamed Ali HADHRI

Déforamtion


53



Mohamed Ali HADHRI

rotation

54



Mohamed Ali HADHRI

Vortex

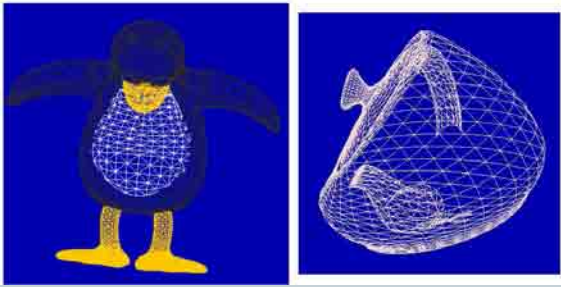
55



Mohamed Ali HADHRI

pliage

56

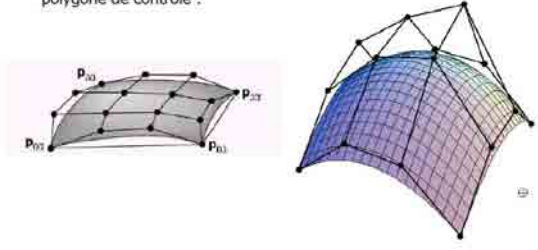


Mohamed Ali HADHRI

Les surfaces de Bézier

57

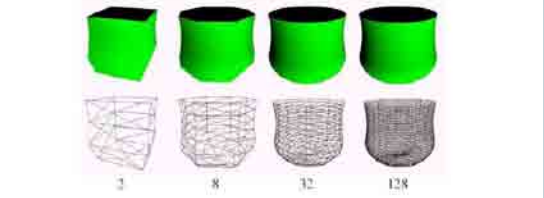
- Les surfaces de Bézier sont toujours incluses à l'intérieur du polygone de contrôle :



Mohamed Ali HADHRI

58


- Entre chaque points de contrôle, on divise les *patches* en polygones pour assurer un meilleur rendu
- Le nombre de polygones dans la surface augmente le réalisme de la surface :



Mohamed Ali HADHRI

Points de contrôle et déformation

59

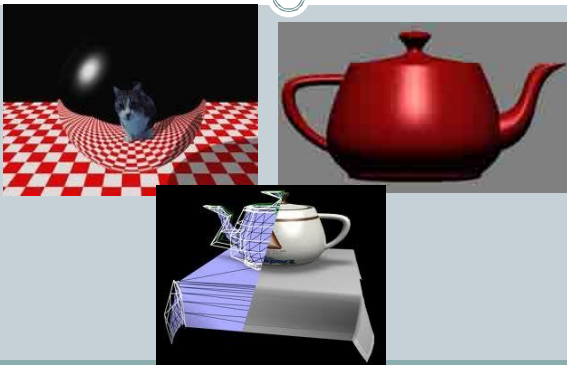


Le déplacement d'un point de contrôle modifie la surface mais conserve le lissage (aspect continu) de celle-ci.

Mohamed Ali HADHRI

Exemples

60



Mohamed Ali HADHRI