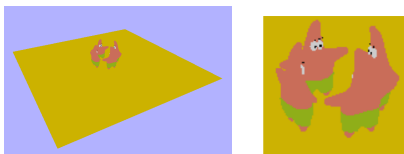
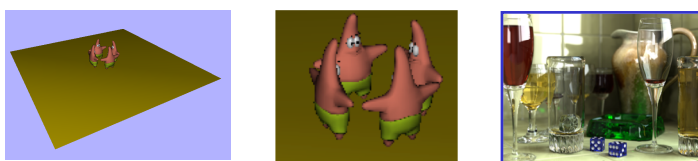


## Classe 6: Introducció a realisme

- Realisme: Eliminació de parts ocultes



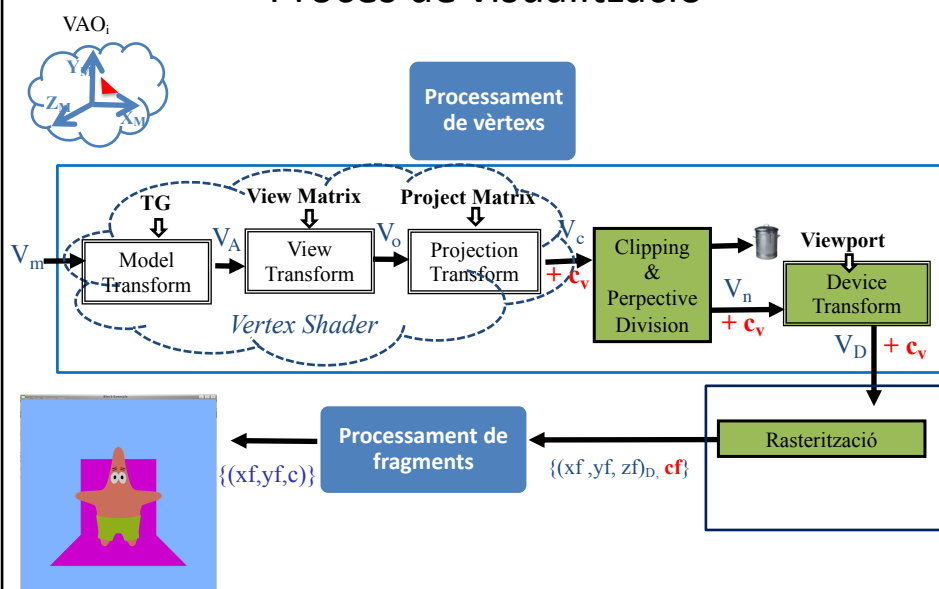
- Realisme: models d'il·luminació



IDI 2018-2019 1Q

1

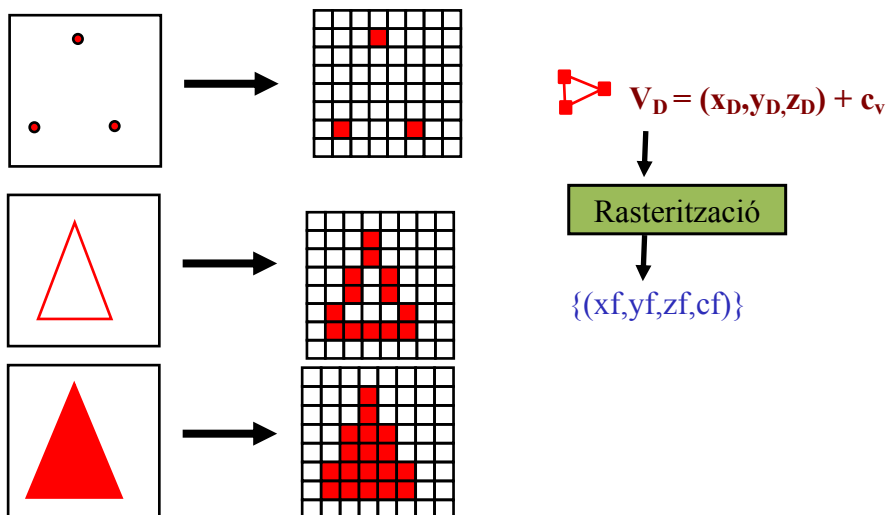
## Procés de visualització



IDI 2018-2019 1Q

## Algorismes de rasterització

La discretització és diferent per a cada primitiva: punt, segment, polígon

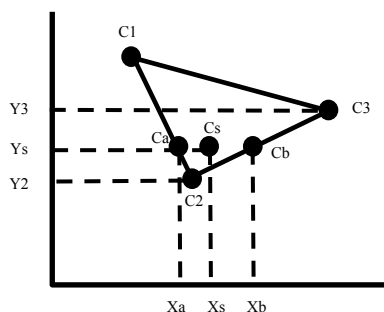


IDI 2018-2019 1Q

3

## 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



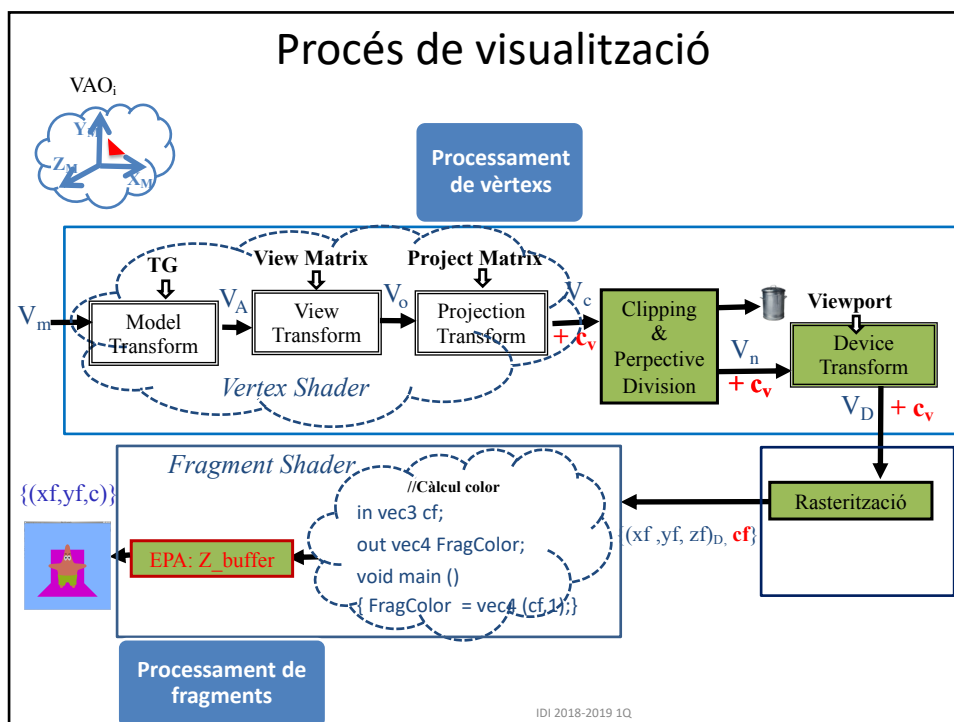
$$C_a = \frac{1}{Y_1 - Y_2} (C_1(Y_s - Y_2) + C_2(Y_1 - Y_s))$$

$$C_b = \frac{1}{Y_3 - Y_2} (C_2(Y_3 - Y_s) + C_3(Y_s - Y_2))$$

$$C_s = \frac{1}{X_b - X_a} (C_a(X_b - X_s) + C_b(X_s - X_a))$$

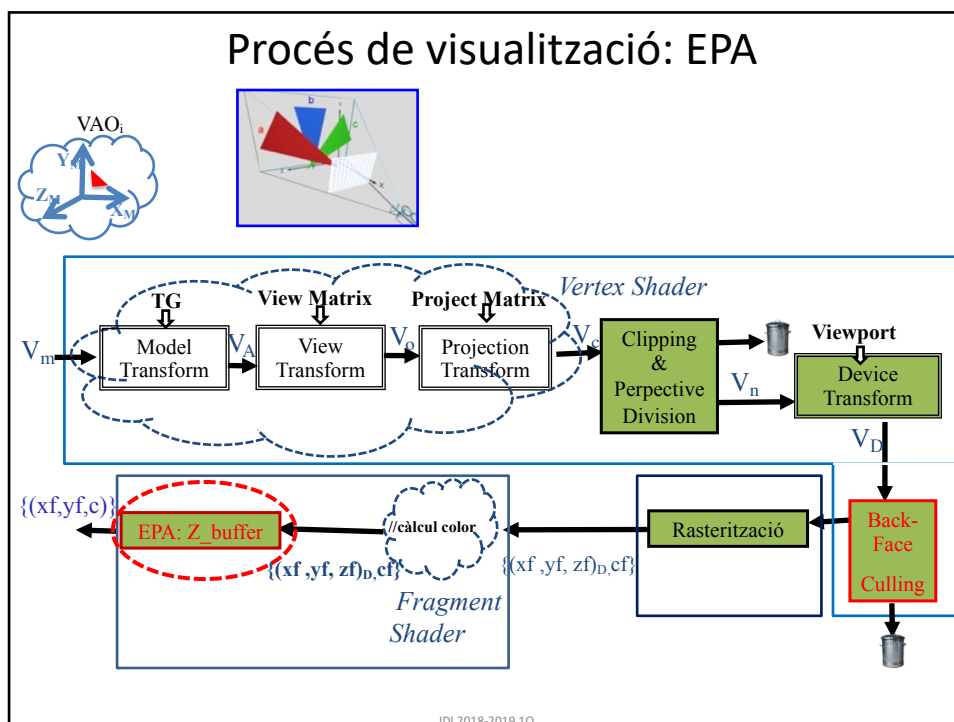
IDI 2018-2019 1Q

4



## Classe 6: contingut

- **Realisme: Eliminació de parts ocultes**
  - Depth-buffer
  - Back-face culling
- **Realisme: Il·luminació (1)**
  - Càlcul del color en un punt
  - Models d'il·luminació empírics



## Depth Buffer

- Mètode EPA en espai imatge (*a nivell de píxel/fragment*)
- Després de la **rasterització i del Fragment Shader**
- Requereix conèixer per a cada píxel, un valor (depth) que sigui proporcional a la distància a l'observador a la que es troba el polígon que es projecta en el píxel.
- No importa ordre en que s'enviïn a pintar els triangles
- No requereix tenir el Back-face culling activat

## Depth Buffer (z-buffer)

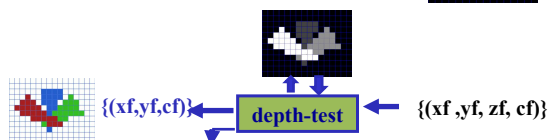
- Dos buffers de la mateixa resolució que la pantalla
 

Buffer color (frame_buffer)	Buffer profunditats (depth_buffer)
$(r, g, b) \in [0, 2^n - 1]$	$z \in [0, 2^{nz} - 1]$

1. Inicialitzar al color de fons



1. Inicialitzar al més lluny possible



```

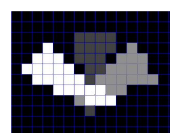
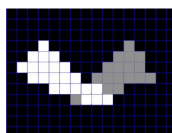
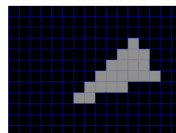
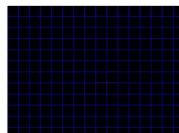
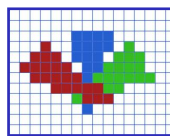
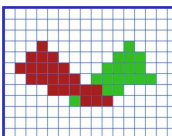
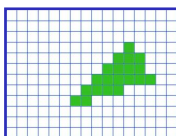
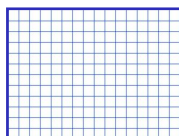
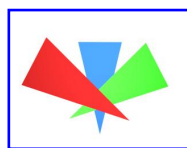
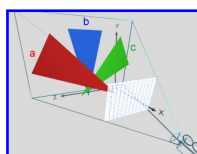
if (zf < depth_buffer[xf,yf]) {
    depth_buffer [xf,yf] = zf;
    color_buffer [xf,yf] = cf;
}

```

IDI 2018-2019 1Q

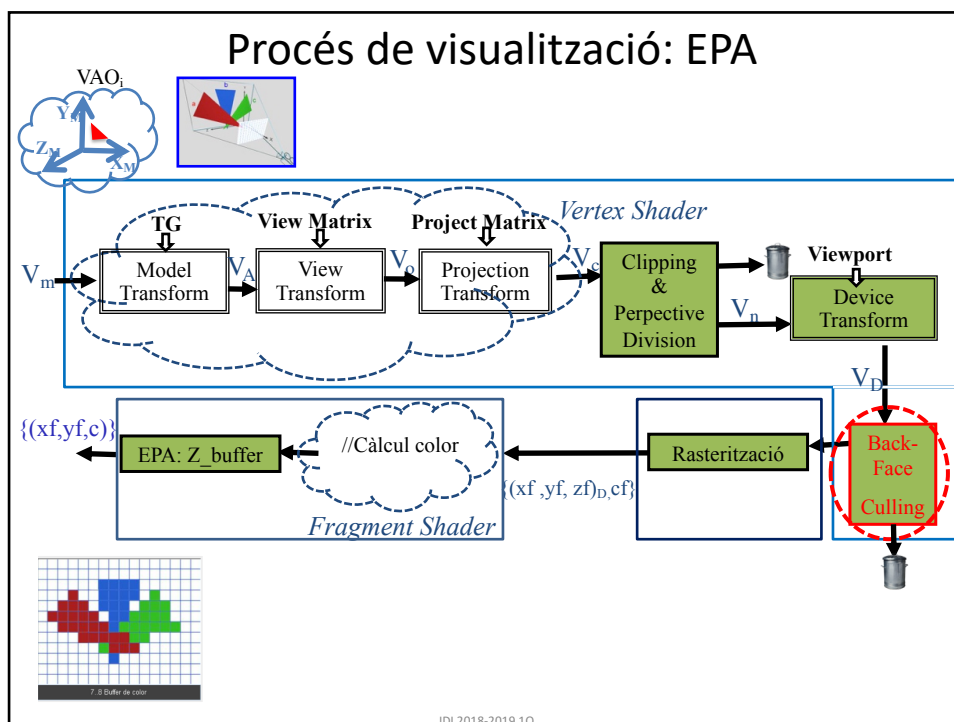
9

## Depth Buffer (z-buffer)



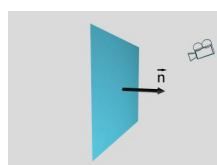
IDI 2018-2019 1Q

10

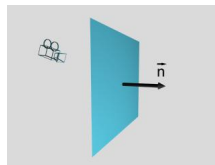


## Back-face Culling

- Mètode EPA en espai *objecte* (a nivell de triangle)
- Requereix cares orientades, opaques, objectes tancats
- Considera escena formada només per la *cara* i l'*observador*
- És conservatiu (determina les cares que “segur” no són visibles)

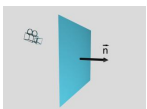
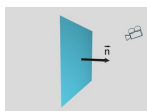


visible



no visible

## Back-face Culling

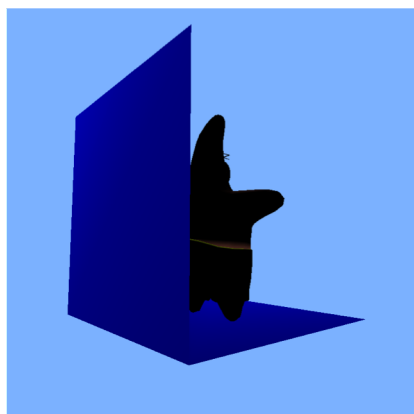


- OpenGL fa el càlcul en coord. dispositiu
  - direcció de visió  $(0,0,-1)$
  - visibles les cares amb  $n_z > 0$  (ordenació vèrtexs antihorari)
  - el càlcul de la normal de la cara el fa OpenGL a partir dels vèrtexs en coordenades de dispositiu => **importància ordenació vèrtexs.**

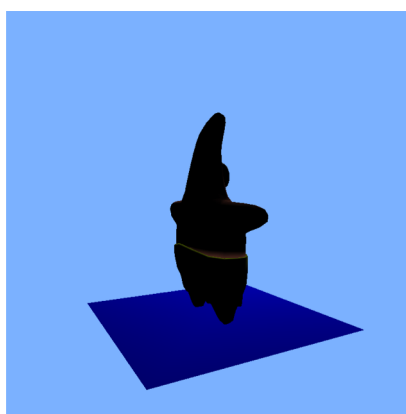


## Exemple que podreu comprovar al laboratori

Sense culling



Amb culling



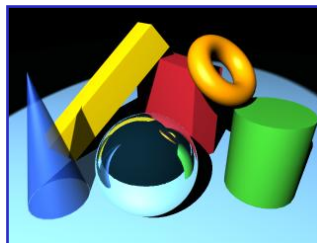
`glEnable (GL_CULL_FACE);`

## Classe 6: contingut

- Realisme: Eliminació de parts ocultes
  - Depth-buffer
  - Back-face culling
- **Realisme: Il·luminació (1)**
  - Càlcul del color en un punt
  - Models d'il·luminació empírics

## Introducció

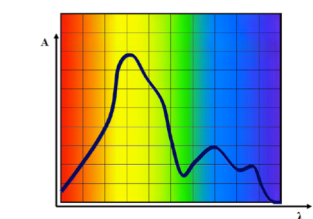
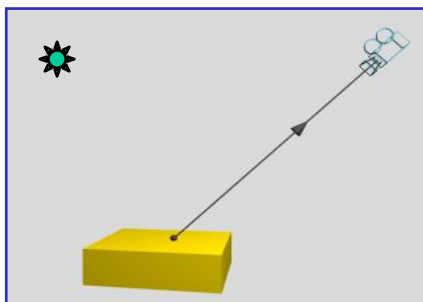
- Els models d'il·luminació simulen el comportament de la llum per determinar el color d'un punt de l'escena.
- Permeten obtenir imatges molt més realistes que pintant cada objecte d'un color uniforme:





## Color d'un punt

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:  $I_\lambda(P \rightarrow Obs)$



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

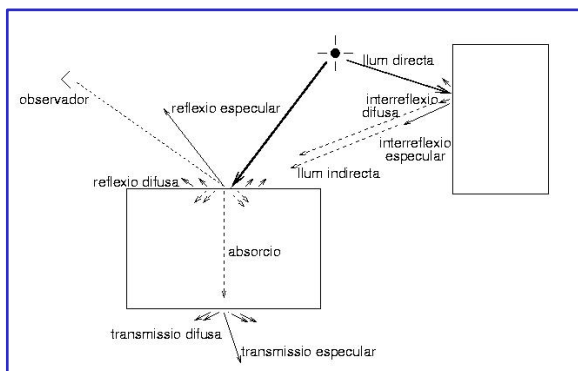
IDI 2018-2019 1Q

17

## Elements que intervenen

El color que arriba a l'Obs procedent de P,  $I_\lambda(P \rightarrow Obs)$ , depèn de:

- Fonts de llum
- Materials
- Altres objectes
- Posició de l'observador
- Medi pel que es propaga



IDI 2018-2019 1Q

18

## Models d'il·luminació

- Els models d'il·luminació simulen les lleis físiques que determinen el color d'un punt.
- El càlcul exacte és computacionalment inviable.
- Una primera simplificació és usar només les energies corresponents a les llums vermella, verda i blava.

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

IDI 2018-2019 1Q

19

## Models locals o empírics

- Només consideren per al 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.

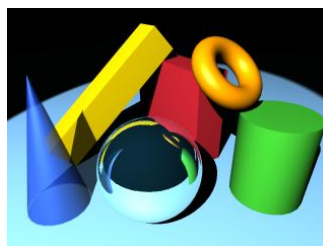
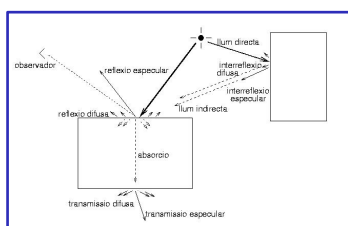


IDI 2018-2019 1Q

20

## Models de traçat de raig

- Els models d'il·luminació de traçat de raig consideren:
  - Focus de llum puntuals
  - Altres objectes existents en l'escena però **només transmissions especulars**
- Permeten simular ombres, transparències i miralls.
- Són més costosos en càlcul .

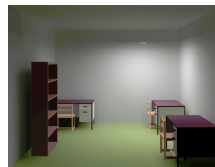


IDI 2018-2019 1Q

21

## Models de radiositat

- Consideren els focus de llum com un objecte qualsevol de l'escena.
- Els objectes només poden produir **reflexions difuses pures**.
- Com que totes les reflexions són difuses, la radiositat no considera la posició de l'observador.
- Poden **modelar ombres i penombres, però no miralls ni transparències**.
- Són els més costosos i es basen en l'anàlisi de l'intercanvi d'energia entre tots els objectes de l'escena.

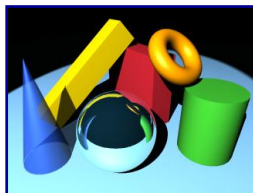


IDI 2018-2019 1Q

22

## Models d'il·luminació: Classificació

- Models Locals o empírics
- Models Globals: traçat de raig, radiositat



IDI 2018-2019 1Q

23

## Classe 6: contingut

- Realisme: Eliminació de parts ocultes
  - Depth-buffer
  - Back-face culling
- **Realisme: Il·luminació (1)**
  - Càlcul del color en un punt
  - **Models d'il·luminació empírics**

IDI 2018-2019 1Q

24

## 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 2018-2019 1Q

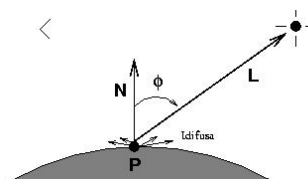
25

## 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.

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

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



- $I_{f\lambda}$  : 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 2018-2019 1Q

26

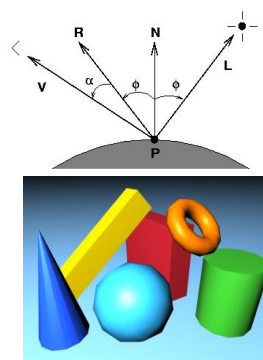
## Model empíric especular (Phong)

- 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  $\mathbf{L}$  respecte  $\mathbf{N}$  i es pot calcular com:  $\mathbf{R} = 2\mathbf{N}(\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) - \mathbf{L}$  si tots els vectors són normalitzats.

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

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

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



IDI 2018-2019 1Q

27

## 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	

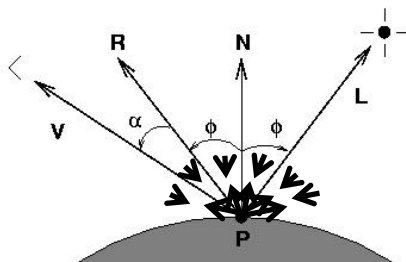
$$I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda} k_{a\lambda} + \sum_i (I_{f_i\lambda} k_{d_i\lambda} \cos(\Phi_i)) + \sum_i (I_{f_i\lambda} k_{s_i\lambda} \cos^n(\alpha_i))$$

IDI 2018-2019 1Q

28

- 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 2018-2019 1Q

29

### Exercici 1:

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

IDI 2018-2019 1Q

30

**Exercici 2:**

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.

IDI 2018-2019 1Q

31

**Exercici 3:**

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?

IDI 2018-2019 1Q

32



### 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 2018-2019 1Q

33

### Exercici 5:

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 2018-2019 1Q

34