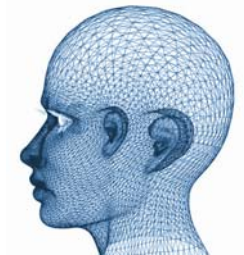


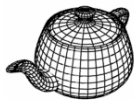
# Fondamenti di Computer Grafica



**Ing. Luca Gardelli**

[lgardelli@deis.unibo.it](mailto:lgardelli@deis.unibo.it)  
[luca.gardelli@unibo.it](mailto:luca.gardelli@unibo.it)

DEIS - Dipartimento di Elettronica Informatica e Sistemistica  
Alma Mater Studiorum--Università di Bologna sede di Cesena  
Via Venezia 52, 47023, Cesena (FC) Italy  
Ph: +39 0547 339210 Fax: +39 0547 339208

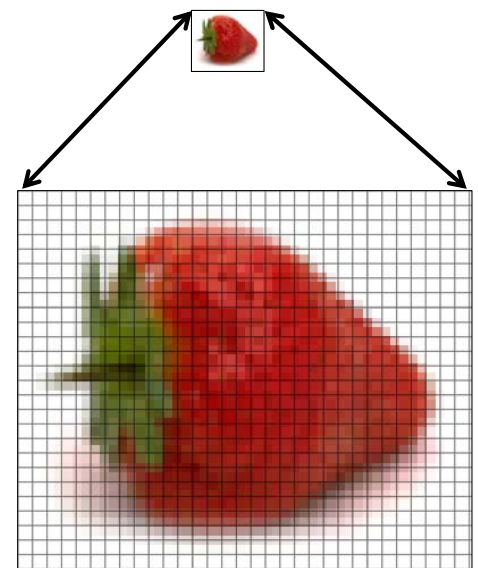


Computer  
Graphics

## Grafica 2D

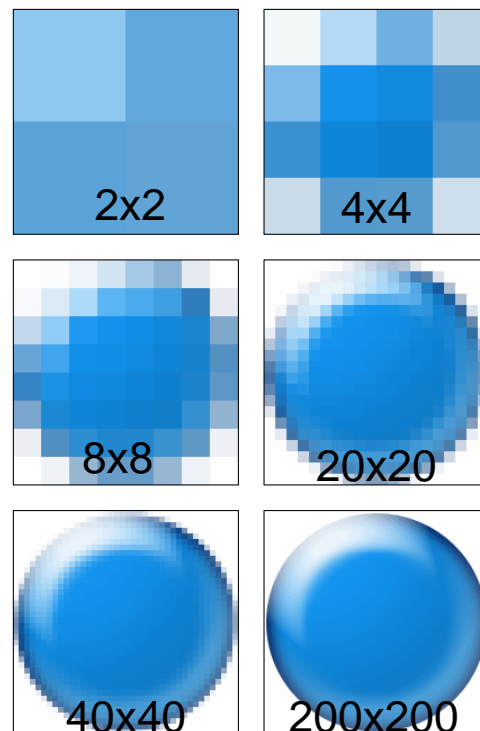
- .. il cucchiaio non esiste – The Matrix
- L'immagine è solo un'astrazione di una nostra percezione visiva
- L'immagine è una sorta di descrizione della luce che giunge ai nostri occhi
- Può essere veicolata da differenti media, e.g. carta, display, tramite diverse tecnologie, e.g. stampa, LCD, Plasma, CRT

- I moderni display di dispositivi elettronici rappresentano le immagini come matrice di pixel (tecnologia raster)
- Il pixel è dunque l'elemento più piccolo rappresentabile: ha forma quadrata – o rettangolare – ed ha un colore uniforme



# Risoluzione

- La **risoluzione** misura il numero di pixel visualizzabili da un display
- **ppi** - pixels per inch, oppure per la stampa **dpi** - dots per inch forniscono un'indicazione di quanto sono grandi i punti
- Maggiore il ppi, maggiore la qualità dell'immagine rappresentata, maggiore il "costo di memorizzazione"
  - carta da quotidiano 75 dpi
  - computer display 72 a 96 dpi - in aumento
  - carta da rivista 150 dpi
  - riviste grafiche 300 dpi
  - fotografia >300 dpi



# Fattore di Forma

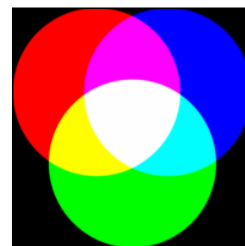
- Il fattore di forma – **aspect ratio** – rappresenta il rapporto fra la dimensione orizzontale e verticale di un'immagine
- Più l'aspect ratio è grande più l'immagine è *panoramica*, cioè a parità di pixel in altezza aumenta il numero di pixel in lunghezza
- La TV in alta definizione è 16:9, mentre il cinema varia da 1,85 a 2,39

1:1 1.0	4:3 1,33	16:10 1,6	16:9 1,77
------------	-------------	--------------	--------------

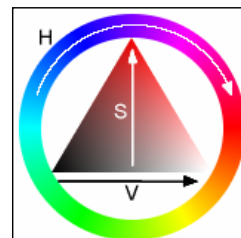
# Modelli di colore

- Esistono differenti **modelli di colore**: RGB, RYB, HSV, CMYK..
- Si caratterizzano per le tinte / grandezze utilizzate
- Nel disegno artistico si usa il modello RYB sottrattivo, Rosso Giallo, Blu (tricromia)
- I display CRT usano il modello RGB additivo (tricromia)
- Nella stampa su carta si usa il modello CMYK sottrattivo, Ciano Magenta Giallo e Nero (quadricromia)

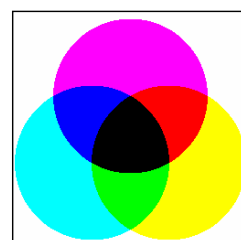
RGB



HSV



CMY



# Modelli di colore

- Per il web, al fine di ridurre le dimensioni di un'immagine, si usa il modello basato su indice
- Si suppone di utilizzare una tavolozza di colori inferiori a quella possibile
- I colori sono organizzati in una tabella (**color indexed**) e ci si riferisce ad essi usando l'indice che ne identifica la posizione
- Esempio: Si consideri uno spazio a 24 bit cioè 16 milioni di colori. Di questi se utilizzano solo 16. Sono quindi necessari 4 bit per rappresentare lo spazio degli indici. Abbiamo ridotto ad 1/6 il costo dell'immagine!



# Profondità e Canali

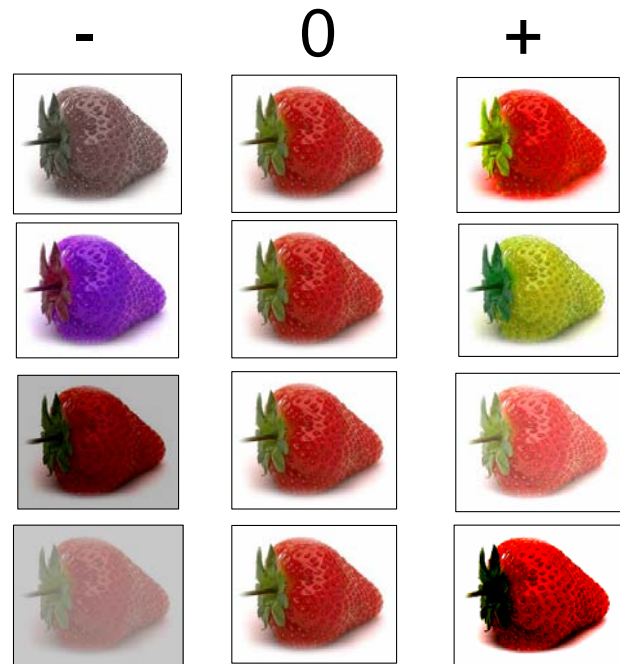
- La profondità (**color depth**) indica il numero bit utilizzati per rappresentare il colore
- Valori tipici sono: 1 monocromatico, 2 quadricromia, 8, 16, 24 true color, 32 (alpha), 48
- L'informazione del colore è memorizzata su tre **canali** distinti, Rosso Verde e Blu + eventuale trasparenza
- Un formato di colore (**color format**) si caratterizza per il numero di bit associati ad ogni canale
- Ad esempio RGB 24 bit (8,8,8) mentre RGB 16 bit (6,5,5), (5,6,5), (5,5,6)...



# Memorizzazione

- Le immagini vengono memorizzate in differenti formati in base allo scopo
- Immagini che richiedono alta qualità vengono compresse in modo tale da minimizzare la perdita di informazione a discapito delle dimensioni
- Per la distribuzione su web e altri media si tollerano anche le perdite..
- Formati tipici sono JPEG, GIF, PNG, TIFF, TGA, BMP

- Saturazione (saturation)
- Tinta (hue)
- Luminosità (brightness)
- Contrasto (contrast)

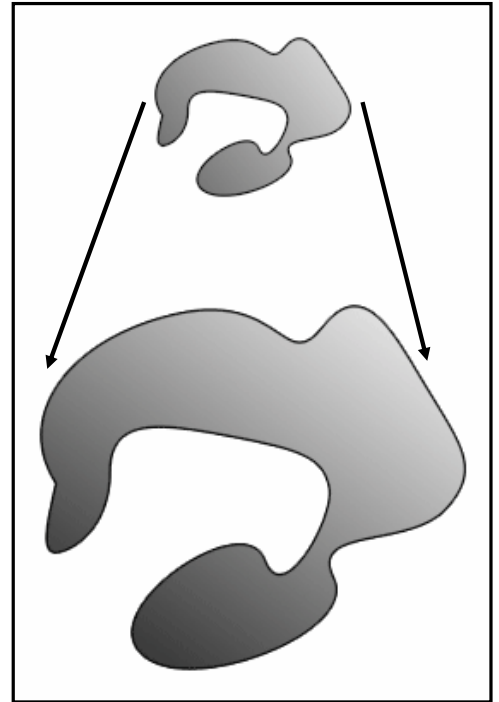


## Aliasing

- **Aliasing** è quel fenomeno - spesso indesiderato - per cui i pixel sui bordi esterni di una figura appaiono frastagliati
- E' un artefatto visuale dovuto al sotto-campionamento...
- Anti-Aliasing è una tecnica che riduce tale effetto sovra-campionando l'immagine e sfumando i bordi



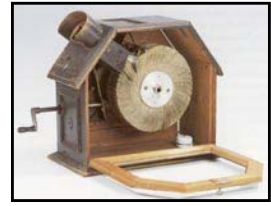
- Si rappresentano le immagini come insieme di primitive caratterizzate da proprietà
- Non perdono in qualità quando vengono ridimensionate
- Le dimensioni sono contenute
- E' difficile creare un'immagine vettoriale fotorealistica
- E' facile passare da un'immagine vettoriale ad una raster, ma non il contrario
- Richiedono più potenza di calcolo
- E' un formato non adatto per creare animazioni complesse



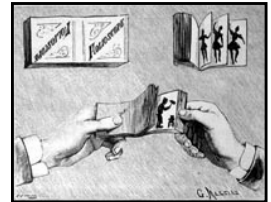
## Animazione



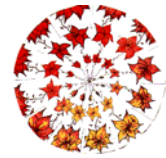
- L'**animazione** è l'illusione del movimento creato tramite la visualizzazione consecutiva di immagine statiche
- Questo è possibile perchè le immagini **persistono** nell'occhio umano per un certo periodo di tempo
- L'immagine in questo contesto viene chiamata **frame** o fotogramma
- Tali immagini possono essere prodotte tramite disegno manuale, fotografia, cinepresa o rendering



Mutoscope



Flipbook



Phenakistoscope



# Phenakistoscope



# Walk Cycle

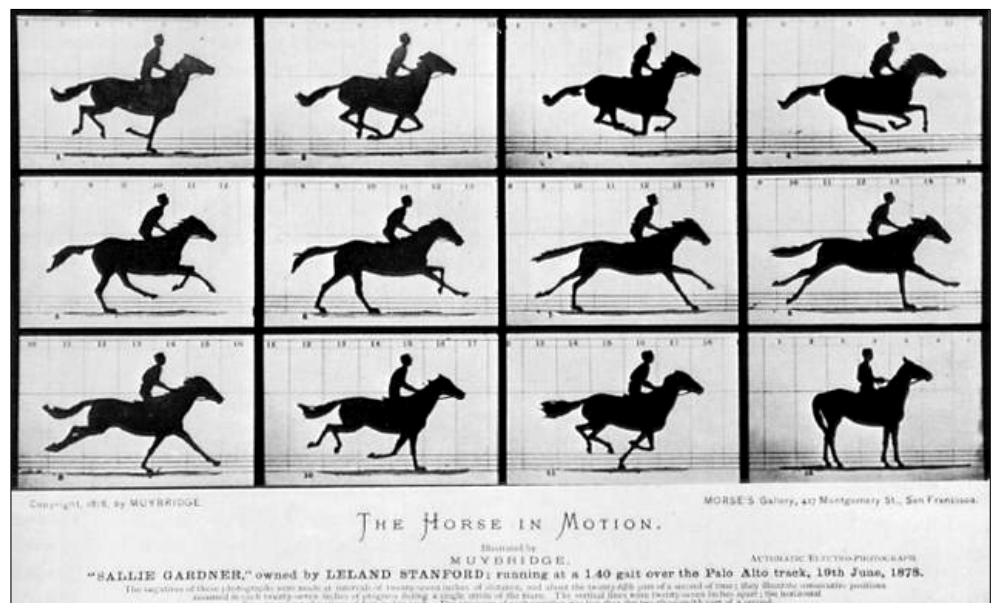
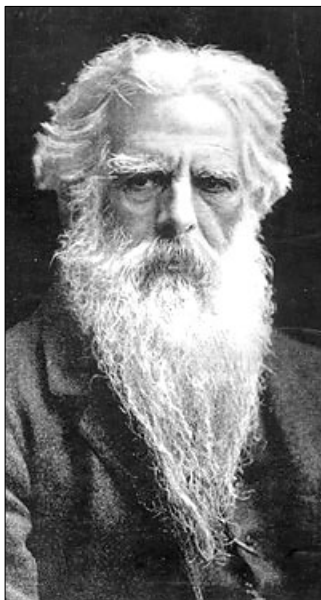
## Richard Williams – The Animator's Survival Kit



La figura mostra un ciclo completo di camminata: questi disegni se visualizzati in sequenza creano l'illusione del movimento.

# La comprensione dei movimenti

Edweard Muybridge – fine XIX secolo  
un' opera titanica di fotografia dell'uomo e  
degli animali in movimento





# Frame rate

- La velocità con cui si presentano i frame prende il nome di **frame rate** e si misura in **fps** - frames per second
- Di solito per ottenere movimenti fluidi si ritengono necessari almeno 24 fps
- Gli standard attuali prevedono: cinema 24 fps, tv americana 30 fps (NTSC), tv europea 25 fps (PAL)..
- Alcune applicazioni - per motivi di prestazioni - usano rate minori, e.g. videotelefono, webcam, video streaming



# Video Bit Rate e Codec

- Un parametro per valutare la qualità di un video è la sua **bit rate**, cioè il flusso di bit per secondo (si indica con bps)
- Ad esempio 10 secondi di animazione a 2000 Kbps richiedono circa 2,5 MB
- A parità di bit rate la qualità dipende dall'efficienza dell'algoritmo utilizzato..
- L'algoritmo di compressione viene implementato e distribuito come **codec**



# Double buffering

- Il **frame buffer** è una zona di memoria che rappresenta direttamente i pixel visualizzati
- Se le operazioni di disegno sono “complicate” si verifica un fenomeno di sfarfallio – **flickering**
- Il **double buffering** è una tecnica che impiega due buffer – front e back buffer – per ridurre il flickering: le operazioni di disegno vengono eseguite su quello nascosto e poi copiate direttamente sul frame buffer



# Distribuzione CD/DVD

- La distribuzione di contenuti video tramite CD e DVD rende disponibile una capacità di memorizzazione alta e quindi permette di avere una VBR alta
- Formati di comune impiego sono l'MPEG nelle varie versioni (DVD - MPEG2), AVI - Audio Video Interleave, QuickTime, DIVX..



# Distribuzione web

---

- La distribuzione di contenuti video sul web richiede un'attenzione particolare per quanto riguarda i limiti di banda
- Si utilizza l'approccio **streaming**, cioè si inviano le informazioni durante la riproduzione del video
- Supportano lo streaming QuickTime, Real Media, e Window Media Video



# Grafica vettoriale

---

- I vincoli di banda che impone il web hanno portato allo sviluppo di altre tecniche di animazione “più leggere”.
- Nella **grafica vettoriale** i frame non sono definiti da immagini, ma da un insieme di primitive di disegno - linee.. - le cui caratteristiche possono variare nel tempo - colore, forma, posizione.
- Per ulteriori dettagli si rimanda a Macromedia Flash e lo standard SVG del W3C

# Grafica 3D

## Introduzione

- La grafica 3D si suddivide tipicamente in due sotto-aree
  - **interattiva** (real-time): legata alla visualizzazione di geometrie 3D in tempo reale - e.g. CAD, videogiochi..
  - **non-interattiva**: prodotta con strumenti interattivi, ma distribuita sotto forma di immagini e filmati - e.g. film, pubblicità..



# Competenze

- La grafica non-interattiva 3D è una disciplina artistica all'80% e ingegneristica al 20%
- Richiede competenze proprie delle arti tradizionali:
  - Disegno, pittura, teoria del colore, anatomia artistica..
  - Animazione e figura in movimento..
  - Scultura, tecniche dei materiali..
  - Fotografia, cinema, regia..
  - Illuminazione, dinamica e resa dei materiali..
  - Composizione e fotoritocco
- Ma anche competenze matematico/informatiche
  - Curve parametriche di Bezier
  - Scripting
  - Ottimizzazione del rendering



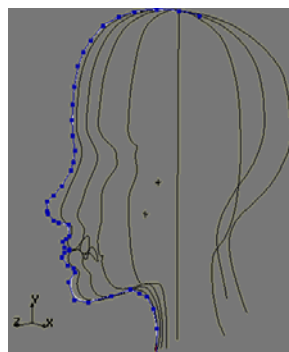
# Flusso di lavoro

- La produzione di un film basato su grafica 3D si articola nelle seguenti *fasi artistiche*:
  1. Modeling
  2. Texturing
  3. Rigging & Skinning / Morphing
  4. Animation
  5. Lighting
  6. Rendering
  7. Compositing & Post-production
- Prima e dopo questo processo ci sono altre fasi che non vedremo in questo seminario, e.g. design di personaggi, storyboard, scripting

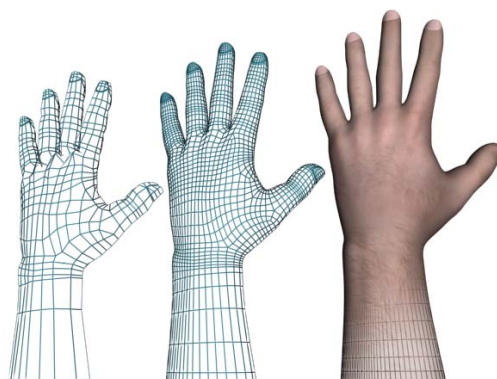
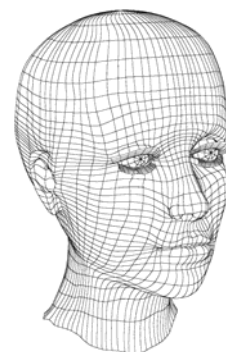


- E' la fase in cui si crea una geometria 3D di un oggetto da rappresentare
- Esistono 3 approcci diversi
  1. **Mesh** - il modello è costituito da vertici, segmenti e triangoli.
    1. Ottimo per videogame, si può agire sul numero di triangoli
    2. Facile da imparare
    3. Troppo oneroso per design ad alto dettaglio
  2. **NURBS** – il modello è composto da curve e superfici parametriche
    1. Genera modelli troppo complessi per videogame
    2. Difficile da imparare
    3. Adatto al design ad alto dettaglio
  3. **Subdivision Surfaces** – semplice come la modellazione mesh ma produce dei risultati che sono paragonabili in quanto a dettaglio alle NURBS

Un modello a basso numero di poligoni per Quake 3



Un modello NURBS



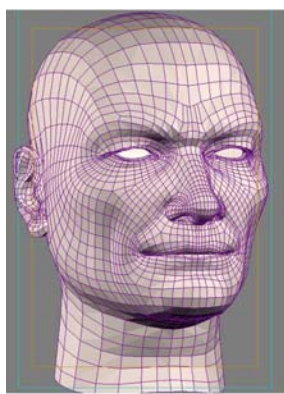
Un modello Subdivision Surface



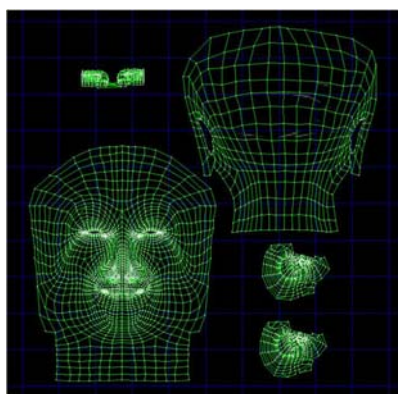
# Texturing

- In questa fase alle geometrie si applicano delle immagini – **texture** – in modo da simulare l'aspetto dei materiali reali..
- ..e rappresentare quei dettagli che richiederebbero una geometria troppo densa, e.g. pieghe
- Le texture solitamente si ottengono dall'elaborazione di foto, disegni, oppure definendo i parametri del modello matematico - e.g. vetro, marmo..
- Le coordinate della geometria vanno mappate su quelle delle texture - **UV Mapping**

# Texturing



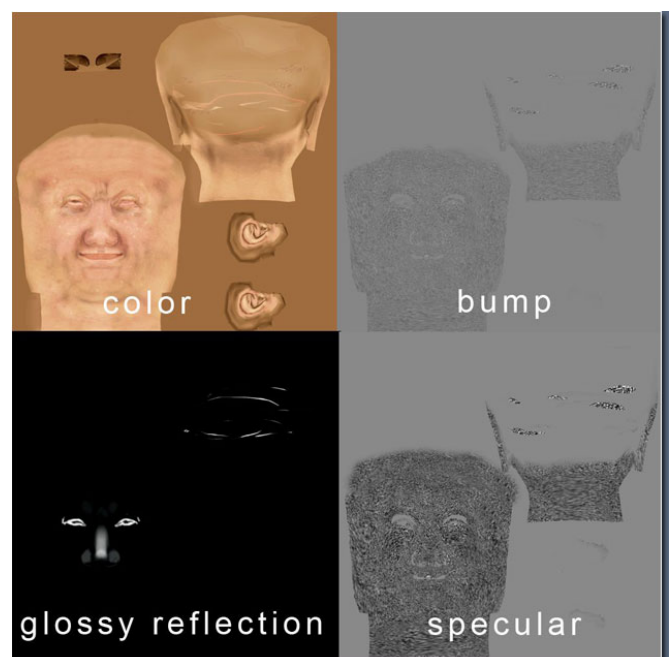
1. Geometria



2. Unwrapping



4. Application  
of textures



3. Painting Textures



# Preparazione per l'animazione

---

- Ora che il modello è completo occorre prepararlo per l'animazione
  - Tecnicamente esistono tre metodi per animare
    1. **Animazione scheletale** – tipicamente usata per l'animazione di personaggi
    2. **Morphing** – Animazione del viso—e.g. Lip-Synching—ed effetti speciali
    3. **Controller** – Usata per lo più per i veicoli e sistemi particellari
- 

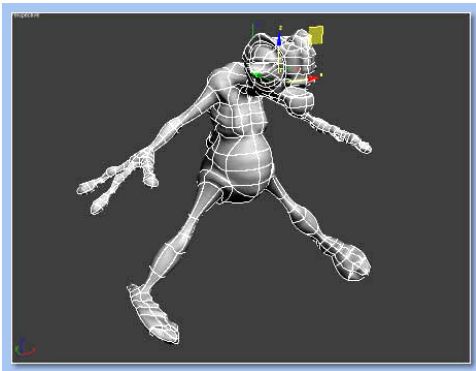


# Rigging e Skinning

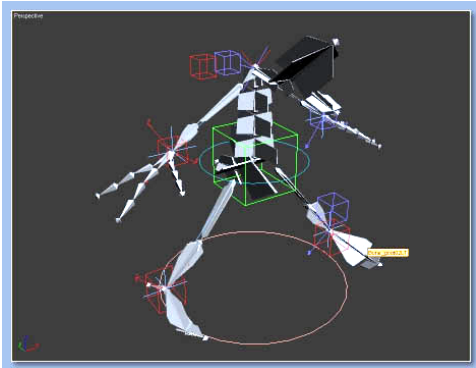
---

- L'animazione scheletale prevede l'uso di uno scheletro che deforma il modello che costituisce il personaggio
  - Viene effettuata in due passi
    1. Il **rigging** è la fase in cui si creano le ossature: in questo modo è possibile deformare le geometrie velocemente e in un modo analogo alla realtà
    2. Lo **skinning** è quella fase in cui si parametrizza l'effetto del rigging sulla geometria - e.g. muscoli
-

# Rigging e Skinning

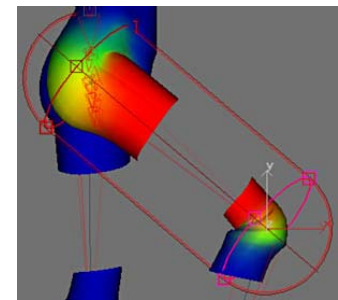
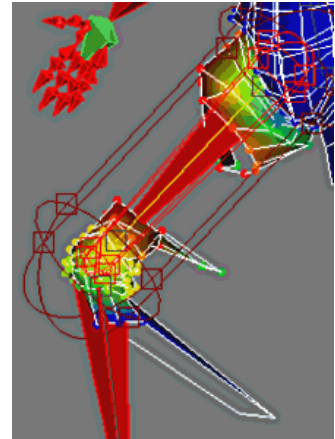


1. Geometria



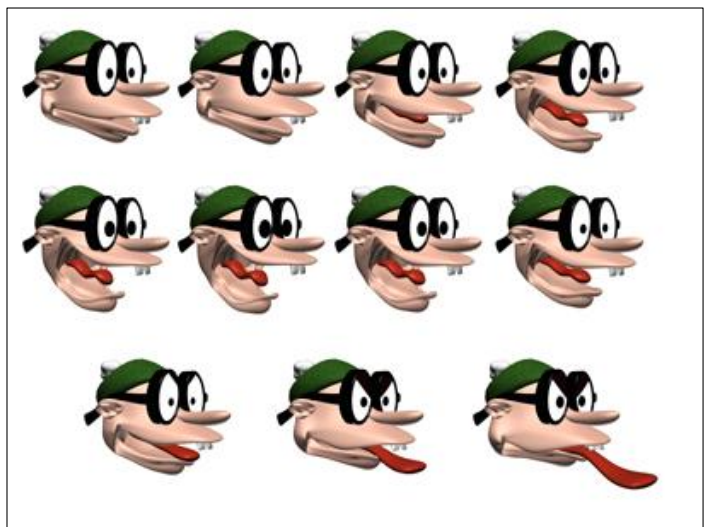
2. Rigging

3. Skinning



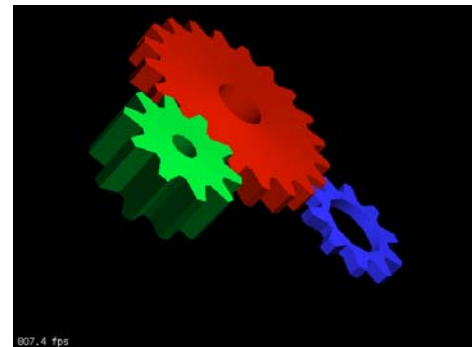
# Morphing

- Usata soprattutto per gestire le espressioni del viso e la sincronizzazione labiale
- Si copia il modello e si spostano i vertici in modo da ottenere una diversa espressione
- Si passa da un'espressione all'altra tramite interpolazione matematica



# Controller

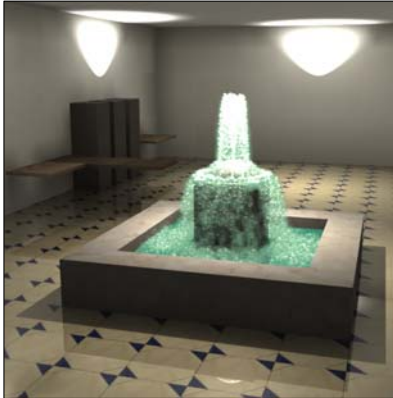
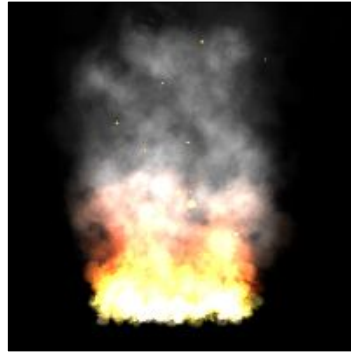
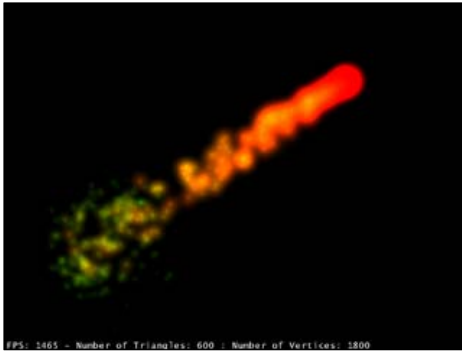
- E' un tipo di animazione più adatta a corpi meccanici
- Si descrive in modo matematico, come insieme di trasformazioni geometriche, e.g. traslazione, oppure variazione di proprietà come colore, fase...
- L'esempio tipico è quello degli ingranaggi (a fianco)



# Animazione

- In questa fase si definiscono i movimenti dei personaggi, dell'ambiente e le inquadrature di massima
- Si usa la tecnica del **keyframing**: si decide la configurazione di un modello in diversi istanti nel tempo e le posizioni intermedie (**in-betweens**) vengono calcolate tramite interpolazione
- Ad ogni keyframe si orientano le bones, si scelgono i morphing target e si parametrizzano i controller
- *Si guadagna molto rispetto all'animazione tradizionale in cui va disegnato ogni frame!*
- In questa fase spesso si definiscono anche le animazioni particellari, e.g. pioggia, neve..

# Particle Systems

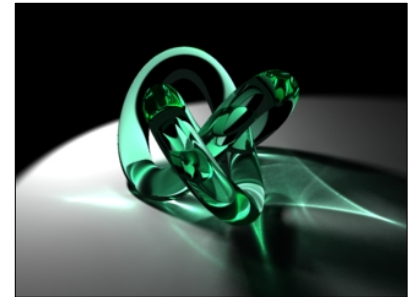
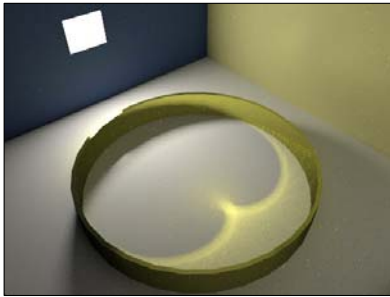


# Illuminazione

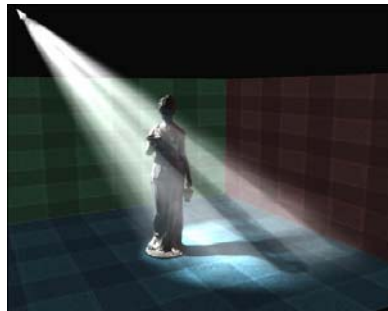
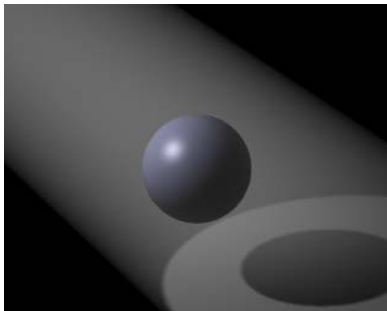
- Si definisce il tipo di illuminazione della scena prodotta da luci e ambiente
- I parametri sono
  - Numero di luci
  - Posizione relativa rispetto all'inquadratura
  - Tipo di luce: torcia, neon, riflettore
  - Tipo di ombre e caratteristiche
- Il grado di realismo influenza il tempo di rendering
  - Ombre
  - Trasparenze
  - Caustiche
  - Luci volumetriche
  - Global illumination



# Illuminazione

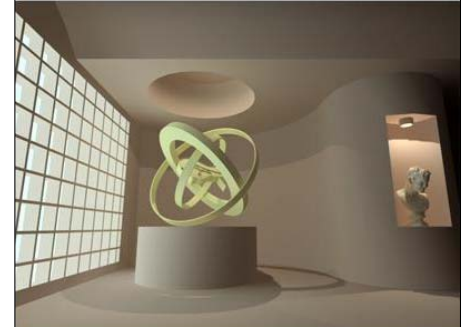
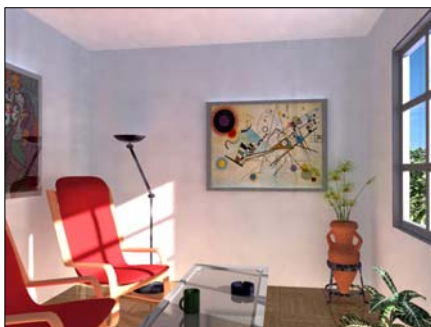
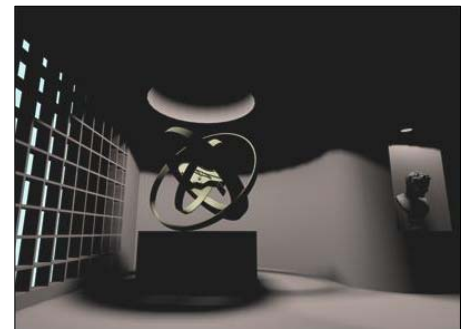
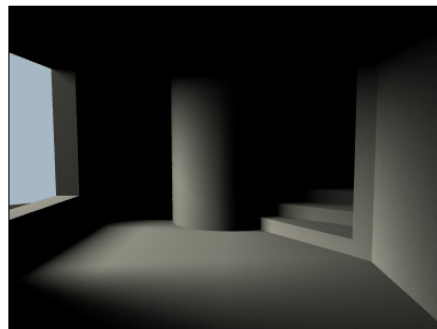
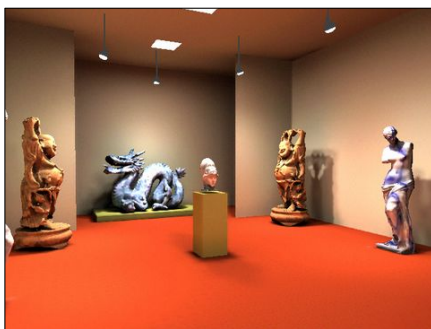


Alcuni esempi di caustiche: sono necessarie tecniche di photon mapping



Alcuni esempi di luci volumetriche – profondità della scena e clustrofobia

# Global Illumination



Scene illuminate con Radiosity

Senza (sopra) / Con (sotto) Radiosity

# Rendering

- Una volta terminate le fasi precedenti si dà inizio al processo di rendering: questa fase *non è interattiva!*
- I parametri includono
  - Il tipo di output, e.g. filmato, immagini
  - Il dispositivo di output, e.g. tv, cinema, stampa
  - Il tipo di effetti da includere, e.g. motion blur, depth cueing
- Un singolo fotogramma può richiedere anche parecchie ore se la scena è molto dettagliata – *180h per il mammut di Ice Age!*
- Questa fase è più legata alla tecnologia e la distribuzione del calcolo che a aspetti artistici!
- Spesso viene data in out-sourcing a **rendering farm**, cioè aziende che gestiscono cluster di computer a questo scopo.

## Effetti speciali



Due esempi  
di Motion Blur



Due esempi di  
Depth of Field





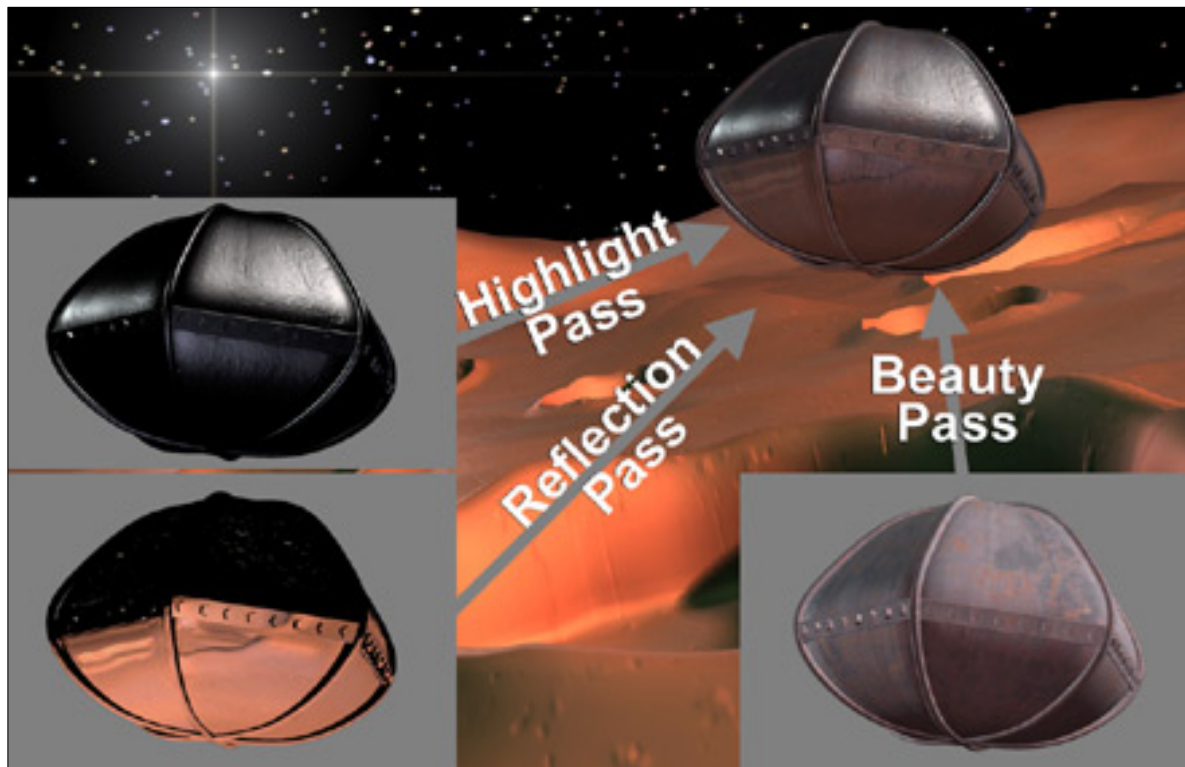
# Shrek 2

- Sono state utilizzate 320 workstation HP Linux-based, dual-Xeon 2.4GHz, 2GB di RAM e NVIDIA Quadro XL.
- Per alcune scene la Dreamworks si rivolta a rendering farm di 3000 CPU!
- Ad una media di 10 h/CPU per frame Shrek 2 richiederebbe circa 54000 gg/CPU per essere renderizzato!
- Una rendering farm impiega 1 mese circa!



## Compositing & Post-Production

- In questa fase le immagini vengono montate per formare un'unica sequenza
- Spesso il rendering produce diverse immagini per un singolo frame - **multipass**
- Queste immagini vengono sovrapposte per regolare la luminosità, riflessioni, ombre..
- Inoltre si scelgono quali sequenze mantenere, le inquadrature - regia
- Si integrano audio e sottotitoli, titoli e titoli di coda..



## Bibliografia e Links



# Software per grafica 2D

---

- Adobe Photoshop - [www.adobe.com](http://www.adobe.com)
- JASC PaintShop Pro - [www.jasc.com](http://www.jasc.com)
- Adobe Illustrator - [www.adobe.com](http://www.adobe.com)
- Macromedia Freehand - [www.macromedia.com](http://www.macromedia.com)
- Corel Painter - [www.corel.com](http://www.corel.com)
- GIMP - [www.gimp.org](http://www.gimp.org) (FREE!)



# Software per video

---

- Apple QuickTime - [www.quicktime.com](http://www.quicktime.com)
- Apple Final Cut - [www.apple.com](http://www.apple.com)
- Adobe Premiére - [www.adobe.com](http://www.adobe.com)
- VirtualDub – <http://virtualdub.sourceforge.net> (FREE!)
- Discreet Cleaner - [www.discreet.com](http://www.discreet.com)
- Macromedia Flash - [www.macromedia.com](http://www.macromedia.com)



# Software per grafica 3D

---

- Discreet 3D Studio Max - [www.discreet.com](http://www.discreet.com)
- Alias Maya - [www.aliaswavefront.com](http://www.aliaswavefront.com)
- Softimage - [www.softimage.com](http://www.softimage.com)
- Newtek LightWave - [www.newtek.com](http://www.newtek.com)
- Pixar RenderMan - [www.pixar.com](http://www.pixar.com)
- Blender - [www.blender3d.org](http://www.blender3d.org) (FREE!)
- Milkshape - [www.download.com](http://www.download.com) (FREE!)



# Tutorial grafica 3D

---

- [www.3dluvr.com](http://www.3dluvr.com)
- [www.3drender.com](http://www.3drender.com)
- [www.3dtotal.com](http://www.3dtotal.com)
- [www.highend3d.com](http://www.highend3d.com)
- [www.thegnomonworkshop.com](http://www.thegnomonworkshop.com)
- [www.aliaswavefront.com](http://www.aliaswavefront.com)
- [www.3dark.com](http://www.3dark.com)
- <http://en.wikipedia.org>