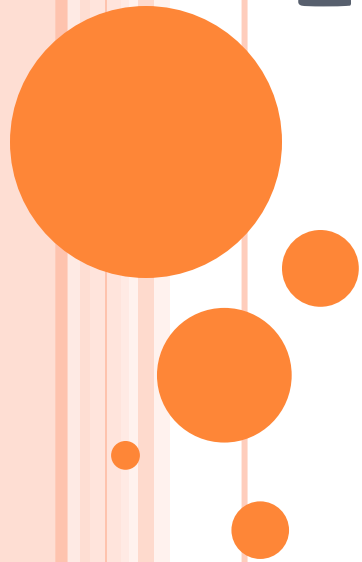


RADIOSITY



Simone Ferruzzi

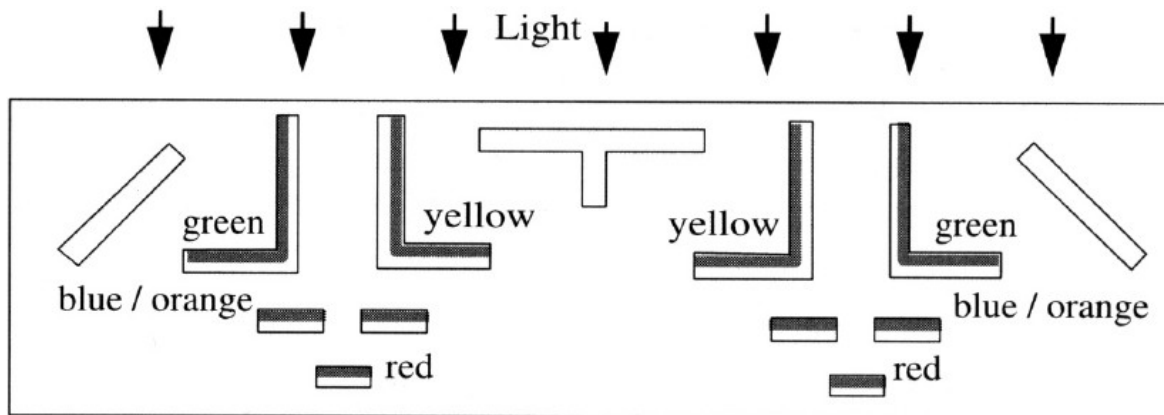
PERCHÉ RADIOSITY?

Una dimostrazione dell'importanza della radiosity e dei “limiti” del ray-tracing è fornita da una scultura di John Ferren.

La scultura consiste in una serie di tavole verticali dipinte di bianco sulle facce visibili allo spettatore, mentre le facce posteriori sono dipinte con colori brillanti.

La scultura viene illuminata da una finestra dietro essa, così la luce che raggiunge lo spettatore, viene prima riflessa dalle superfici colorate, e successivamente colpisce le superfici bianche anteriori.

Come risultato, i colori del retro delle tavole appaiono sulle superfici bianche.



All visible surfaces, white.





Scultura originale con

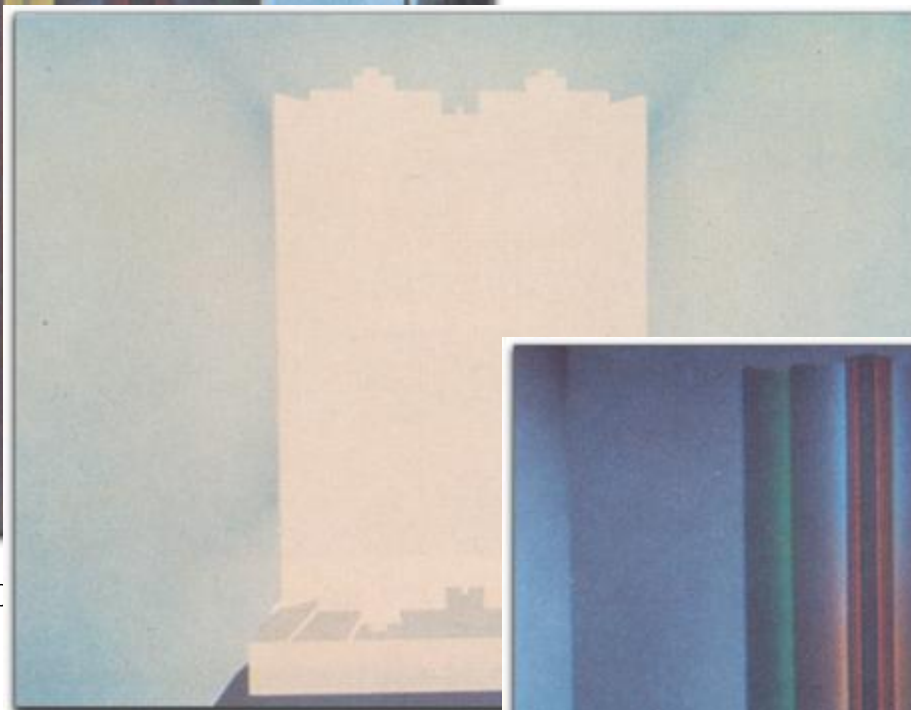


Immagine realizzata con
tracing non può simulare
di luce tra le superfici di

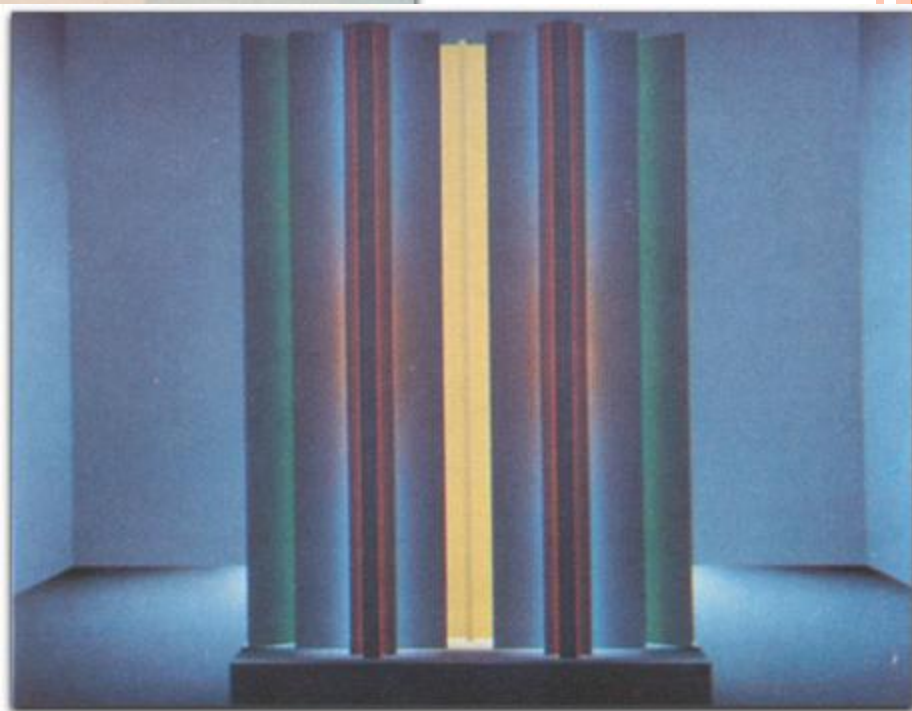


Immagine renderizzata con radiosity.
I colori “arrivano” all’osservatore come
nella reale scultura.

RAY-TRACING VS RADIOSTY

Ray-Tracing

- Ray-Tracing è view-dependent.
- Idea di seguire il percorso della luce.
- Ray-tracing è in grado di gestire effetti di riflessione e rifrazione, ma non gestisce la luce che raggiunge un punto dopo aver rimbalzato su altre superfici diffuse.



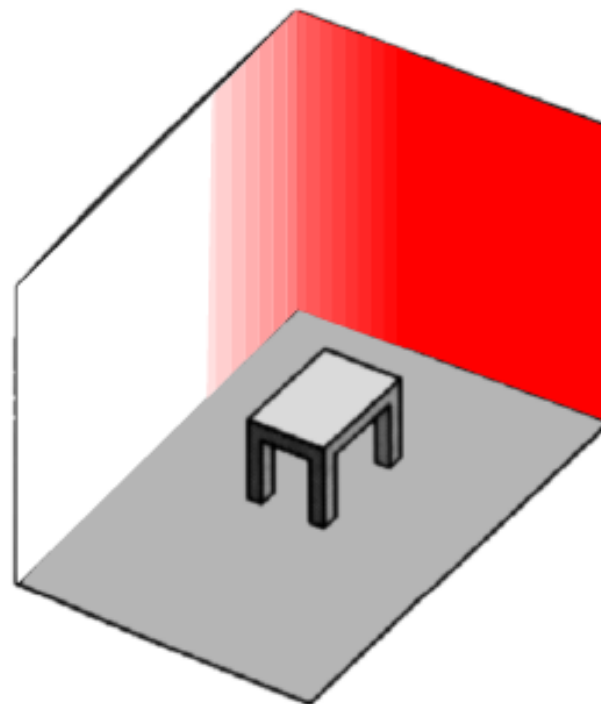
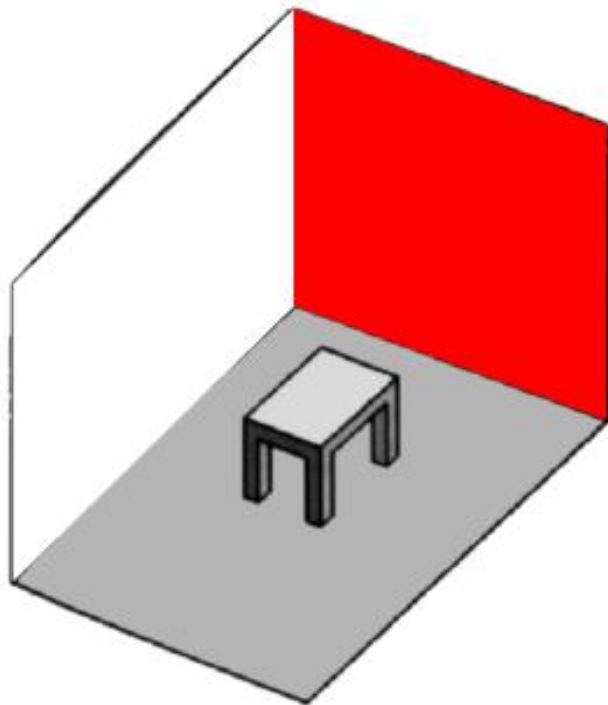
Radiosity

- Radiosity è view-independent.
- Idea dalla conservazione dell'energia.
- Radiosity è invece concepito per la visualizzazione realistica delle superfici perfettamente diffuse, ma non gestisce riflessione e rifrazione.



INTRODUZIONE ALLA RADIOSITY

- Se per esempio consideriamo una scena costituita da due pareti perfettamente diffuse, una bianca ed una rossa, se visualizziamo la scena senza tenere conto della luce diffusa dalle due superfici, ogni parete assumerà il proprio colore.

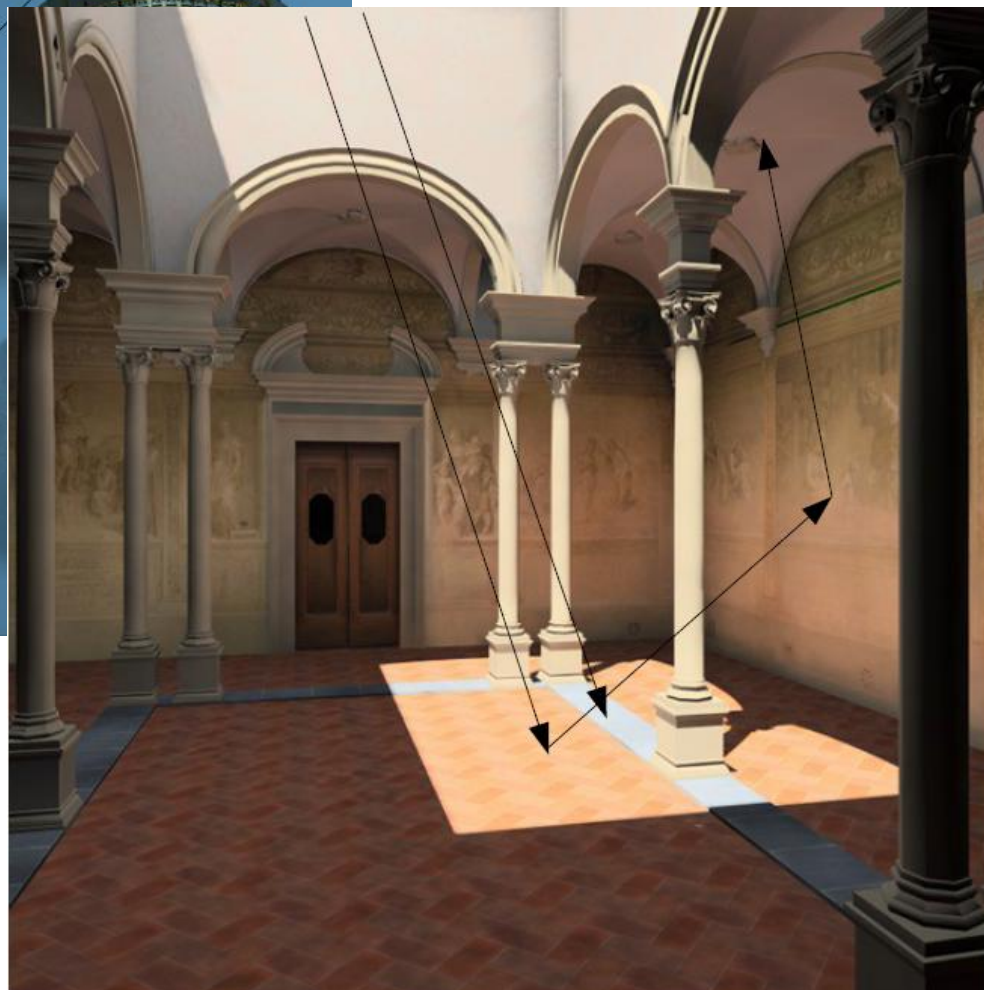


- Nella realtà, invece, la riflessione diffusa della parete rossa, colpisce la parete bianca, col risultato che parte di luce di colore rosso andrà ad aggiungersi alla luce bianca riflessa dalle parti di parete più vicine alla parete rossa.



INTRODUZIONE ALLA RADIOSITY

Ray-Tracing
LDS*E



Radiosity

LD*E



LDE

LDDDE

...

L'EQUAZIONE DI RENDERING

La legge fisica su cui si basa l'equazione del rendering è la Legge di conservazione dell'energia, la quale afferma che l'energia uscente da un punto corrisponde alla somma dell'energia da lui prodotta e entrante.

$$L(x', \vec{\omega}') = E(x') + \int \rho(x') L(x, \vec{\omega}) G(x, x') V(x, x') dA$$

- $L(x', \omega')$ è l'intensità luminosa (radianza) uscente da una particolare posizione x' con direzione ω'
- E è la luce emessa da un punto; $E \neq 0$ solo se x' è emissivo
- \int luce entrante, è la somma dei contributi da tutte le altre superfici della scena
- ρ è la percentuale di luce riflessa in quella posizione, dalla direzione entrante a quella uscente
- $L(x, \omega)$ è la luce entrante da posizione x e direzione ω
- G è la relazione geometrica fra le due superfici, descrive come sono orientate fra loro
- V è la visibilità fra x e x' ; è 1 quando le due superfici non sono oscurate lungo la direzione ω , 0 altrimenti.

L'EQUAZIONE DI RADIOSITY

L'equazione di Rendering presenta però difficoltà di risoluzione, Radiosity perciò per poterla risolvere fa alcune approssimazioni:

➤ **Superfici perfettamente Lambertiane:**

ρ BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) è costante, ogni superficie è perfettamente diffusiva, cioè riflette ugual luce in tutte le direzioni.

Il termine $L(x,\omega)$ di radianza da x lungo ω dipende solo dalla radiosità $B(x)$ emessa da x .

$$B_{x'} = E_{x'} + \rho_x \int G(x,x') V(x,x') B_x$$

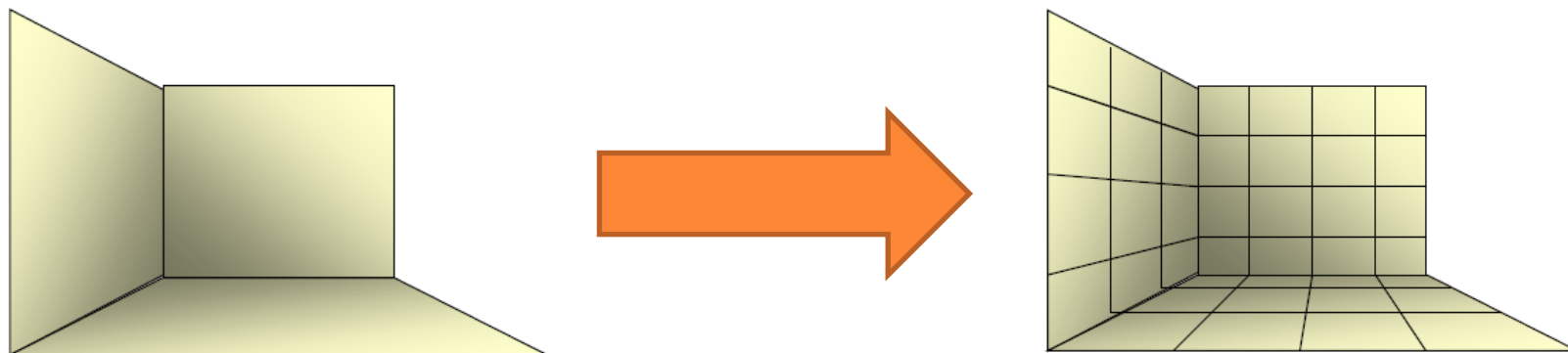
$F_{i,j} = G(x,x')V(x,x')$ è detto fattore forma fra i e j e rappresenta la frazione di energia che lascia x e raggiunge x' e dipende dall'orientamento fra le due superfici.



L'EQUAZIONE DI RADIOSITY DISCRETA

➤ **Suddivide la scena in n patch**

Nel metodo radiosity la scena viene suddivisa in patches, ovvero in molti poligoni piatti e di dimensioni limitate, ciascuno dei quali è considerato perfettamente diffusivo.



Ogni patch ha radiosità costante su tutta la sua superficie.

$$B_i = E_i + \rho_i \sum_{j=1}^n F_{ij} B_j$$



L'ALGORITMO DI RADIOSITY

L'algoritmo di Radiosity si basa perciò sui seguenti tre passi:

- 1) Suddividere la scena in patch
- 2) Calcolare $F_{i,j}$ per tutte le coppie di patch
(è la parte più costosa dell'algoritmo)
- 3) Risolvere il sistema



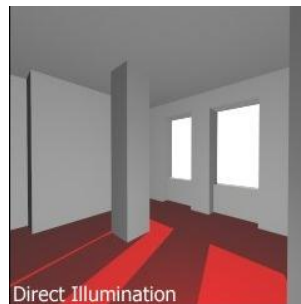
RISULTATO SENZA RADIOSITY

- Renderer ad illuminazione diretta, tre tipi di luce nella scena:
 - luci spot con ombre (per creare l'illuminazione sul pavimento),
 - luce d'ambiente (senza la quale il resto della stanza sarebbe al buio)
 - luci omnidirezionali senza ombra (per ridurre la *piattezza* della luce d'ambiente).



RISULTATO CON RADIOSITY

- L'immagine è stata calcolata con l'uso di un algoritmo di radiosità.
 - C'è una sola sorgente di luce, un'immagine del cielo piazzata all'esterno della stanza.
- Risultato molto più realistico.
- Ombre morbide sul pavimento.
- Inoltre, il colore rosso del tappeto viene riflesso sui muri grigi.



PROGRESSIVE RADIOSITY

Approccio iterativo: due obiettivi

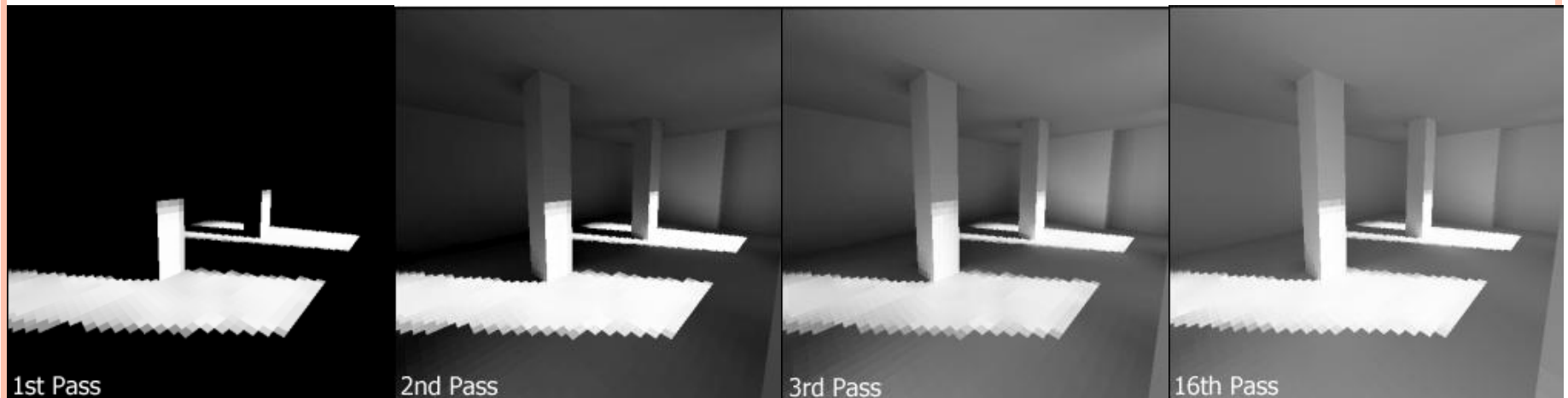
- Evitare di calcolarsi e memorizzarsi subito tutti i $F_{i,j}$
- Iniziare con una soluzione approssimata che poi migliora

Uno dei comuni metodi per la risoluzione dell'equazione di radiosità viene definito *shooting radiosity* e risolve in modo iterativo “sparando” luce da una superficie ad ogni passo.



PROGRESSIVE RADIOSTY

Dopo la prima iterazione saranno illuminati solo gli oggetti che vedono la sorgente di luce. Dopo la seconda 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.

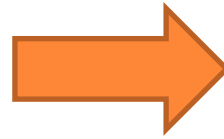
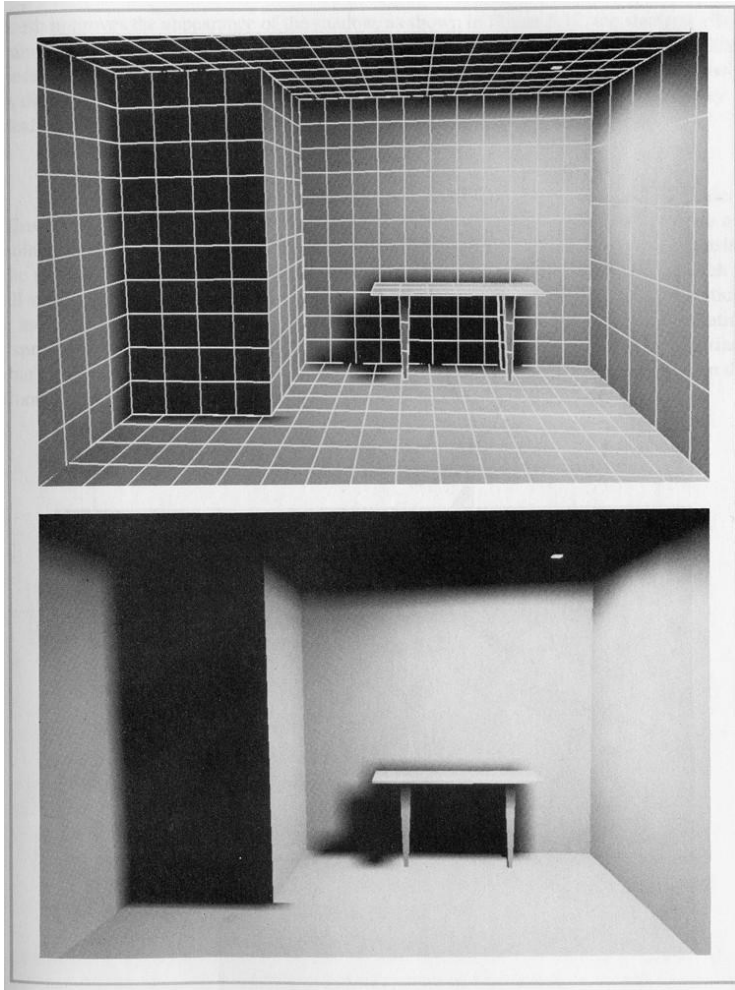


DIFETTI DEL RADIOSITY

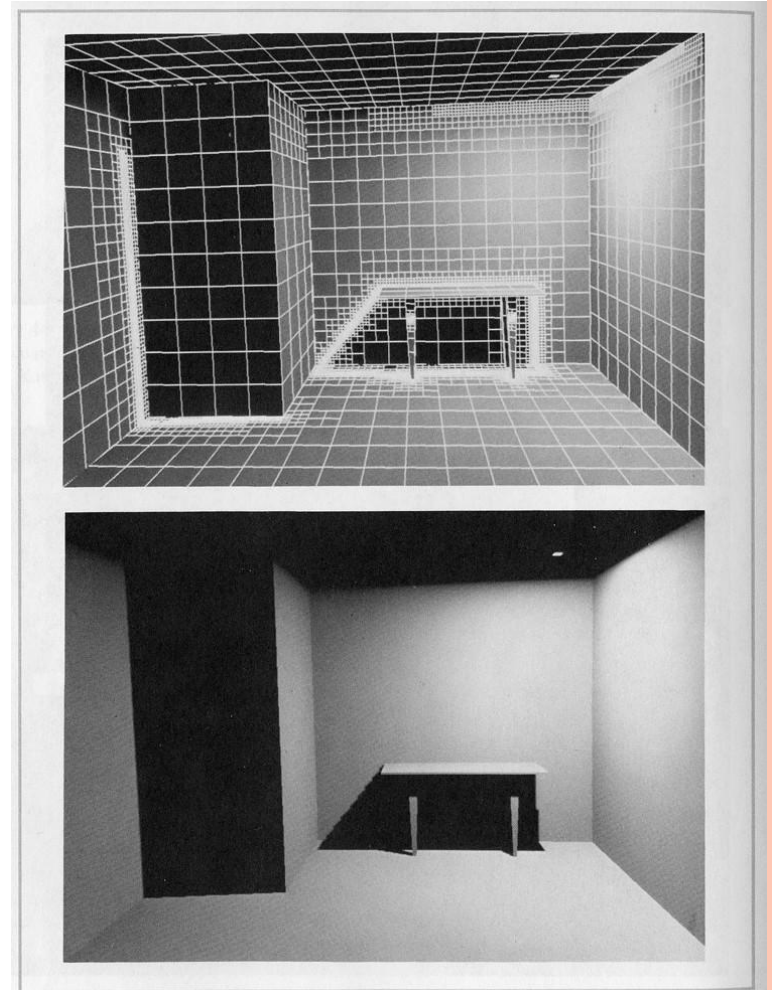
- Non gestisce riflessione e rifrazione
- Tempo computazionale elevato per scene complesse
- Artefatti nella scena finale causati dalla discretizzazione delle superfici



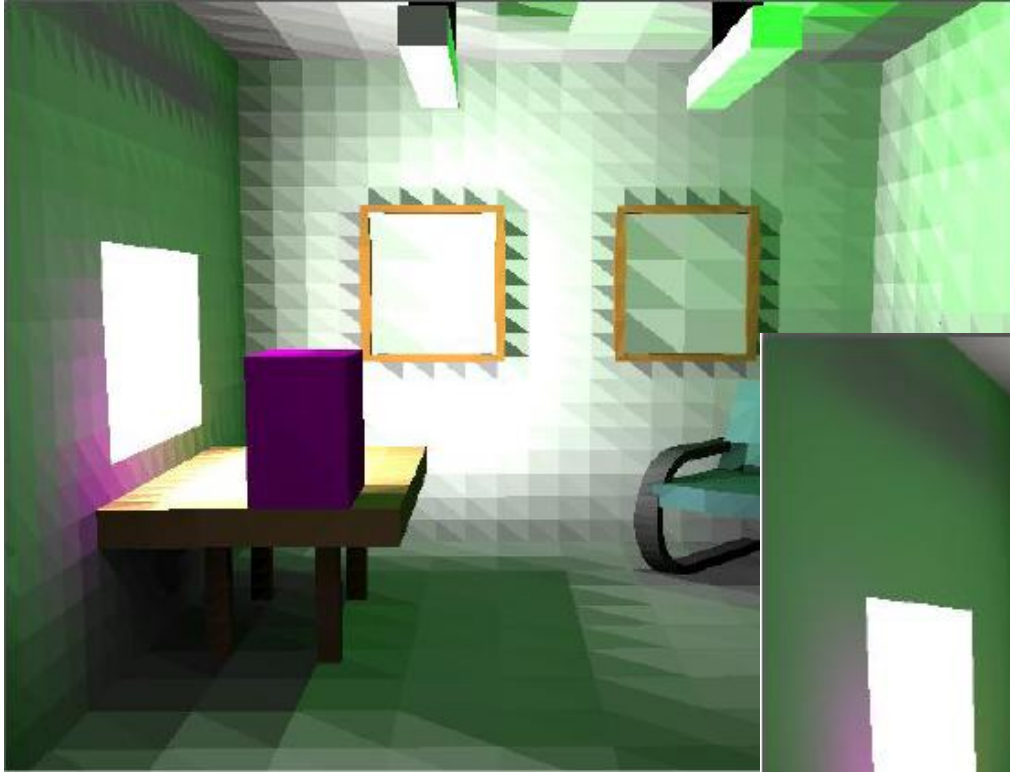
SOLUZIONI RELATIVE ALLA DISCRETIZZAZIONE



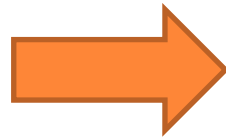
Suddivisione
Adattativa



SOLUZIONI RELATIVE ALLA DISCRETIZZAZIONE



Gouraud shading



RADIOSITY NEI VIDEOGAME

- L'algoritmo di Radiosity è stato già utilizzato in passato per migliorare la resa grafica di alcuni giochi.

Nel 1996 il gioco Quake II implementava già l'algoritmo di Radiosity. La quale però non era calcolata in real-time.

Essendo view-independent, veniva calcolata in fase di sviluppo per le varie mappe e poi rimaneva costante, applicata alle texture.



VERSO LA RADIOSITY REAL-TIME

- Oggi grazie all'introduzione degli Shader si stanno sviluppando molti programmi per implementare la Radiosity direttamente su GPU.
- Esistono già alcuni motori grafici per videogame che l'implementano (es. Enlighten)



PERCHÉ RADIOSITY REAL-TIME?

- Radiosity è view-independent, a cosa serve calcolarla in real-time?
 - Gestire sistemi di luci dinamiche
 - Effetti speciali (es. luce prodotta dalle armi)



