

# **Corso di Interazione Uomo Macchina**

## **a.a. 2012-13**

---

**Fabio Pittarello**

Ca' Foscari  
Università di Venezia  
Dipartimento di Informatica  
Via Torino 155,  
Mestre (Venezia), Italia  
e-mail pitt@unive.it

---

**Modellazione 3D** 

*Nota:* *il materiale contenuto in questo documento deriva per la maggior parte dal corso MIT, accessibile on-line all'indirizzo web riportato di seguito, e da alcune fonti complementari. E' disponibile solo per uso interno nell'ambito del corso di Interazione Uomo Macchina.*

*MITOpenCourseWare*  
<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Electrical-Engineering-and-Computer-Science/6-837Fall2003/DownloadthisCourse/index.htm>

---



---



## **Indice**

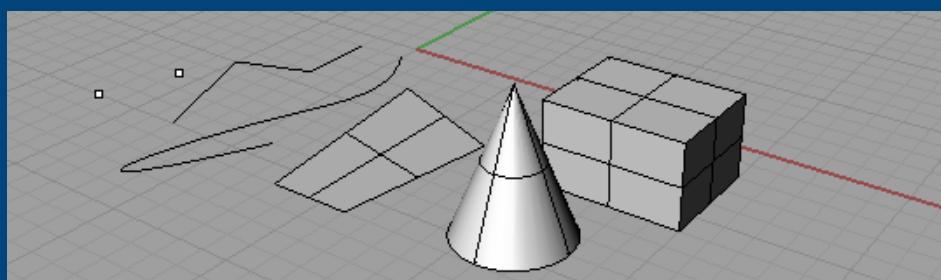
- Modellazione della geometria
  - Applicazione delle textures
  - Stabilire il punto di vista sulla scena
  - Posizionamento delle luci nella scena
  - Animare la scena
- Illuminazione locale
- Il rendering della scena
  - Rendering non interattivo
    - Raycasting
    - Raytracing
    - Radiosity
  - Rendering per l'interattività
    - Graphics Pipeline
- Textures
- Applicazioni e tools

# **Modellazione tridimensionale**

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

## **Modellare la geometria Primitive geometriche**

- La maggior parte dei tool di modellazione fornisce un set di oggetti predefiniti che possono essere utilizzati per comporre la scena. Tale set comprende tipicamente oggetti:
  - 1-dimensional (Es. punti, rette, curve, ecc.)
  - 2-dimensional (es. superfici rettangolari, ecc.)
  - 3-dimensional (Es.: parallelepipedi, sfere, ellisoidi, cilindri, paraboloidi, ecc.)

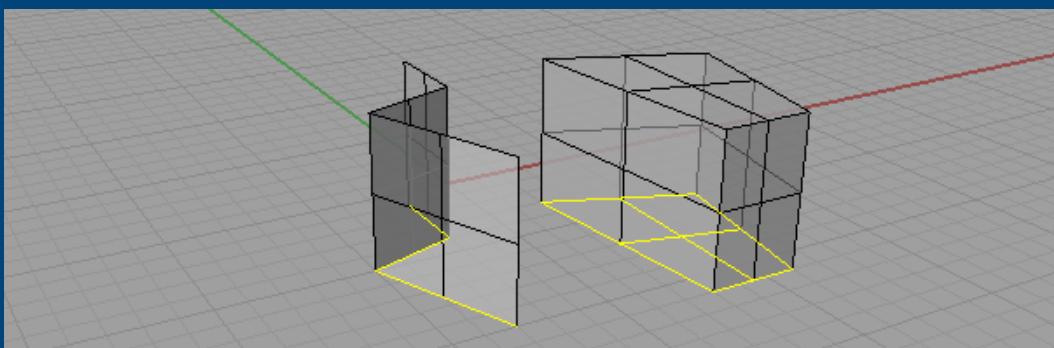


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# **Modellare la geometria**

## **Estrusione**

- Molti tools di modellazione offrono l'opportunità di generare oggetti di vario tipo attraverso un procedimento di estrusione che a partire da una primitiva 1-dimensionale o 2-dimensionale permette di ottenere, rispettivamente, una superficie oppure un solido.

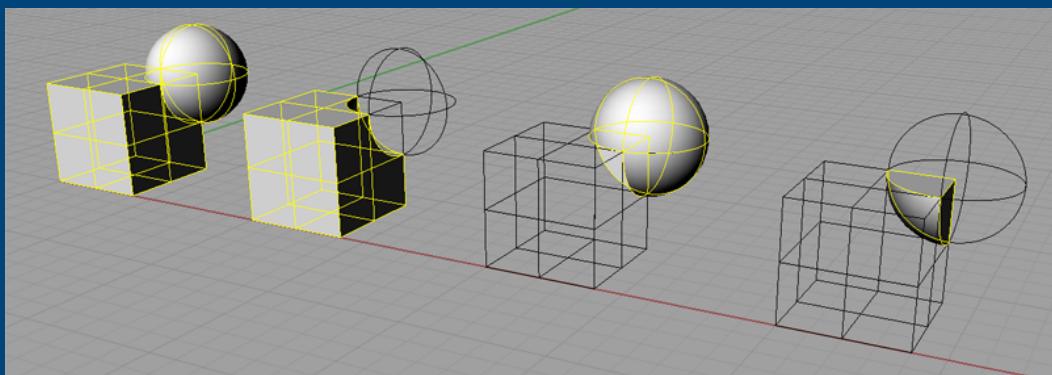


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# **Modellare la geometria**

## **Operazioni booleane**

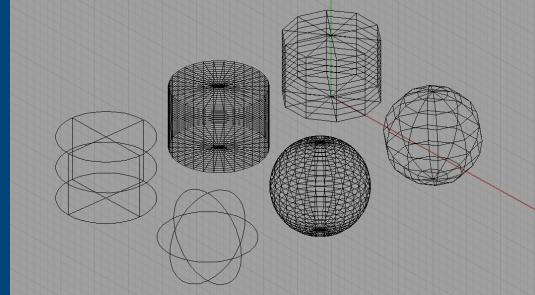
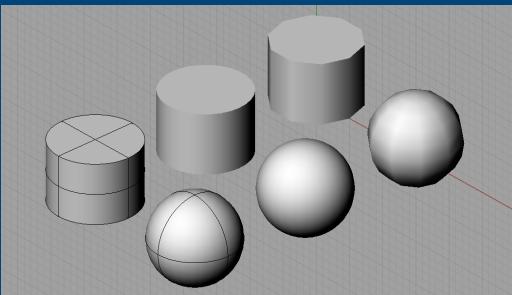
- Le operazioni booleane costituiscono un altro metodo per ottenere forme complesse a partire dagli oggetti esistenti nella scena.
- Tipicamente vengono offerte operazioni di:
  - Addizione, Sottrazione e Intersezione



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# **Modellare la geometria – Tecniche di modellazione**

- Esistono diverse tecniche per la rappresentazione di oggetti tridimensionali:
  - Meshes poligonali
  - NURBS (Non Uniform B-Splines)
  - NURMS ...



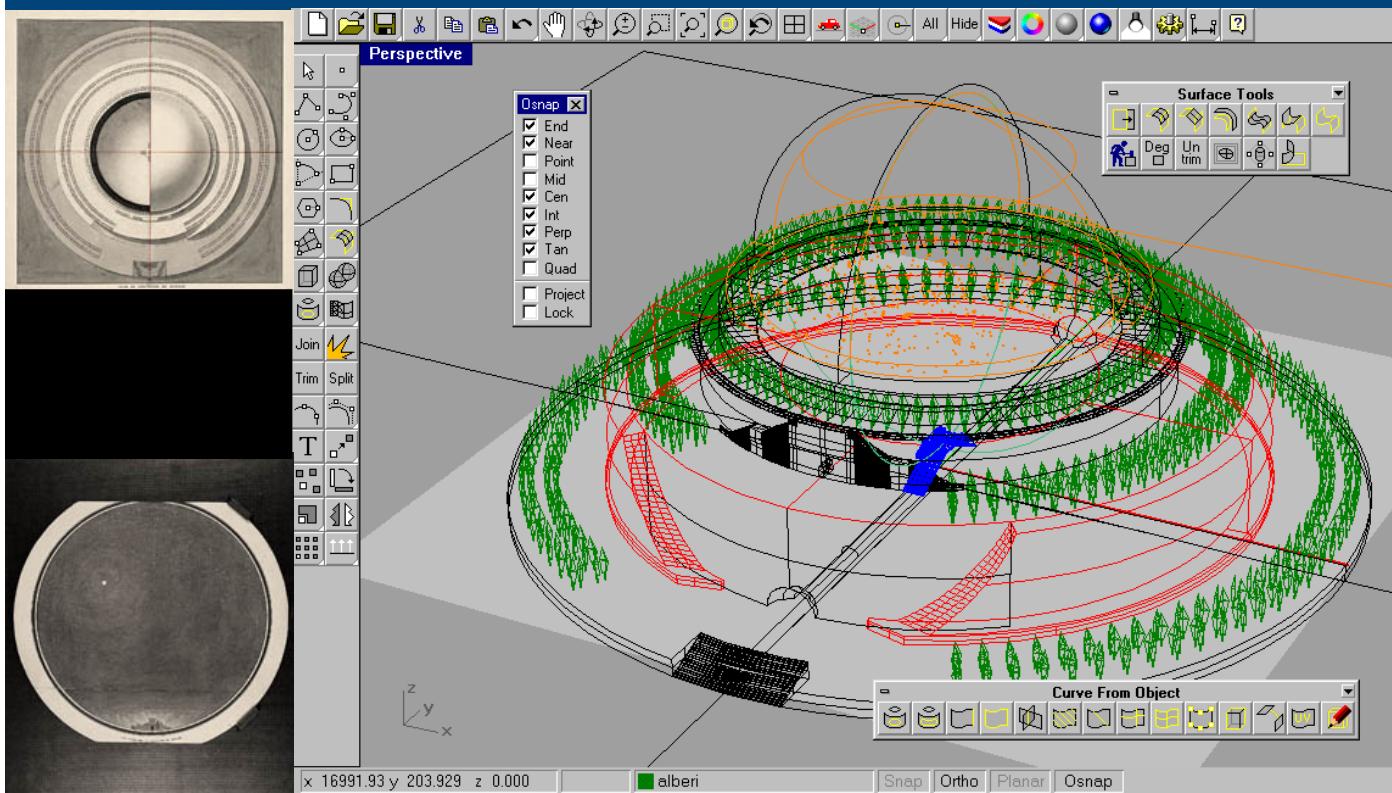
Modellazione   Illum. locale   Rend. non interatt.   Rend. Interatt.   Textures   Tools

## **Meshes e NURBS**

- Meshes poligonali
  - Rappresentazione ottenuta attraverso una rete di poligoni che approssimano l'oggetto che si vuole rappresentare
- Nurbs
  - (Non Uniform Rational Basis, or Bézier Spline); sviluppate a partire dagli anni '50 per rappresentare in maniera accurata superfici complesse e utilizzate nella progettazione automobilistica e navale; permettono anche la rappresentazione di forme analitiche standard (es. coniche)
  - Riducono la quantità di memoria richiesta per memorizzare le superfici
  - Primo modellatore NURBS per PC disponibile nel 1993

Modellazione   Illum. locale   Rend. non interatt.   Rend. Interatt.   Textures   Tools

# Modellazione NURBS

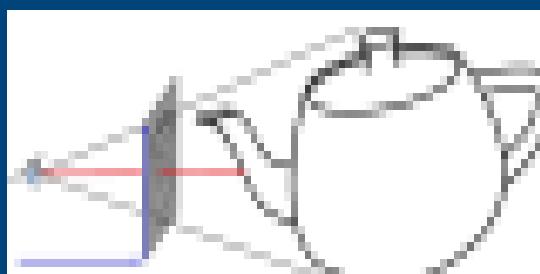


Cenotafio di Newton, Etienne Louis Boullée 1783

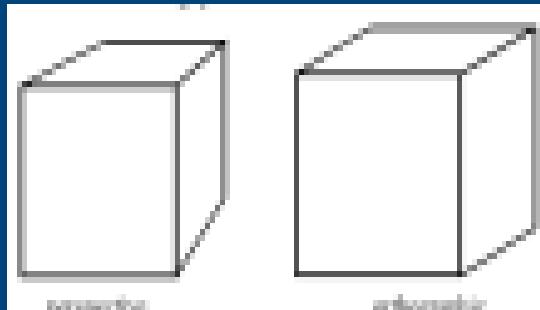
Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

## Il punto di vista sulla scena

- Punto di vista sulla scena



- Vista prospettica vs. vista ortografica

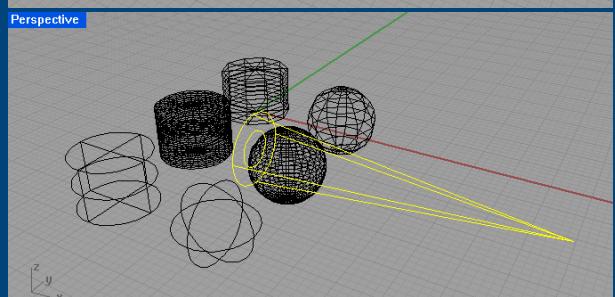
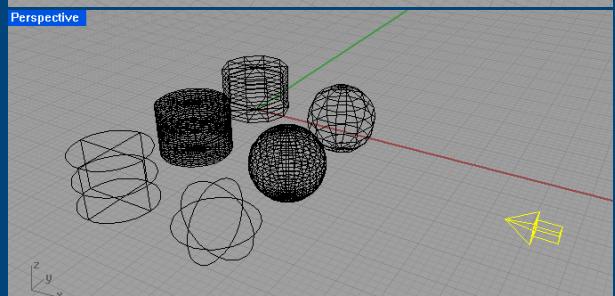
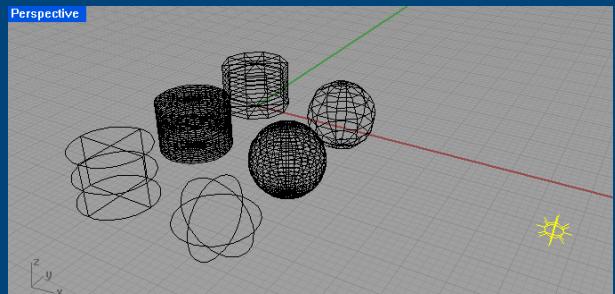
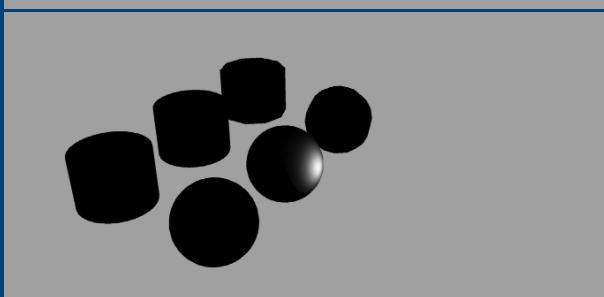
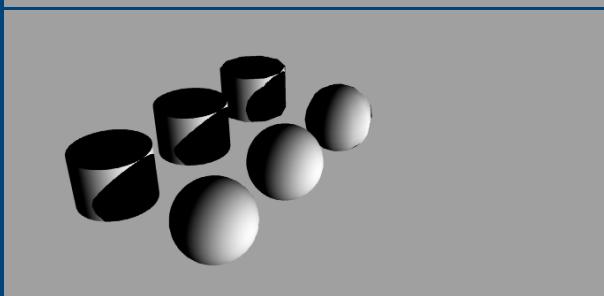
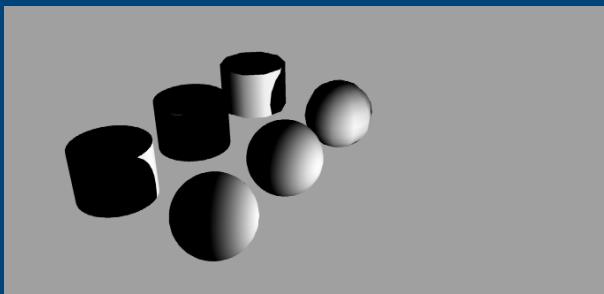


Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# Illuminare la scena

- Fonti di luce puntiformi
- Fonti di luce a fascio parallelo
- Fonti di luce spot

Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools



Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# Animare la scena

- Animazione tradizionale
  - Si definisce ogni frame dell'animazione
- Key-framing
  - Si definiscono solo le frames chiave; interpolazione lineare, polinomiale e splines per calcolare le frame intermedie
- Animazione procedurale
  - Descritta algoritmicamente (es. per una palla che salta:  $\text{Abs}(\sin(\omega t + \theta_0)) * e^{-kt}$ )

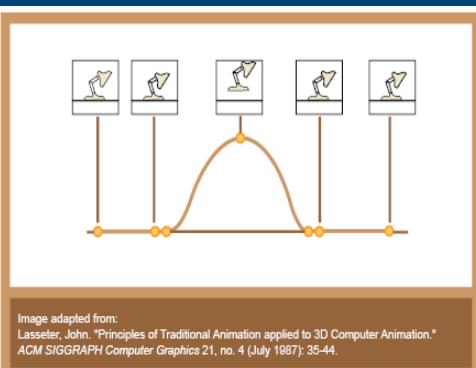


Image adapted from:  
Lasseter, John. "Principles of Traditional Animation applied to 3D Computer Animation."  
ACM SIGGRAPH Computer Graphics 21, no. 4 (July 1987): 35-44.

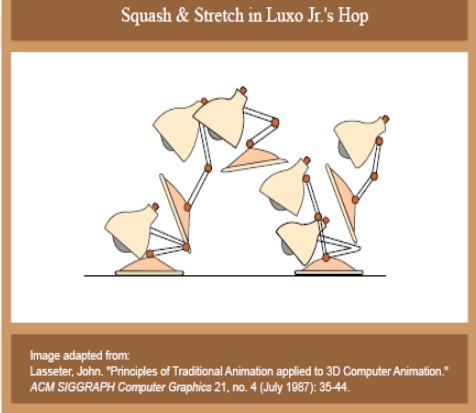


Image adapted from:  
Lasseter, John. "Principles of Traditional Animation applied to 3D Computer Animation."  
ACM SIGGRAPH Computer Graphics 21, no. 4 (July 1987): 35-44.

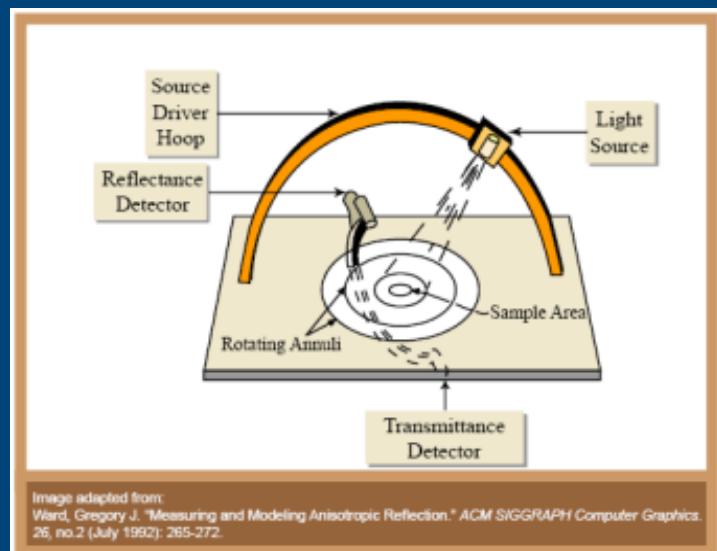
Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# Illuminazione locale

Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# Modelli di riflessione

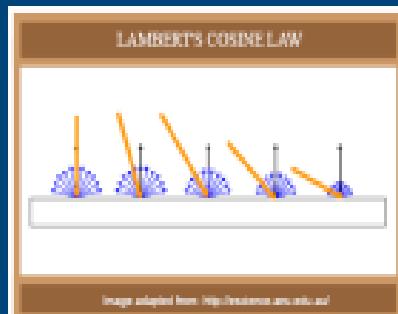
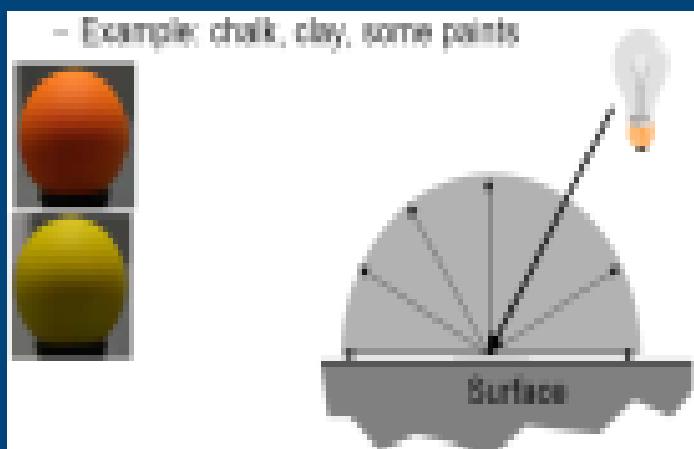
- Modelli di riflessione
  - Modelli fisici
    - Basati sulle leggi della fisica
  - Modelli empirici
    - Soluzioni ad hoc che funzionano
- Utilizzati sia per il rendering interattivo che per il rendering non interattivo



Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

## Modelli di riflessione per superfici ideali diffuse

- Superfici diffuse ideali (Superfici di Lambert); riflettono la luce in eguale misura in tutte le dimensioni; a livello microscopico sono superfici molto grezze.



Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# Modelli di riflessione per superfici ideali speculari

- Superfici speculari ideali; a livello microscopico le superfici sono orientate nella stessa direzione (es. specchi, metalli lucidati, ecc.).



Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

## Superfici non ideali

- I materiali reali non sono né riflettori ideali, né superfici diffuse ideali
- E' necessario introdurre un modello consistente con l'esperienza reale, anche se molto approssimato
- Generalmente ci aspettiamo che la maggior parte della luce venga riflessa lungo il raggio ideale; tuttavia, a causa delle variazioni microscopiche nella superficie, una parte della luce viene riflessa in una direzione diversa (con un'intensità decrescente a mano a mano che ci allontaniamo dal raggio ideale).

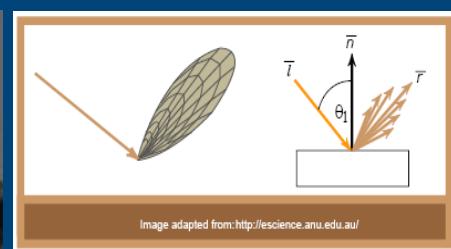
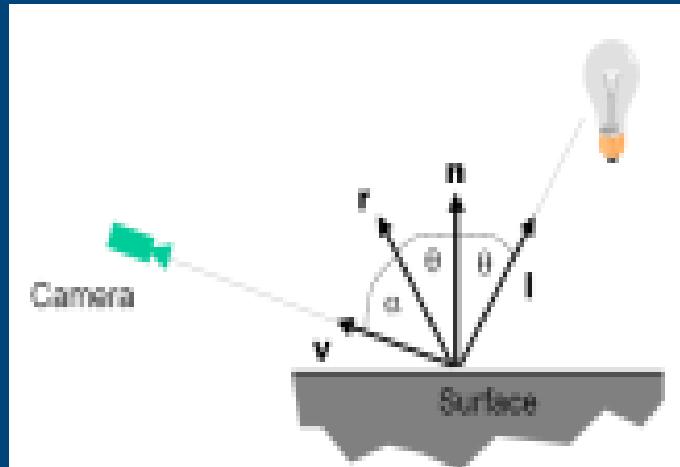


Image adapted from: <http://escience.anu.edu.au/>

Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# Modello di riflessione di Phong

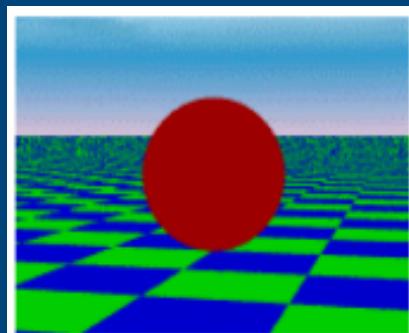
- Modello empirico molto utilizzato (ad es. nello Phong e Gouraud Shading)
- La quantità di luce riflessa dipende dall'angolo tra la direzione ideale di riflessione e la posizione di osservazione (telecamera)



Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

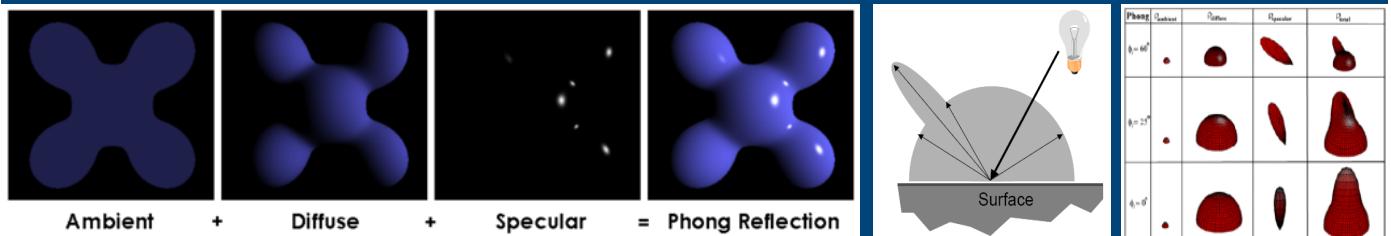
## Componente Ambientale

- Ambient Illumination:
  - Uno sporco trucco ...
  - Contributo di riflessione dell'illuminazione indiretta



Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

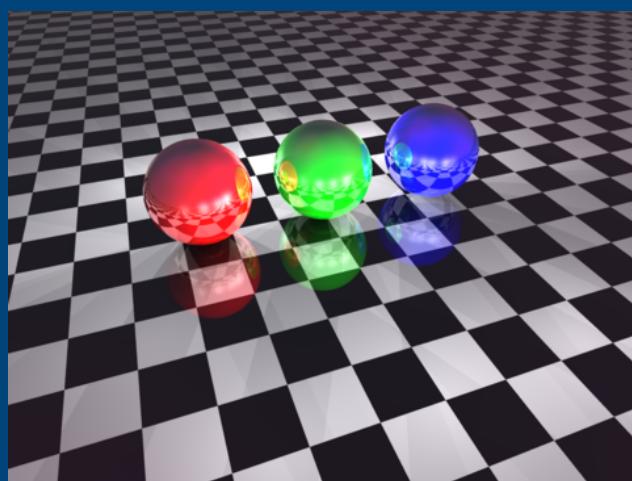
# Modello di riflessione di Phong



- E' un modello di riflessione locale, che non considera le riflessioni di secondo ordine. Per compensare la perdita parziale di luce riflessa viene introdotta una componente di luce ambientale per il rendering della scena.
- La riflessione di una superficie viene suddivisa in tre componenti:
  - Riflessione diffusiva
  - Riflessione speculare
  - Componente ambiente
- Il modello di riflessione di Phong viene utilizzato dai modelli di shading Gouraud e Phong

Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# Rendering non interattivo Ray-tracing



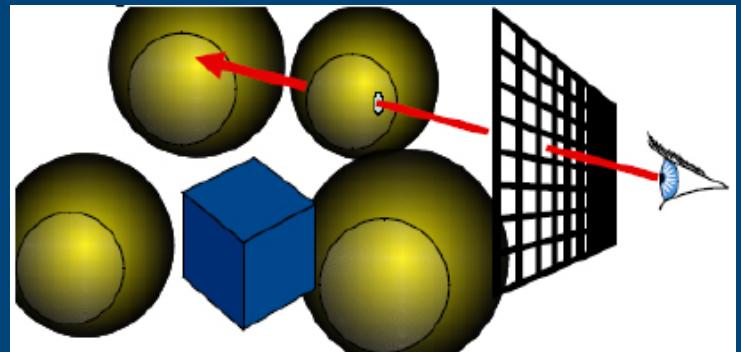
Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# **Rendering interattivo e non interattivo**

- Rendering non interattivo
  - Maggiore approssimazione con realtà fisica (anche se ugualmente sono presenti semplificazioni e trucchi)
  - Effetti di rendering globali (es. rifrazione)
- Rendering interattivo
  - Semplificazione per aumentare la velocità di rendering
  - Effetti di rendering locali (es. illuminazione locale)

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

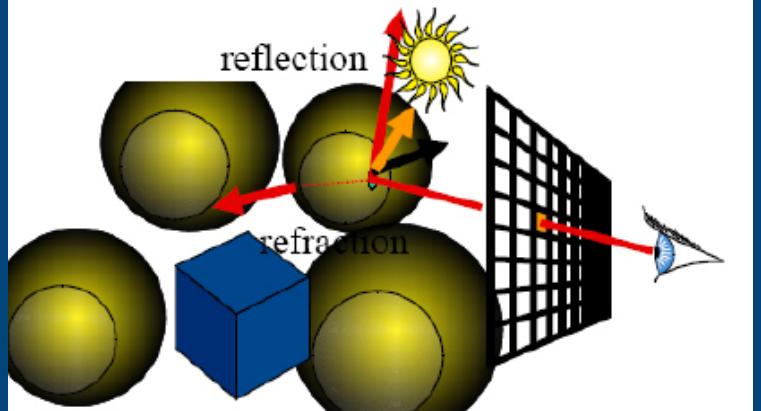
## **Ray Casting**



- Per ogni pixel proietta un raggio dal punto di vista dell'osservatore
  - Per ogni oggetto della scena
    - Trova l'intersezione con il raggio
    - Conserva il risultato se è l'intersezione più vicina al punto di vista dell'osservatore

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

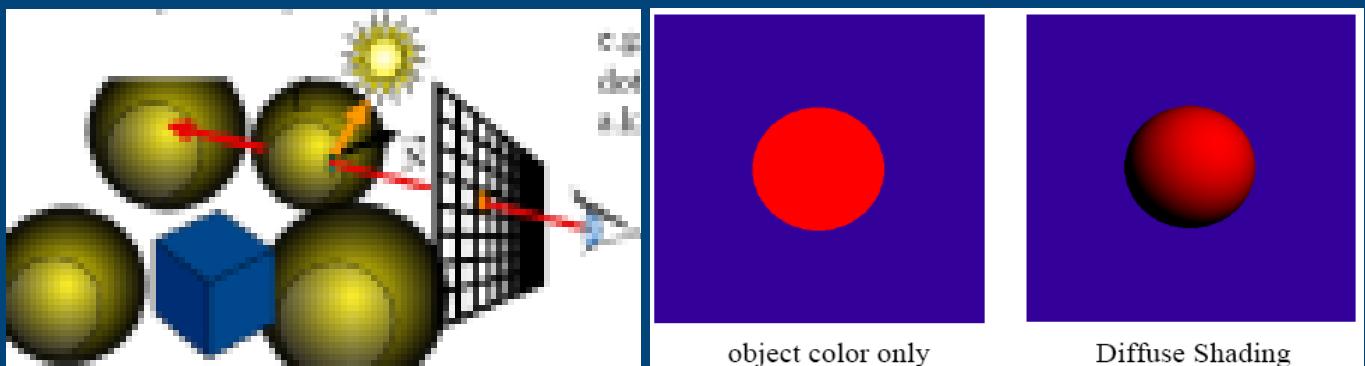
# Ray Tracing



- Rispetto al Ray Casting si considerano anche:
  - Shading (interazione di luce e materiali)
  - Raggi secondari (ombre, riflessioni, rifrazioni)

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

## Shading

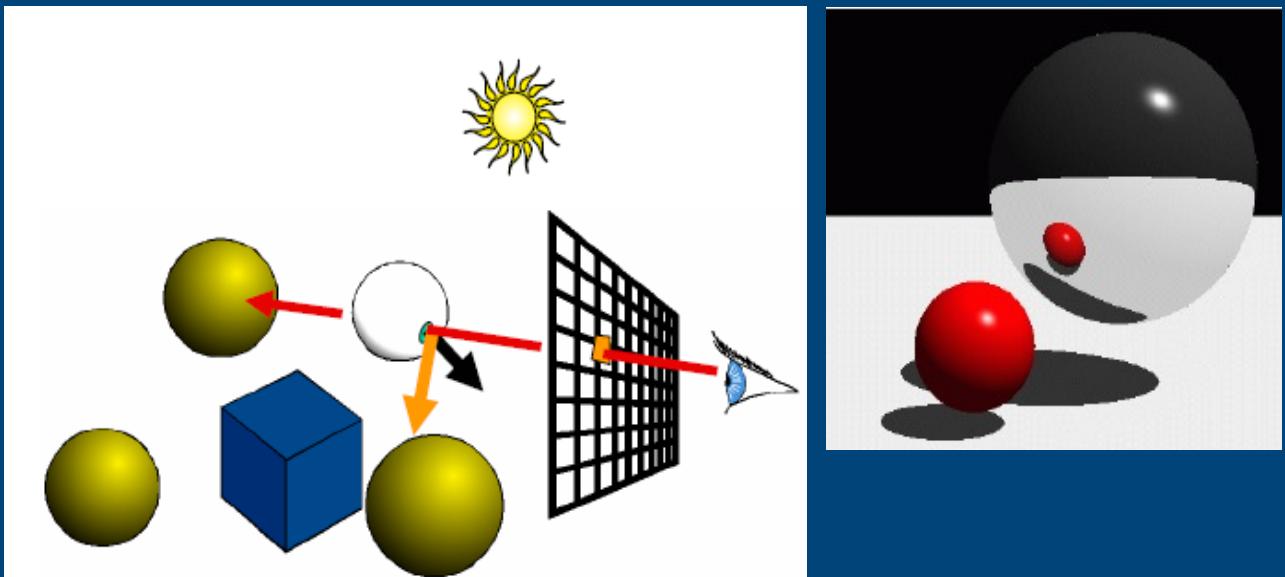


- Lo shading dipende dalle fonti luminose e dal vettore normale al piano tangente il punto considerato
- Considerare l'angolo del raggio proiettato con la normale alle superfici è quel fattore che fa apparire gli oggetti tridimensionali

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# *Ray Tracing*

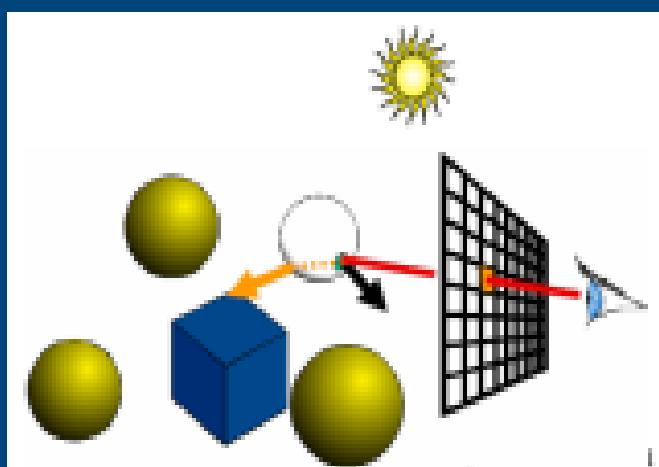
## *Riflessione Speculare*



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# *Ray Tracing*

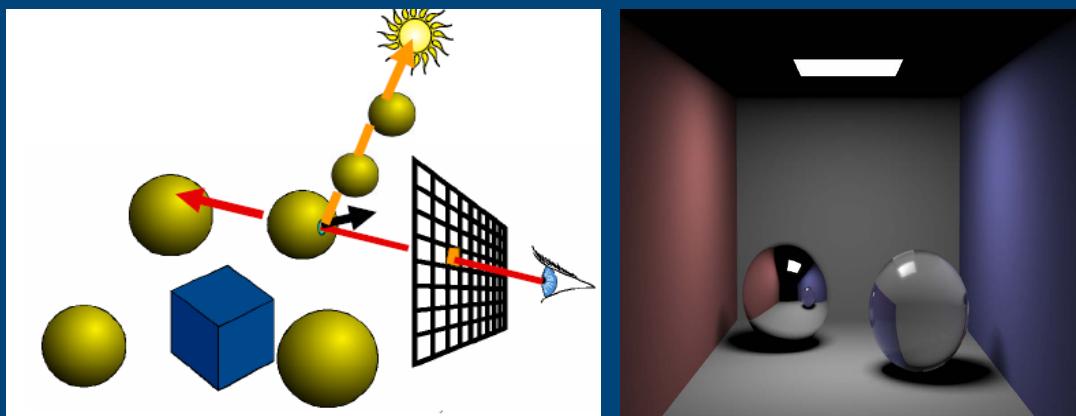
## *Rifrazione*



- Il raggio viene tracciato anche nella direzione determinata dalla rifrazione

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

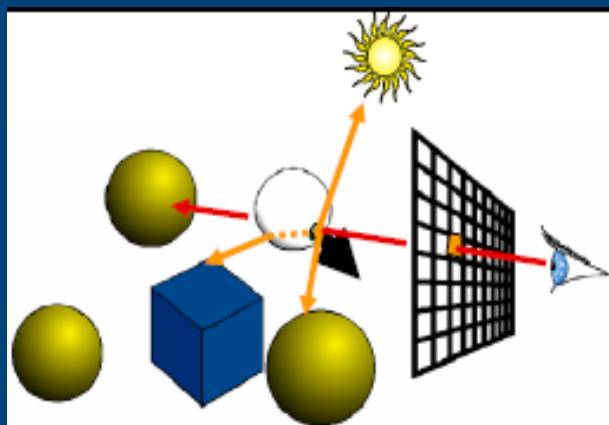
# Ray Tracing - Ombre



- Routines per calcolare dove avviene un'intersezione con oggetti che si trovano sul percorso tra il raggio rifletto e le fonti di luce

Modellazione | Illum. locale | **Rend. non interatt.** | Rend. Interatt. | Textures | Tools

## Ray Tracing



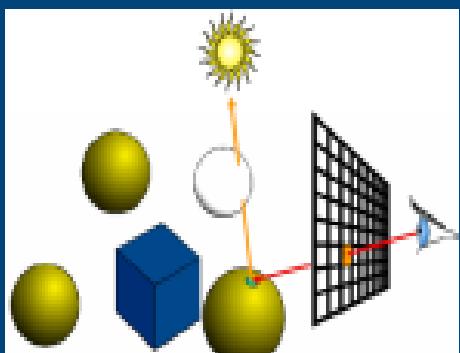
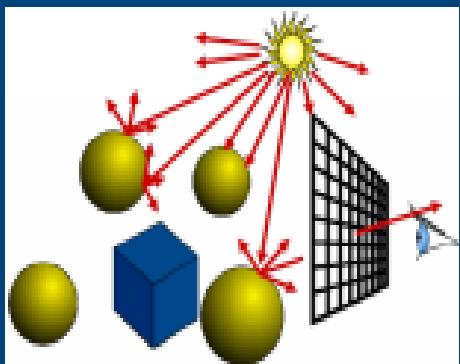
```
traceRay
  Intersect all objects
  Ambient shading
  For every light
    Shadow ray
    shading
  If mirror
    Trace reflected ray
  If transparent
    Trace transmitted ray
```

- Evitare ricorsioni infinite.
- Viene imposto uno stop per le riflessioni e le rifrazioni:
  - Dopo un numero fisso di iterazioni
  - Quando il contributo della componente riflessa/rifratta scende oltre una certa soglia

Modellazione | Illum. locale | **Rend. non interatt.** | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# **Ray Tracing e Fisica**

- Riusciamo a simulare la fisica con il raytracing?  
In natura i raggi vanno dalla luce verso l'occhio
- Quello che facciamo è una forma di backward raytracing, dal momento che facciamo il percorso inverso, allo scopo di ridurre il tempo di calcolo della scena.



# **Ray Casting/Tracing**

- Shading locale
- Effetti globali (ombre, trasparenze, ecc.)
- Svantaggi
  - Complessità
  - Solitamente troppo lento per le applicazioni interattive
  - Difficile da implementare in hardware (richiede che l'intera scena sia disponibile in memoria)

# *Rendering non interattivo*

## *Radiosity*



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

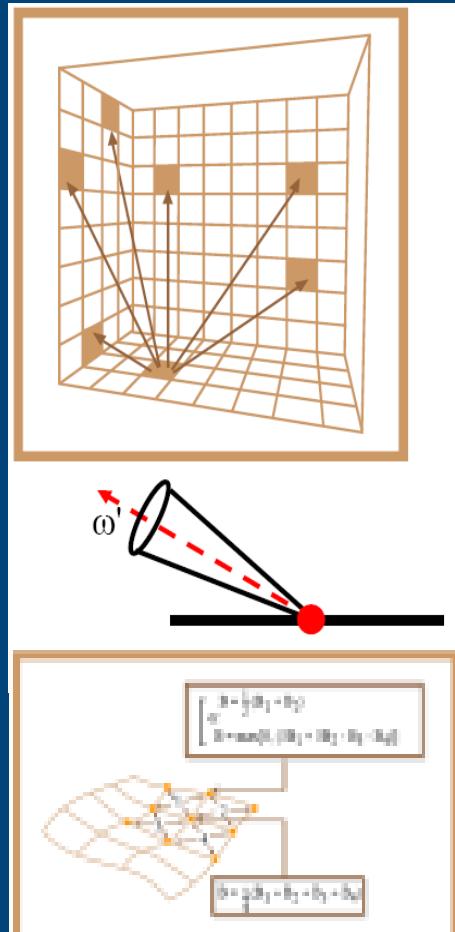
## *Radiosity e illuminazione globale*

- La Radiosità (in inglese Radiosity) è un algoritmo di illuminazione globale usato durante il rendering in computer grafica 3D. È un'applicazione del metodo degli elementi finiti, applicato a scene composte di superfici perfettamente diffuse (superficie di Lambert, con riflessione della luce incidente con uguale intensità in tutte le direzioni).
- Metodi precedenti, come il ray tracing, erano in grado di calcolare effetti quali riflessioni, rifrazioni ed ombre ma, nonostante fossero fenomeni globali, non si riferivano ad illuminazione globale.

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

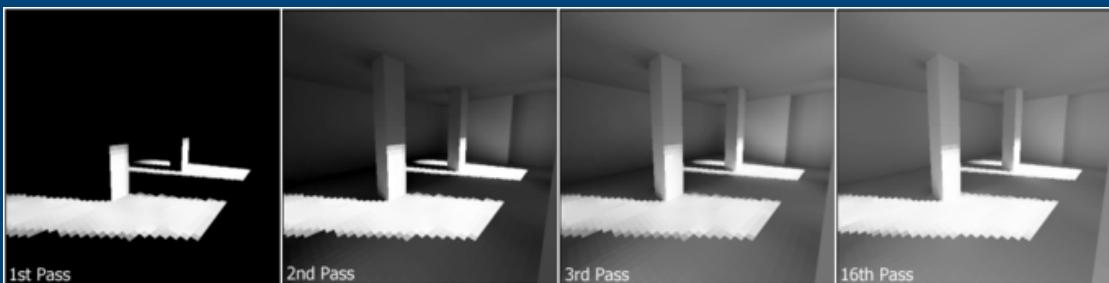
# Radiosity

- La superficie della scena da visualizzare viene divisa in una o più superfici (patch) e l'algoritmo si occupa di una superficie alla volta. Per ogni passata dell'algoritmo viene calcolata la luce che una patch riceve dalle altre. Una parte della luce viene considerata assorbita, il resto viene riflesso nella scena per il prossimo passaggio dell'algoritmo.
- Si assume che il valore di radiosity su una patch sia costante
- I valori di radiosity dei vertici vengono calcolati come media delle patches associate ad un determinato vertice



Modellazione | Illum. locale | **Rend. non interatt.** | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# Radiosity

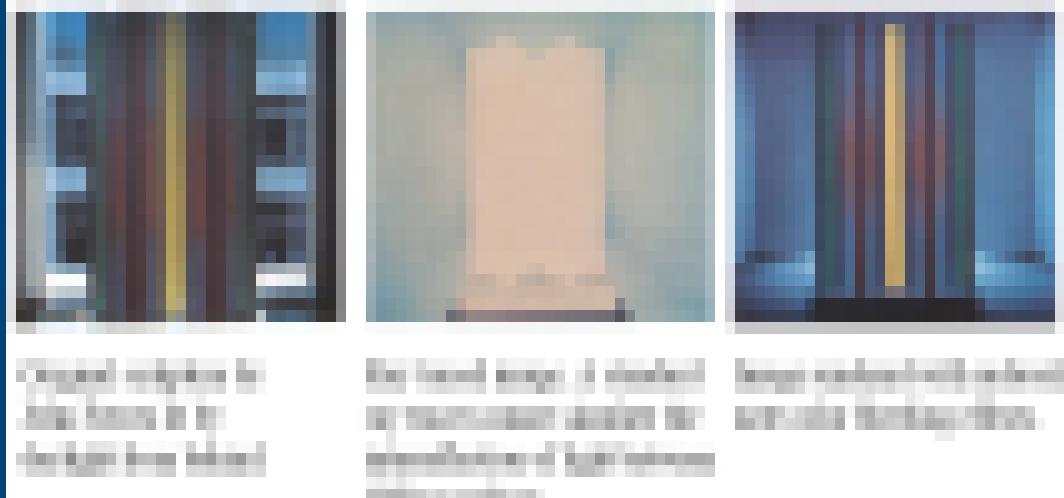
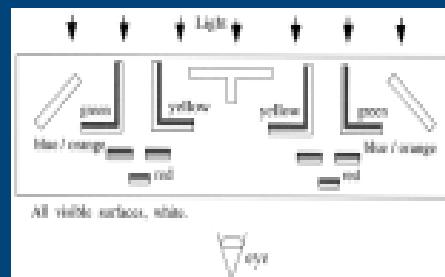


- Uno dei comuni metodi per la risoluzione dell'equazione di radiosità viene definita shooting radiosity, e risolve in modo iterativo sparando (da qui il nome) luce da una superficie ad ogni passo. Dopo la prima passata saranno illuminati solo gli oggetti che vedono la sorgente di luce. Dopo la seconda passata altre superfici riceveranno la luce a causa del rimbalzo di quest'ultima sulle patch già illuminate. La scena acquisisce luminosità ad ogni passo, fino a raggiungere una stabilità, dovuta al quasi totale assorbimento della luce da parte delle patch.

Modellazione | Illum. locale | **Rend. non interatt.** | Rend. Interatt. | Textures | Tools

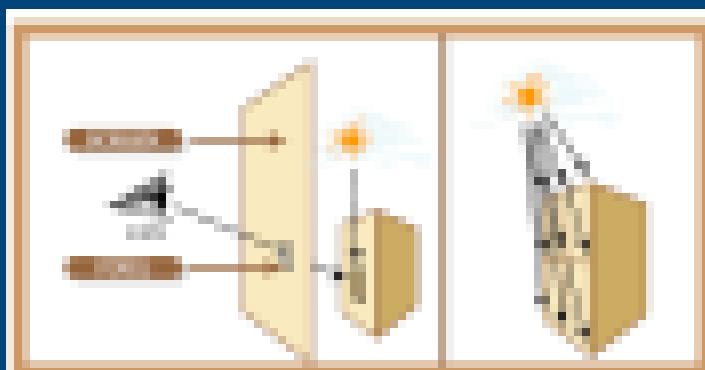
# Radiosity

- Scultura di John Ferren, costituita da pannelli composti da superfici diffuse



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

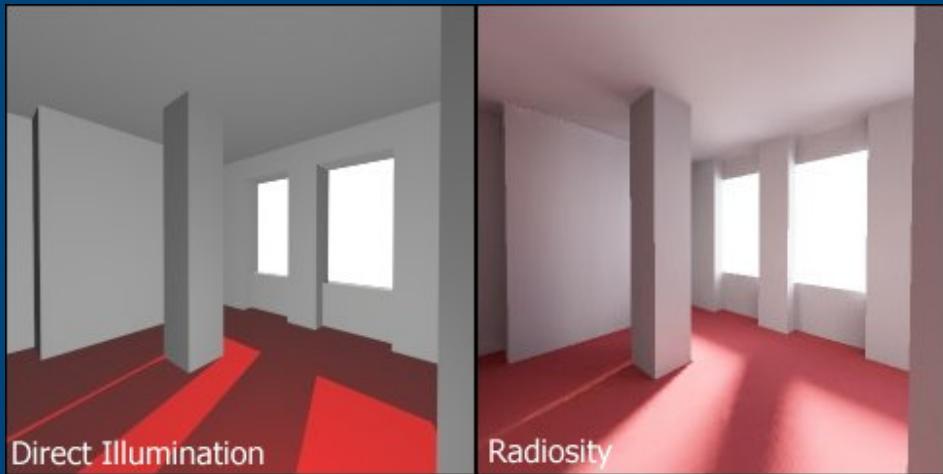
## Radiosity vs. Raytracing



- Raytracing è un algoritmo per l'object-space
  - Il cambio del punto di vista sulla scena richiede il ricalcolo dell'immagine
- Radiosity è un algoritmo per l'image-space
  - Il cambio del punto di vista sulla scena NON richiede il ricalcolo dell'immagine

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

## *Esempi di applicazione di Radiosity*



- Output sotto forma di immagine statica oppure sotto forma di scena navigabile

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

## *Esempi di applicazione di Radiosity*



- Output sotto forma di immagine statica oppure sotto forma di scena navigabile

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# *Rendering per l'interazione*

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

## *Rendering per l'interazione*

- E' possibile ottenere rendering ad una buona velocità (quindi utili per l'interazione) utilizzando un approccio diverso, quello della cosiddetta graphics pipeline
- Esistono diversi modelli (OpenGL, MesaGL, DirectX) che possono utilizzare, quando disponibile, l'accelerazione di tipo hardware
- Svantaggi
  - Non possono essere implementati la maggior parte degli effetti globali (ombre, riflessione, trasparenza), anche se alcuni possono essere approssimati
  - Richiede di trasformare gli oggetti in poligoni
  - La risoluzione effettiva dipende dall'hardware

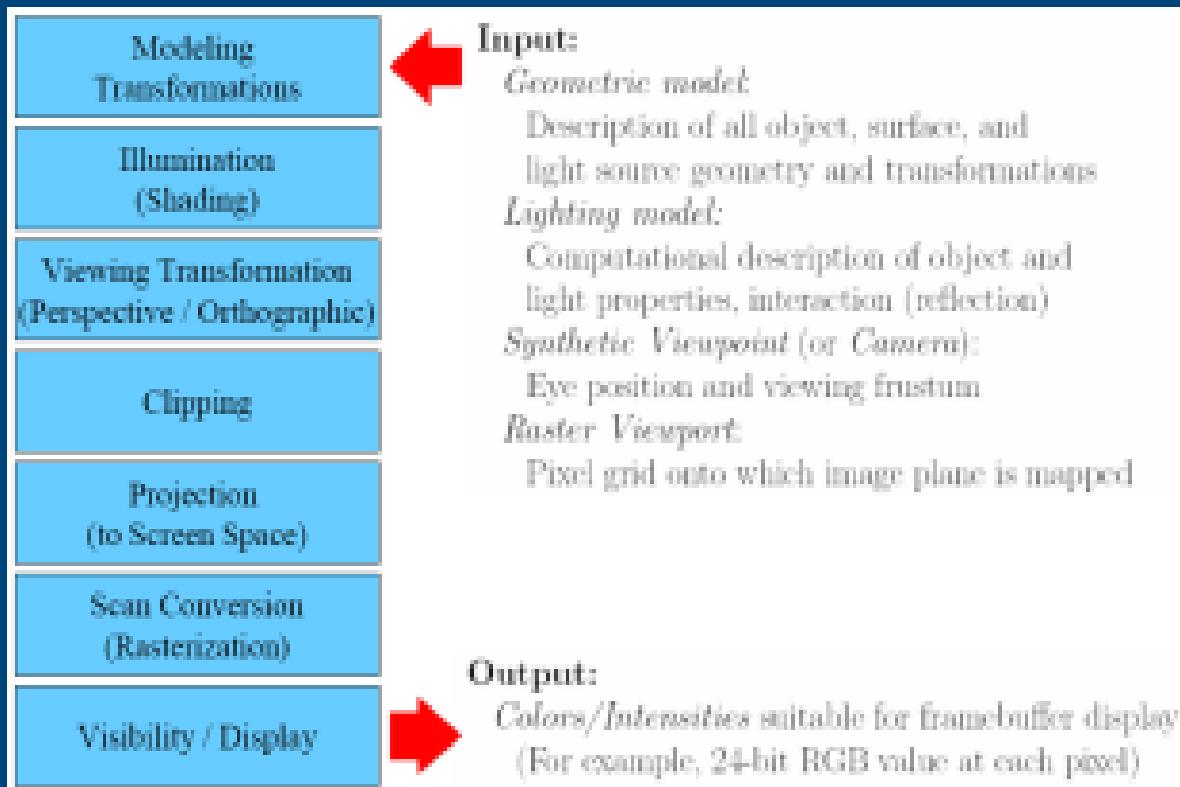
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Graphics pipeline

- Nella computer grafica 3D il termine è riferito al metodo di rendering per rasterizzazione supportato dall'hardware.
- La pipeline solitamente accetta come input una rappresentazione di una scena tridimensionale e dà come output un'immagine raster bidimensionale.
- Tra i modelli di pipeline più diffusi vanno citati OpenGL e Direct3D

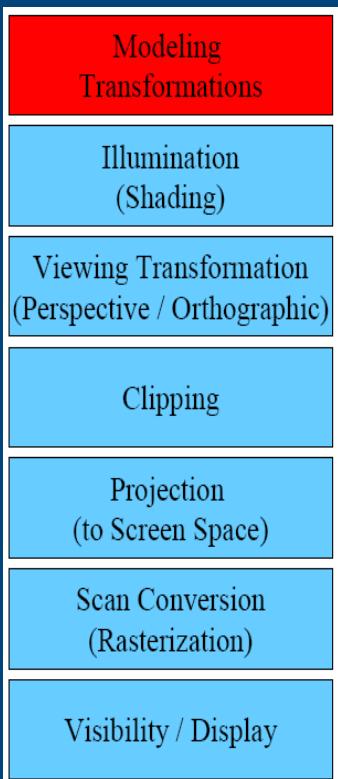
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

## Graphics pipeline

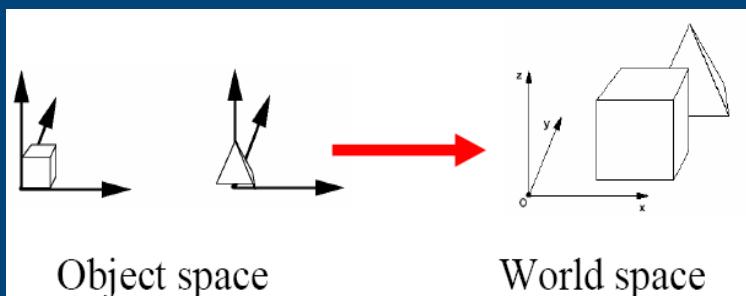


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# *Graphics pipeline*

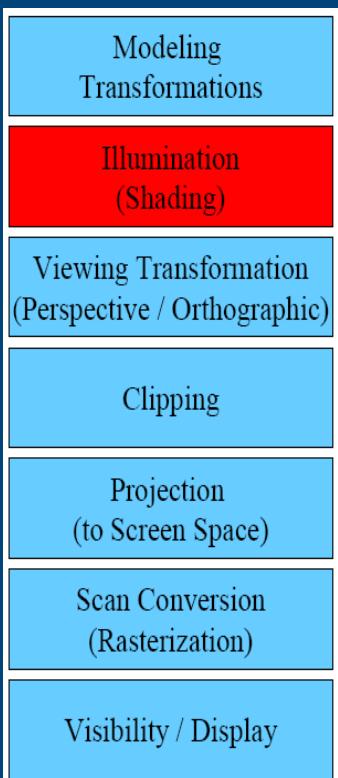


- I modelli 3D sono definiti rispetto ad un sistema di coordinate locale (object space)
  - Nella trasformazione i modelli vengono riferiti ad un sistema di coordinate comune (world space)

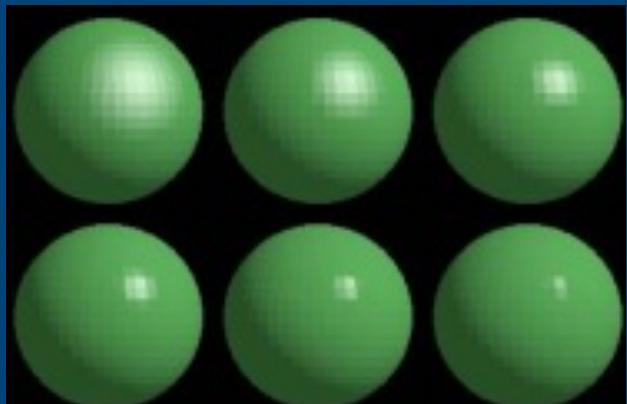


## Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

# *Graphics pipeline*



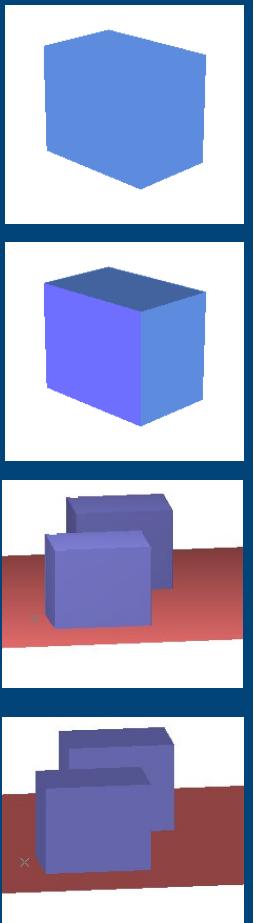
- I vertici degli oggetti vengono illuminati (shaded) in riferimento alle proprietà del materiale, della superficie e delle fonti di luce
  - Local lighting model  
(diffuse, ambient, phong, ecc.)



## Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

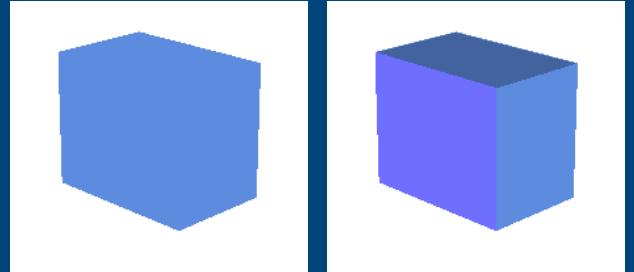
# Shading

- **Shading:**
  - Si riferisce al processo di alterare un colore di una superficie basandosi sull'angolazione rispetto alla sorgente luminosa e alla sua distanza da essa (falloff).
- La prima immagine non considera l'angolazione rispetto alla sorgente di luce
- La seconda immagine considera l'angolazione rispetto alla sorgente di luce
- La terza e la quarta immagine mostrano la differenza di risultato tenendo in considerazione o meno anche la distanza dalla sorgente luminosa; in questo modo si riesce ad aggiungere maggior realismo senza aggiungere nuove luci alla scena.



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

## Flat Shading



- **Flat shading**
  - Ogni poligono viene illuminato considerando l'angolo tra la normale alla superficie del poligono e la direzione della fonte di luce, i rispettivi colori e l'intensità della sorgente luminosa.
- **Svantaggi**
  - Viene messa in risalto l'approssimazione poligonale

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Gouraud Shading

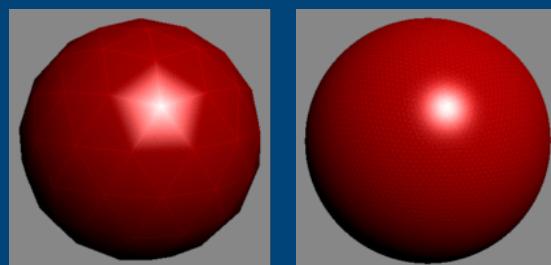


- Lo shading di Gouraud (1971) è una tecnica più avanzata, che permette di ottenere un'illuminazione più sfumata su superfici composte da pochi poligoni senza richiedere il calcolo dell'illuminazione per ogni punto della superficie (pesante dal punto di vista computazionale).
- Per ogni vertice del modello viene calcolata una normale corrispondente ad una media delle normali alle superfici dei poligoni che si incontrano in quel vertice.
- Utilizzando questa stima viene calcolata l'illuminazione sui vertici in base al modello di riflessione di Phong. L'illuminazione dei poligoni viene poi calcolata attraverso un'interpolazione lineare dei valori calcolati nei vertici.

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

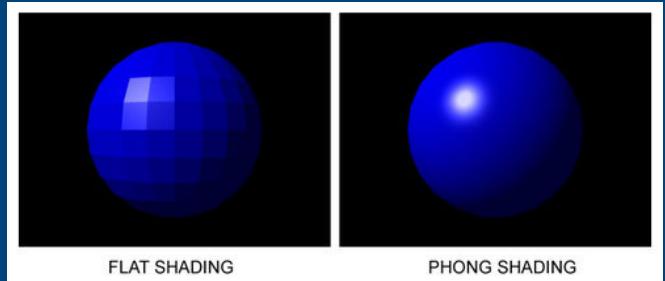
# Gouraud Shading

- Il punto di forza e la debolezza dello shading di Gouraud sta nel metodo di interpolazione:
  - Vengono utilizzati i valori di pochi punti per calcolare i valori di illuminazione degli altri punti, ma questo può causare una sottostima o una sovrastima dell'illuminazione per la riflessione speculare, che si rivela evidente nel rendering di un'animazione di un corpo poligonale (Es. una sfera che ruota con una fonte luminosa fissa).



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

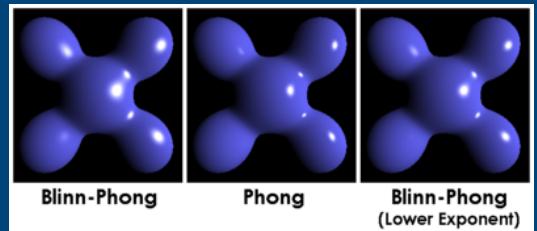
# Phong Shading



- Lo shading di Phong (1973) costituisce un miglioramento dello shading di Gouraud, che utilizza un'interpolazione dei vettori normali alle superfici poligonali (triangolari) per ottenere risultati migliori per le riflessioni speculari.
- Rispetto allo shading di Phong è un metodo più dispendioso dal punto di vista computazionale.

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Blinn-Phong Shading

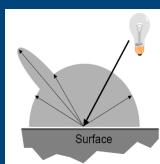


- E' un metodo di shading basato su una versione modificata del modello di riflessione di Phong, allo scopo di aumentarne l'efficienza computazionale.
- E' il metodo di shading di default per OpenGL e viene utilizzato per i vertici dei poligoni che costituiscono gli oggetti. I pixel tra i vertici vengono interpolati di default utilizzando lo shading di Gouraud.

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

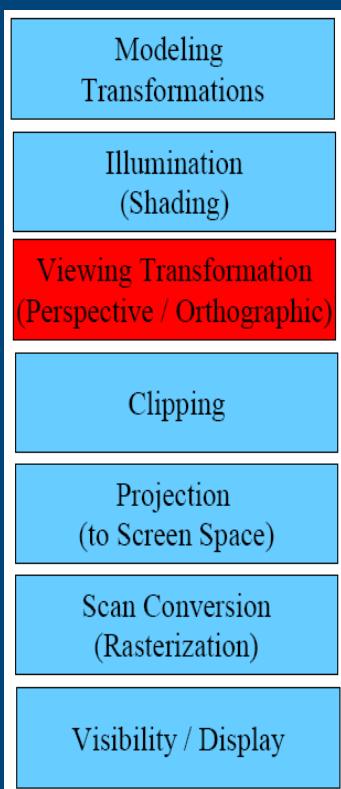
# Modelli di illuminazione e modelli di riflessione

- Attenzione a non confondere modelli di riflessione e modelli di shading:
  - i primi si riferiscono alle modalità attraverso le quali un materiale riflette la luce
  - I secondi utilizzano i primi e descrivono le modalità di calcolo attraverso le quali viene effettuato il rendering della scena
- In particolare il modello di riflessione di Gouraud viene utilizzato sia dal modello di shading di Phong che di Gouraud

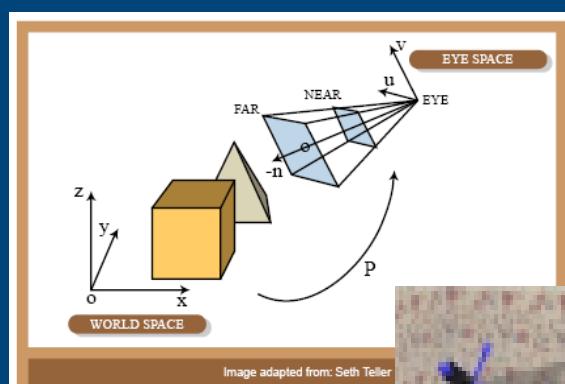


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

## Graphics pipeline

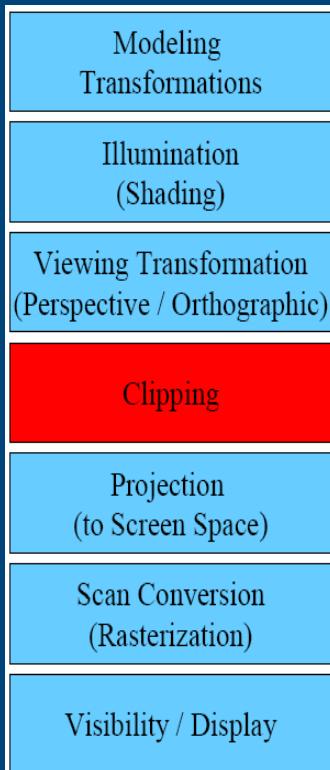


- Trasformazione da world space ad eye space

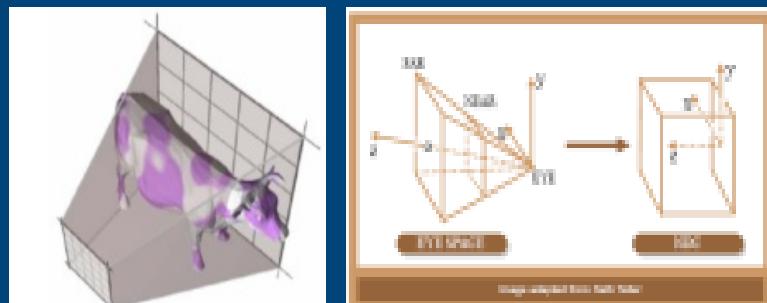


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Graphics pipeline

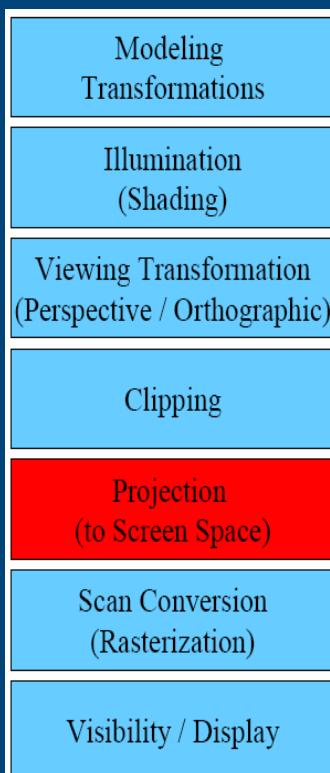


- Per ragioni di ottimizzazione vengono rimosse le porzioni di oggetto che sono troppo vicine o troppo lontane; i piani di taglio vengono denominati clipping planes; il volume che resta è denominato view frustum.
- Prima di effettuare il clipping avviene un'ulteriore trasformazione delle coordinate che ha lo scopo di aumentare l'efficienza della trasformazione.

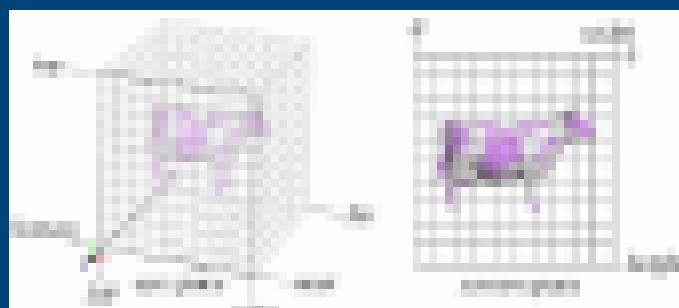
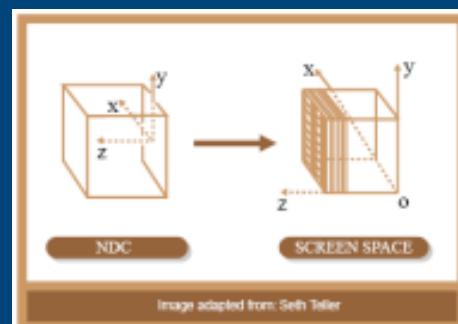


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Graphics pipeline

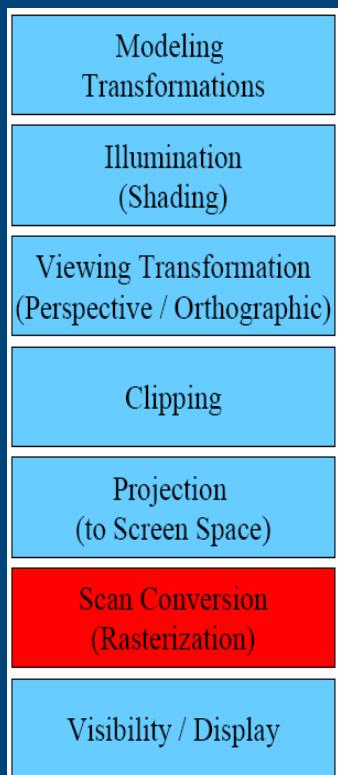


- Gli oggetti vengono proiettati su un piano bidimensionale (screen space)



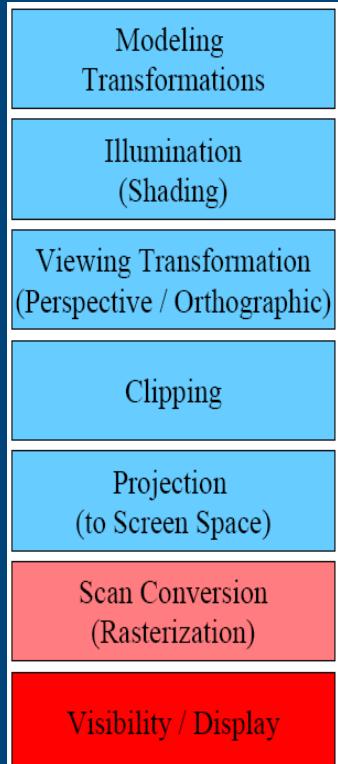
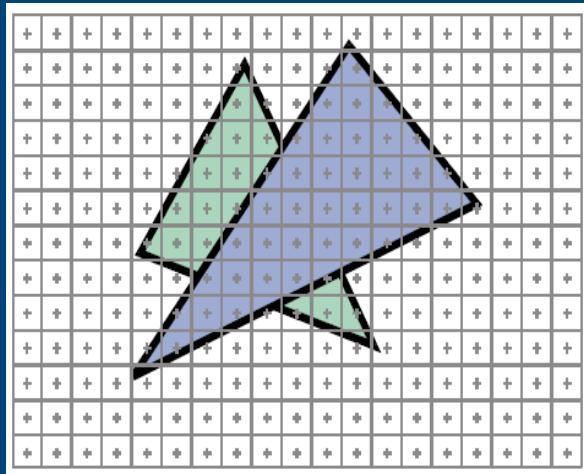
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Graphics pipeline



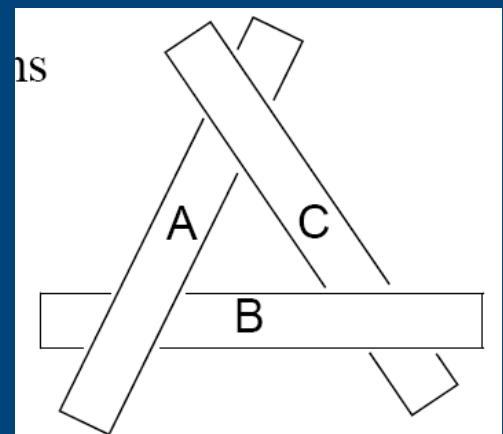
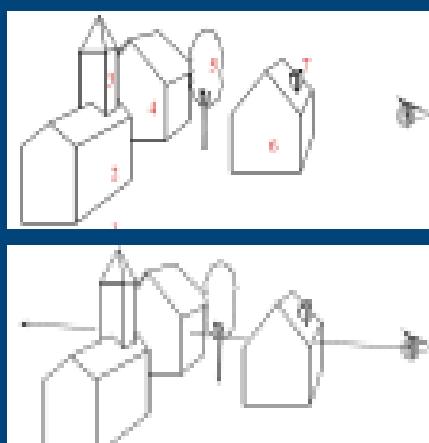
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

- Gli oggetti vengono rasterizzati in pixel, interpolando i valori di colore e di altri parametri dove necessario



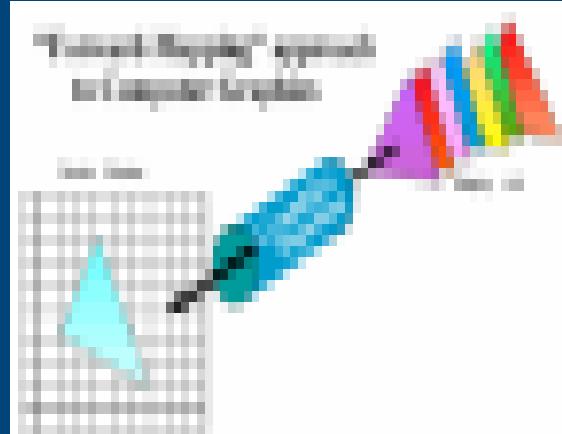
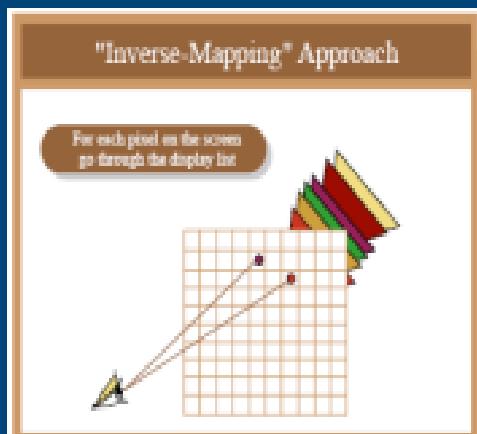
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | Textures | Tools

- Z-buffer (in aggiunta al frame buffer, dove vengono conservati i valori RGB, viene conservata la misura della distanza dal punto di vista dell'utente; il pixel viene aggiornato solo se la distanza dell'oggetto è minore di quella correntemente memorizzata nello z-buffer)



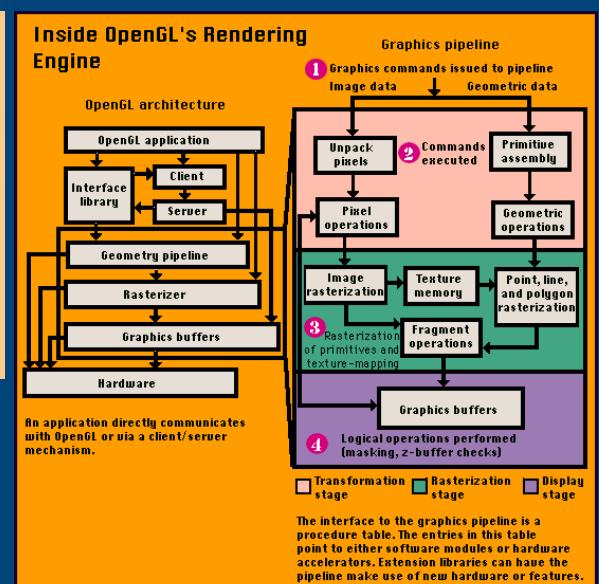
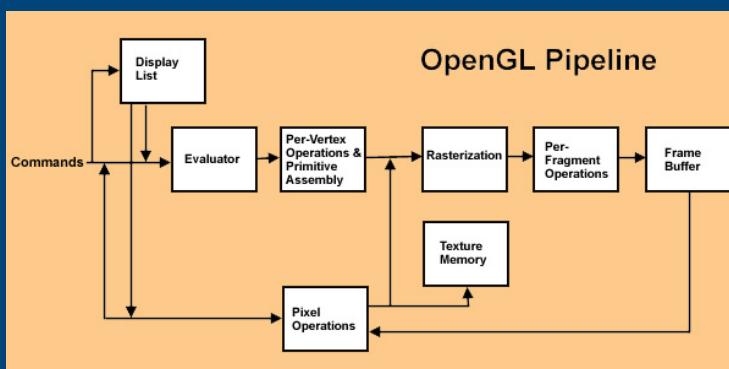
# Comparazione

- Ray Casting
  - Percorso dal pixel verso la scena 3D:
    - Per ogni pixel
    - Per ogni oggetto
- Graphics Pipeline
  - Percorso dalla scena 3D verso i pixel:
    - Per ogni triangolo
    - Per ogni pixel proiettato



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

## OpenGL

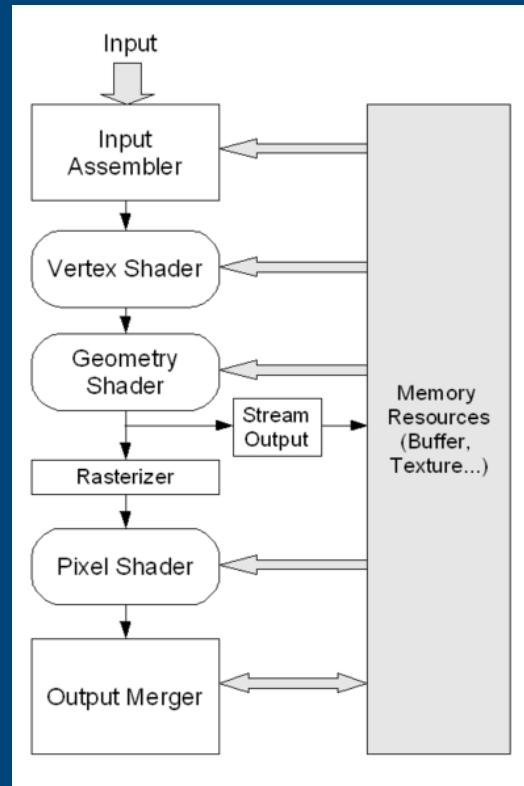


- Pipeline programmabile nelle ultime versioni di OpenGL

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Direct3D

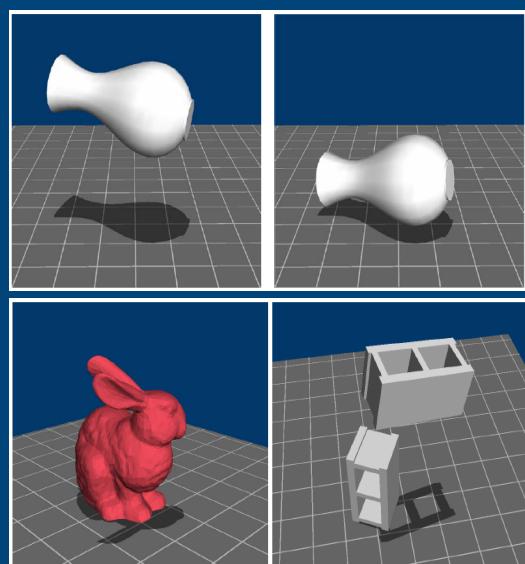
- Direct3D 10 pipeline



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

## Ombreggiatura

- Planar Shadows
  - Si disegnano gli oggetti una seconda volta, proiettati sul piano
- Problemi
  - proiezioni su superfici non piane
  - Le ombre degli oggetti della scena che dovrebbero cadere sugli oggetti stessi non vengono create

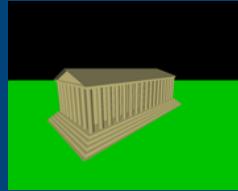


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Ombreggiatura

- Shadow Maps

- Ombre come textures
- Possono essere implementate in hardware
- Le ombre vengono create verificando se un determinato pixel è visibile dalla fonte di luce, comparando con uno z-buffer (o depth image) realizzato utilizzando la posizione della luce come posizione del punto vista di vista.  
Tale z-buffer viene memorizzato sotto forma di texture. Se si sono luci multiple è necessario salvare una depth image per ogni luce.

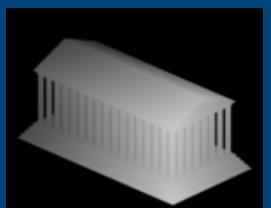


Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Ombreggiatura

- Procedura

- Viene realizzato un rendering della scena utilizzando la posizione della sorgente luminosa come punto di vista (figura 1).
- Da questo rendering viene estratta e salvata nella memoria della scheda grafica una depth image, sotto forma di texture, nella quale viene memorizzata la profondità di ogni superficie vista dalla sorgente di luce (figura 2).
- Questa mappa deve essere aggiornata quando ci sono variazioni nelle luci o negli oggetti della scena, ma può essere riutilizzata in altre occasioni (ad es. quando cambia il punto di vista).



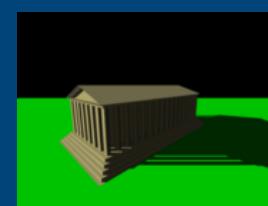
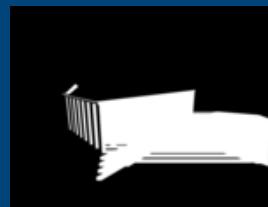
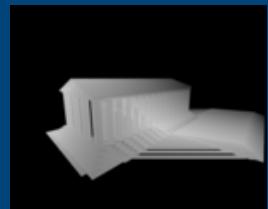
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | **Rend. Interatt.** | Textures | Tools

# Ombreggiatura

- Procedura (2)

- La scena viene poi renderizzata utilizzando il punto di vista della telecamera. Vengono effettuate le seguenti operazioni:

- Viene applicata la depth image (figura 1)
- Si calcola la profondità di ogni punto disegnato (ogni punto visibile dalla telecamera) rispetto alla fonte di luce
- Si compara questa profondità con la profondità memorizzata nella depth image
- Il risultato della comparazione (figura 2) viene utilizzato per disegnare gli oggetti della scena nella luce o nell'ombra (figura 3)



Modellazione

Illum. locale

Rend. non interatt.

Rend. Interatt.

Textures

Tools

# Textures

Modellazione

Illum. locale

Rend. non interatt.

Rend. Interatt.

Textures

Tools

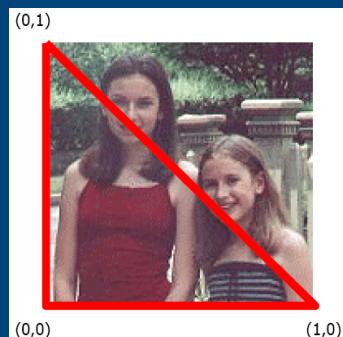
# Textures

- Non è necessario rappresentare tutti i dettagli con la geometria ...
- Disponibili varie tipologie di textures per aggiungere particolari
  - Textures procedurali
  - Textures raster bidimensionali

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

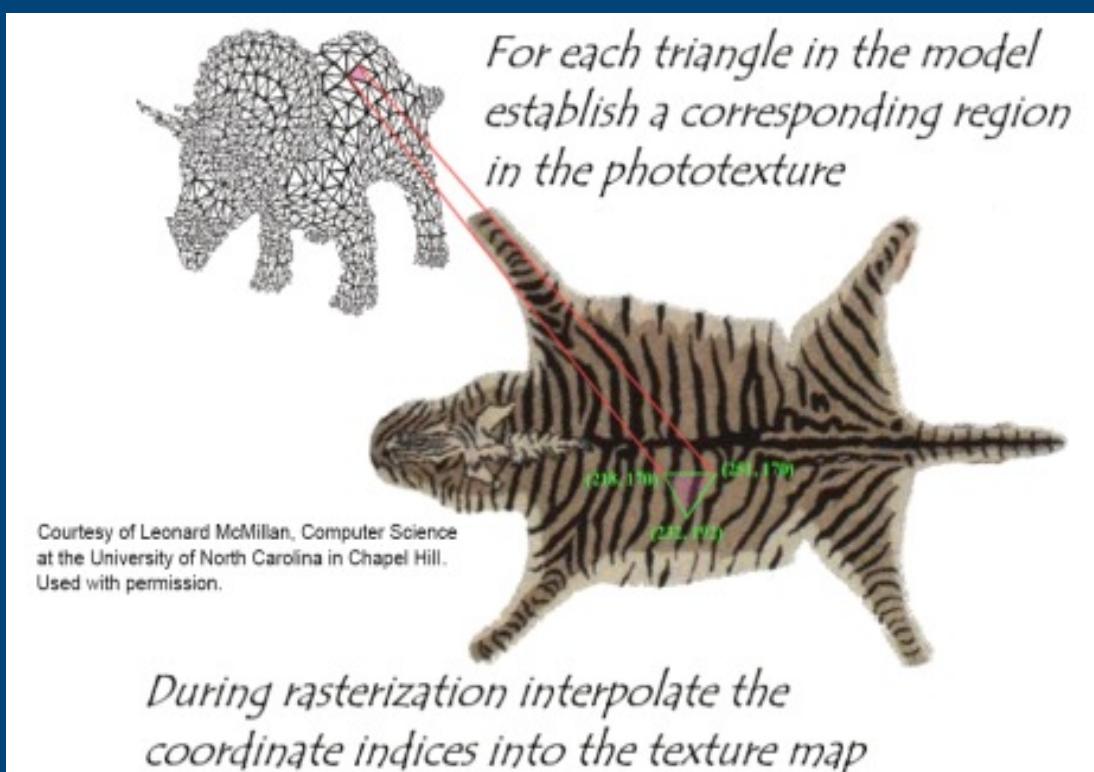
## 2D Texture Mapping

- Associazione di una o più immagini bitmap agli oggetti geometrici presenti nella scena
- Ad ogni vertice dell'oggetto vengono associate le coordinate di un pixel appartenente alla texture
- L'oggetto viene avvolto in una specie di carta da parati ...



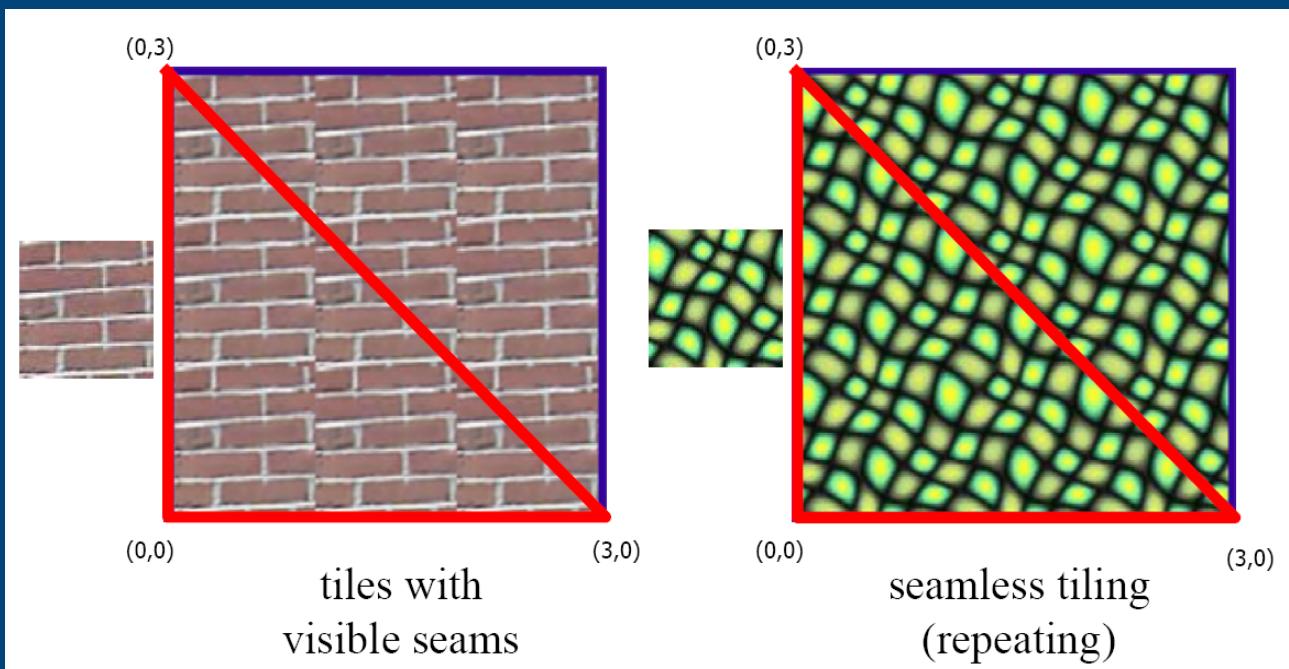
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# 2D Texture Mapping



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

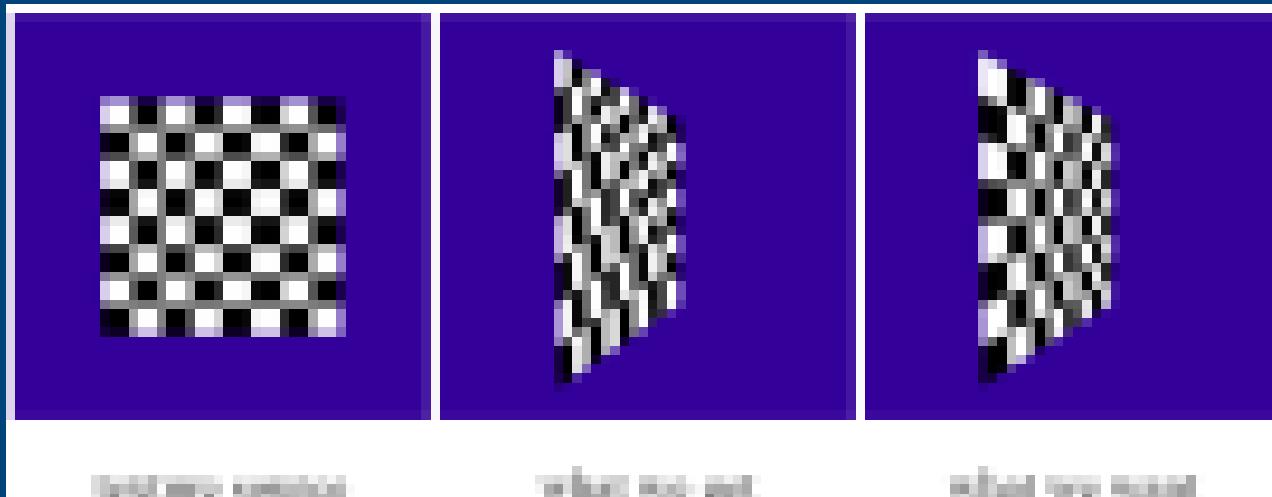
## Iterazione di textures



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

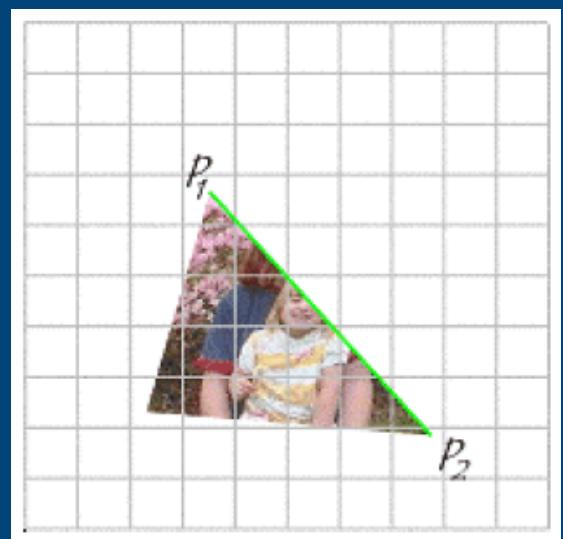
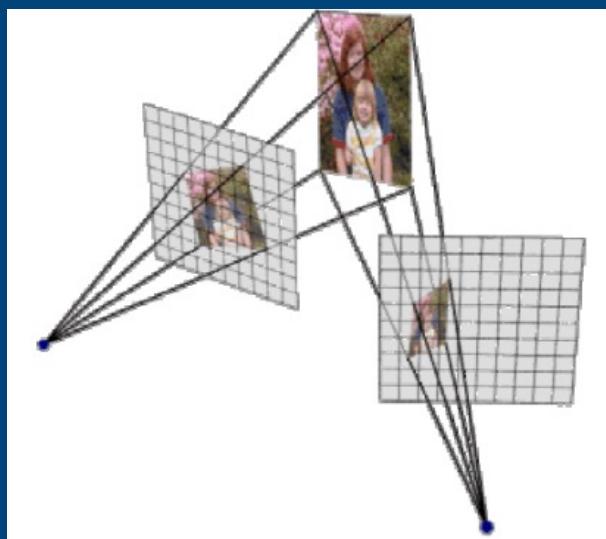
# *Problemi di mapping*

- E' sufficiente effettuare un'interpolazione lineare?



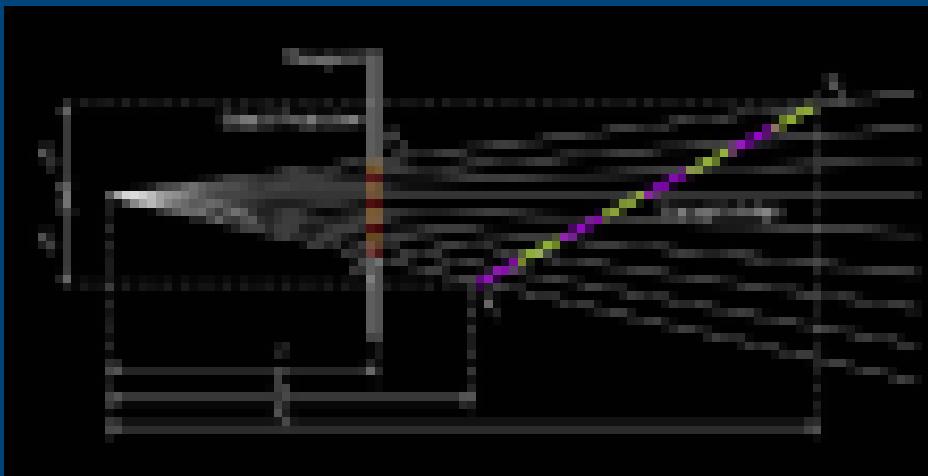
Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# *Problemi di mapping*



Modellazione Illum. locale Rend. non interatt. Rend. Interatt. Textures Tools

# *Problemi di mapping*

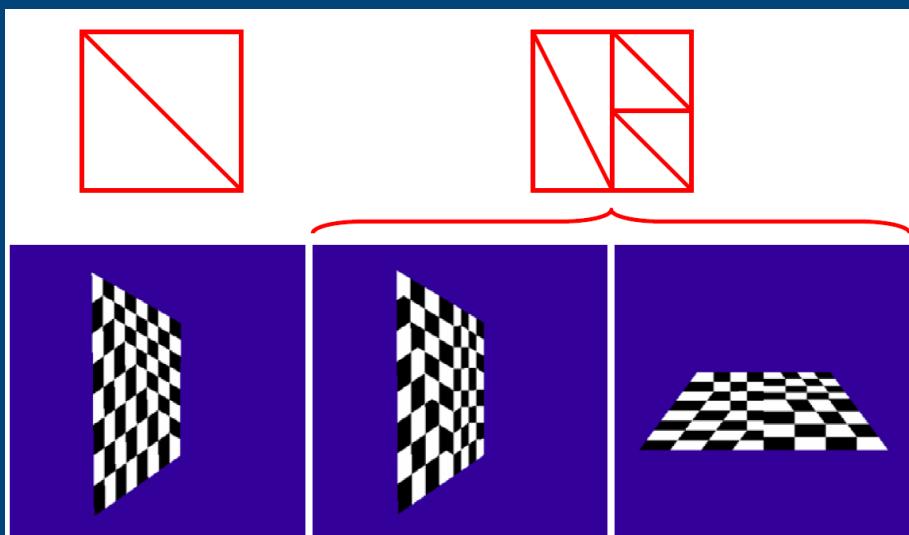


- Step di uguale lunghezza misurati sul piano dell'immagine non corrispondono a step di uguale lunghezza misurati sull'oggetto

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

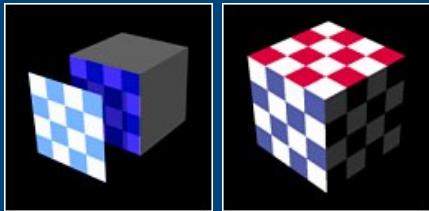
## *Tecniche di correzione*

- Suddivisione in triangoli più piccolo (permangono problemi ...)
- Tecniche di correzione prospettica (più realistica, spesso implementata in hardware)



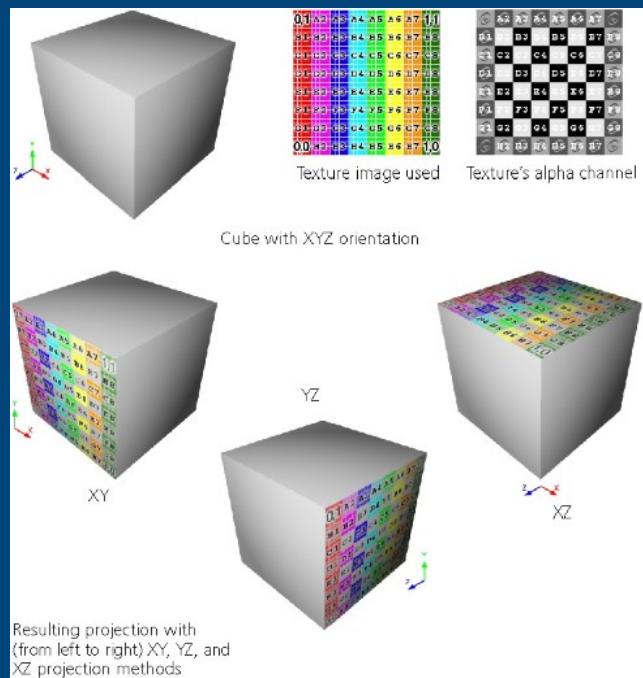
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# Tecniche di mapping



- **Planar o Flat Mapping**

Il metodo si applica ad una superficie specifica; applicando questo metodo ad un cubo è possibile applicare una texture diversa ad ognuno dei lati del cubo.



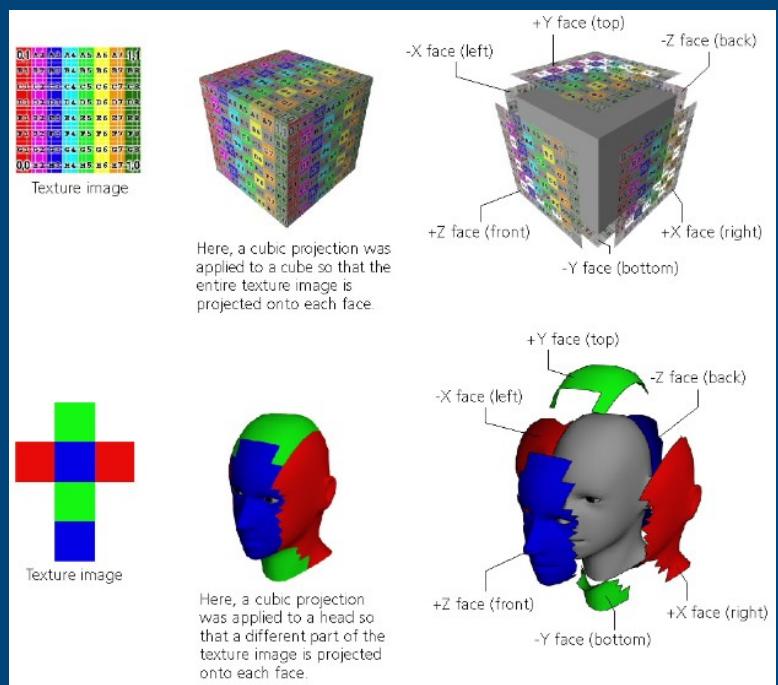
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# Tecniche di mapping



- **Cubic or Box Mapping**

Viene proiettata la stessa immagine ad ogni faccia del cubo. La texture viene proiettata in modo tale da ricoprire ogni superficie, senza rispetto per le proporzioni.



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# Tecniche di mapping



Planar XY



Cylindrical



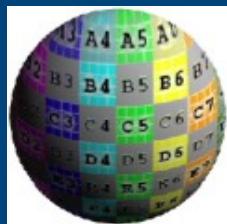
Polygon mesh cylinder with XY projection map (left) and Cylindrical map (middle).

## • Cylindrical Mapping

La texture viene avvolta e proiettata su un cilindro virtuale.

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

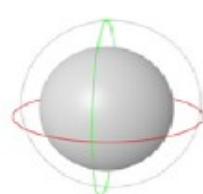
# Tecniche di mapping



Planar XZ



Spherical



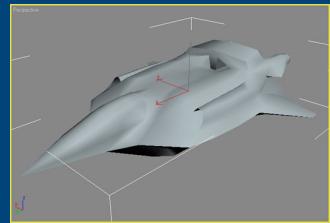
Polygon mesh sphere with Planar XZ map (left) and Spherical map (right). The sphere was rotated slightly about the X axis to show the pinch point at the top and was smoothed out using geometry approximation.

## • Spherical Mapping

La texture viene avvolta e proiettata su una sfera virtuale.

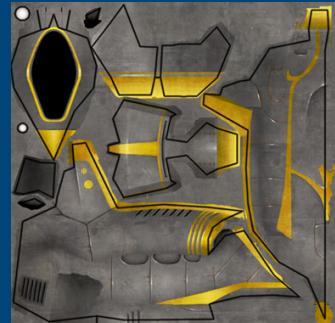
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# Tecniche di mapping



- **UV or UVW Mapping**

Con questo metodo di mapping coordinate specifiche della texture (U,V) vengono mappate con punti specifici dell'oggetto. Questo significa che se l'oggetto viene deformato la texture seguirà la deformazione.

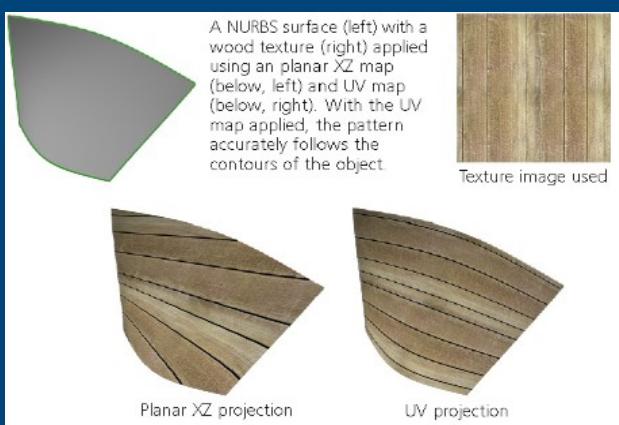


- La coordinata W, disponibile in alcune applicazioni 3D, è la direzione Z e significa che la texture riempie il volume dell'oggetto (tagliando l'oggetto la texture rimane all'interno dell'oggetto).



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# Tecniche di mapping



- UV mapping è il metodo di mapping più versatile che si può utilizzare, sia sulle superfici NURBS che sulle meshes poligonali.
- Si comporta come una pelle gommosa distesa sulla superficie dell'oggetto. I punti dell'oggetto corrispondono esattamente ad una particolare coordinata nella texture, permettendo di mappare in modo accurato a geometria dell'oggetto. Anche quando l'oggetto si deforma la texture segue l'oggetto stesso.

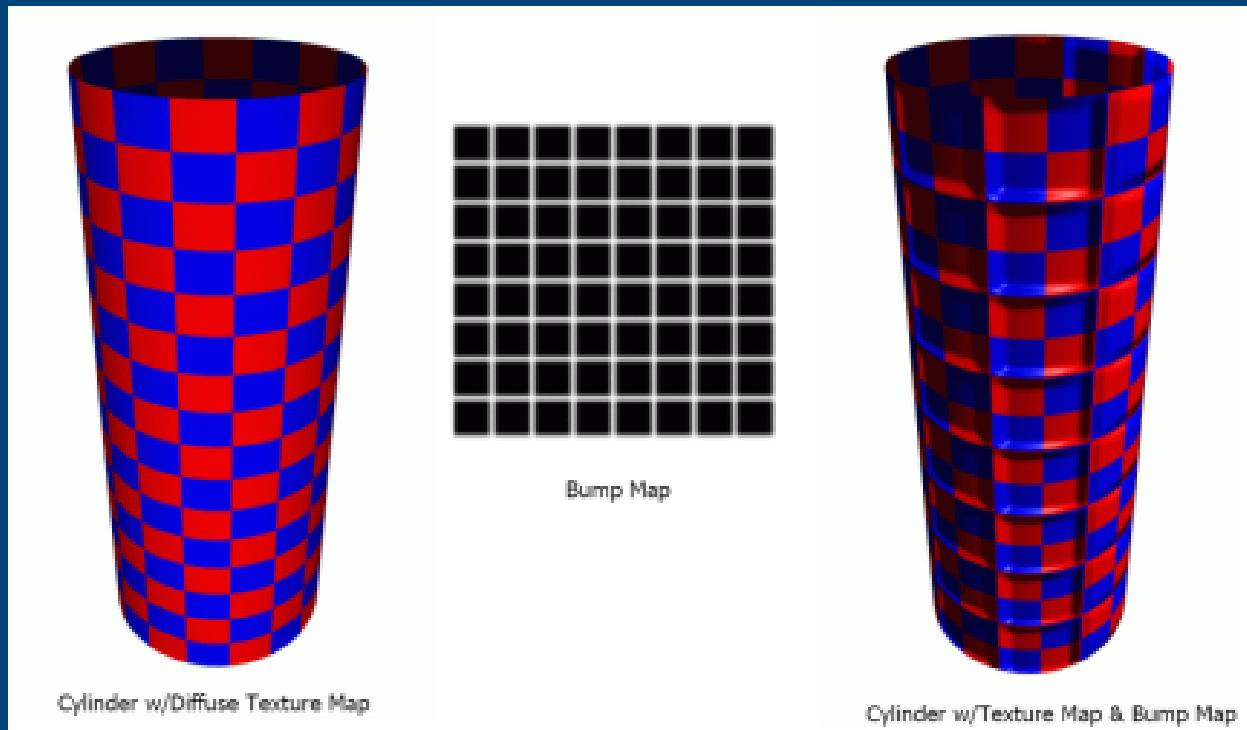
Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# ***Light mapping***

- E' una texture 2D che può essere prodotta da un'artista e combinata, al momento del rendering, con le texture maps esistenti per produrre effetti di illuminazione.
- E' una tecnica che permette un calcolo più veloce rispetto al calcolo dell'illuminazione.
- Il problema è che questo tipo di mapping non è dinamico e richiede la generazione di una nuova mappa ogni volta che cambiano le condizioni di illuminazione della scena.

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# ***Bump mapping***



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

## ***Environment maps***

- Simulazione delle riflessioni attraverso le textures



Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

## ***Multitexturing***

- Questa tecnica consiste nell'applicazione contemporanea di più textures ad una stessa superficie
- Es.
  - 1 livello per rappresentare i dettagli della superficie
  - 1 livello per bump mapping
  - 1 livello per light mapping
  - 1 livello per environment mapping

Modellazione | Illum. locale | Rend. non interatt. | Rend. Interatt. | **Textures** | Tools

# **Tools commerciali e freeware**

Modellatori

- Rhinoceros

Motori di rendering

- RenderMan (Pixar)
- Pixie (free)

Tools integrati (modellatore + animazione + renderer)

- 3DStudio Max
- Blender (free)
- Maya

Modellazione

Illum. locale

Rend. non interatt.

Rend. Interatt.

Textures

Tools