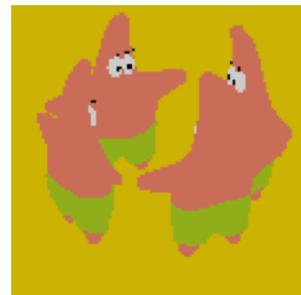
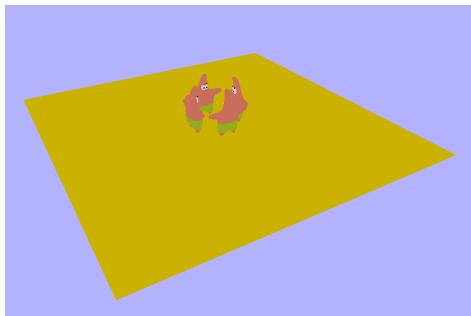
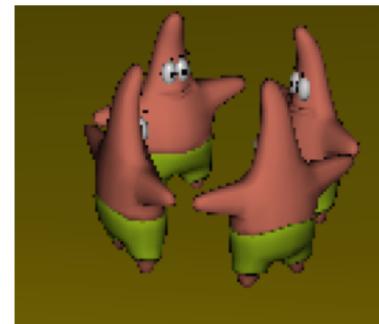
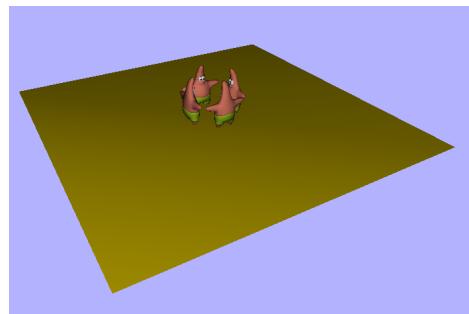


Classe 6: contingut

- Realisme: Eliminació de parts ocultes



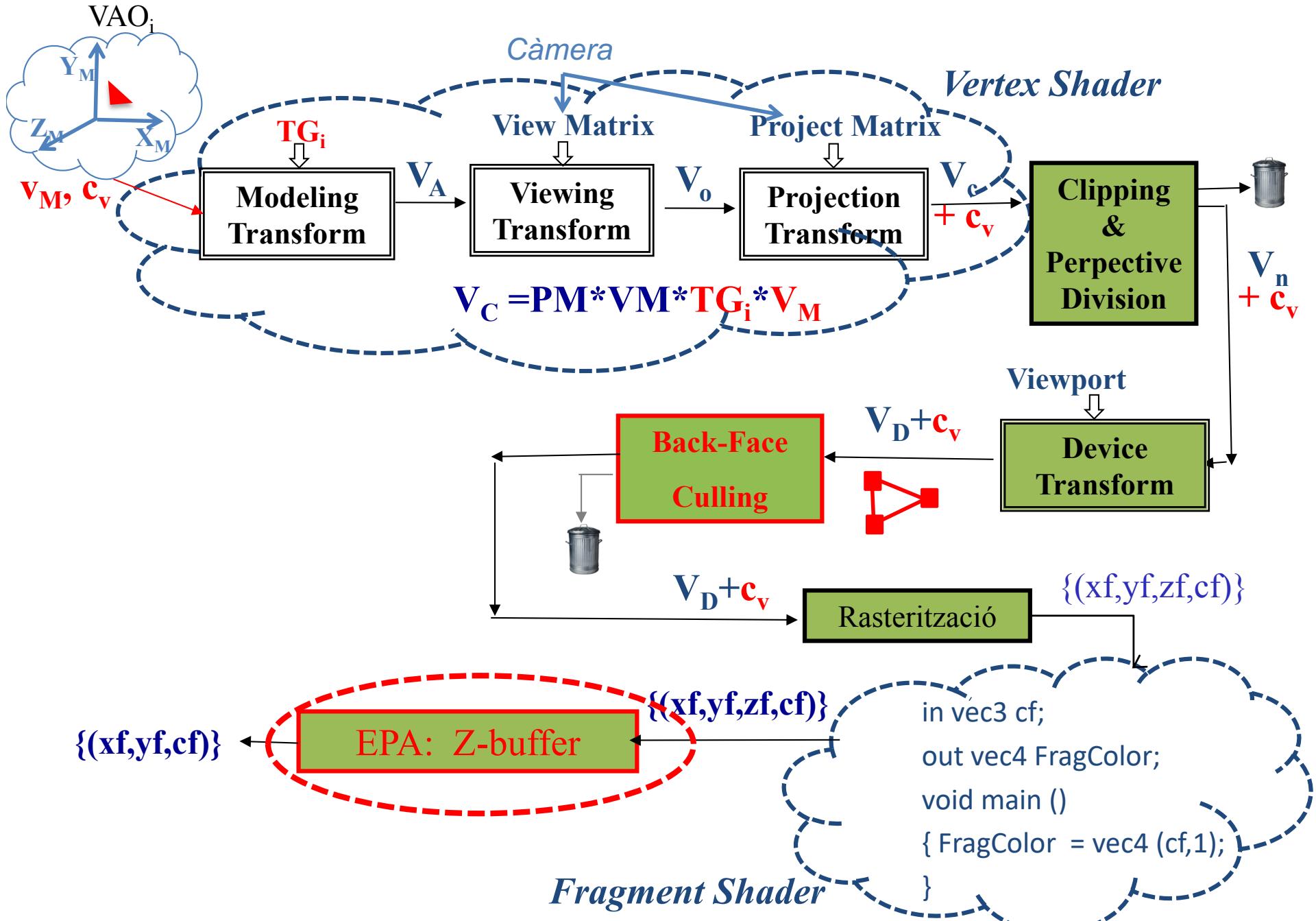
- Realisme: models d'il·luminació



Classe 6: contingut

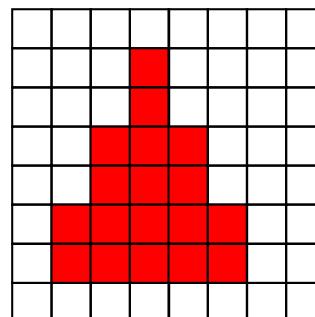
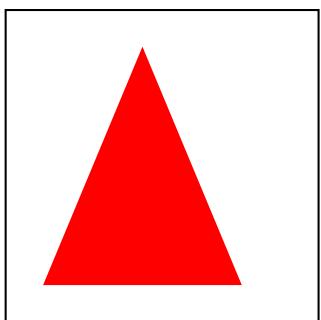
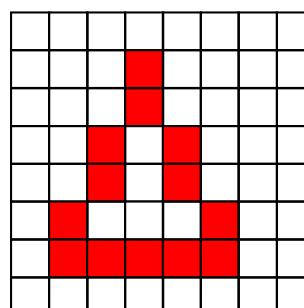
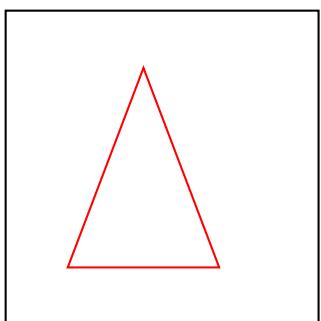
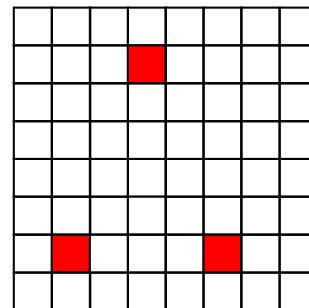
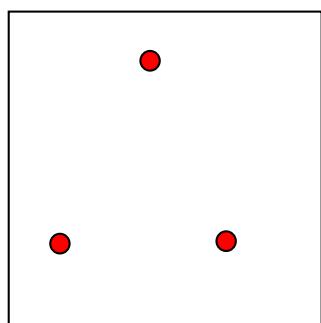
- **Realisme: Eliminació de parts ocultes**
 - Depth-buffer
 - Back-face culling
- Realisme: Il·luminació (1)
 - Càcul del color en un punt
 - Models d'il·luminació empírics

Procés de visualització



Algorismes de rasterització

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



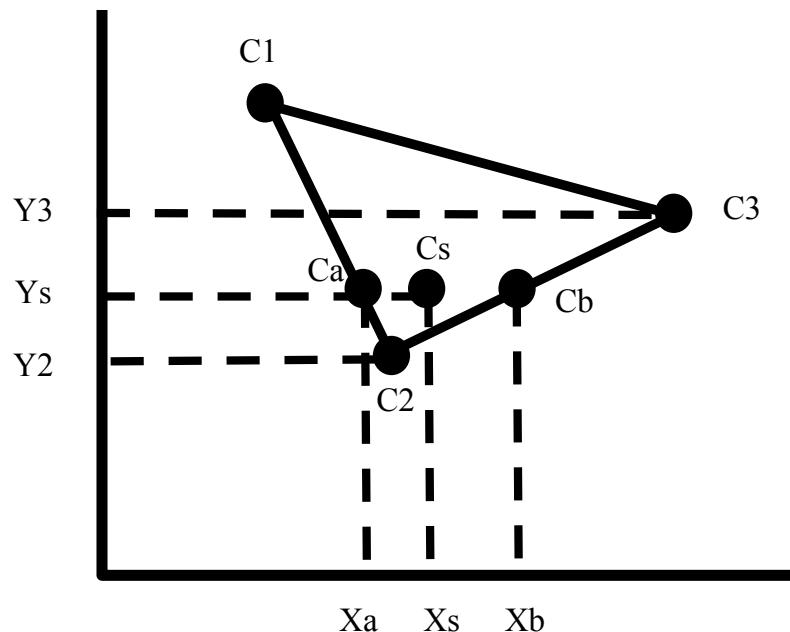
$$V_D = (x_D, y_D, z_D, cv)$$

Rasterització

$\{(x_f, y_f, z_f, cf)\}$

Shading (colorat) de polígons

- Colorat Constant \equiv Flat shading $\rightarrow C_f = C1$
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

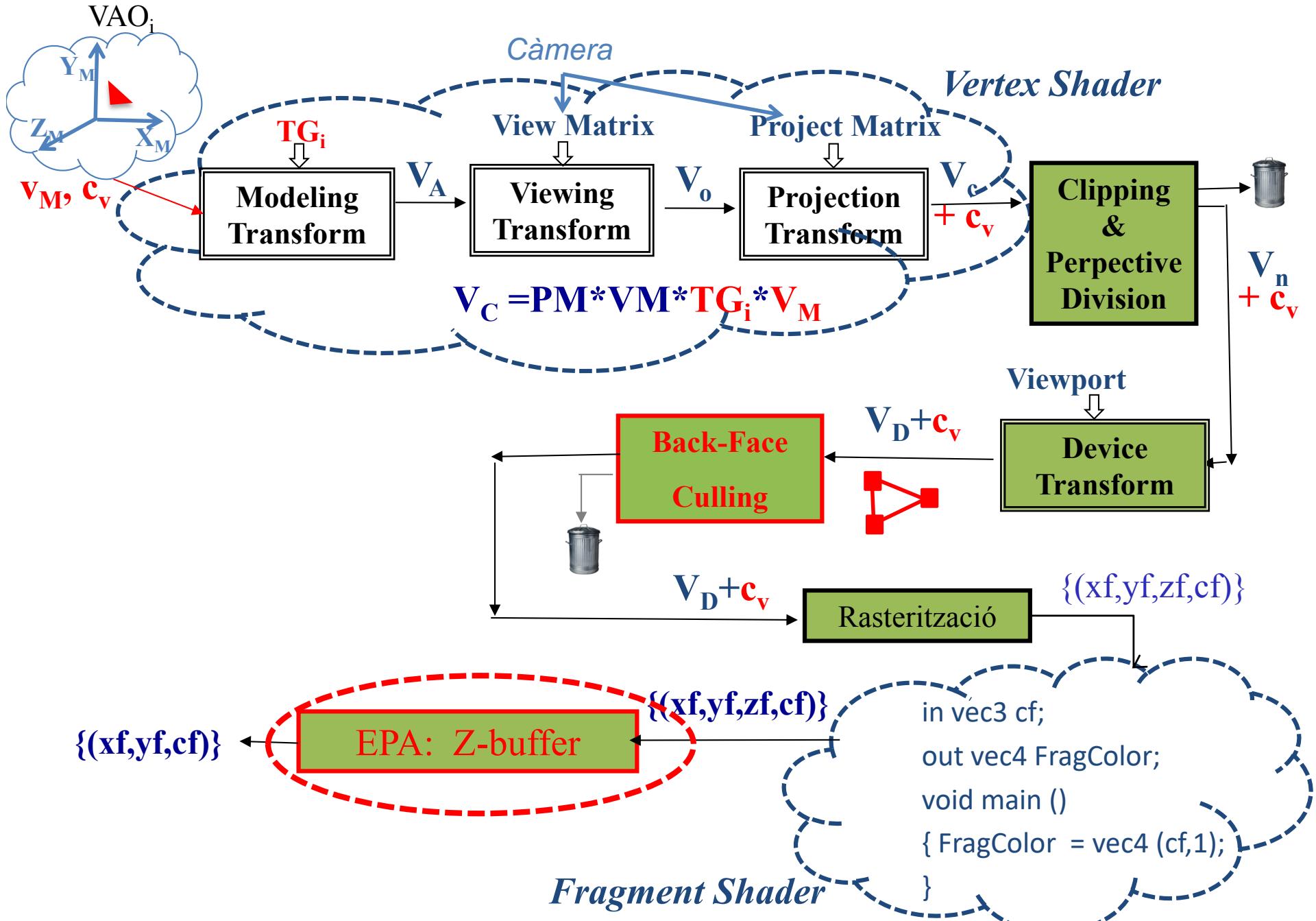


$$Ca = \frac{1}{Y1 - Y2} (C1(Ys - Y2) + C2(Y1 - Ys))$$

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

$$Cs = \frac{1}{Xb - Xa} (Ca(Xb - Xs) + Cb(Xs - Xa))$$

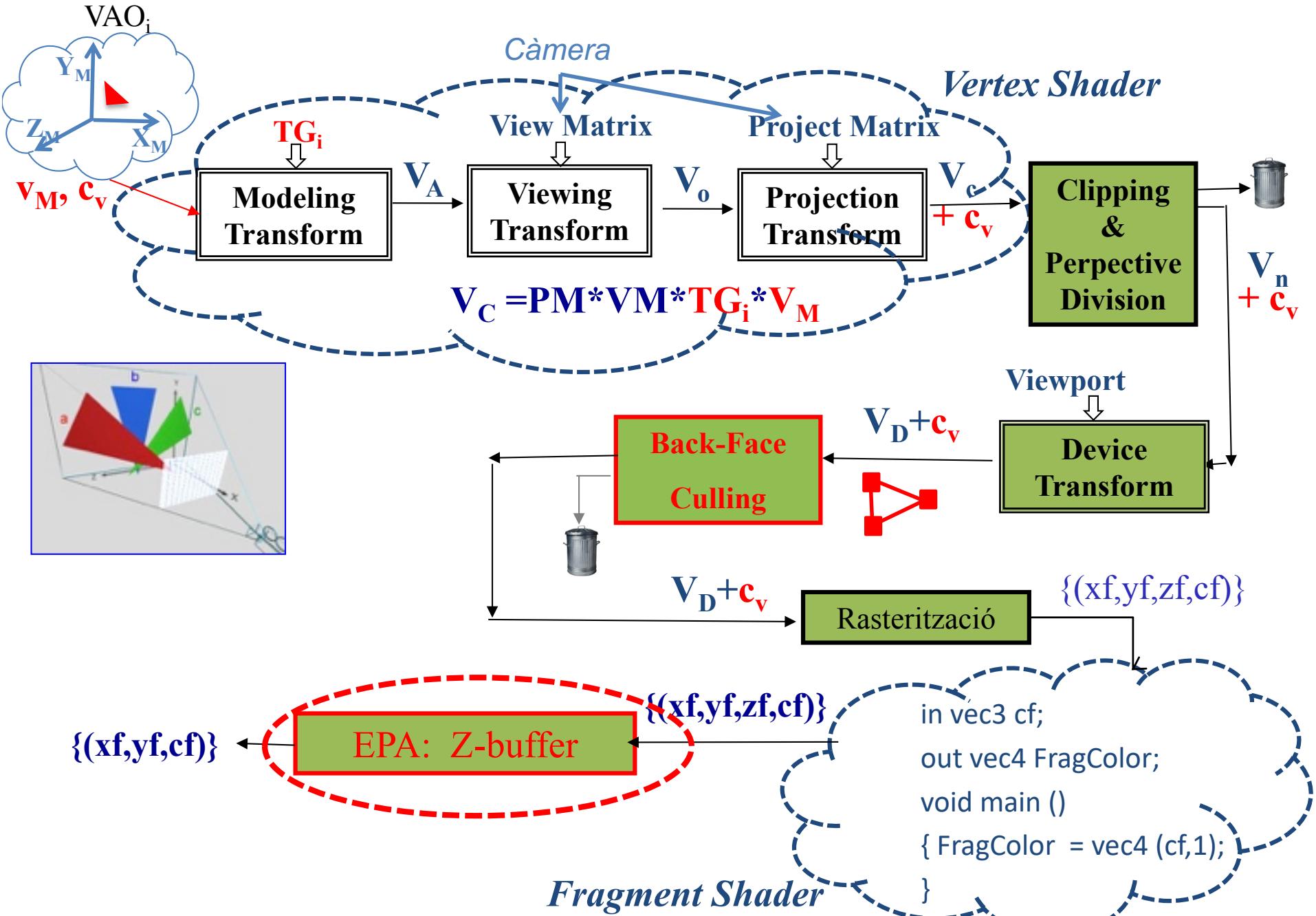
Procés de visualització



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

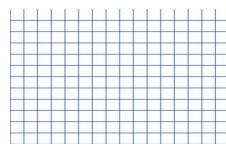
Procés de visualització



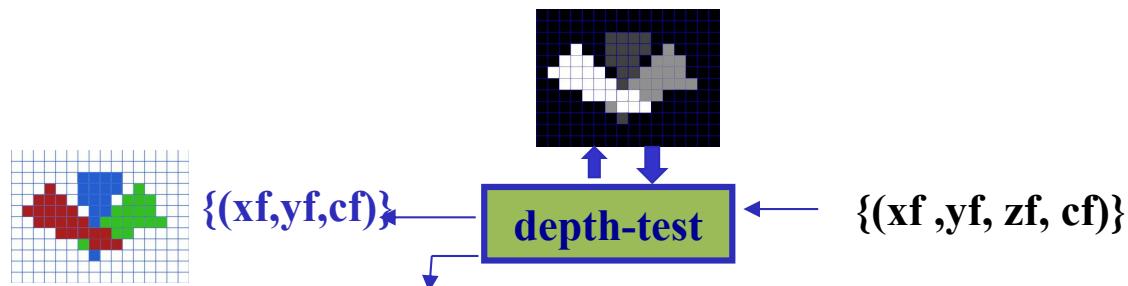
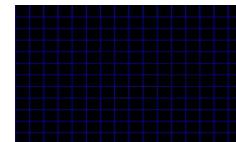
Depth Buffer (z-buffer)

- 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

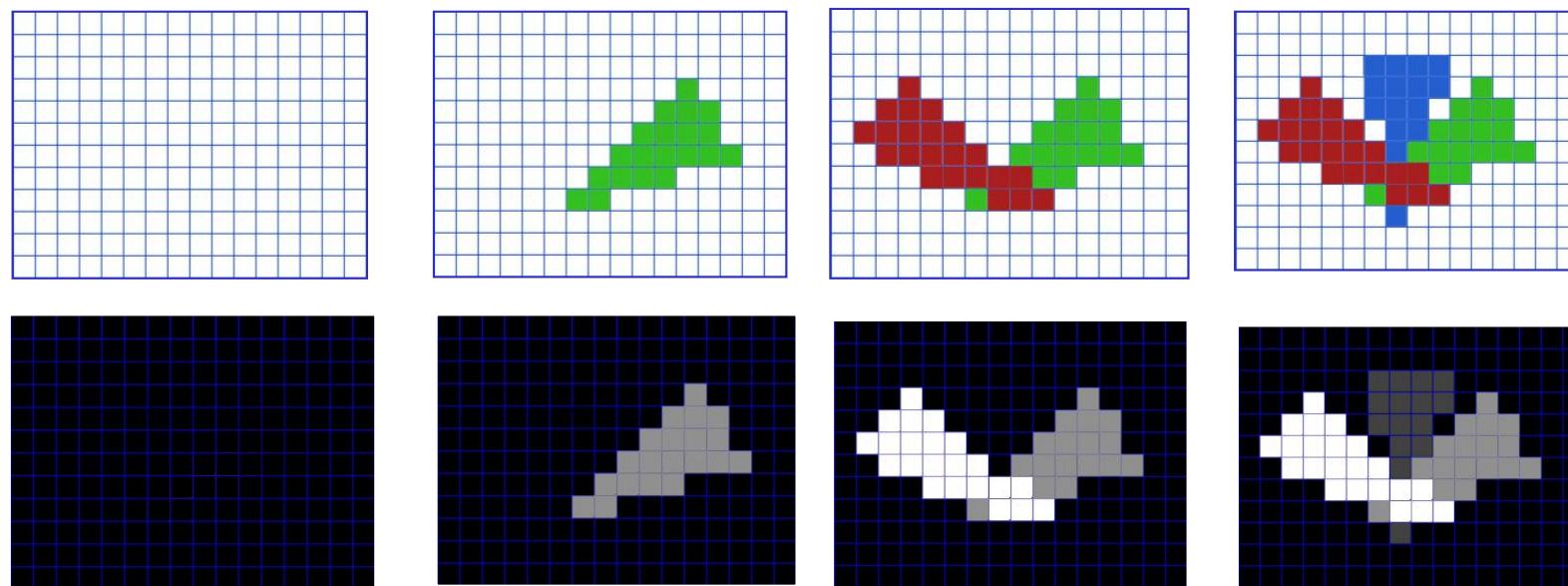
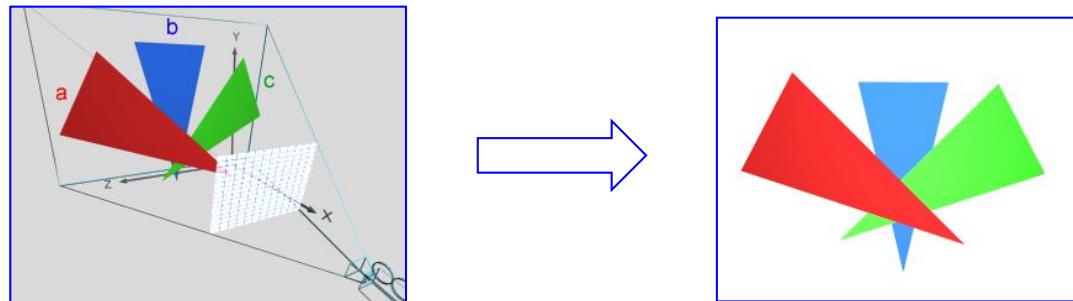


1. Inicialitzar al més lluny possible

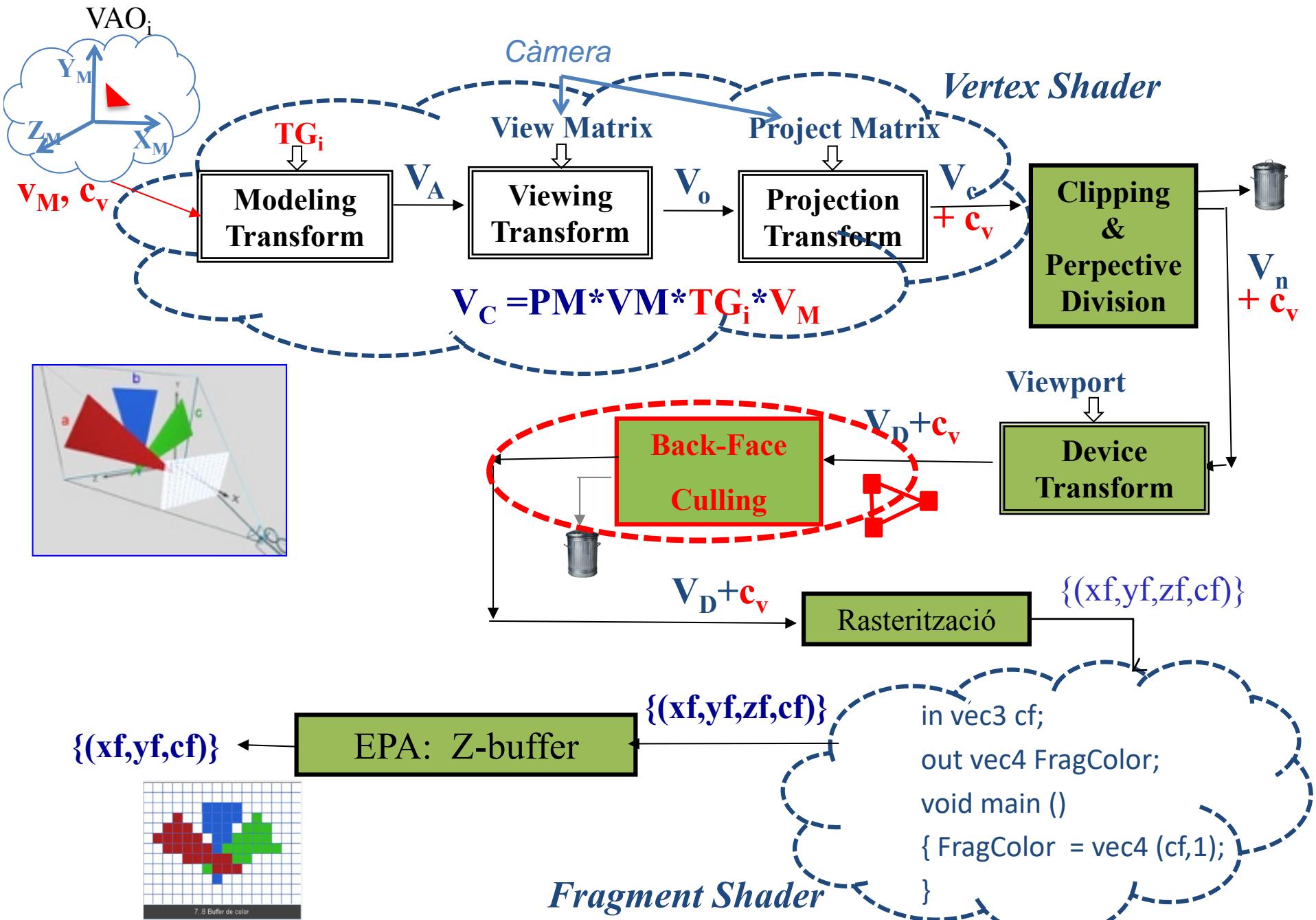


```
if (zf < depth_buffer[xf, yf]) {  
    depth_buffer [xf, yf] = zf;  
    color_buffer [xf, yf] = cf;  
}
```

Depth Buffer (z-buffer)

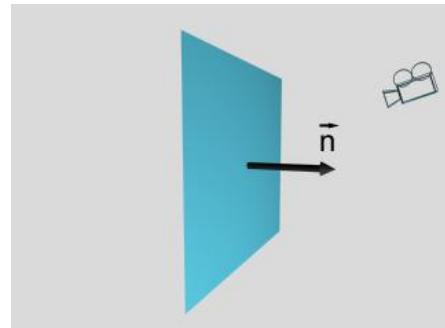


Procés de visualització

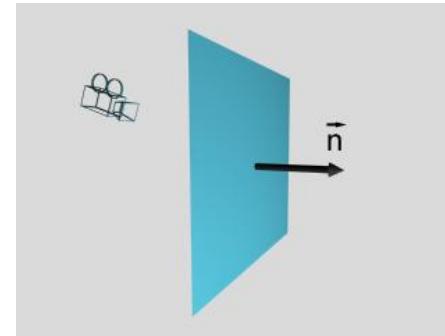


Back-face Culling

- 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)



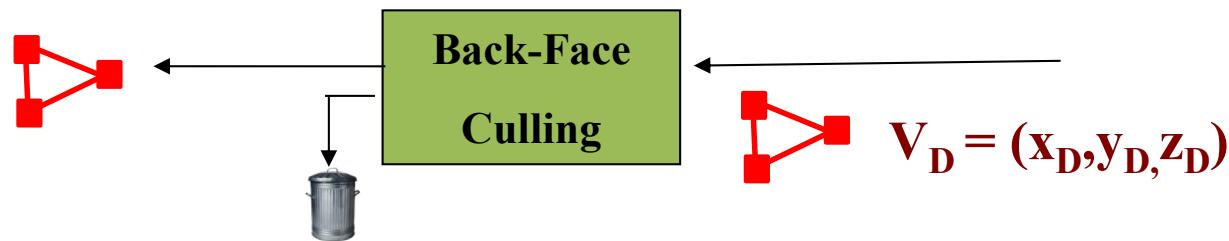
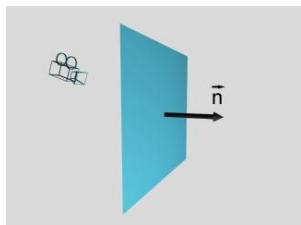
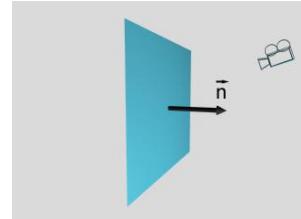
visible



no visible

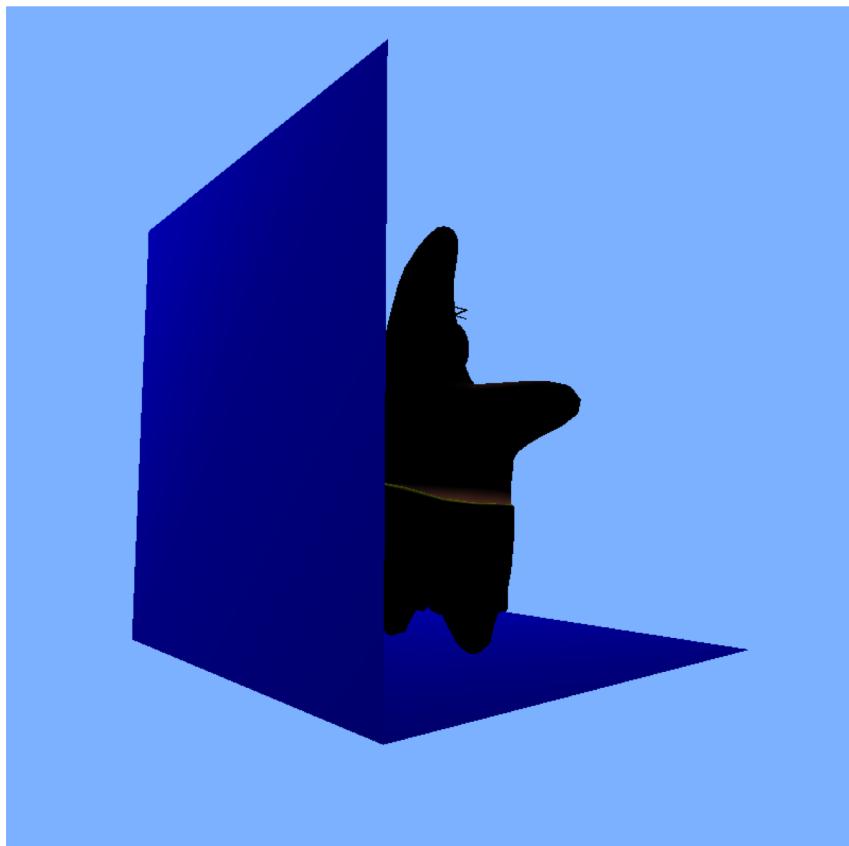
Back-face Culling

- 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



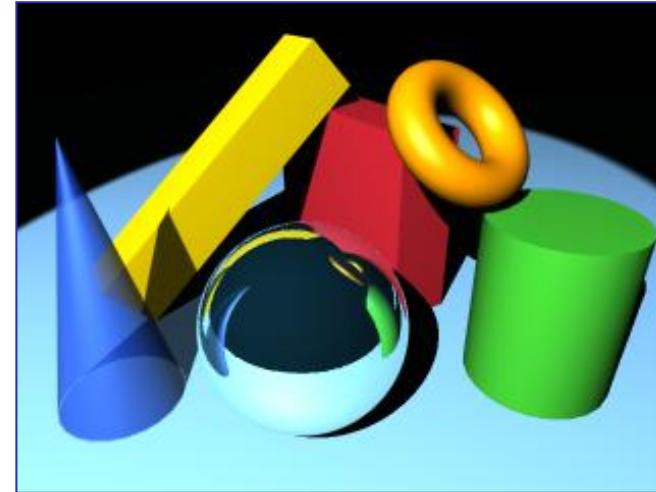
`glEnable (GL_CULL_FACE);`

Classe 6: contingut

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

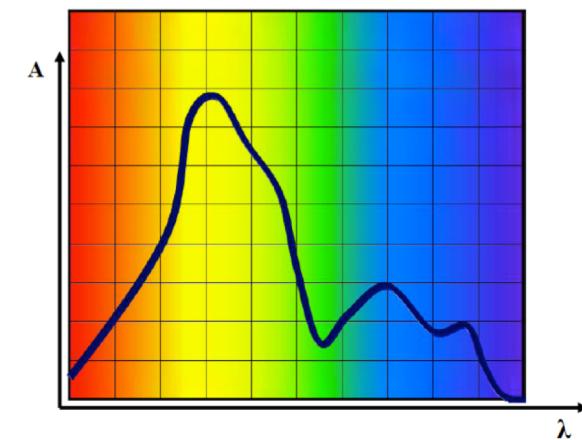
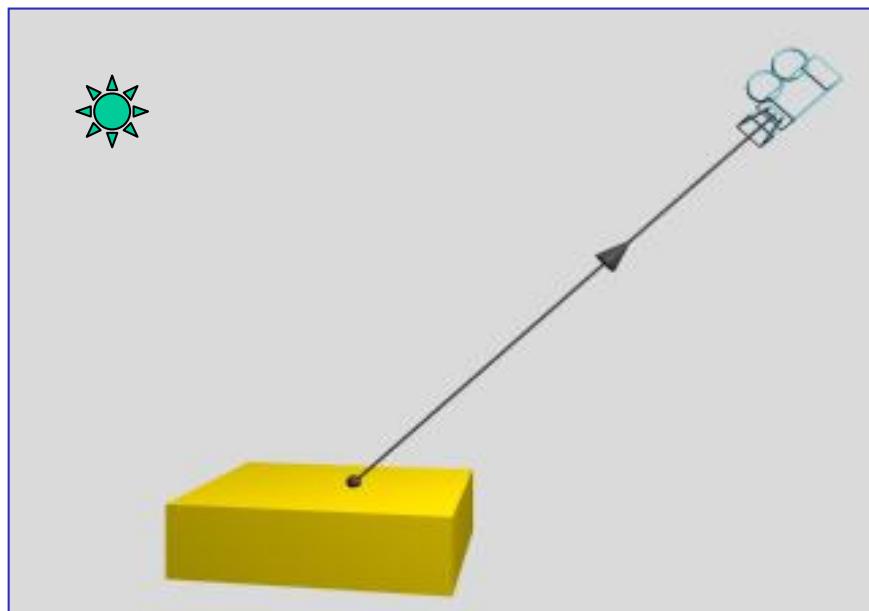
Introducció

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

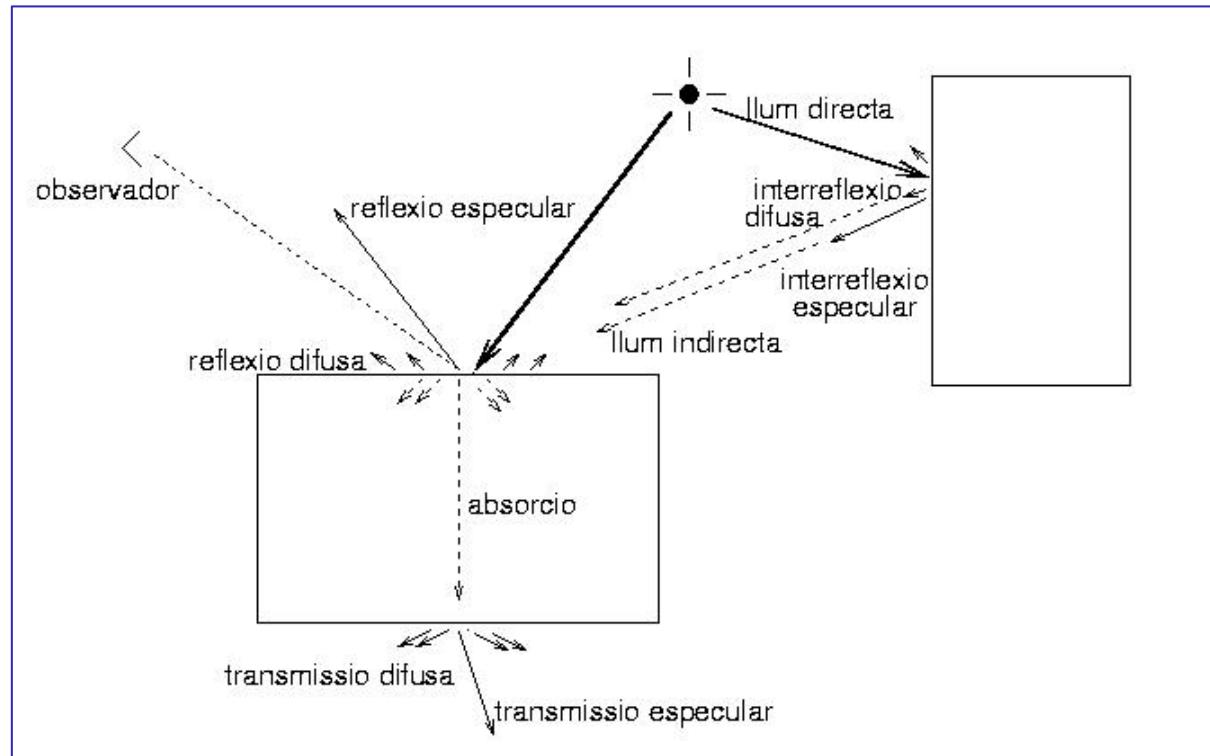


$$I_\lambda(P \rightarrow Obs) \quad \lambda \in \{r,g,b\}$$

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



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.

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

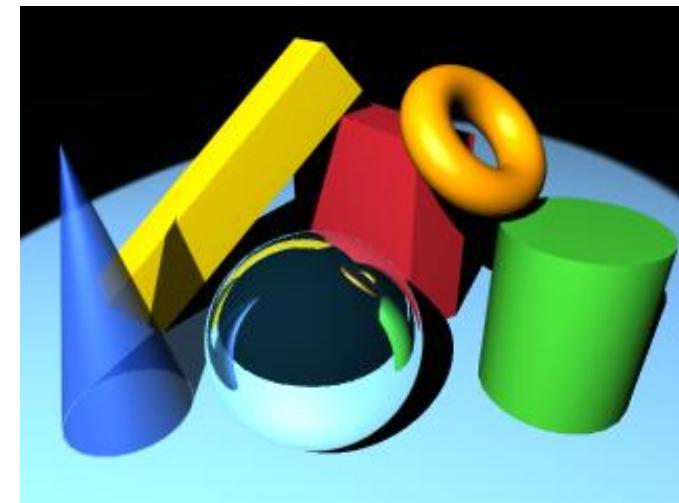
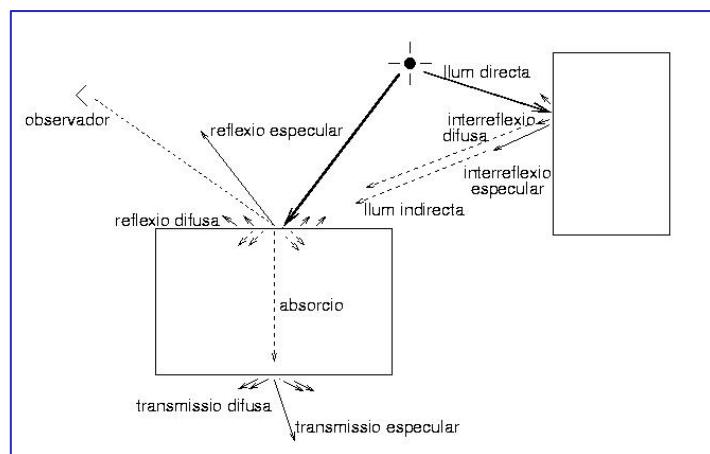
Models locals o empírics

- 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 (**noombres, nomiralls, no transparències**).
- Aproximen la transmissió de la llum per fòrmules empíriques i les propietats de reflexió dels materials per constants.



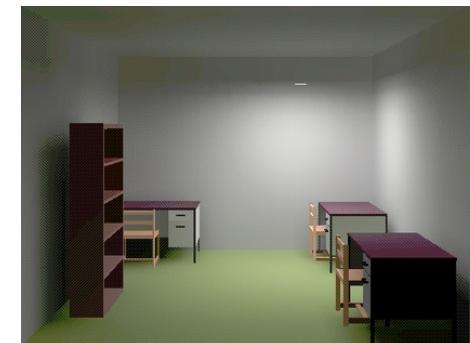
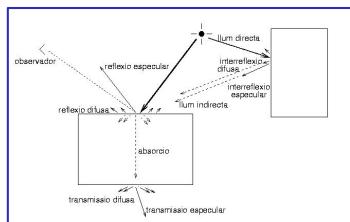
Models de traçat de raig

- 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 càcul .



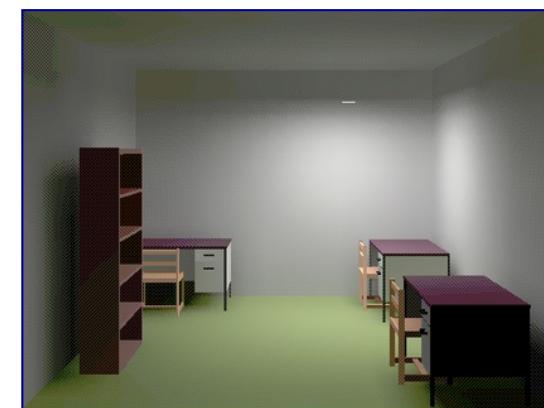
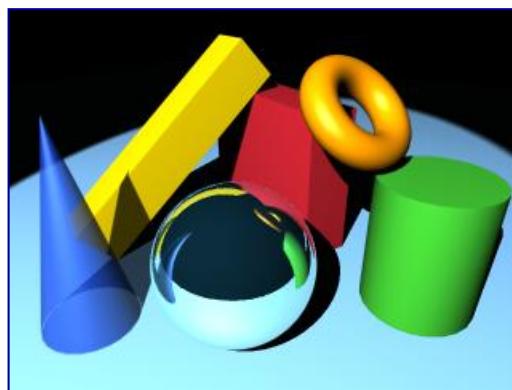
Models de radiositat

- Consideren els focus de llum com un objecte qualsevol de l'escena.
- Els objectes només poden produir **reflexions difuses**.
- 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.



Models d'il·luminació: Classificació

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



Classe 6: contingut

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

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

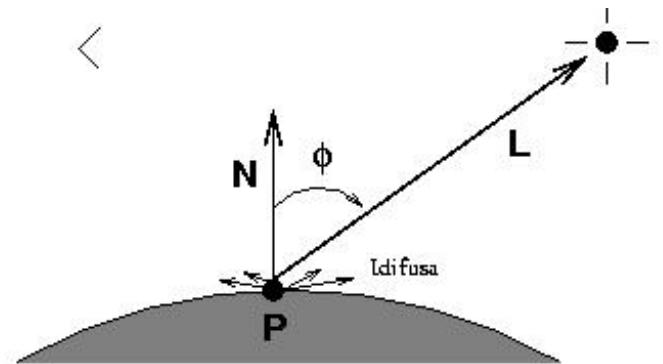


Model empíric difús (Lambert)

- 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



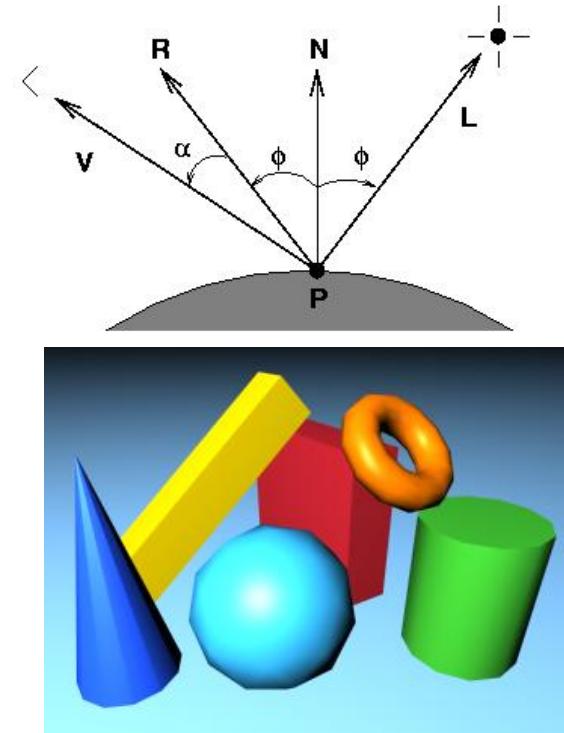
Model empíric espectral (Phong)

- Focus de llum puntuals i objectes només reflexió specular.
- L'observador només podrà observar la reflexió specular en un punt si es troba en la direcció de la reflexió specular.
- La direcció d'especularitat és la simètrica de \mathbf{L} respecte \mathbf{N} i es pot calcular com: $\mathbf{R} = 2\mathbf{N}(\mathbf{N}^*\mathbf{L}) - \mathbf{L}$ 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 specular (x,x,x)
- n : exponent de reflexió specular



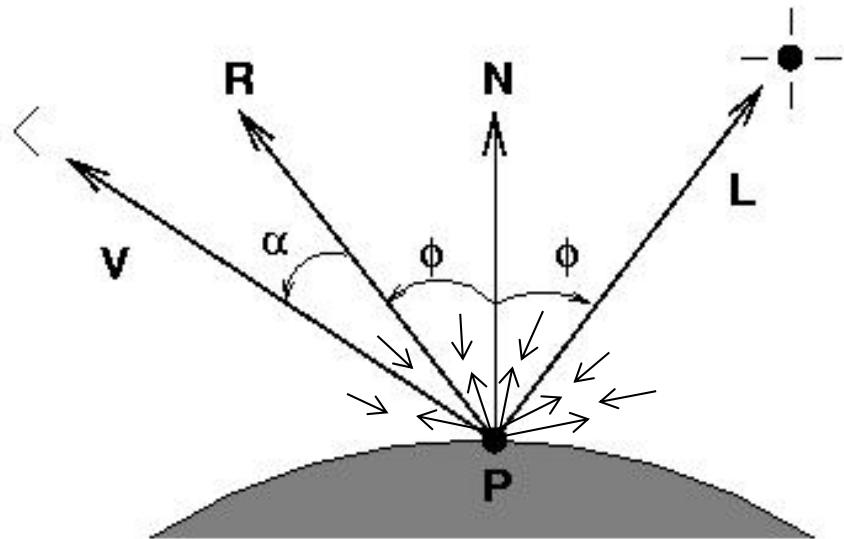
Resum

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	

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

- Veure applets llibre

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



Exercici 1:

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

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.

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?

Exercici 4:

Raona amb quins valors inicialitzaries les constants empíriques del material Kd i Ks 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.

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 central 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 $x=-4$