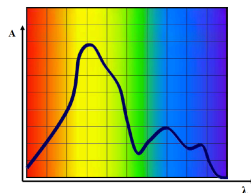
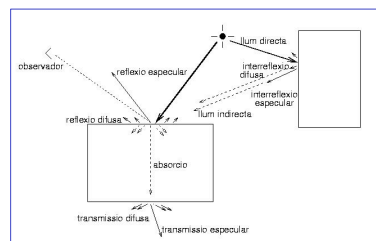
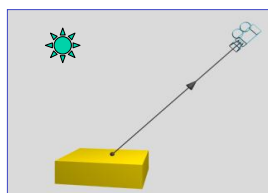


Classe 7: contingut

- Realisme: Il·luminació (2)
 - Breu repàs.
 - Models empírics i propietats de materials.
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (1)
 - Càlcul de color en vèrtexs
 - Shading de polígons
 - Suavitzat d'arestes
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (2)
 - Càlcul de color en fragments

Color d'un punt (recordatori)

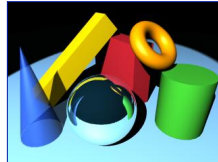
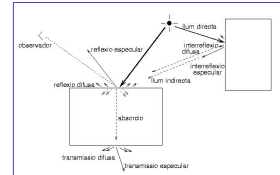
El color amb el que un Observador veu un punt P de l'escena és el color de la llum que arriba a l'Obs procedent de P: $I_{\lambda}(P \rightarrow Obs)$



$$I_{\lambda}(P \rightarrow Obs) \quad \lambda \in \{r, g, b\}$$

Models d'il·luminació (recordatori)

- Els models d'il·luminació simulen les lleis físiques que determinen el color d'un punt. El càlcul exacte és computacionalment inviable.
- Classificació dels models d'il·luminació:
 - Models Locals o empírics
 - Models Globals: traçat de raig, radiositat



IDI 2017-2018 1Q

3

Classe 7: contingut

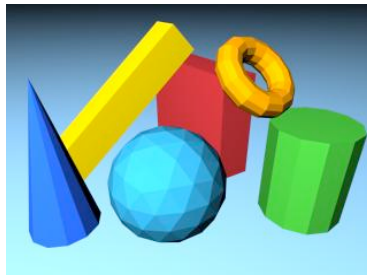
- Realisme: Il·luminació (2)
 - Breu repàs.
 - **Models empírics i propietats de materials.**
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (1)
 - Càlcul de color en vèrtexs
 - Shading de polígons
 - Suavitzat d'arestes
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (2)
 - Càlcul de color en fragments

IDI 2017-2018 1Q

4

Models locals o empírics

- Només consideren pel càlcul del color: el punt **P** en què es calcula, els focus de llum (sempre puntuals) i la posició de l'observador.
- No consideren altres objectes de l'escena (no ombres, no miralls, no transparències).
- Aproximen la transmissió de la llum per fórmules empíriques i les propietats de reflexió dels materials per constants.



IDI 2017-2018 1Q

5

Model empíric ambient

- No es consideren els focus de llum de l'escena.
- La llum ambient és deguda a reflexions difuses de llum entre objectes, per tant es considera que no prové de cap focus específic i no té cap direcció concreta.
- Tots els punts de l'escena reben la mateixa aportació de llum.
- S'observarà el mateix color en tots els punts d'un mateix objecte.
- Equació: $I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda} k_{a\lambda}$
 - $I_{a\lambda}$: color de la llum ambient
 - $k_{a\lambda}$: coef. de reflexió ambient



IDI 2017-2018 1Q

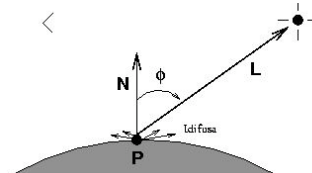
6

Model empíric difús (Lambert)

- Focus puntuals. Objectes només tenen reflexió difusa pura.
- Podem imaginar que el punt **P** irradia la mateixa llum en totes direccions i per tant el seu color no depèn de la direcció de visió.

$$I_{\lambda}(P) = I_f k_{d\lambda} \cos(\Phi)$$

si $|\Phi| < 90^\circ$



- I_f : color (r,g,b) de la llum del focus puntual f
- $k_{d\lambda}$: coef. de reflexió difusa del material
- $\cos(\Phi)$: cosinus de l'angle entre la llum incident i la normal a la superfície en el punt **P**



IDI 2017-2018 1Q

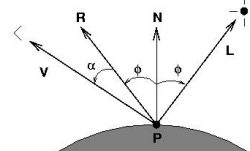
7

Model empíric especular (Phong)

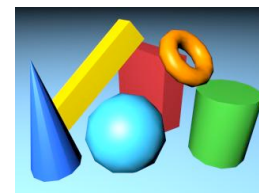
- Focus de llum puntuals i objectes només reflexió especular.
- L'observador només podrà observar la reflexió especular en un punt si es troba en la direcció de la reflexió especular.
- La direcció d'especularitat és la simètrica de **L** respecte **N** i es pot calcular com: $\mathbf{R} = 2\mathbf{N}(\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) - \mathbf{L}$ si tots els vectors són normalitzats.

$$I_{\lambda}(P) = I_f k_{s\lambda} \cos^n(\alpha)$$

si $|\Phi| < 90^\circ$



- I_f : color (r,g,b) del focus puntual f
- $k_{s\lambda}$: coef. de reflexió especular (x,x,x)
- n : exponent de reflexió especular

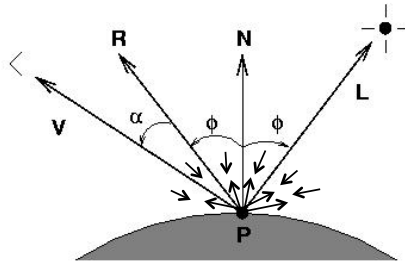


IDI 2017-2018 1Q

8

- Veure applets llibre

$$I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda}k_{a\lambda} + \sum_i (I_{fi\lambda} k_{d\lambda} \cos(\Phi_i)) + \sum_i (I_{fi\lambda} k_{s\lambda} \cos^n(\alpha_i))$$



IDI 2017-2018 1Q

9

Resum

Color d'un punt degut a...	Depèn de la normal?	Depèn de l'observador?	Exemple
Model ambient	No	No	
Model difús	Sí	No	
Model especular	Sí	Sí	

$$I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda}k_{a\lambda} + \sum_i (I_{fi\lambda} k_{d\lambda} \cos(\Phi_i)) + \sum_i (I_{fi\lambda} k_{s\lambda} \cos^n(\alpha_i))$$

IDI 2017-2018 1Q

10

Exercici 48:

Quines constants de material definiries si es vol que un objecte sigui de plàstic polit/brillant de color vermell?
Raona la resposta.

Exercici 1:

Una esfera brillant de metall que es veu groga quan s'il·lumina amb llum blanca, la posem en una habitació que té llum ambient (.5, .5, .5) i un únic focus, de llum verda, situat 2 metres damunt de la càmera (en direcció de l'eix y).

Quines zones distingirem en la visualització de l'esfera i de quins colors seran?

Justifiqueu la resposta en relació a les propietats del material de l'esfera i les llums. Imagineu que es calcula el color en cada punt de l'esfera.

Exercici 6:

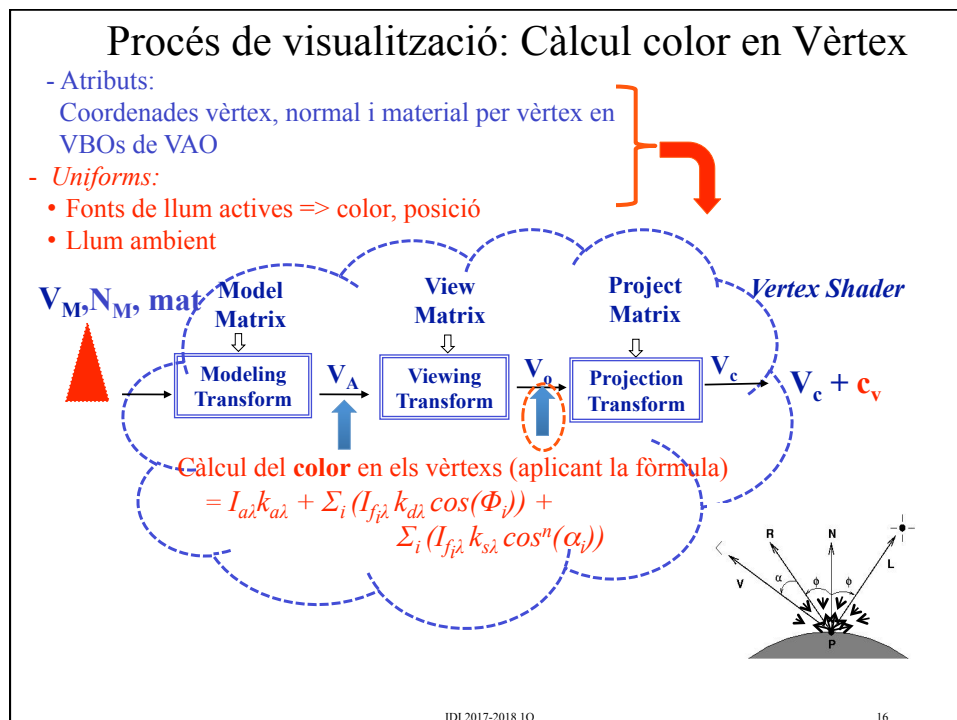
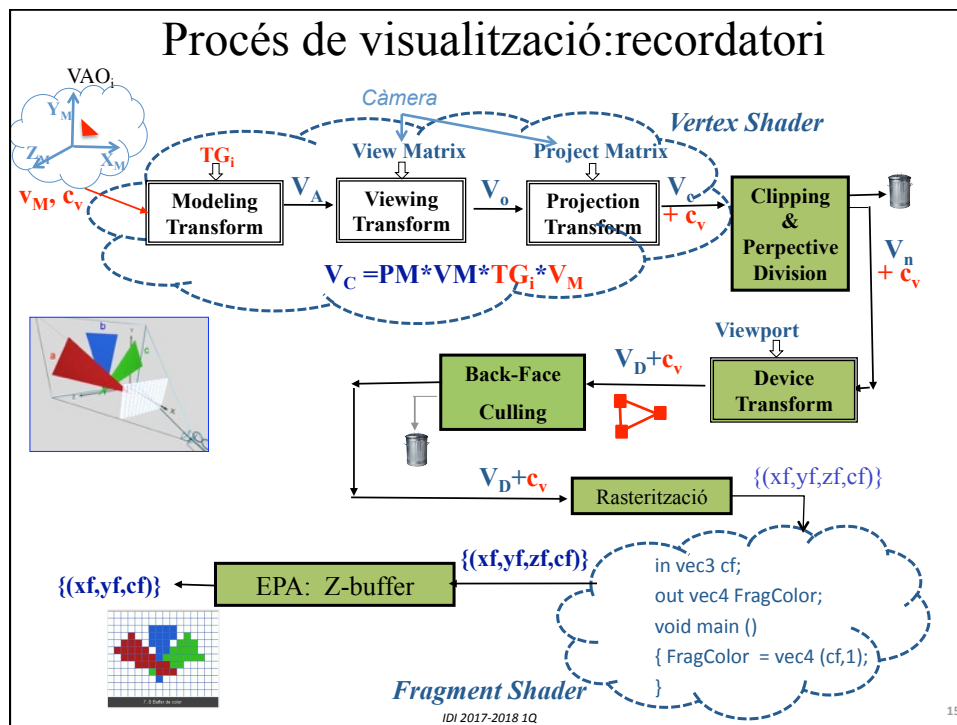
Disposem de dos cubs amb les seves cares paral·leles als plans coordenats, longitud d'aresta igual a 2 i centres als punts (2,1,2) i (5,1,2) respectivament. Els dos cubs són de metall gris i s'il·luminen amb un focus de llum verda situat al punt (20,1,2).

Com és possible que la cara del cub_1 situada en $x=3$ es vegi il·luminada si el cub_2 li fa ombra?

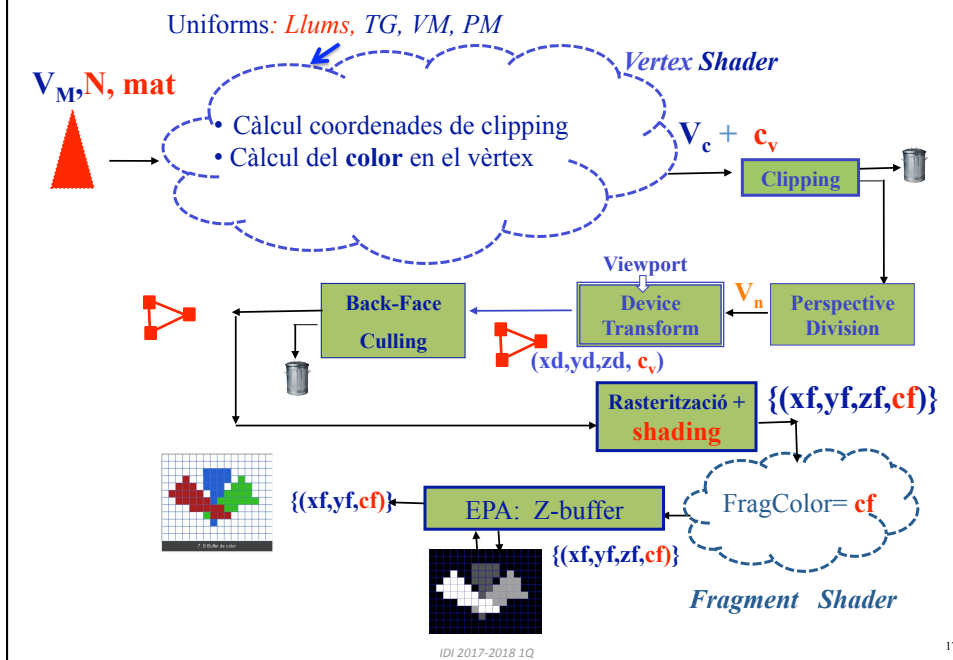
Quines altres cares es veuran il·luminades pel focus?

Classe 7: contingut

- Realisme: Il·luminació (2)
 - Breu repàs.
 - Models empírics i propietats de materials.
 - **Il·luminació en OpenGL 3.3 (1)**
 - Càlcul de color en vèrtexs
 - Shading de polígons
 - Suavitzat d'arestes
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (2)
 - Càlcul de color en fragments



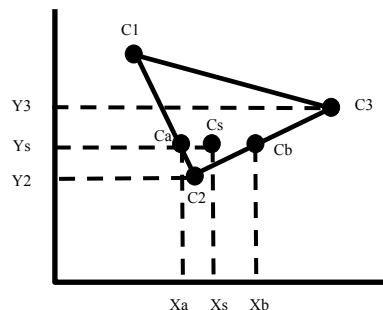
Procés de visualització: Shading (colorat) de polígons



17

Shading (colorat) de polígons

- Colorat Constant \equiv **Flat shading** $\rightarrow C_f = C_l$
color uniforme per tot el polígon (funció del color calculat en un vèrtex); cada cara pot tenir diferent color.
- Colorat de Gouraud \equiv **Gouraud shading** \equiv **Smooth shading**



$$C_a = \frac{1}{Y1 - Y2} (C1(Ys - Y2) + C2(Y1 - Ys))$$

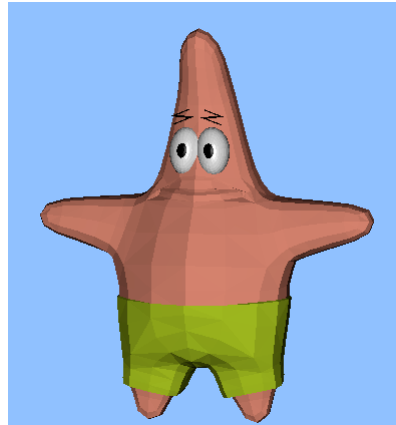
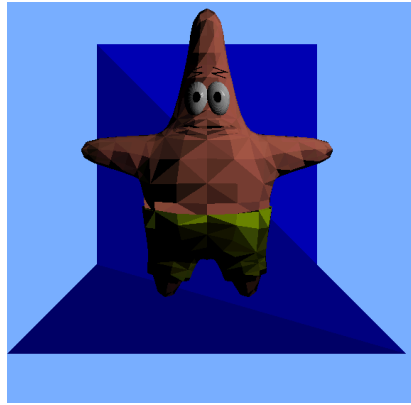
$$C_b = \frac{1}{Y3 - Y2} (C2(Y3 - Ys) + C3(Ys - Y2))$$

$$C_s = \frac{1}{Xb - Xa} (C_a(Xb - Xs) + C_b(Xs - Xa))$$

IDI 2017-2018 1Q

18

Flat versus Gouraud Shading

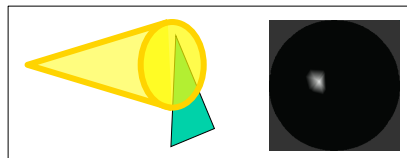
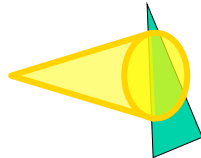


IDI 2017-2018 1Q

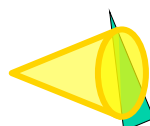
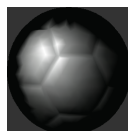
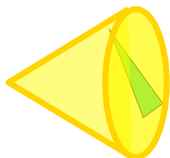
19

Problemes/Efectes del colorat de polígons:

- Taca especular en mig d'una cara → desapareix → discretitzant millor
- Taca en un vèrtex



- Il·luminació si ens apropem a un polígon gran → discretitzant millor
- Efectes en cara d'un cub



IDI 2017-2018 1Q

20

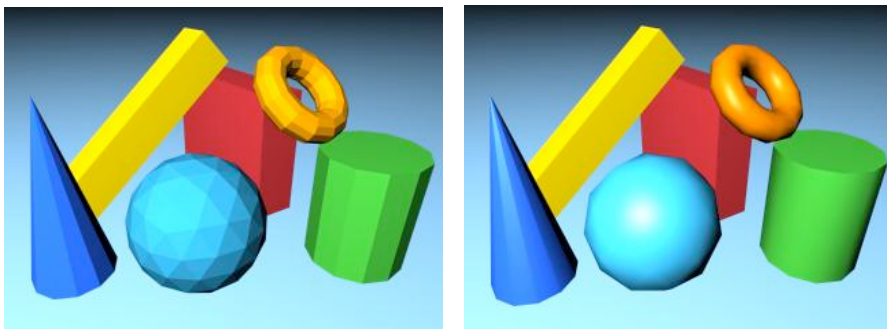
Classe 7: contingut

- Realisme: Il·luminació (2)
 - Breu repàs.
 - Models empírics i propietats de materials.
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (1)
 - Càlcul de color en vèrtexs
 - Shading de polígons
 - **Suavitzat d'arestes**
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (2)
 - Càlcul de color en fragments

IDI 2017-2018 1Q

21

Avantatge del Shading: Suavitzat d'arestes



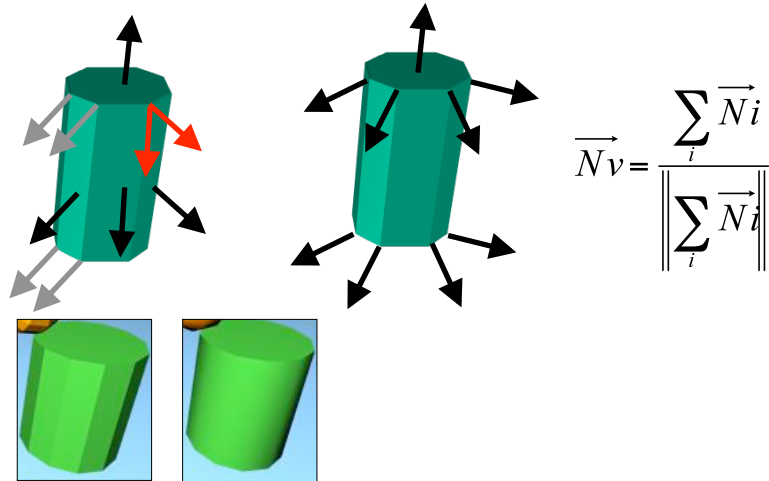
Quin model d'il·luminació i shading s'utilitza?
Per què no es veuen les arestes?
Noteu la forma de les siluetes

IDI 2017-2018 1Q

22

Suavitzat d'arestes

- Normal per cara vs normal per vèrtex

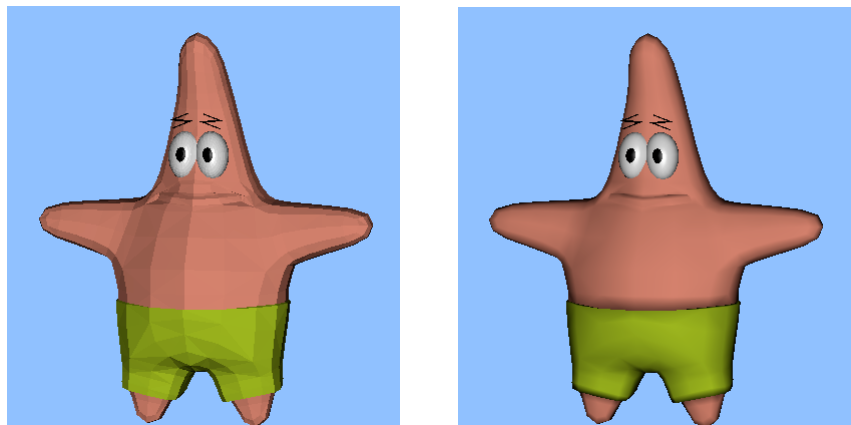


IDI 2017-2018 1Q

23

Suavitzat d'arestes: exemple

- Normal per cara vs normal per vèrtex



IDI 2017-2018 1Q

24

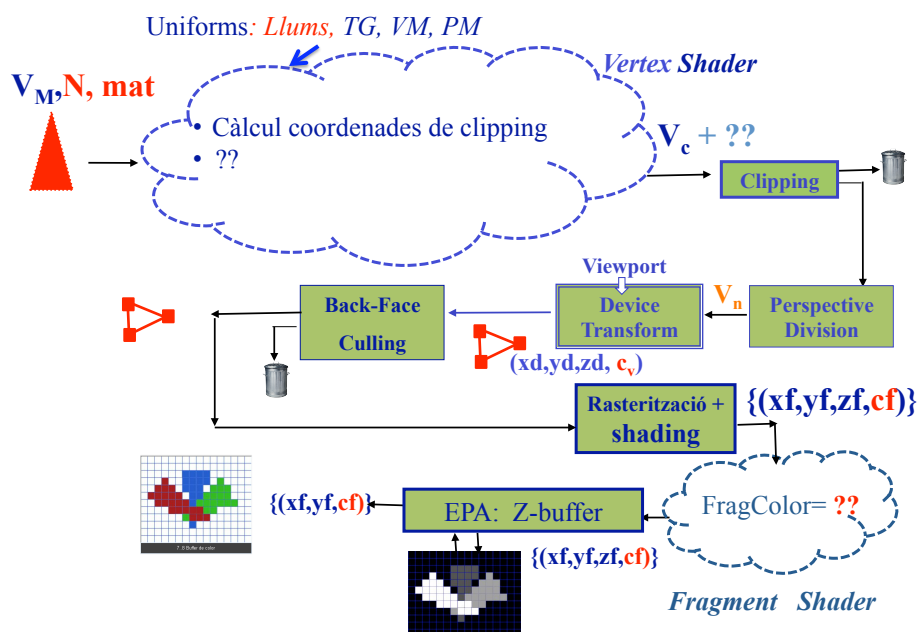
Classe 7: contingut

- Realisme: Il·luminació (2)
 - Breu repàs.
 - Models empírics i propietats de materials.
 - Il·luminació en OpenGL 3.3 (1)
 - Càlcul de color en vèrtexs
 - Shading de polígons
 - Suavitzat d'arestes
 - **Il·luminació en OpenGL 3.3 (2)**
 - Càlcul de color en fragments

IDI 2017-2018 1Q

25

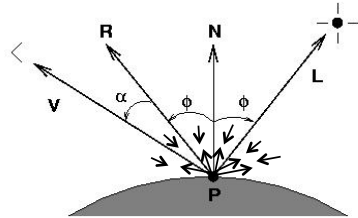
Procés de visualització: Shading (colorat) de polígons



IDI 2017-2018 1Q

26

Millor aproximació al càlcul del color en un punt: “Shading de Phong” en FS



Idea 2:

- Podem fer “out” del VS dels atributs associats a vèrtex com N, V (en SCO) i també de les constants de material.
- La rasterització aproximarà els seus valors pel fragment interpolant la informació dels vèrtexs del triangle ☺

Idea 1: Per cada píxel (fragment) càlcul del color

- Càlcul color per fragment:

$$FragColor = I_{a\lambda} k_{a\lambda} + \sum_i (I_{f_i\lambda} k_{d\lambda} \cos(\Phi_i)) + \sum_i (I_{f_i\lambda} k_{s\lambda} \cos^n(\alpha_i))$$

$$\cos(\Phi) \Rightarrow \text{dot}(L, N) \text{ en SCO}$$

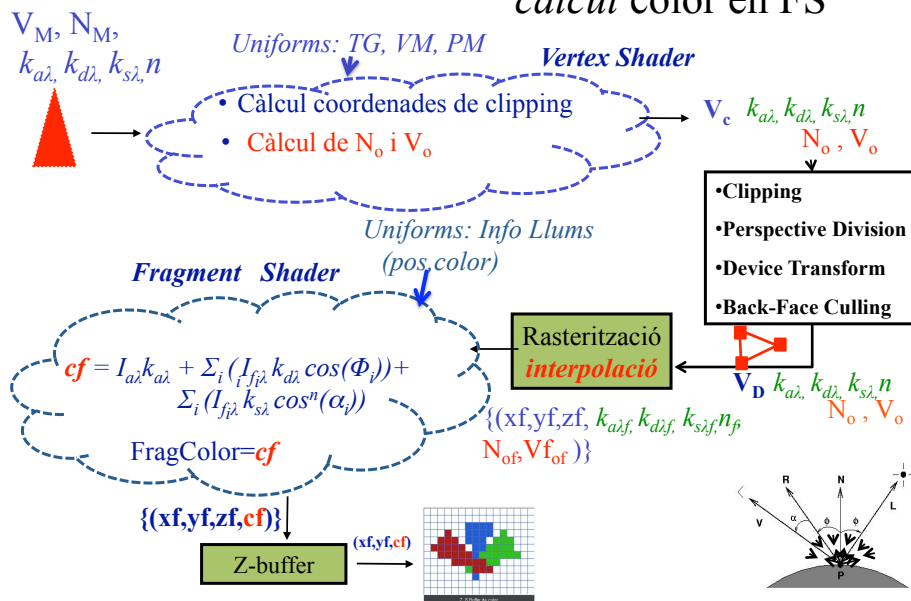
$$\cos(\alpha) \Rightarrow \text{dot}(R, V) \text{ en SCO}$$

- Requereix info de llums \Rightarrow *uniforms*
- Requereix el punt, altres vectors en SCO o SCA i les constants material
- Tenim el punt en SCD \Rightarrow *podríem calcular les seves coordenades en SCO o SCA*; però com podem saber N i les constants material?

IDI 2017-2018 1Q

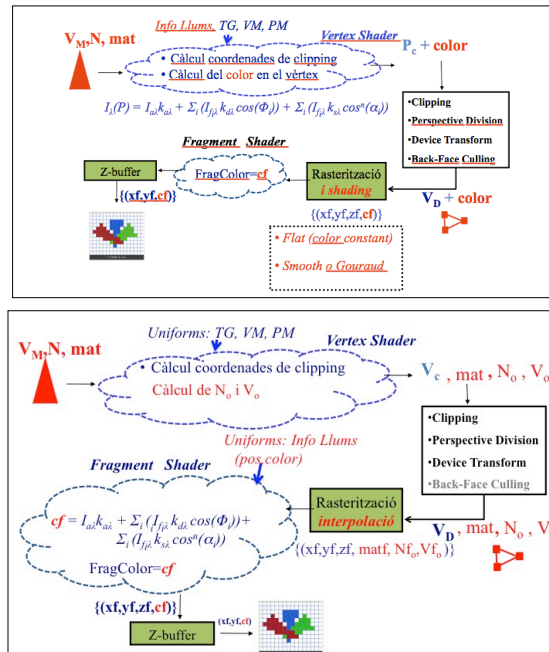
27

Procés de visualització: Phong Shading i càlcul color en FS



IDI 2017-2018 1Q

28



IDI 2017-2018 1Q

29

Exercici 4:

Raona amb quins valors inicialitzaries les constants empíriques del material K_d i K_s d'un objecte que té el següent comportament: els reflexos especulars sempre es veuen del mateix color que la llum del focus i la resta de zones il·luminades pel focus es veuen de color groc si el focus és groc i del mateix color que les zones no il·luminades pel focus quan el focus és de color blau.

IDI 2017-2018 1Q

30

Exercici 58:

Una escena està formada per dos cubs amb les cares paral·leles als plans de coordenades. El CUB1 té aresta 20, el centre de la seva base en $(0,0,0)$ i és de color verd i mate; el CUB2 té aresta 20, centre de la seva base en $(30,0,0)$ i és del mateix color verd però brillant. Il·luminem l'escena amb un focus groc situat en $(50,10,0)$. L'observador es troba en una posició que pot veure les cares dels cubs ubicades en $x=10$ i $x=40$. Si es pinta l'escena amb OpenGL utilitzant model d'il·luminació de Phong en VS i Smooth shading (Gouraud Shading), de quin color es veuran aquestes cares? No hi ha llum ambient.

- a) La cara en $x=10$ és veurà de color verd constant, la cara en $x=40$ també és veurà de color constant però d'un verd més fosc.
- b) La cara en $x=10$ és veurà de color verd constant, la cara en $x=40$ també és veurà de color constant però d'un verd més clar.
- c) La cara en $x=10$ és veurà de color verd constant, la cara en $x=40$ també és veurà de color constant però d'un verd més clar i amb una taca especular groga en mig de la cara.
- d) La cara en $x=10$ és veurà amb diferents tonalitats de verd, la cara en $x=40$ també és veurà amb diferents tonalitats de verd però més clars i amb una taca especular groga en mig de la cara.

IDI 2017-2018 1Q

31

Exercici:

Una escena està formada per tres cubs d'aresta 2, centrats als punts $(-5, 0, 0)$, $(0, 0, 0)$ i $(5, 0, 0)$ i amb cares paral·leles als plans de coordenades. Els cubs són de color magenta mat.

Ubiquem un focus de llum blanca en la posició $(0, 0, 0)$. No hi ha llum ambient. De quin color s'observaran les cares dels cubs ubicades en $x=6$ i $x=-4$?

Observació: la ubicació de la càmera permet veure totes dues cares.

- a) Es veuran negres perquè el focus de llum està dins del cub centrat en $(0, 0, 0)$
- b) Si es té activat el *back-face culling*, es veuran les dues cares de color magenta, més fosca la de $x=6$ perquè està més lluny del focus
- c) Es veurà la cara en $x=6$ negra i la $x=-4$ de color magenta
- d) Si es té activat el *back-face culling*, es veuran les dues cares de color magenta, més fosca la de $x=-4$

IDI 2017-2018 1Q

32

Exercici:

Una esfera brillant de metall que es veu groga quan s'il·lumina amb llum blanca, la posem en una habitació que té llum ambient (.5, .5, .5) i un únic focus, de llum verda, situat 2 metres damunt de la càmera (en direcció de l'eix y).

Quines zones distingirem en la visualització de l'esfera i de quins colors seran?

Justifiqueu la resposta en relació a les propietats del material de l'esfera i les llums. Imagineu que es calcula el color en cada punt de l'esfera.

Exercici:

Un cub amb constants de material $K_d=(0.8,0,0.8)$ i $K_s=(1,1,1)$ i $N=100$, és il·luminat amb un focus que emet llum de color (1,1,0). No hi ha llum ambient. La càmera (correctament definida) és axonomètrica i l'observador i el focus estan a una distància 10 d'una cara (i mirant cap a ella) sobre una recta que és perpendicular a la cara i que passa pel seu centre. Indica, raonant la resposta:

- quins colors observa l'observador en el cub si s'utilitza *FLAT shading* (colorat constant)? Indica els colors dels vèrtexs.
- quins colors observa l'observador en el cub si es pinta amb *SMOOTH shading* (colorat de Gouraud)?