



## Les cartes graphiques

Berdah Alexandre  
Galizzi Olivier

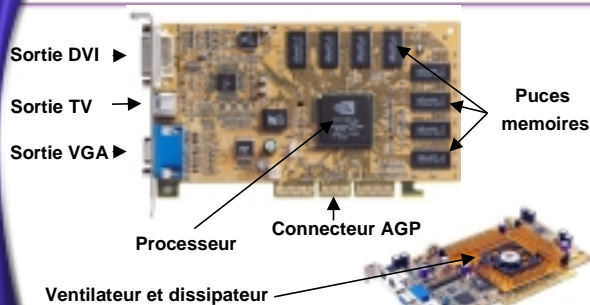
## Sommaire

- Introduction
- Historique
- Evolution du matériel
- Fonctionnalités 3D
- Le TrueForm
- Conclusion

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Introduction



04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Sommaire

- Introduction
- Historique
  - Les débuts
  - Les premières cartes 3D et innovations
  - Les constructeurs
- Evolution du matériel
- Fonctionnalités 3D
- Le TrueForm
- Conclusion

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Historique – Les débuts

- Premières cartes (avec les premiers ordinateurs personnels): monochromes, affichage mode texte (MSDOS)
- Cartes accélératrices du GDI de Windows (2D) (début des années 1990)
  - Fonctions câblées du « Graphical Device Interface » dans le pilote de la carte graphique
  - Exemple :
    - Matrox Millenium
    - Diamond Stealth

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Historique – Les premières cartes 3D

- Apparition des premières cartes accélératrices 3D (1997)
  - 3DFX (San José, Californie) avec les Voodoo.
    - Bibliothèque graphique Glide (dérivé simplifié d'OpenGL).
    - 3DFX accapare le marché jusqu'à la mi-1999.
  - ATI (Thornhill, Canada) avec le circuit Rage
    - Compatible avec DirectX.
  - nVidia sort le GPU GeForce 256 (fin 1999)
    - Il devient rapidement premier sur le marché de la 3D grand public.
    - Rachète 3DFX début 2001.

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Historique – Quelques constructeurs

	1ère génération (1997)	2e génération (1998)	3e génération (fin 1999)	4e génération (fin 2001)
ATI	n.a.	Rage 128 (1999)	Radeon (GPU)	Radeon 8500
3DFX	Voodoo 1	Voodoo 2	Voodoo 3, 4, 5	GeForce 3
nVidia	n.a.	Riva TNT 1 et 2 (1999)	GeForce 1 et 2 (GPU)	
ST Microelectronics	n.a.	Kyro I	Kyro II	n.a.
Matrox	n.a.	Millenium G200	Millenium G400	n.a.

- n.a. : non applicable, pas de tel produit construit

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Sommaire

- Introduction
- Historique
- Evolution du matériel
  - Les connecteurs
  - AGP vs PCI
  - T&L et DDR
  - Comparatifs
  - Limitations
- Fonctionnalités 3D
- Le TrueForm
- Conclusion

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

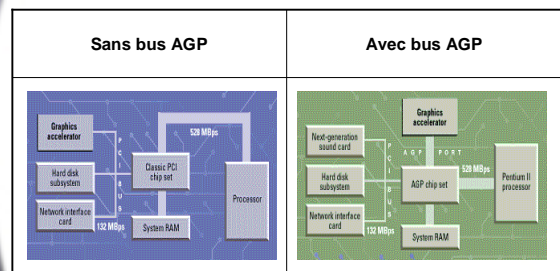
## Évolution du matériel – Les connecteurs

- Intel remplace le port PCI par le port AGP au sein des ordinateurs (1997)
  - PCI : « Peripheral Component Interconnect »
    - Port 'à tout connecter' : cartes graphiques, acquisition vidéo, modems, sons, contrôleurs,...
    - Bande passante maximale : **133Mo par seconde**, partagés par les autres cartes
  - AGP : « Accelerated Graphical Port »
    - Port dédié au branchement des cartes graphiques
    - Bande passante maximale : **1066 Mo par seconde** (en version 4x), dédiés aux cartes graphiques

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Evolution du matériel – AGP vs PCI



04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Évolution du matériel – T&L et DDR

- Le « Transform & Lightning » introduit par nVidia (fin 1999)
  - Intégration des primitives de transformations et d'éclairages des scènes 3D dans les processeurs graphiques
  - Nouveau nom pour les processeurs graphiques: « Graphical Processor Unit » en analogie avec le « Central Processor Unit » (CPU)
  - Le GPU décharge le processeur principal de calculs 3D complexes
- Adoption des mémoires DDR-SDRAM
  - Elles doublent le taux de transfert en CPU et GPU

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

## Évolution du matériel – Comparatif

- Comparatif des GPU et CPU actuels

	Radeon 8500	GeForce 3 Ti 500	AMD Athlon	Intel Pentium 4
Fillrate (Mpixel/s)	1100	960	n.a.	n.a.
Finesse de gravure	0,15 microns	0,15 microns	0,18 microns	0,13microns
Fréquence	275 MHz	250 MHz	jusqu'à 1666MHz	jusqu'à 2200MHz
Nombre de transistors	60 millions	57 millions	37 millions	42 millions

04/02/2002

Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

13

## Evolution du matériel – Limitations

- Limitations actuelles:
  - Fréquence des GPU
    - Architecture des GPU très complexe
      - Produit scalaire (dp3 dest, src1, src2)
      - $dest = (src1.x * src2.x + src1.y * src2.y \dots)$
      - Interpolation linéaire (lrp dest, factor, src1, src2)
      - $dest = (factor)src1 + (1-factor)src2$
    - Transistors en plus grand nombre que sur les CPU
    - Gravure des transistors pas aussi fine que celle des CPU
  - Bande passante des mémoires vidéo actuelles
    - Prix élevé des mémoires rapides

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

14

## Sommaire

- Introduction
- Historique
- Evolution du matériel
- **Fonctionnalités 3D**
  - **Texture Mapping**
  - **Bump Mapping**
  - **Environnement Mapping**
  - **pixelShaders**
- Le TrueForm
- Conclusion

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

15

## Fonctionnalités 3D

- Jusqu'à présent
  - Utilisation de hacks
  - Impossibilité de modéliser physiquement
    - Différent des modèles d'illumination globale
      - Radiosité
      - Lancer de rayons
- Deux impératifs :
  - Réalisme à l'œil
  - Temps réel

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

16

## Ombrages de gouraud et phong

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

17

## Le texture mapping

- Maintenant : multitexturing (+ blending)

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

18


## Environnement Mapping

- Différents type de mapping
  - Simple
  - Dual paraboloidal
  - Cubique

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

19

## Bump Mapping



- Plusieurs types de bump mapping :
  - Emboss mapping
  - Dot 3 bump mapping
  - Environnement bump mapping

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

20

## Tout en même temps : les pixelshaders



04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

21

## Sommaire

- Introduction
- Historique
- Evolution du matériel
- Fonctionnalités 3D
- **Le TrueForm**
  - Principe
  - Courbes et surfaces de Bézier
  - Interpolation des points de contrôles
  - Interpolation des normales
  - Résultats
- Conclusion

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

22

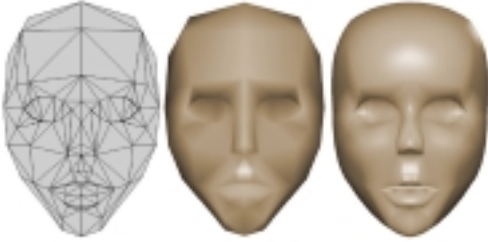
## Le TrueForm : Principe

- Améliore la qualité visuelle des applications 3D (silhouette angulaire)
- Remplace des triangles plat par des patches de bézier courbes (PN triangles)
- Utilise les 3 sommets du triangle de base ainsi que les normales à ces sommets
- Rien à faire ou à modifier pour le programmeur
- Trueform intervient tardivement dans le processus de rendu
- Plus d'information sur les modèles géométriques

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

23

## Exemple

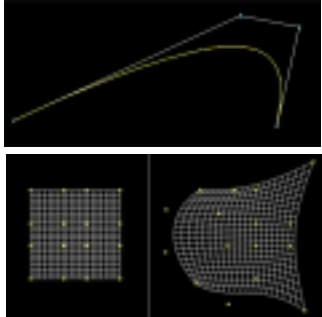


04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

24

## Rappel : courbes et surfaces de Bézier cubique

- Courbes de bézier cubique
- Interpole les points extrêmes
- Enveloppe convexe
- Généralisation à des maillages produits tensoriel



04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

25

### Patch de bézier triangulaire cubique

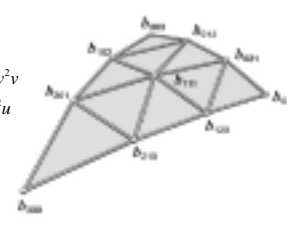
$b: \mathcal{R}^2 \rightarrow \mathcal{R}^3 \quad \forall u, v, w \quad u, v, w \geq 0, w = 1 - u - v$

$$b(u, v) = \sum_{i+j+k=3} b_{ijk} \frac{3!}{i!j!k!} u^i v^j w^k$$

$$= b_{300}w^3 + b_{030}u^3 + b_{003}v^3$$

$$+ 3b_{210}w^2u + 3b_{120}u^2w + 3b_{201}w^2v$$

$$+ 3b_{021}u^2v + 3b_{102}v^2w + 3b_{012}v^2u$$

$$+ 6b_{111}uvw$$


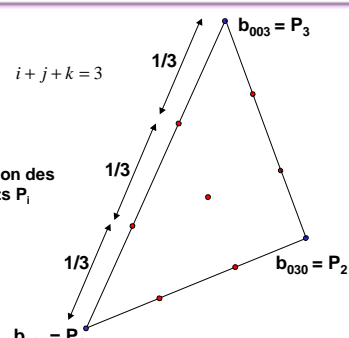
04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

26

### Calcul des points de contrôle

$$b_{ijk} = \frac{(iP_1 + jP_2 + kP_3)}{3} \quad i + j + k = 3$$

Interpolation des sommets  $P_i$

$$\left. \begin{aligned} b_{300} &= P_1 \\ b_{030} &= P_2 \\ b_{003} &= P_3 \end{aligned} \right\}$$


04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

27

### Calcul des points de contrôle (suite)

Projeter un point Q sur un plan dont la normale est N est passant par P se fait de la façon suivante :

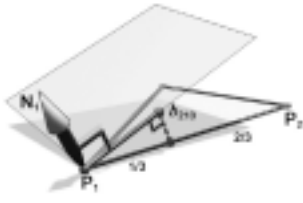
$$Q' = Q - wN \quad w = (Q - P) \cdot N$$

$$w_{ij} = (P_j - P_i) \cdot N_i \in \mathcal{R}$$

$$b_{210} = \frac{(2P_1 + P_2 - w_{12}N_1)}{3}$$

$$b_{120} = \frac{(2P_2 + P_1 - w_{21}N_2)}{3}$$

...



04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

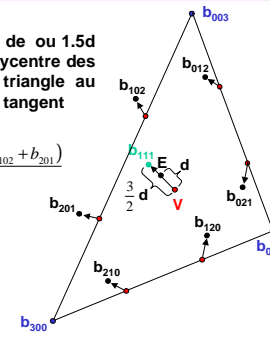
28

### Calcul des points de contrôle (fin)

- Faire avancer le point central de  $\frac{1.5d}{2}$  est le vecteur joignant le barycentre des 3 points aux sommets du triangle au barycentre des 6 coefficients tangent

$$E = \frac{(b_{210} + b_{120} + b_{021} + b_{210} + b_{012} + b_{102} + b_{201})}{6}$$

$$V = \frac{(P_1 + P_2 + P_3)}{3}$$

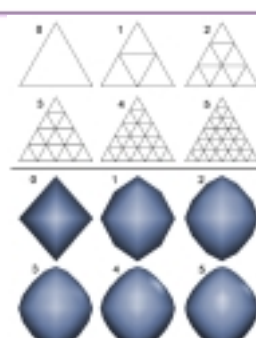
$$b_{111} = E + \frac{(E - V)}{2}$$


04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

29

### Propriété

- Avantage
  - Garantie que le PN triangle reste proche du triangle d'origine
  - Paramétrisation selon le niveau de détail désiré
- Problème
  - Fait « gonfler » les objets



04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

30

### « Gonflement » des objets




04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

31

## Calcul des normales

- Problème**
  - Les normales aux sommets des PN triangles ne varient pas continûment d'un triangle à l'autre
  - Impossibilité de recalculer les normales à partir du nouveau maillage
- Solution**
  - Interpolation des normales sur le PN triangle indépendamment de la géométrie



04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002


32

## Interpolation linéaire

- Pondération normalisée des normales de départ**

$$N(u, v) = \frac{N}{\|N\|} \quad N = (1-u-v)N_1 + uN_2 + vN_3$$

- Approximation de l'ombrage de Phong
- Ne tient pas compte des variations de la géométrie



04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

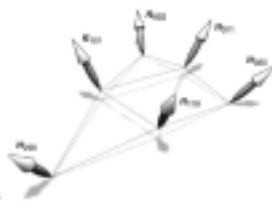
33

## Interpolation quadratique (bézier)

$n : \mathbb{R}_2 \subseteq \mathbb{R}_3 \quad \forall u, v, w \quad u, v, w \geq 0, w = 1 - u - v$

$$n(u, v) = \sum_{i+j+k=2} n_{ijk} u^i v^j w^k$$

$$= n_{200} w^2 + n_{020} u^2 + n_{002} v^2$$

$$= +n_{110} wu + n_{011} uv + n_{101} wv$$


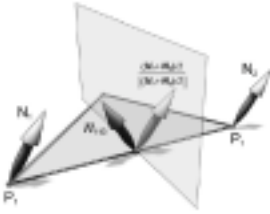
- Problème**
  - Calcul de  $n_{101}$ ,  $n_{011}$ ,  $n_{110}$

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

34

## Calcul des normales intermédiaires

- Calculer la moyenne des deux normales aux extrémités d'une arête
- Calculer la normale symétrique selon le plan perpendiculaire à l'arête



- Symétrique A' d'un vecteur A selon un plan dont la normale est le vecteur B :
 
$$A' = A - 2vB \quad v = \frac{B \bullet A}{B \bullet B}$$

04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

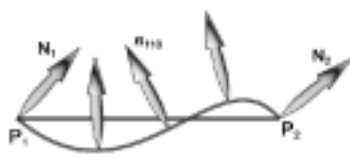
35

## Formules et résultat

$$v_{ij} = 2 \frac{(P_j - P_i) \bullet (N_i + N_j)}{(P_j - P_i) \bullet (P_j - P_i)} \in \mathbb{R}$$

$$n_{110} = N_1 + N_2 - v_{12}(P_2 - P_1)$$


$$n_{011} = N_2 + N_3 - v_{23}(P_3 - P_2)$$

$$n_{101} = N_3 + N_1 - v_{31}(P_1 - P_3)$$


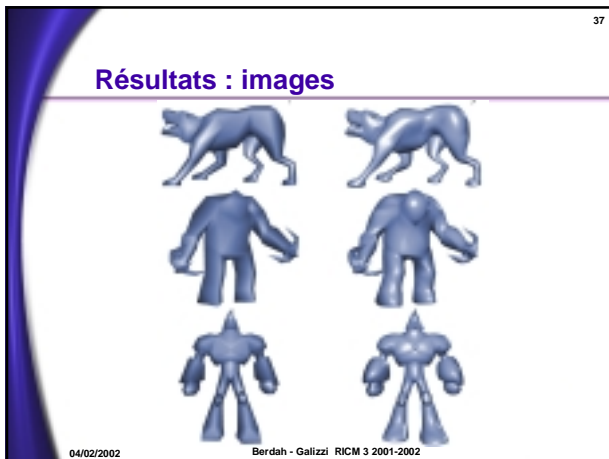
04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

36

## Interpolation linéaire VS quadratique



04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002



- 39
- ### Trueform : conclusion
- Economie de bande passante
  - Economie de mémoire pour stocker triangle
  - Méthode de compression
  - Simple utiliser
  - Compatible avec les anciennes applications
  - Câblé en hardware donc pas ou peu de pertes de performances
- 04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

- 40
- ### Sommaire
- Introduction
  - Historique
  - Evolution du matériel
  - Fonctionnalités 3D
  - Le TrueForm
  - **Conclusion**
- 04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002

- 41
- ### Conclusion
- Cartes limitées par bande passante
  - La loi de Moore n'est pas respectée
  - Les cartes professionnelles
  - L'avenir des cartes :
    - Des modèles d'illumination plus évolué
      - Cook-Torrance
      - Ward
    - Augmentation de la bande passante (nouvelles mémoires)
    - Pourquoi pas un jour carte câblant en hardware :
      - L'algorithme de lancer de rayons
      - L'algorithme de radiosité
- 04/02/2002 Berdah - Galizzi RICM 3 2001-2002