

Grafica Computazionale

Shading: applicare il Lighting

Fabio Ganovelli

fabio.ganovelli@gmail.com

a.a. 2006-2007

I 4 fattori che consideriamo

luce finale
=
ambiente
+
riflessione diffusa
+
riflessione speculare
+
emissione



Equazione di Lighting

caratteristiche della luce

caratteristiche del materiale

dati della geometria

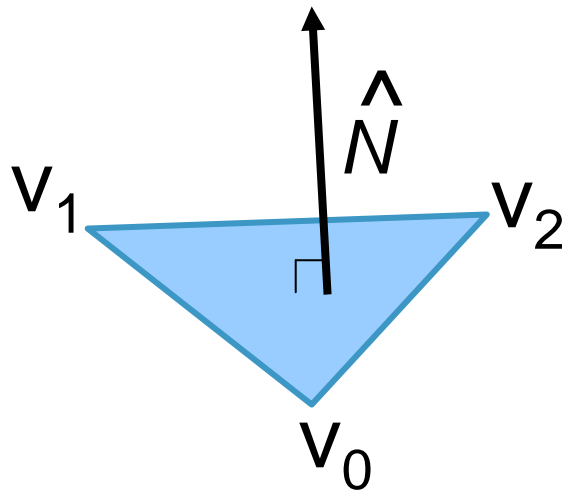
$$I_{tot} = \left(\begin{array}{l} I_{luce\ ambient} \cdot k_{materiale\ ambient} + \\ I_{luce\ diffuse} \cdot k_{materiale\ diffuse} \cdot (\hat{L} \cdot \hat{N}) + \\ I_{luce\ specular} \cdot k_{materiale\ specular} \cdot (\hat{H} \cdot \hat{N})^n \end{array} \right) \cdot \begin{array}{l} f_{attenuazione\ luce} \\ f_{effetto\ spotlight} \end{array} + k_{materiale\ emission}$$

$$f_{attenuazione\ luce} = \min \left(\frac{1}{c_1 + c_2 d_L + c_3 d_L^2}, 1 \right)$$

$$f_{effetto\ spotlight} = f(L, spot_{direction}, spot_{cutoff\ Angle}, spot_{beam\ width})$$

Normale di un triangolo

- Cioe' il suo orientamento nello spazio

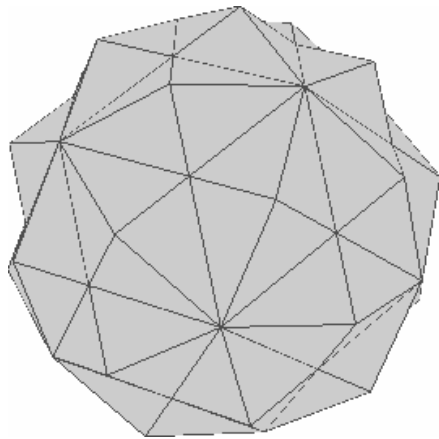


$$N = (v_1 - v_0) \times (v_2 - v_0)$$

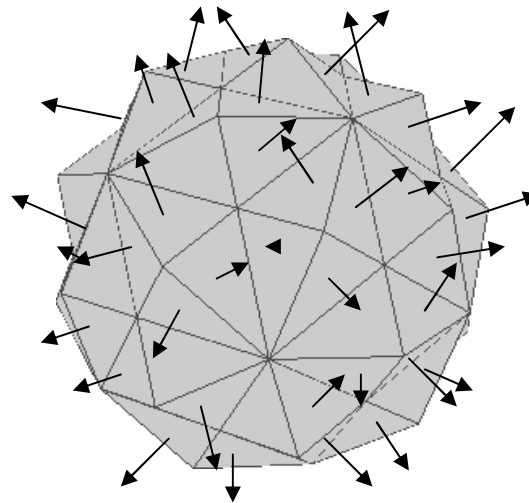
$$\hat{N} = \frac{N}{|N|}$$

Lighting faccia per faccia

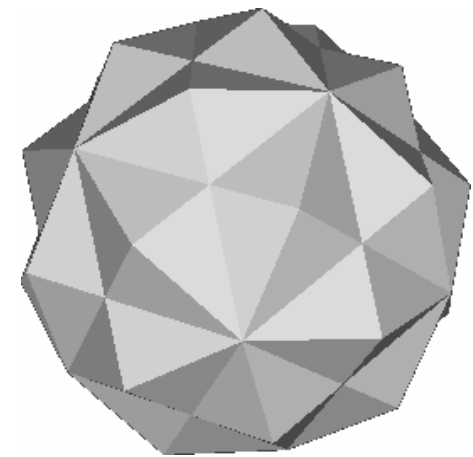
"flat shading"



1.
geometria di partenza



2.
per ogni faccia,
calcolo normale



3.
applico lighting
ad ogni normale

Definizione

- **Shading:**
 - ricetta per applicare un **lighting**

- **Ad esempio:**

flat shading

1. Applico lighting a normale di faccia
 - (ottengo un colore)
2. Copro tutta la faccia di quel colore

Flat shading: problema

- Approssimo superfici curve con triangoli
- Applico il flat shading
- Risultato:
 - spigoli apparenti su superfici curve

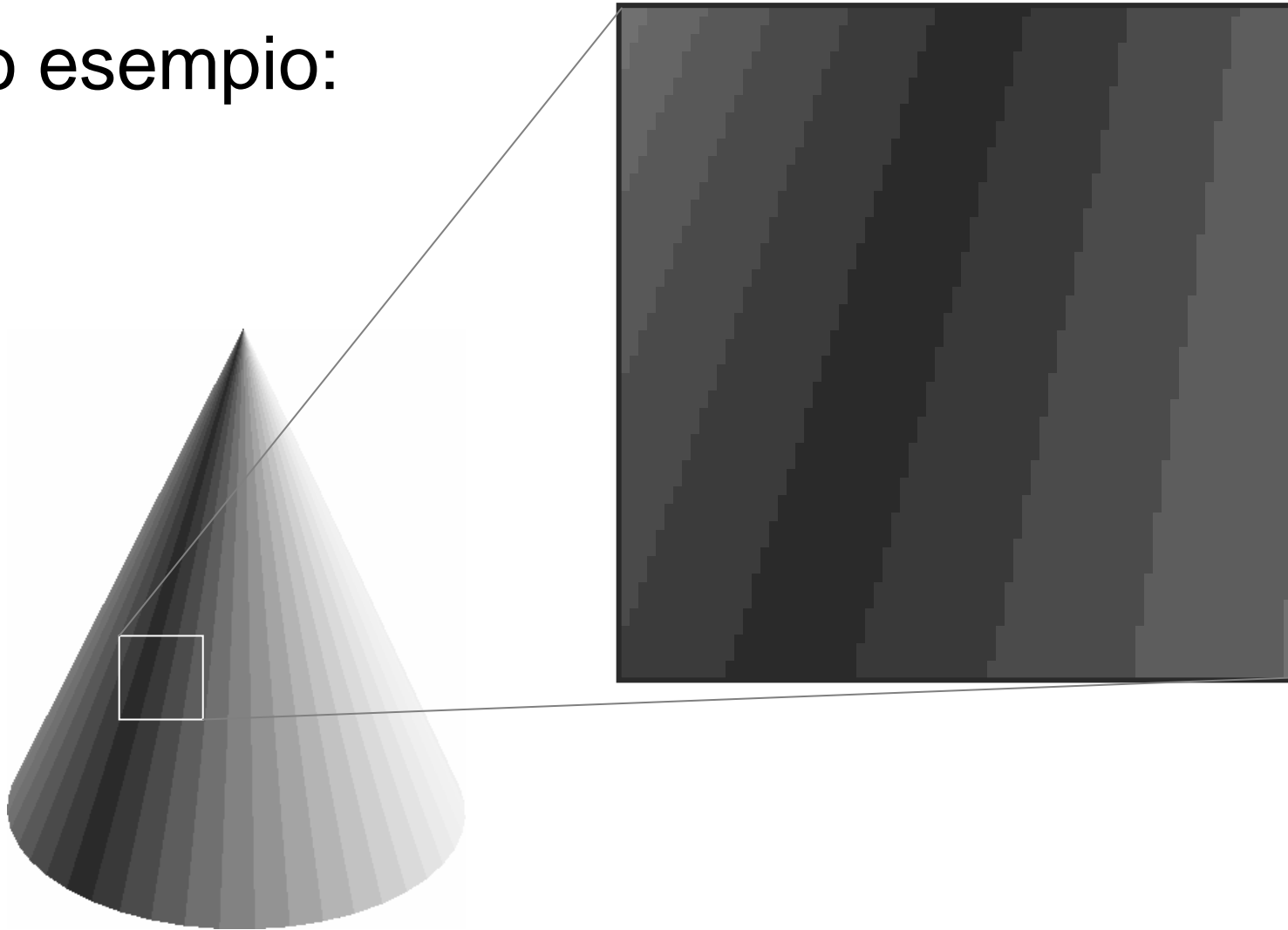


non sembra nemmeno
una sfera

un
brutto
artefatto
!

Flat shading: problema

- Altro esempio:



Flat shading: problema

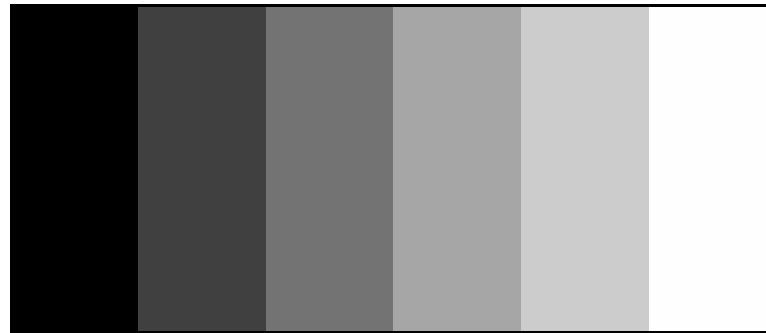
- Più facce uso, meno evidente il problema

>10.000 faccie,
e ancora si vedono
gli spigoli artefatti
perche?



Flat shading: problema

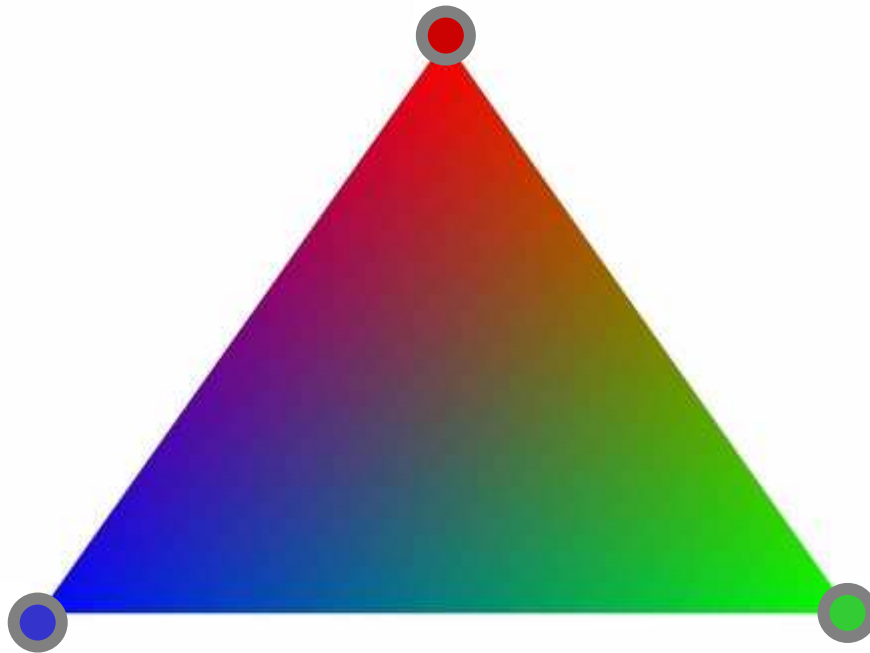
- A peggiorare le cose:
l'effetto ottico **Mach-band**



Il contrasto fra zone di colore **uniforme** non sfugge mai al nostro occhio.
(neanche se le zone sono molte,
e la differenza fra loro è relativamente piccola).
Il cervello aumenta il contrasto fra le zone di colore uniformi
L'artefatto e' duro a morire.

Idea

- Utilizzare l'interpolazione del colore dentro la faccia



Idea

- Utilizzare l'interpolazione del colore dentro alla faccia

"Gouraud" Shading

by Henri Gouraud, 1971

- 1- Applico lighting ai 3 vertici di ogni triangolo
 - (ottengo un colore)
- 2- Interpolo il colore nel triangolo

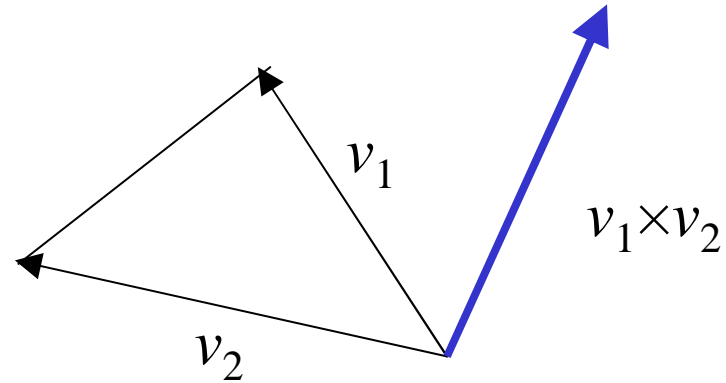
Per applicare il lighting, devo avere la normale!
Normale definita per una faccia.
Ma per un vertice?

Normali per vertice

- In certi contesti, la normale dei vertici nasce insieme al resto del modello 3D.
 - per esempio,
 - quando si modella una sfera, un cilindro, un cono...
 - quando si estrae la superficie da un volume
 - quando si costruisce una superficie triangolata campionando una superficie parametrica
 - ...
- Sennò...

Normali per vertice

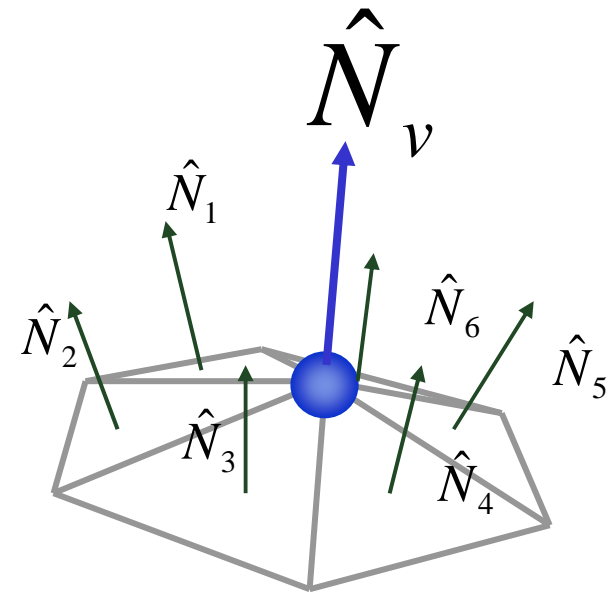
Normale di un Triangolo:



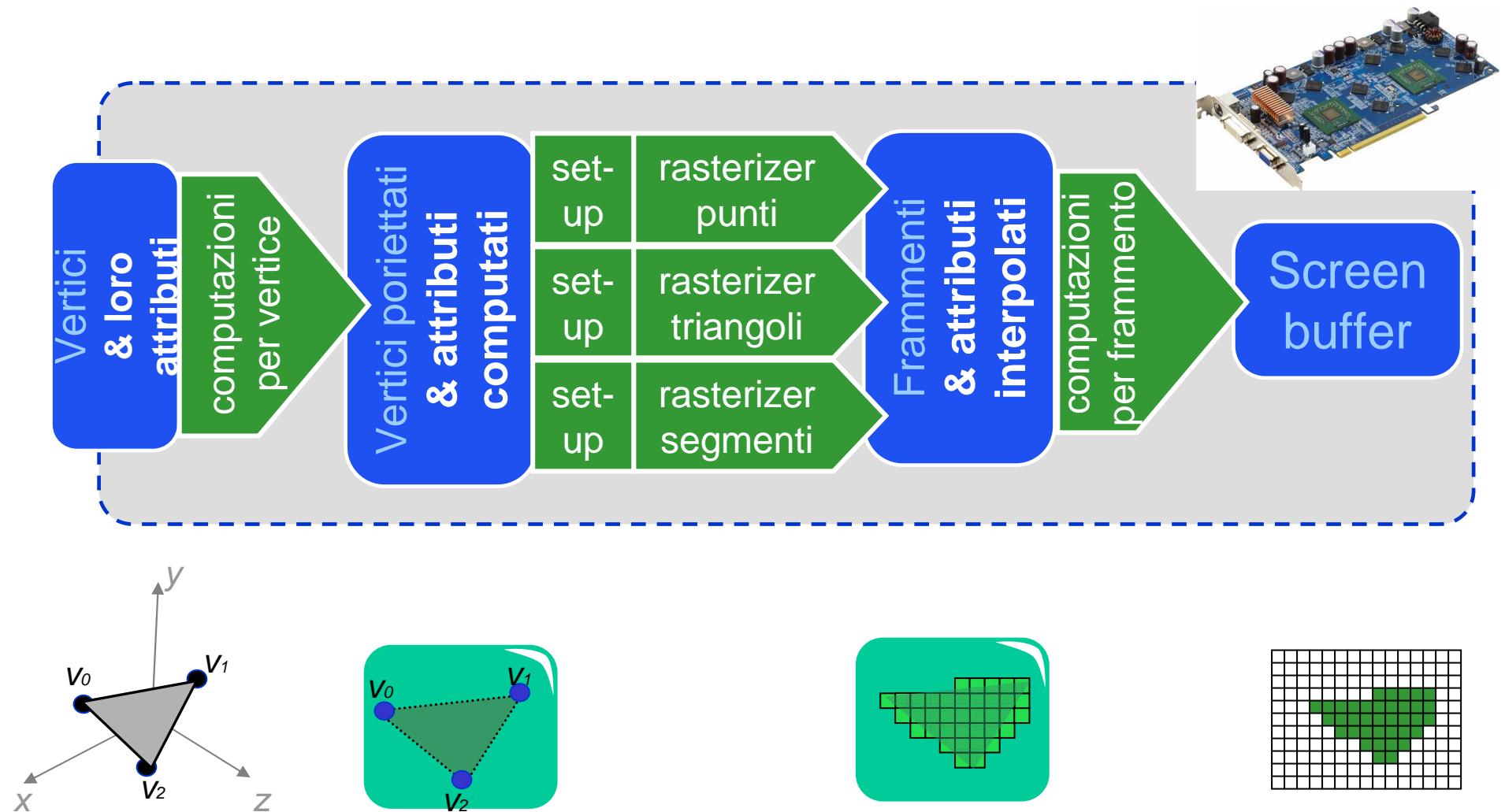
Normale di un vertice
condiviso da n triangoli:

$$N = \hat{N}_1 + \hat{N}_2 + \dots + \hat{N}_n$$

$$\hat{N} = \frac{N}{|N|}$$



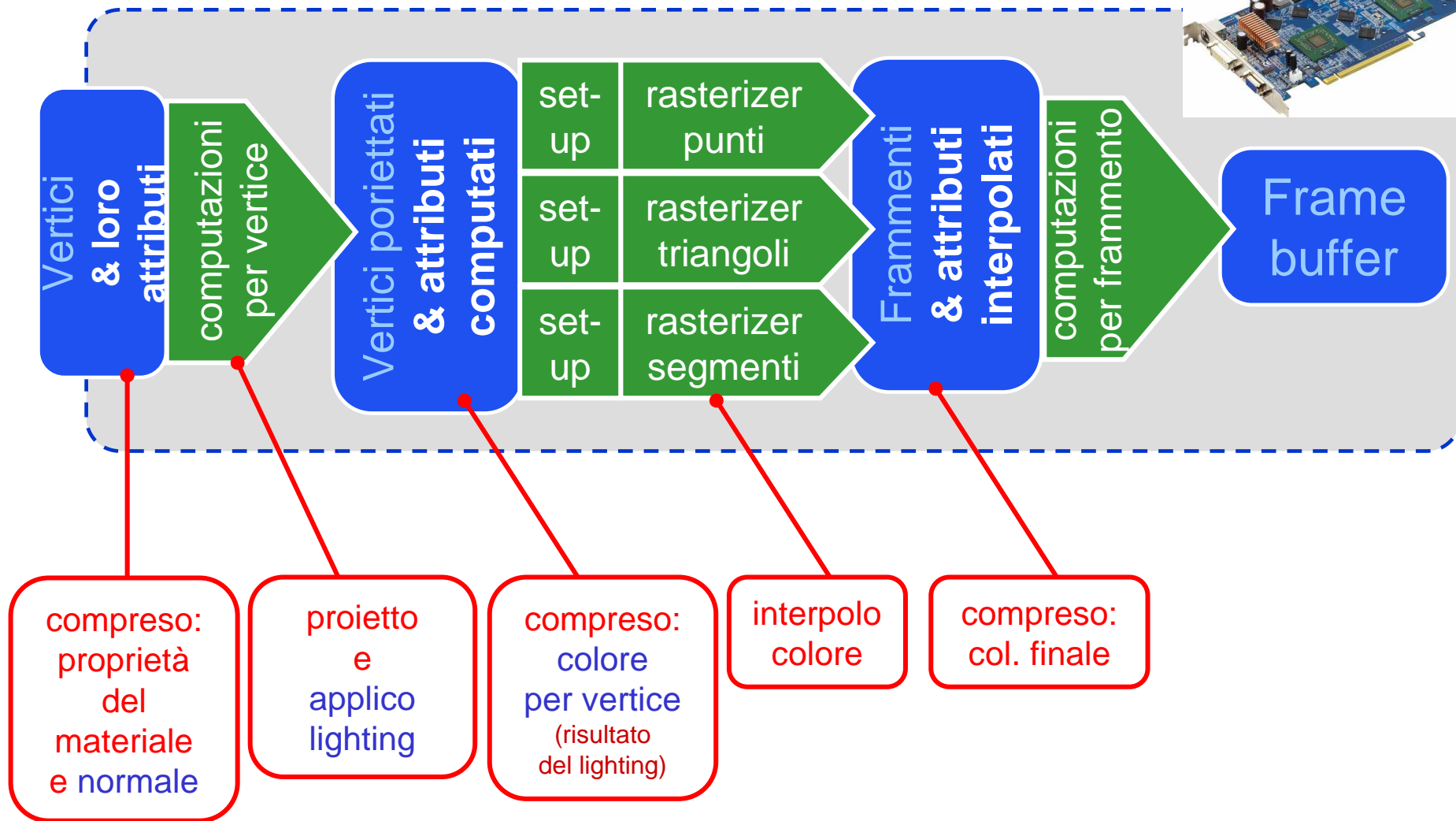
Dove avviene la computazione del lighting?



Scelta Fondamentale

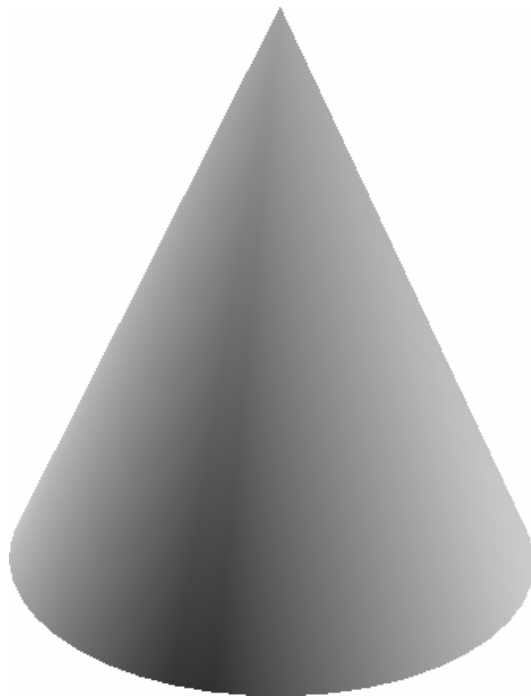
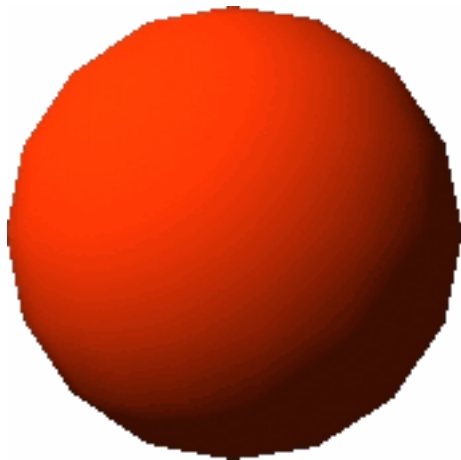
- Nel nostro paradigma di rendering, la normale (dei vertici):
 - **NON** viene calcolata nel pipeline (e dove?)
 - viene mandata come **ATTRIBUTO** per **VERTICE**
- la normale "fa parte del modello"
 - proprio come le posizioni dei suoi vertici
 - la computazione delle normali, se necessaria, è tipicamente un pre-processing
- concettualmente giusto, e pratico

Gouraud shading



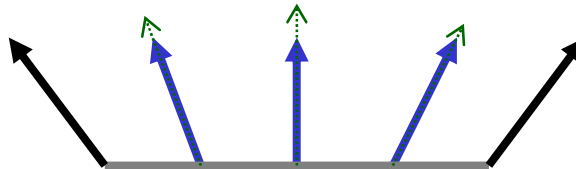
Gouraud shading

- Risultati:



Si può fare meglio

- Invece di interpolare il **colore** *dopo* il **lighting**.
interpolo la **normale** *prima* del **lighting**!
- occhio:
interpolando due vettori normali,
non ottengo un vettore normale:
 - (devo rinormalizzare dopo l'interpolazione)



Si può fare meglio

- Invece di interpolare il **colore** *dopo* il **lighting**.
interpolo la **normale** *prima* del **lighting**!

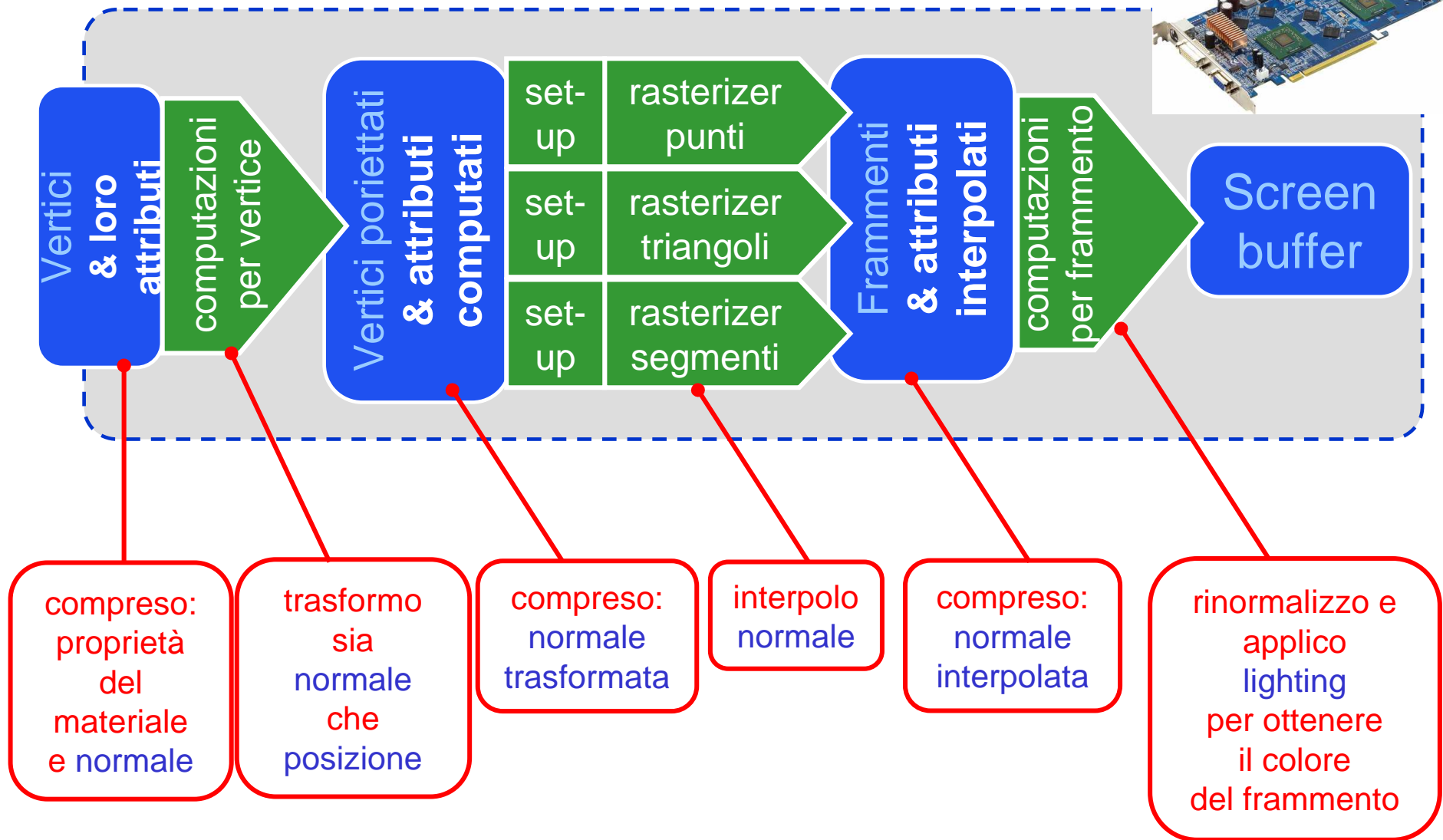
"Phong"* Shading

by Bui-Tuong Phong ,
1973

- 1- Interpolo la normale nella faccia
- 2- Rinormalizzo
- 3- Applico lighting

* Attenzione a non confondere il Phong Shading (uno shading)
con il Phong Lighting Model (modello di illuminazione)

Phong shading



Gouraud contro Phong shading

- **Gouraud Shading** - lighting per vertice
molto meno oneroso:
applico il lighting una volta per vertice!
- **Phong Shading** - lighting **per frammento**
risultati migliori
specialmente con i riflessi luminosi e piccoli (esponente speculare alto)



Flat shading



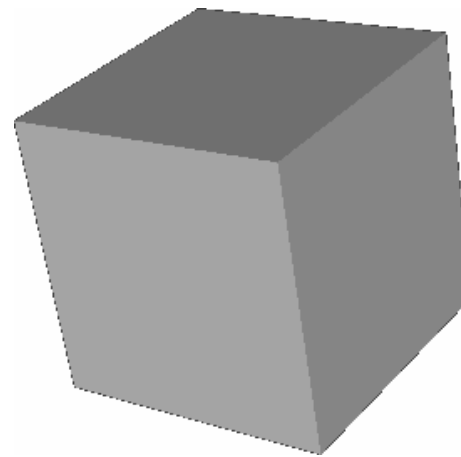
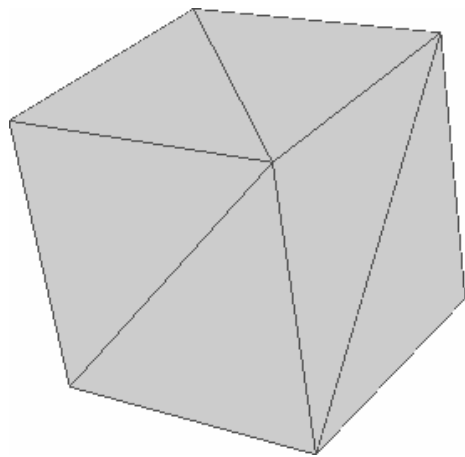
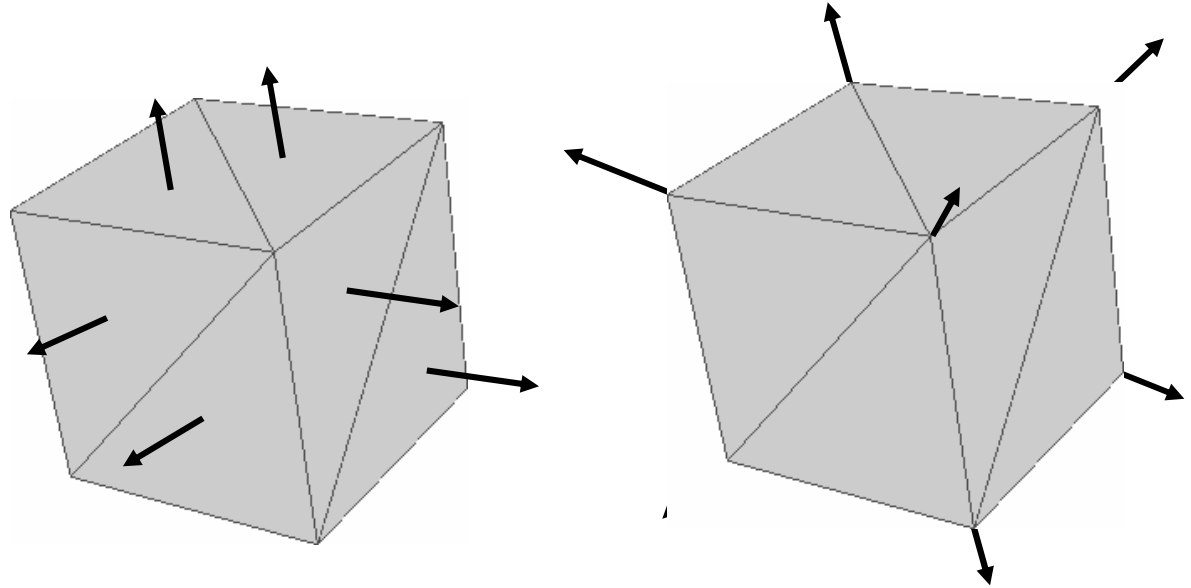
Gouraud shading



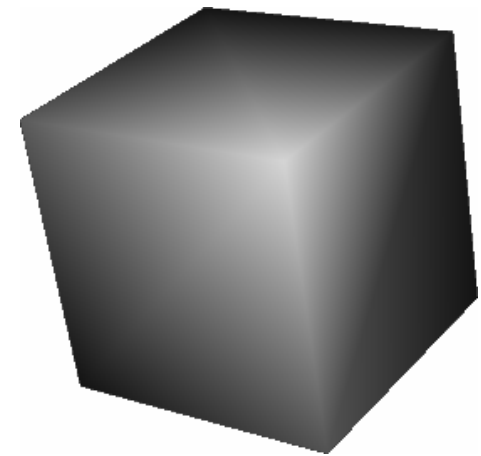
Phong Shading



sia per il Gouraud che per il Phong shading



flat shading

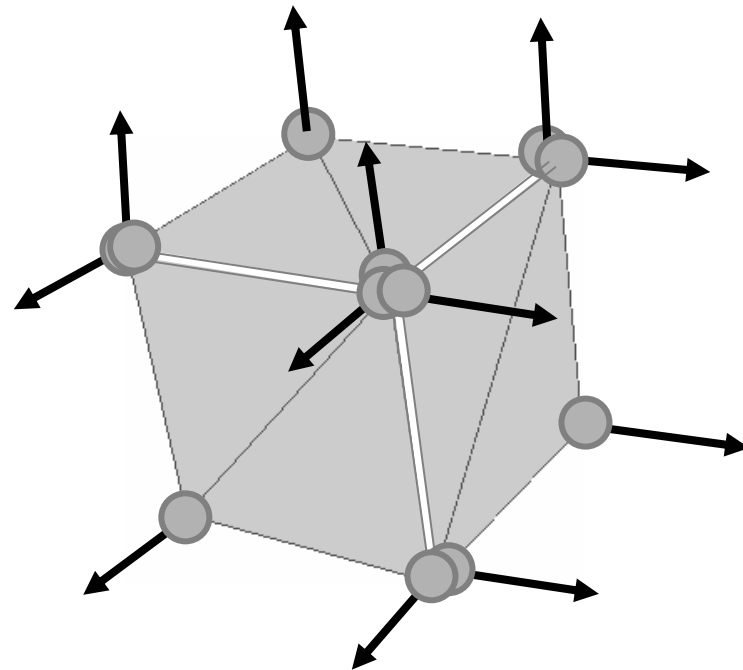


Gouraud shading
(Phong shading è simile)



sia per il Gouraud che per il Phong shading

- Gouraud e Phong servono per superfici lisce
 - eliminano gli spigoli artefatti
 - eliminano anche gli spigoli corretti
- Soluzione: duplicare i vertici

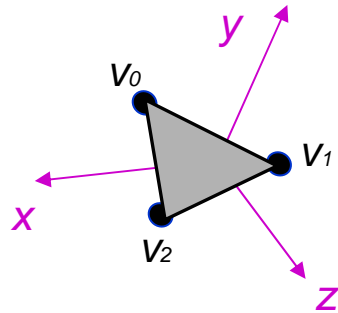


Cosa succede alle normali?

risposta: subiscono la Model-View matrix, ma *non* la Projection matrix. E' proprio per questo che le due sono tenute separate!

Modellazione + Vista:

trasformazioni rigide
(o almeno mantengono gli angoli)

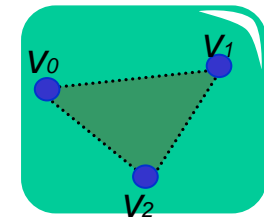


object Coordinates

modellazione

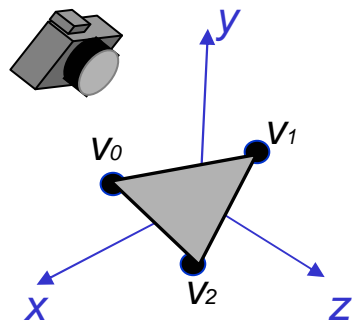
Proiezione:

non mantiene gli angoli

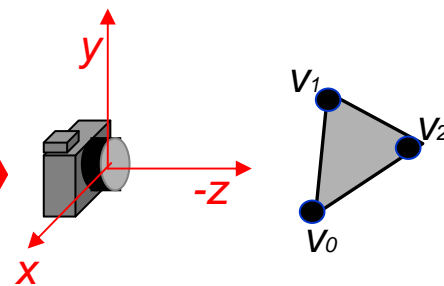


screen Space

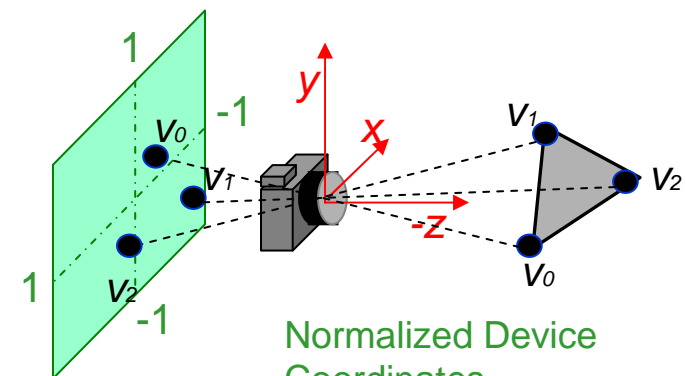
viewport



world Coordinates



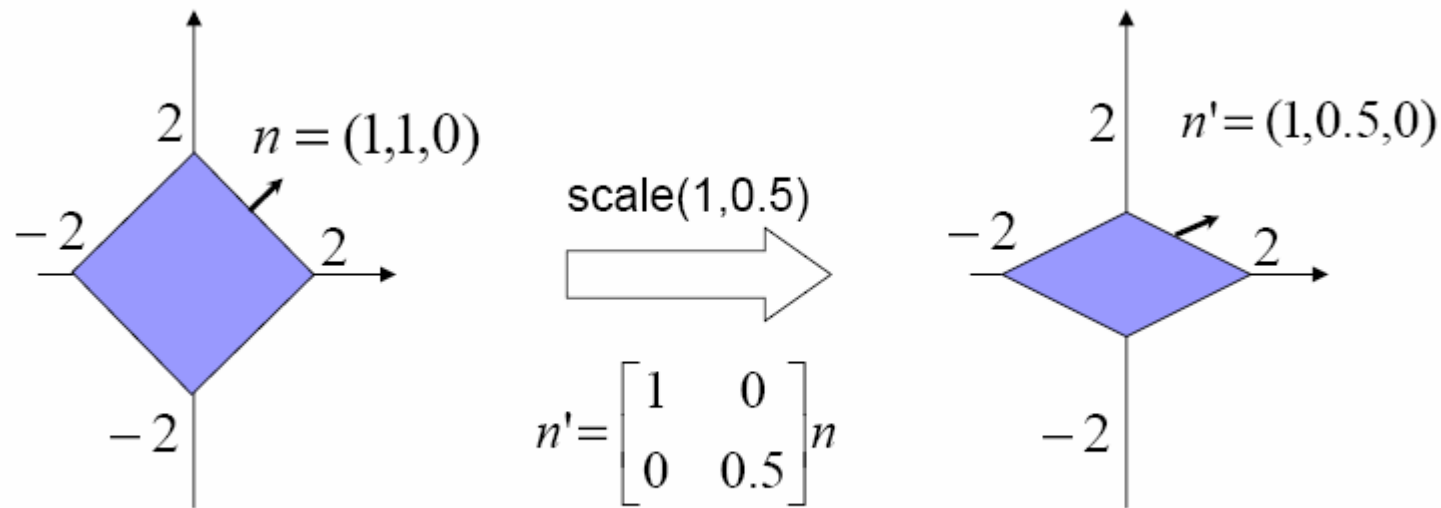
view Coordinates
(a.k.a. eye Coordinates)



Normalized Device Coordinates

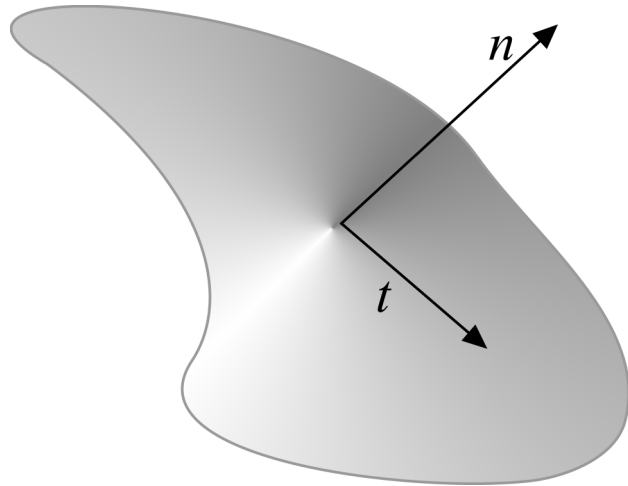
Trasformazione delle normali

- La normale a una superficie è tale anche dopo una trasformazione affine?
- NO



Trasformazione delle normali

- Sia M la trasformazione applicata



$$t = p - q$$

$$t' = Mp - Mq = M(p - q)$$

$$\text{Sappiamo che: } n^T t = 0$$

$$\text{Vogliamo che: } n'^T t' = 0$$

Nota: conta solo la parte 3x3 superiore perché n e t sono normali

$$n' = Kn \quad n'^T t' = (Kn)^T (Mt) = n^T K^T Mt = 0 \Rightarrow$$

$$t' = Mt \quad K^T M = I \Rightarrow K^T = M^{-1} \Rightarrow \mathbf{K = M^{-1T}}$$

- La normale viene moltiplicata per la trasposta dell'inversa della parte 3x3 superiore della matrice di vista/modello

