Classe 3: Especificació càmera

- **La càmera en el Procés de Visualització**
- Posició i orientació
- Òptica
  - Perspectiva
  - Ortogonal
- La càmera en el Vertex Shader
- Sistemes de coordenades – afegim TG
- Zoom
- Exemples

Aplicació gràfica

Dades

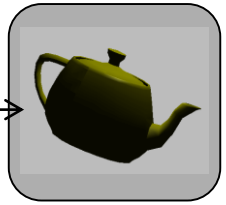
MODEL
{▲}

Càmera, llums,...

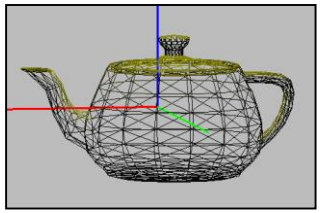
Visualització

píxel(x,y,c)

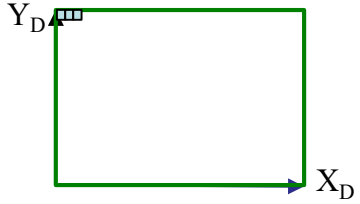
Frame Buffer

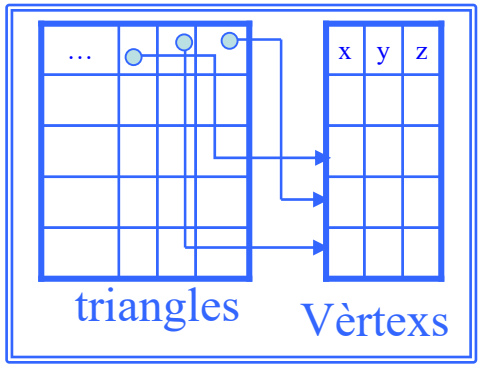


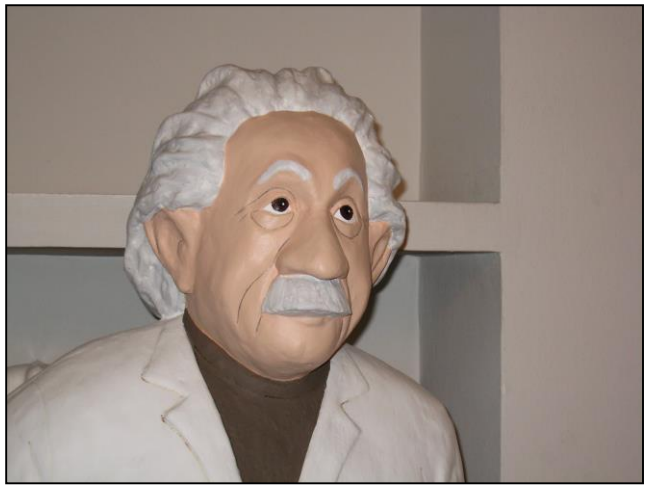
taula [res_x][res_y] de color
color = (r,g,b)
r, g, b en [0…$n_{r,g,b}$-1]



Interacció



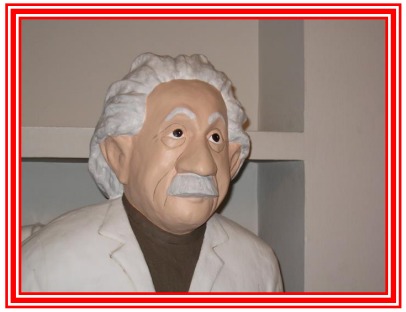


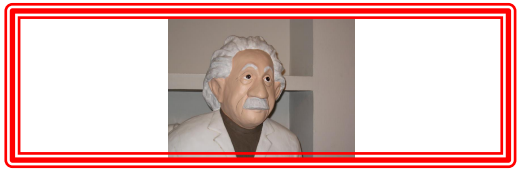


1. Posició, orientació
2. Òptica

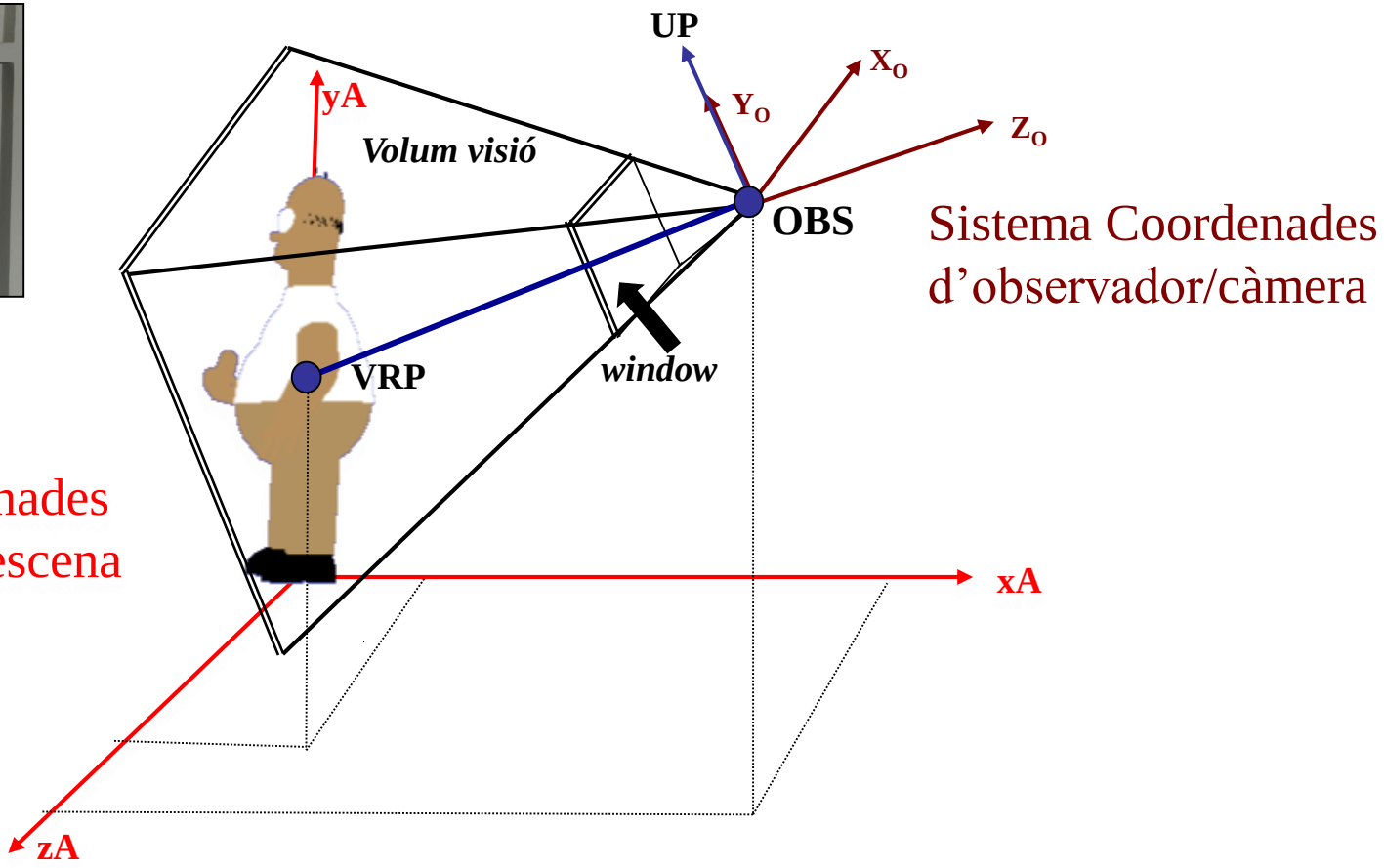
3. Fer la Foto

4. Emmarcar





Com indicar la càmera?

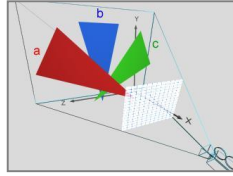


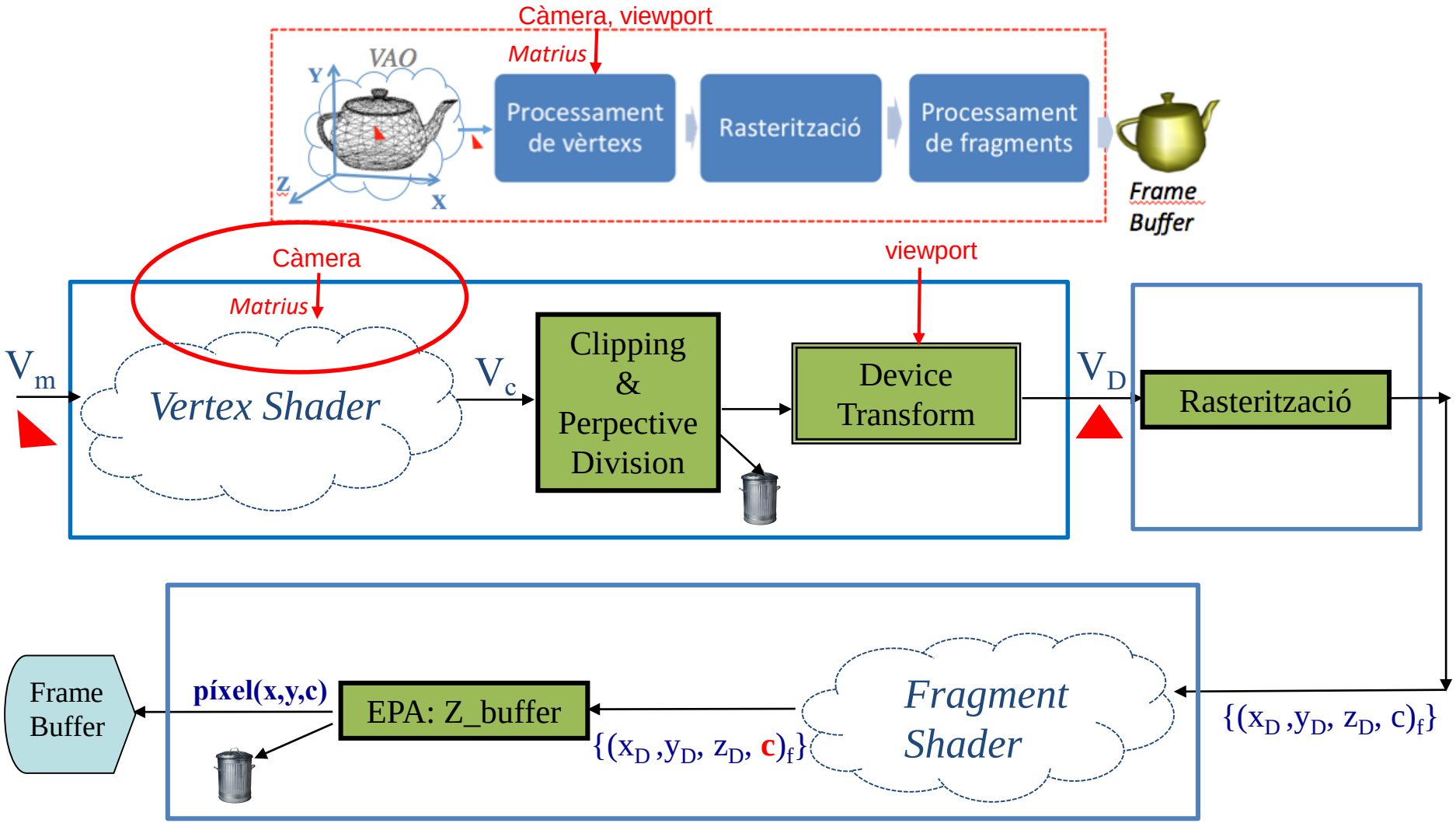
Sistema Coordenades d'observador/càmera

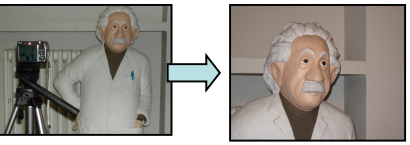
Sistema Coordenades Aplicació/món/escena

1. Ubicació càmera respecte SCA: obs, vrp, up
2. Definir òptica: Volum de Visió ➔ window, zNear, zFar

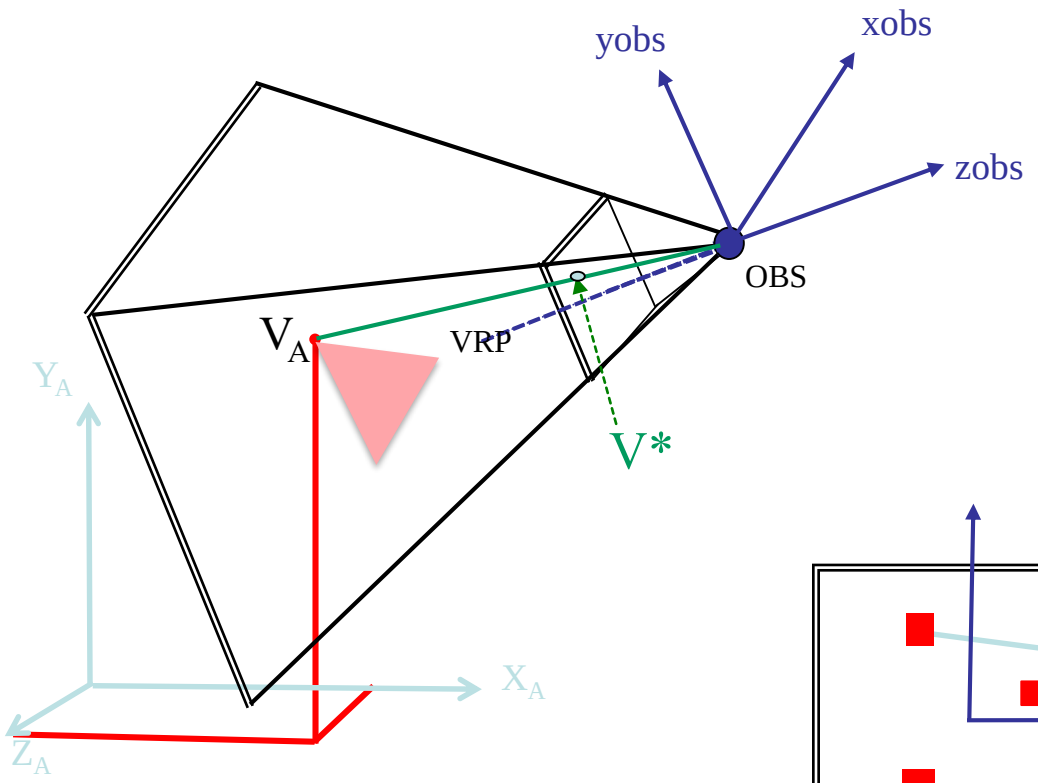
Procés de visualització d'OpenGL 3.3

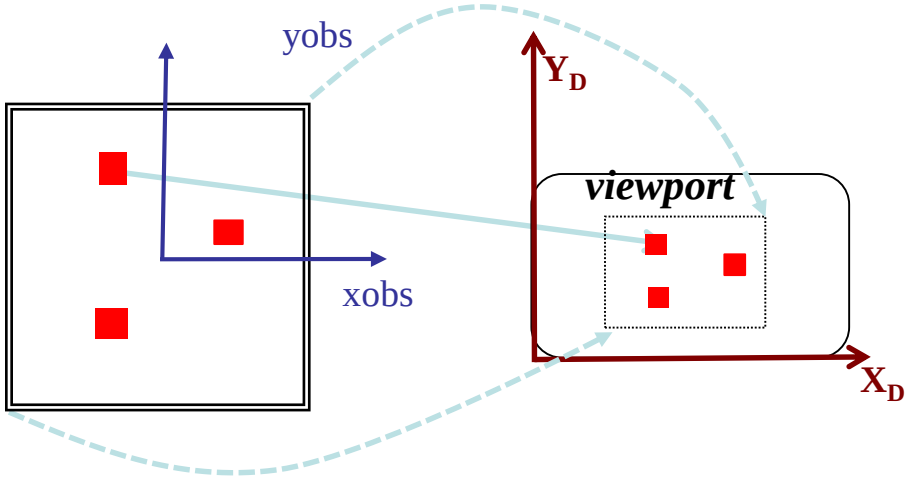






Processament “manual” de vèrtexs

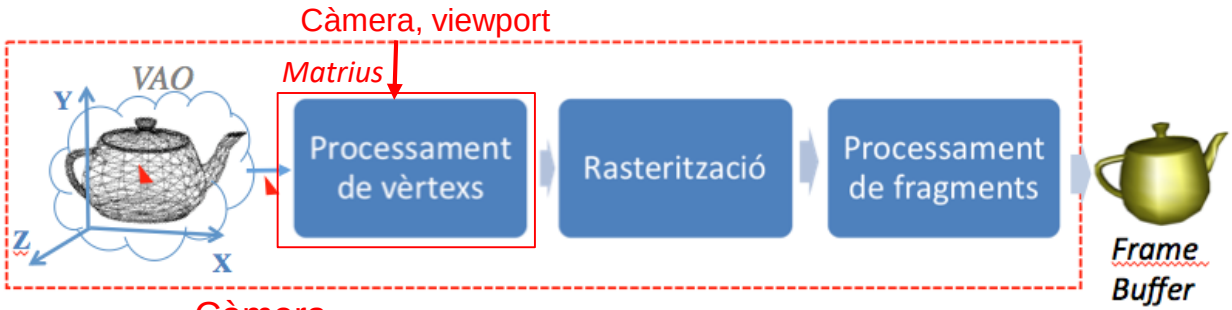


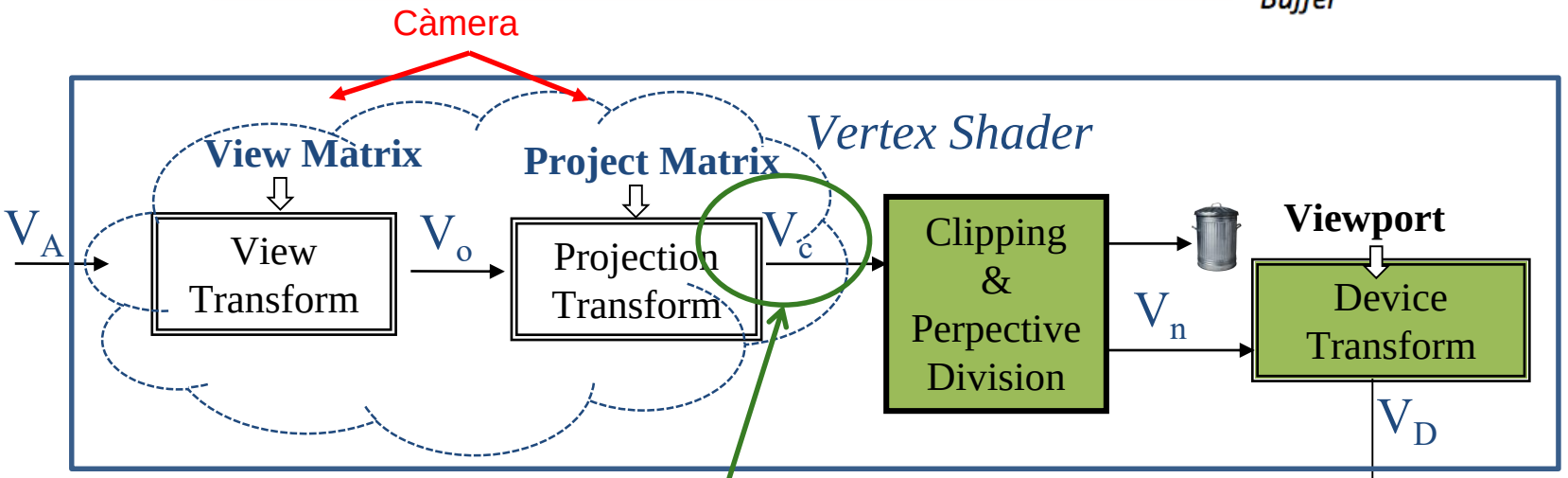


(1) Projectar

(2) Transformació window-viewport

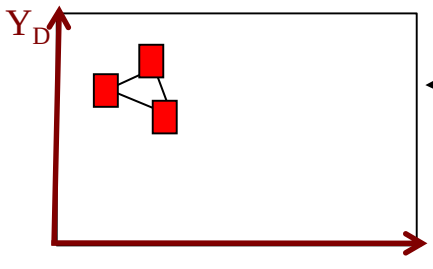
Processament de vèrtexs en OpenGL 3.3





Condició per a que un vèrtex sigui interior al volum de visió

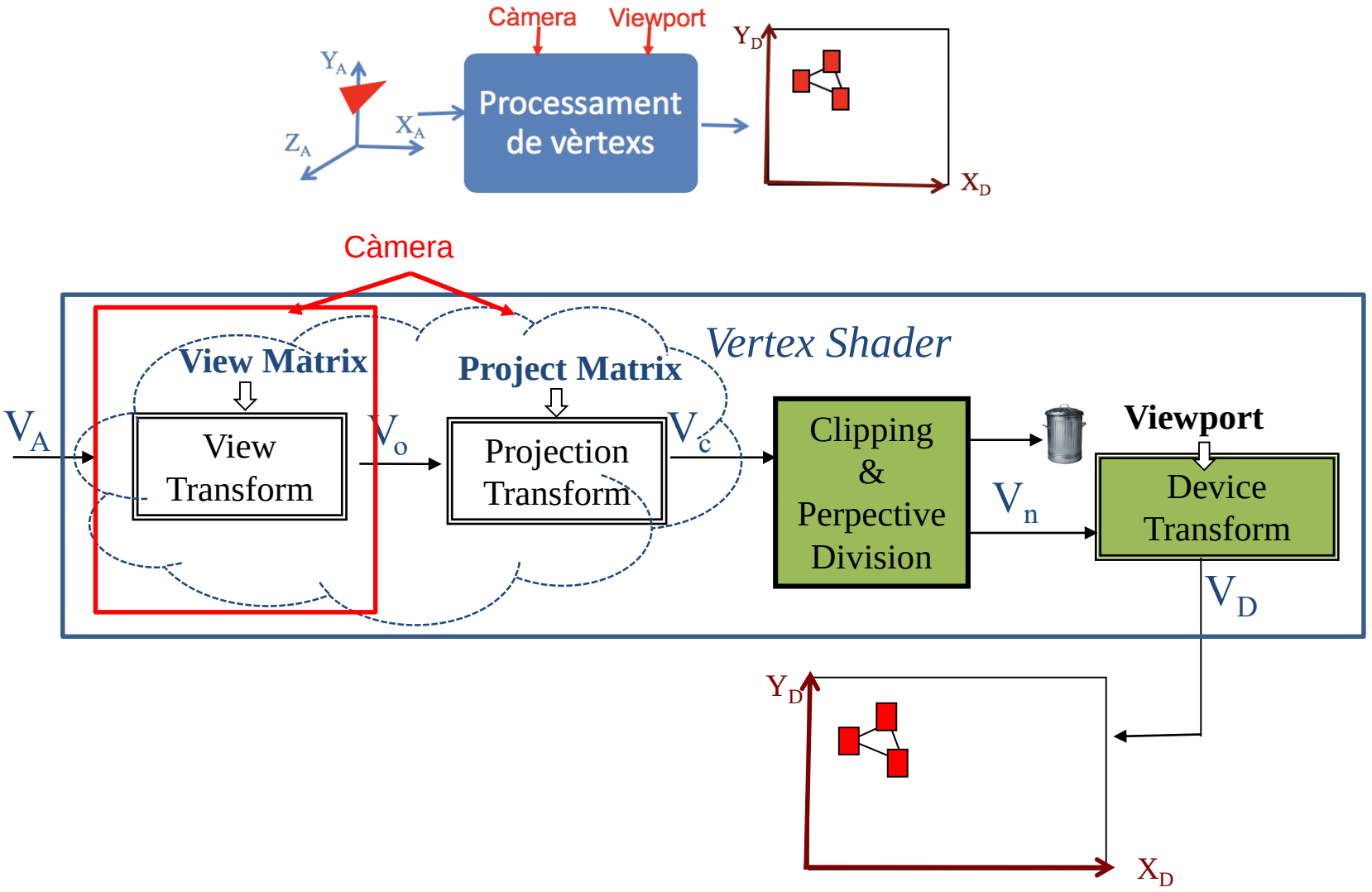
$$-w_c \leq x_c \leq w_c$$
$$-w_c \leq y_c \leq w_c$$
$$-w_c \leq z_c \leq w_c$$



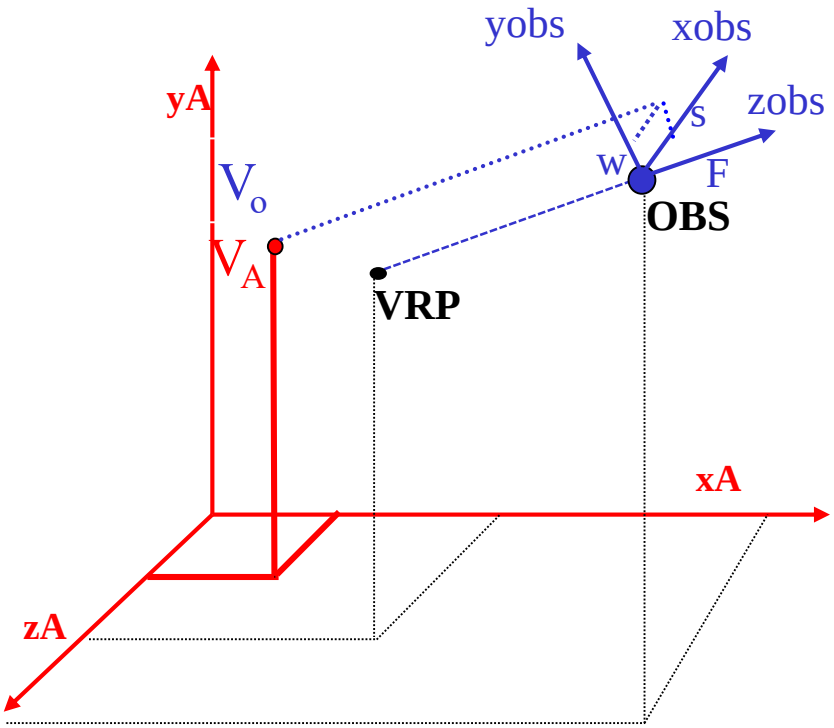
Classe 3: Especificació càmera

- La càmera en el Procés de Visualització
- **Posició i orientació**
- Òptica
  - Perspectiva
  - Ortogonal
- La càmera en el Vertex Shader
- Sistemes de coordenades – afegim TG
- Zoom
- Exemples

La càmera en el VS (1): View Matrix



Pas a SCO amb VRP, OBS i Up: Càlcul View Matrix



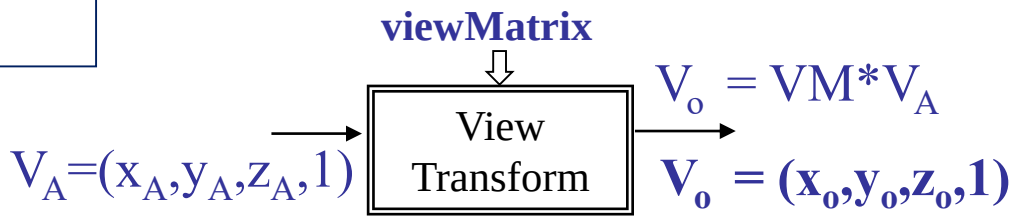
$$VM = \begin{bmatrix} s.x & s.y & s.z & 0 \\ w.x & w.y & w.z & 0 \\ F.x & F.y & F.z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -Obs.x \\ 0 & 1 & 0 & -Obs.y \\ 0 & 0 & 1 & -Obs.z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$F = OBS - VRP = (F.x, F.y, F.z) \qquad F = F / \| F \|$

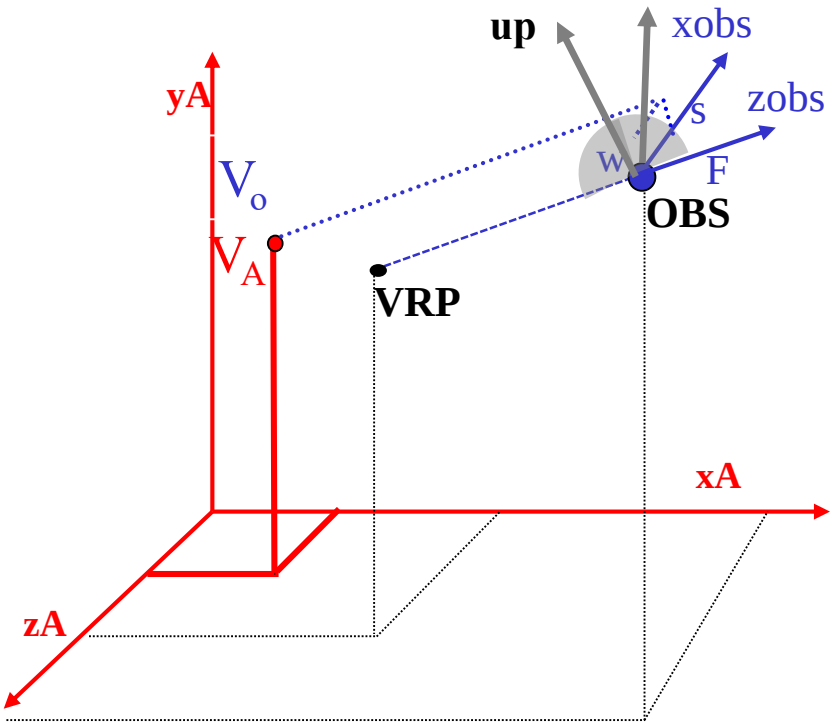
$s = Up \times F \qquad s = s / \|s\|$

$w = F \times s$

```
VM = lookAt(OBS,VRP,Up);
viewMatrix(VM);
```



Pas a SCO amb VRP, OBS i Up: Càlcul View Matrix



OBS = Observador
VRP = View Reference Point
up = View Up Vector

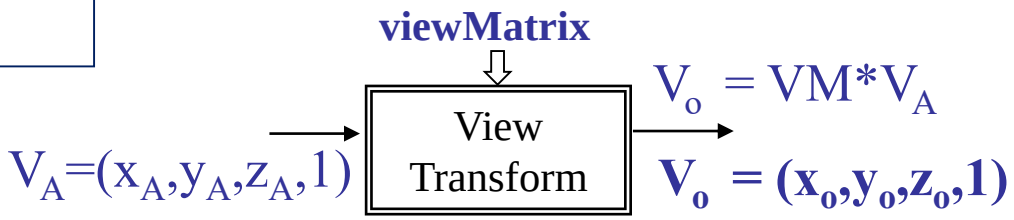
up "indica" la direcció de l'eix vertical de la Càmera

F = OBS - VRP = (F.x,F.y,F.z) F= F / || F ||

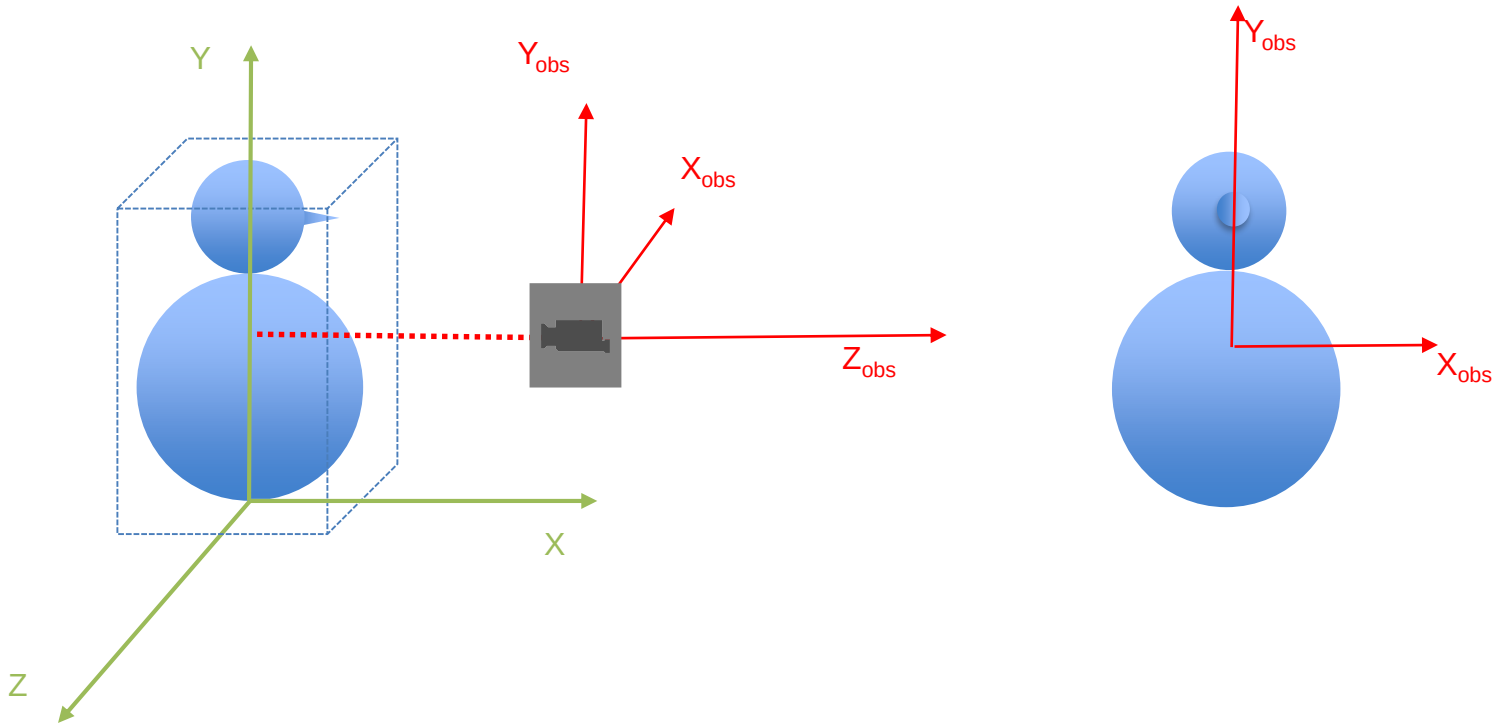
s = Up x F s = s / ||s||

w = F x s

```
VM = lookAt(OBS,VRP,Up);
viewMatrix(VM);
```



Exemple (conceptual)



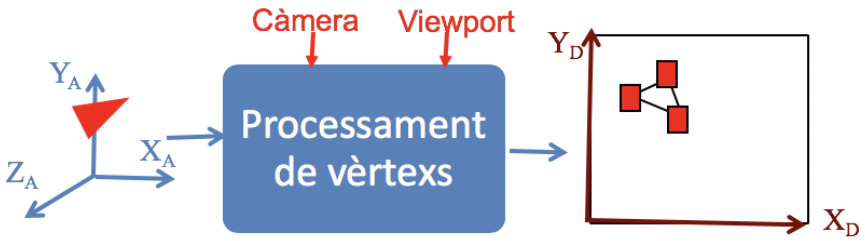
Canvi de punt de vista (canvi de Sistema de Coordenades)

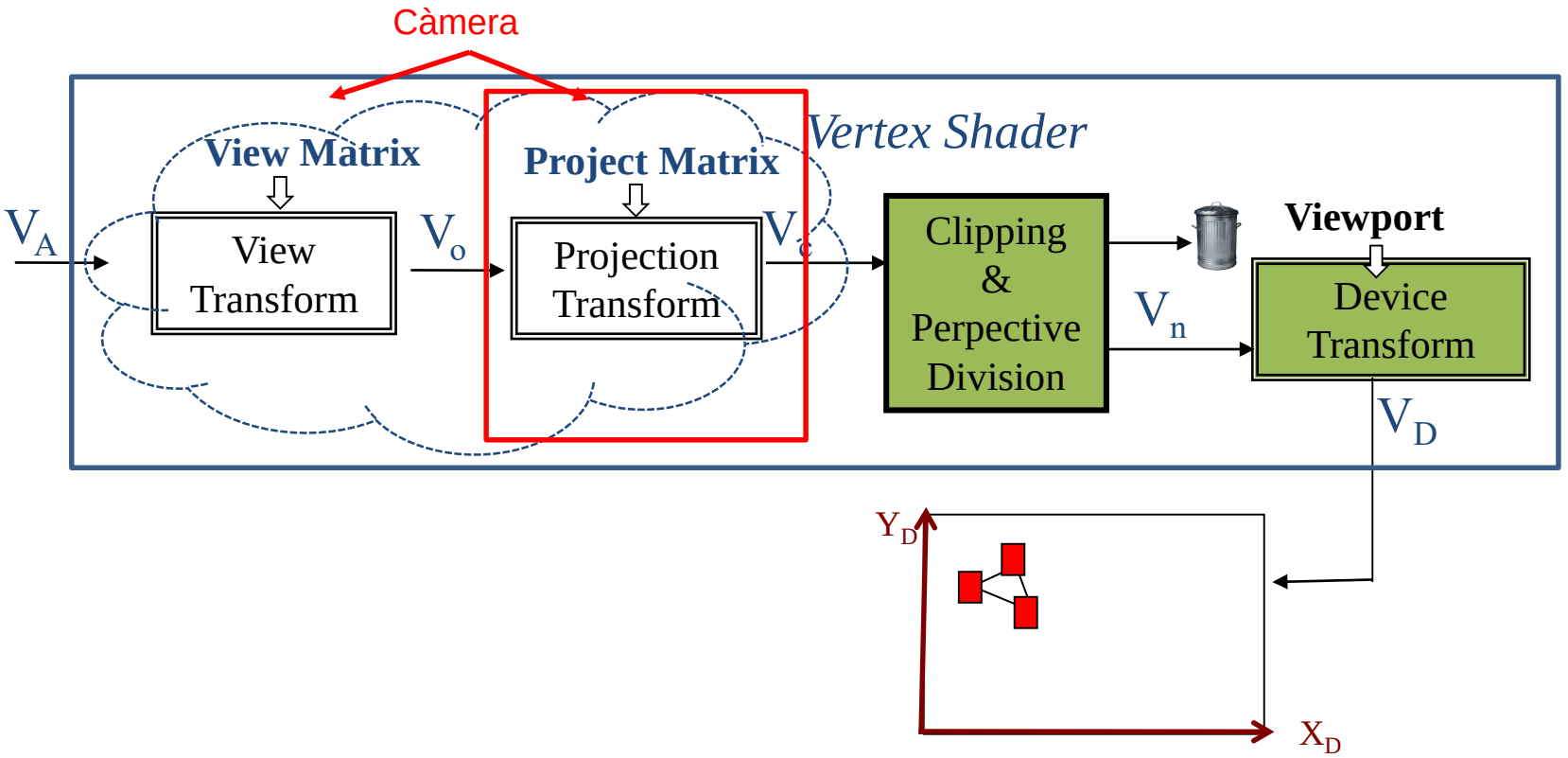
Pas de SCA (Aplicació) a SCO (Observador)

Classe 3: Especificació càmera

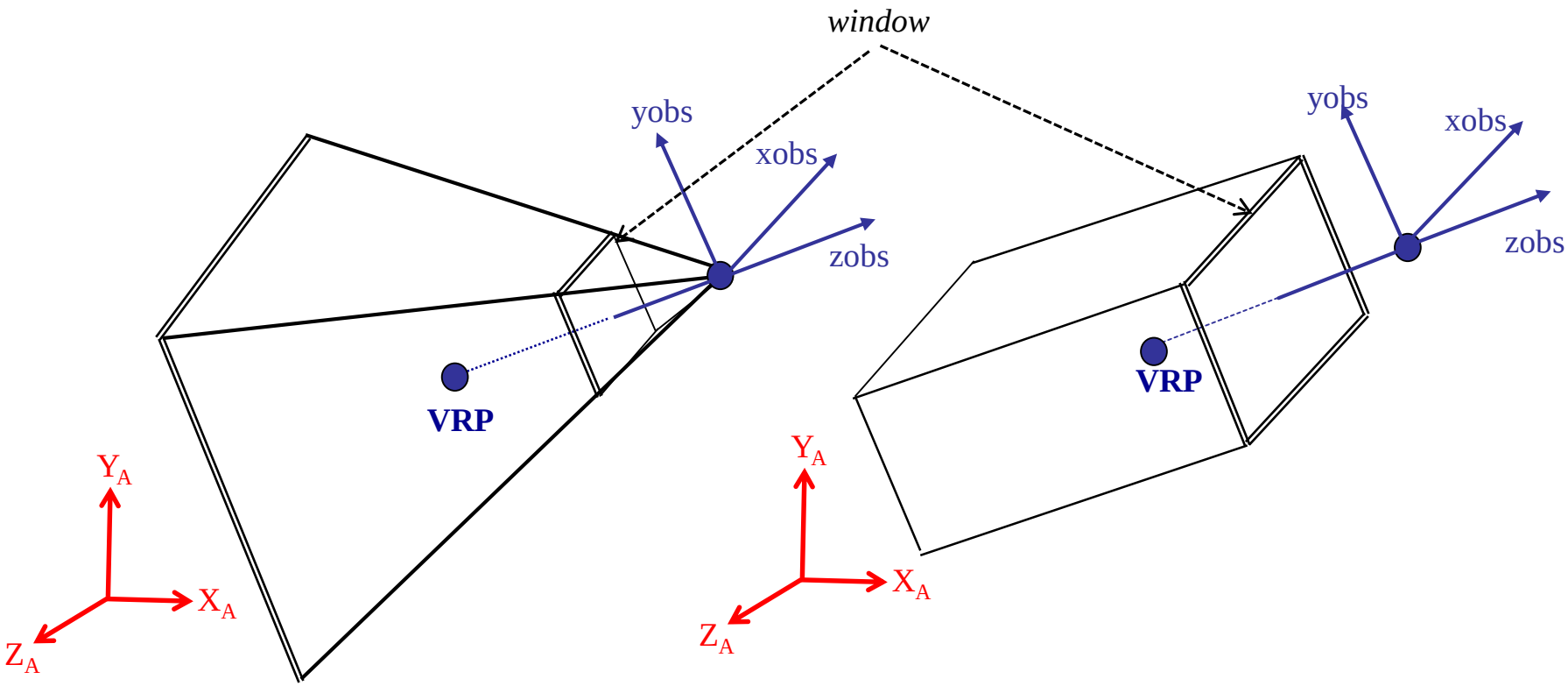
- La càmera en el Procés de Visualització
- Posició i orientació
- **Òptica**
  - **Perspectiva**
  - **Ortogonal**
- La càmera en el Vertex Shader
- Sistemes de coordenades – afegim TG
- Zoom
- Exemples

La càmera en el VS (2): Project Matrix



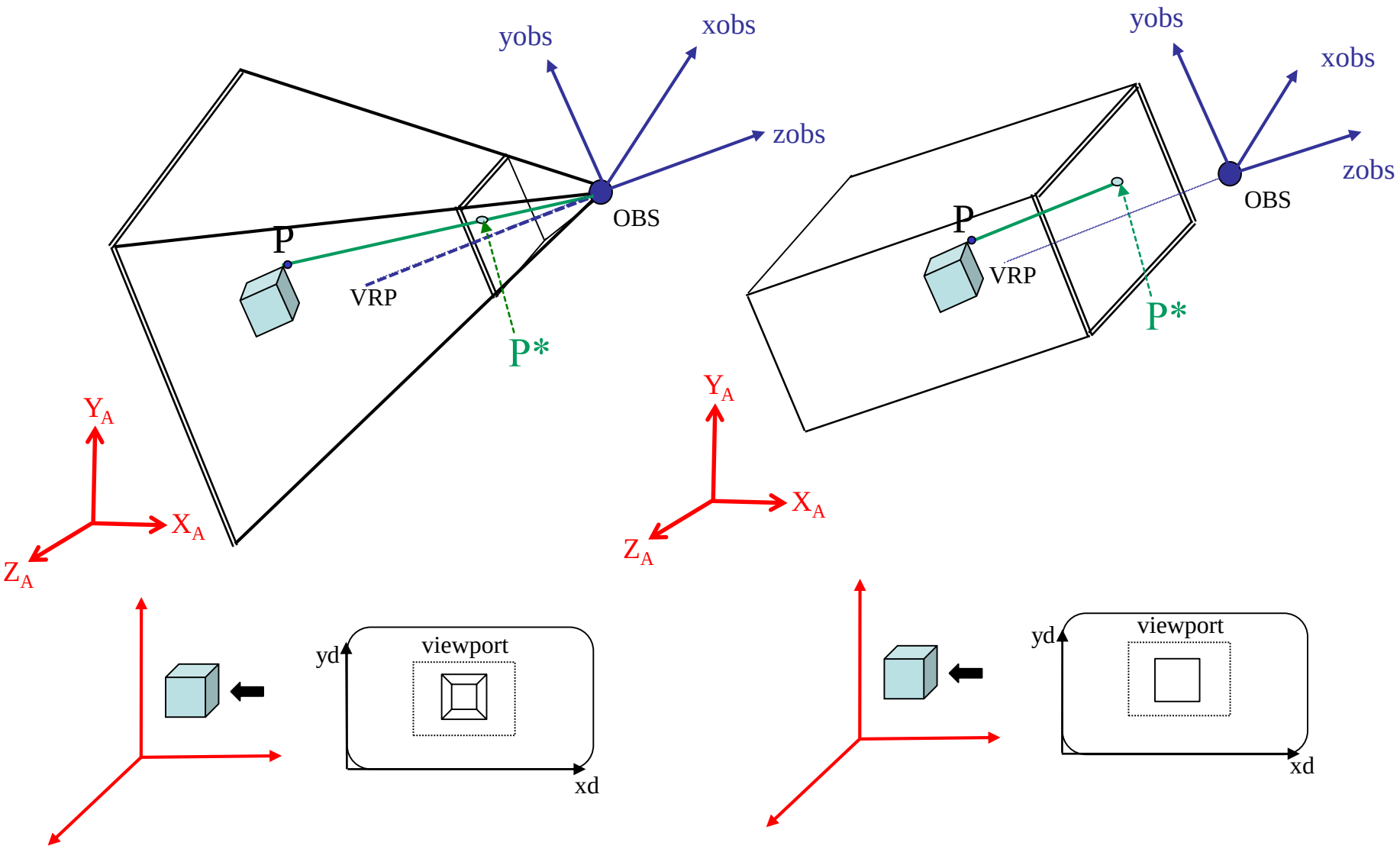


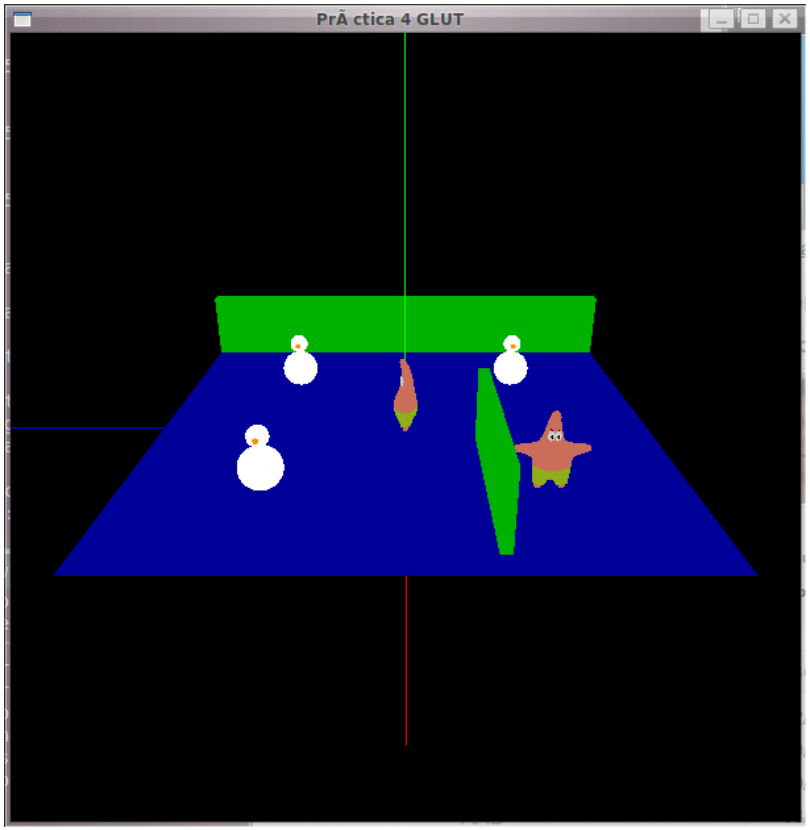
Òptica: Perspectiva o Ortogonal

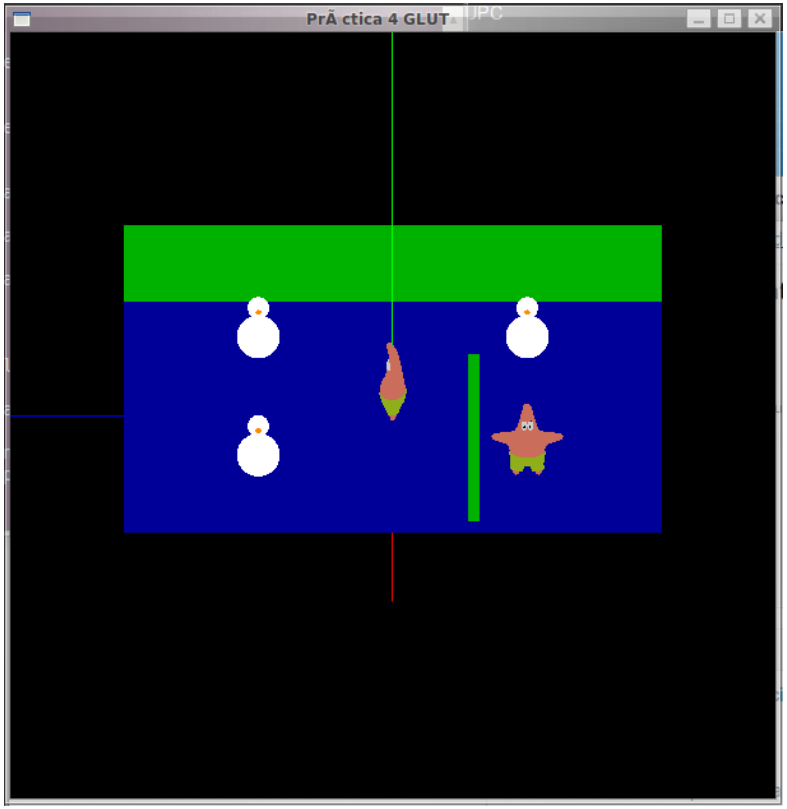


Definir òptica: volum de visió ➔(window, zNear, zFar)

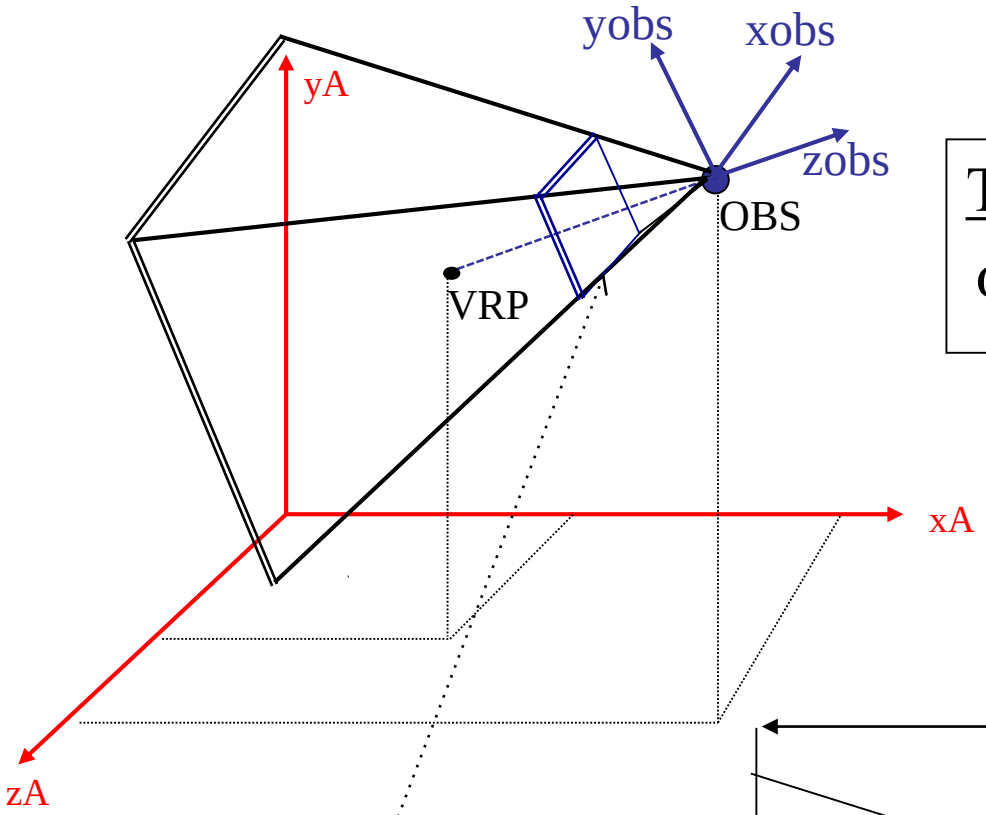
Projecció: Perspectiva o Ortogonal




PrÃ ctica 4 GLUT


PrÃ ctica 4 GLUT

Òptica perspectiva: paràmetres



Tipus d'òptica: Perspectiva

α_v (FOV= $2\alpha_v$), ra_w, zNear, zFar

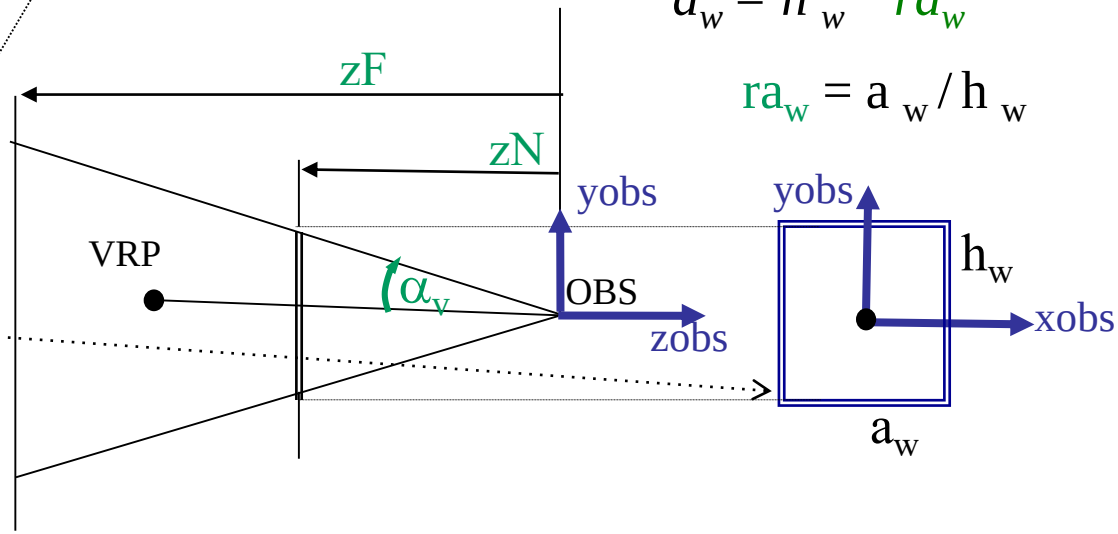
-window-

$h_w = 2*zN* tg(\alpha_v)$

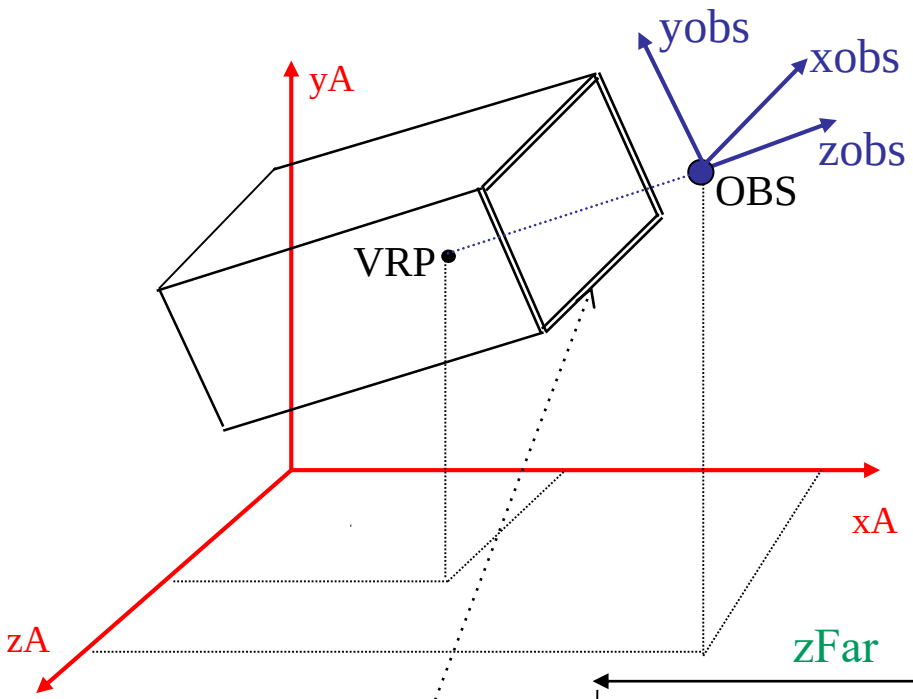
$a_w = h_w * ra_w$

$ra_w = a_w / h_w$

Window



Òptica ortogonal: paràmetres



Tipus d'òptica: ortogonal

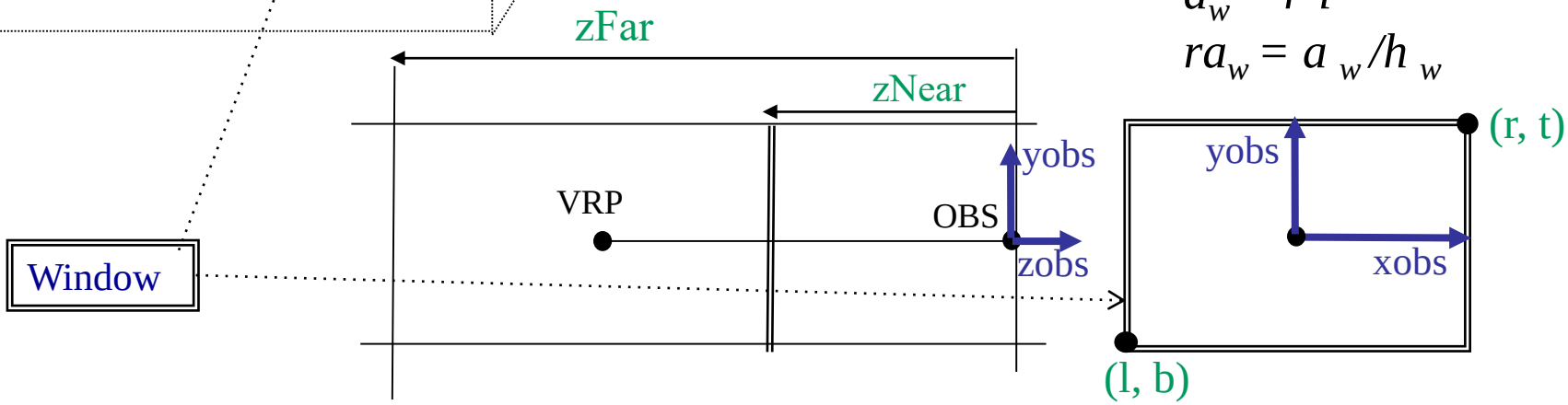
l, r, b, t, zNear, zFar

-window-

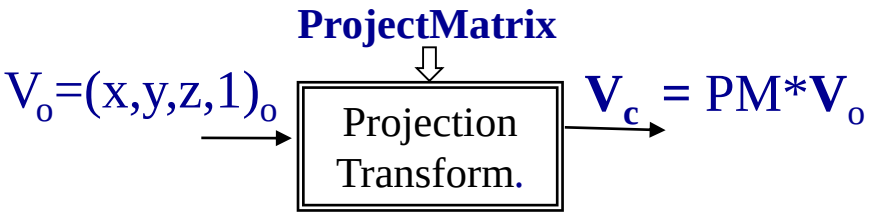
$h_w = t - b$

$a_w = r - l$

$ra_w = a_w / h_w$



Càlcul matriu Project Matrix



$$PM = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

a=2/(r-l) b=2/(t-b)

c= 2 /(zf-zn)

d = (zn+zf)/ (zf-zn)

Òptica Ortogonal

$V_c = (x_c, y_c, z_c, w_c)$ on $w_c=1$

```
PM=ortho(l,r,b,t,zN,ZF);
projectMatrix(PM);
```

$$PM = \begin{pmatrix} 1/ra*a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & d \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

a = tg (FOV/2)

c = (zf+zn)/(zn-zf)

d = 2*zn *zf /(zn-zf)

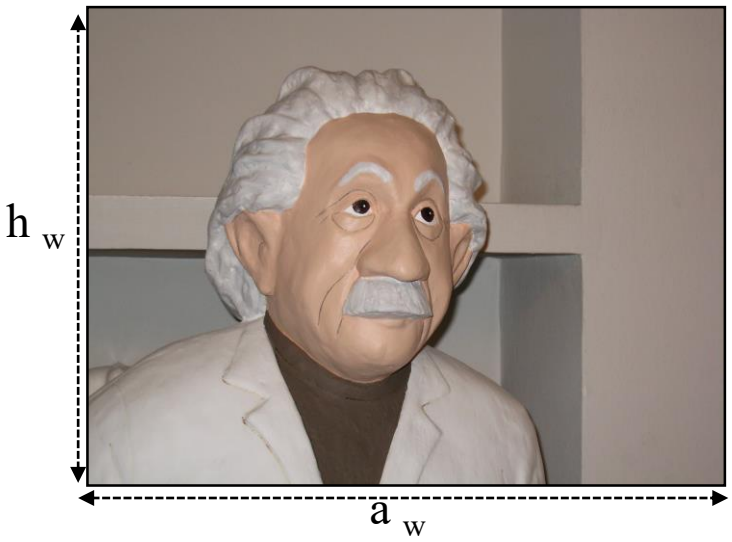
Òptica Perspectiva

$V_c = (x_c, y_c, z_c, w_c)$ on $w_c=-z_o$

```
PM=perspective(FOV,ra,zN,ZF);
projectMatrix(PM);
```

Sobre la relació d'aspecte del window i del viewport

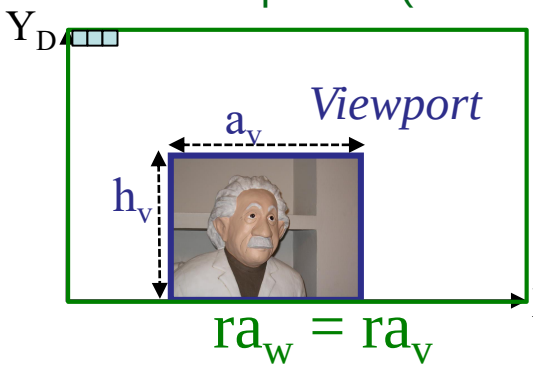
Window de l'òptica



Per a no tenir deformació en la imatge

$ra_w = ra_v$

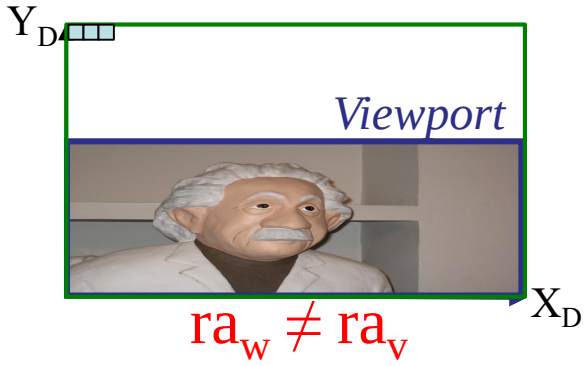
Finestra OpenGL (Pantalla)



$ra_v = a_v / h_v$

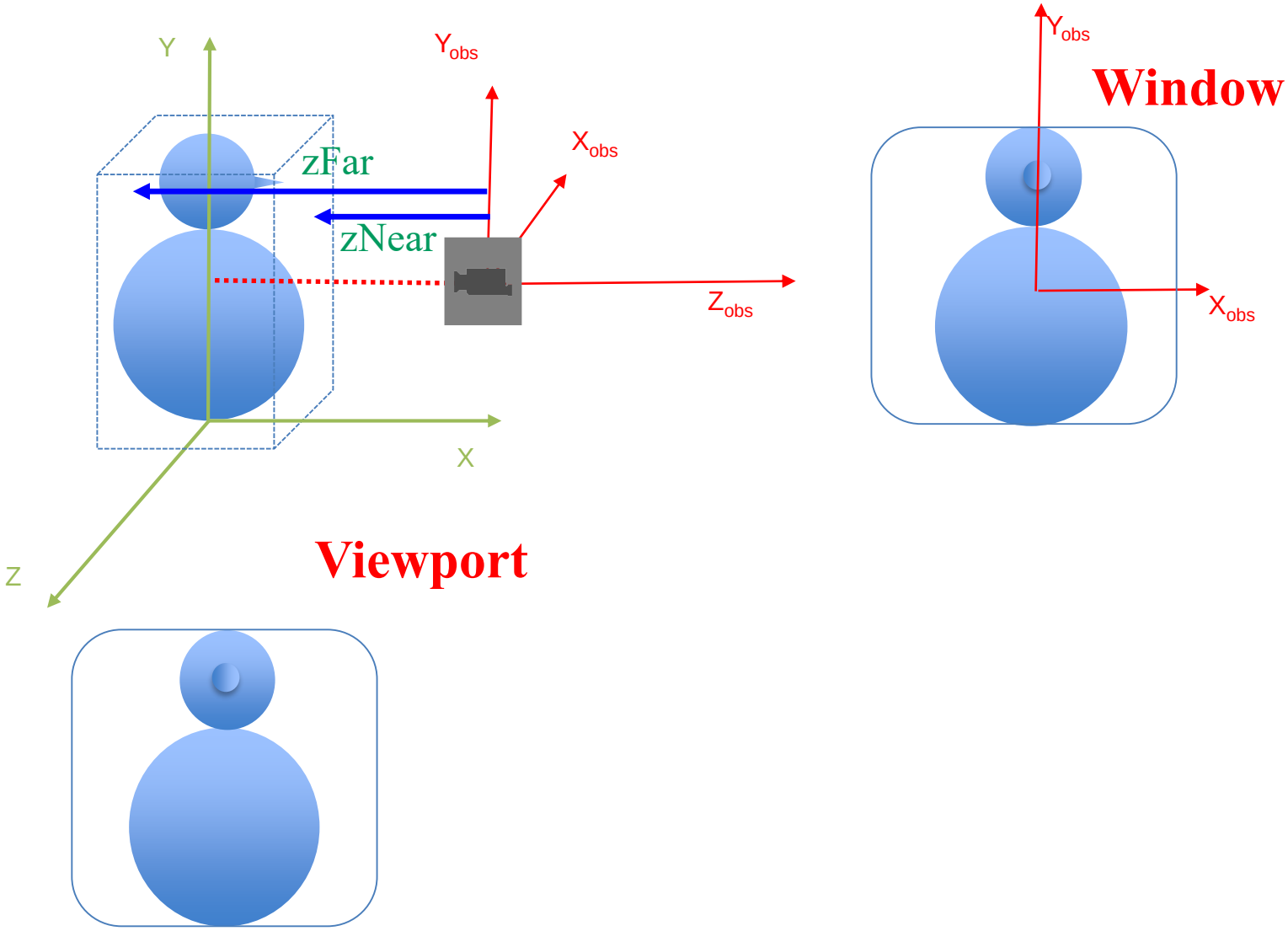
$ra_w = ra_v$

```
glViewport (ox, oy, av, hv)
```

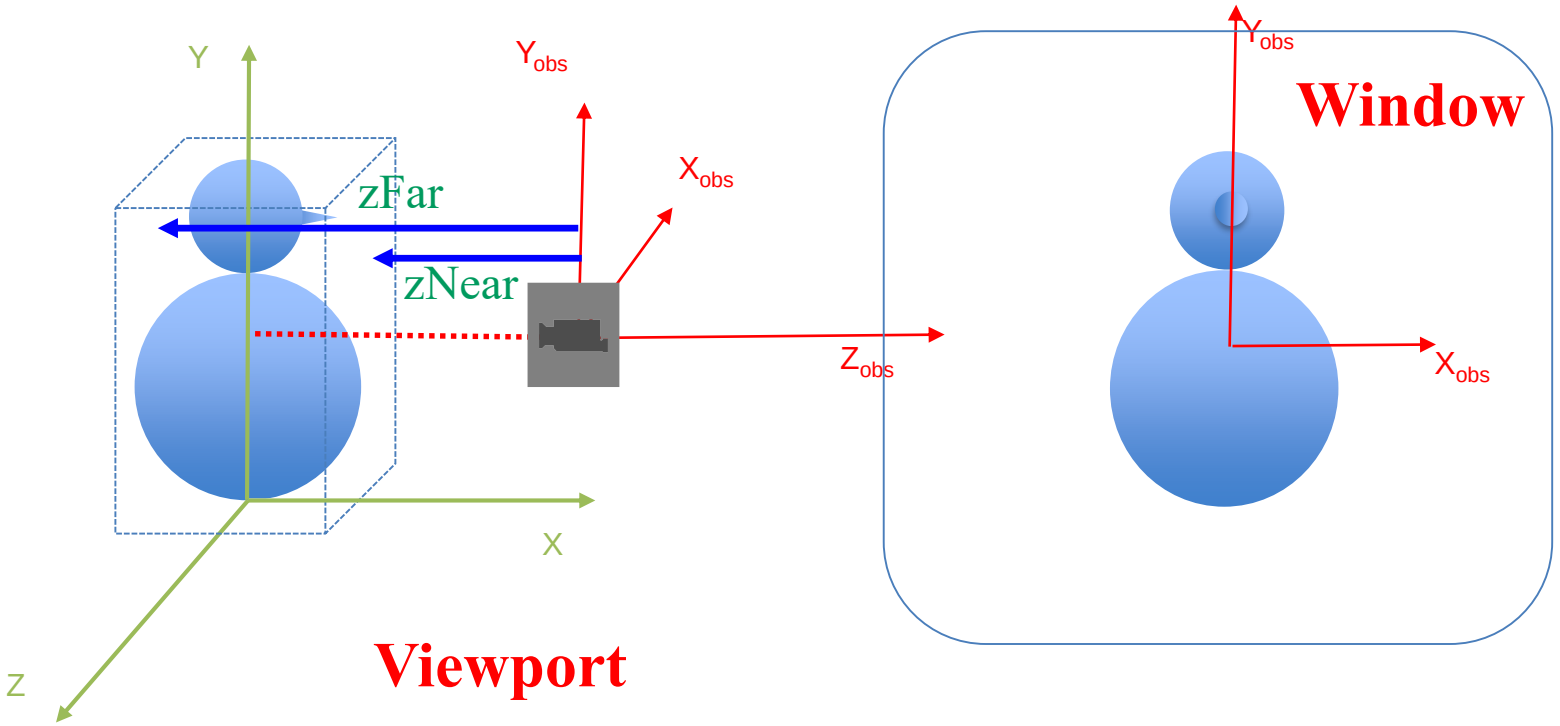


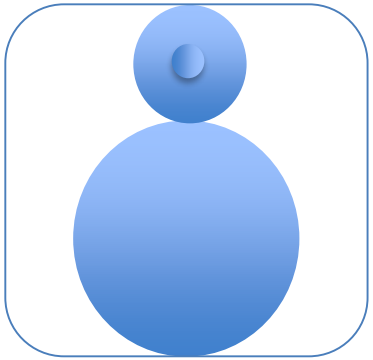
$ra_w \neq ra_v$

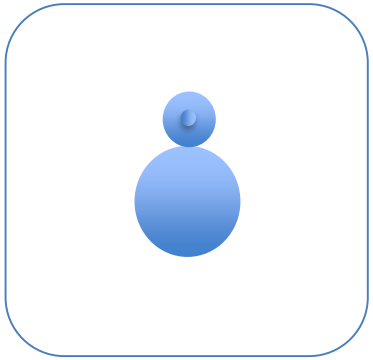
Exemple (conceptual)



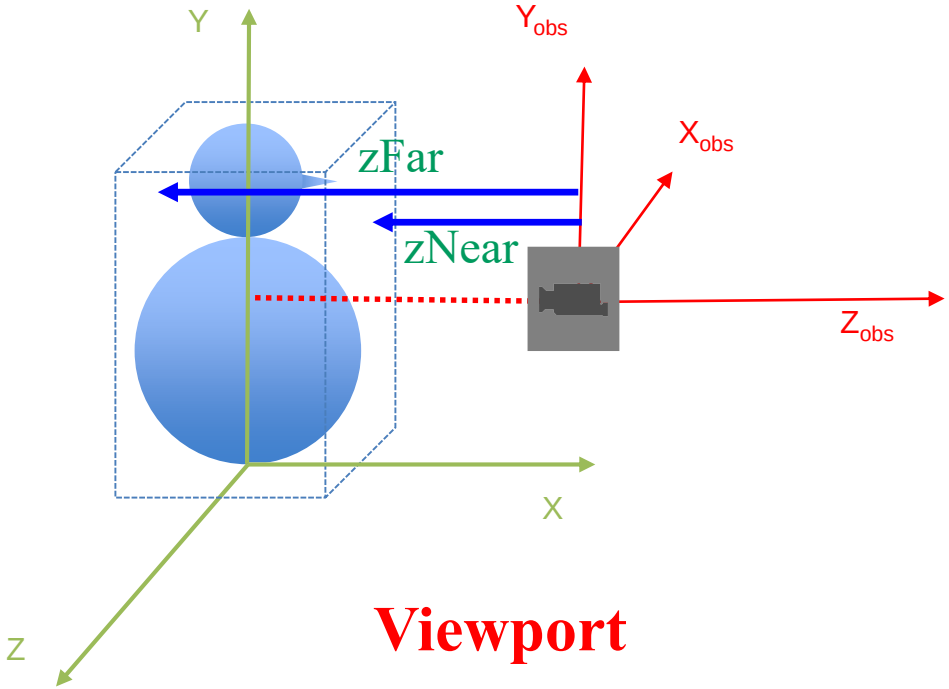
Exemple (conceptual)

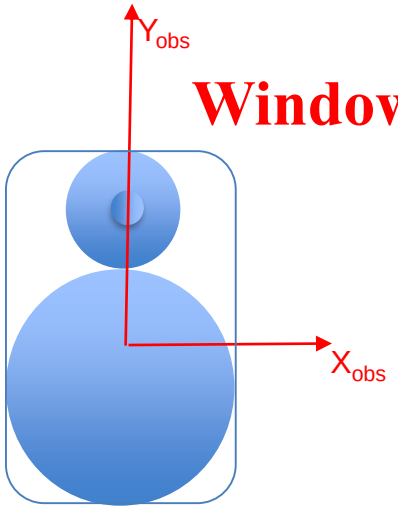




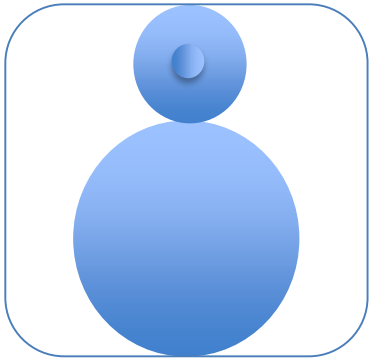


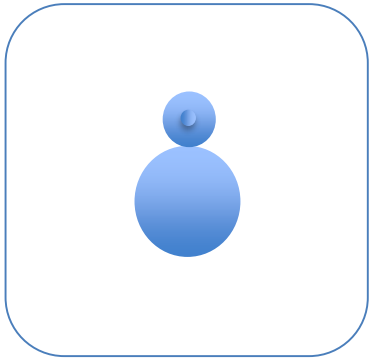
Exemple (conceptual)

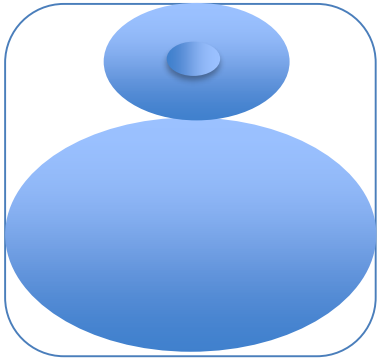




Viewport



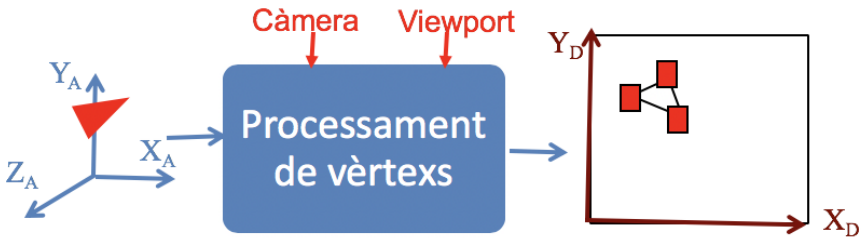


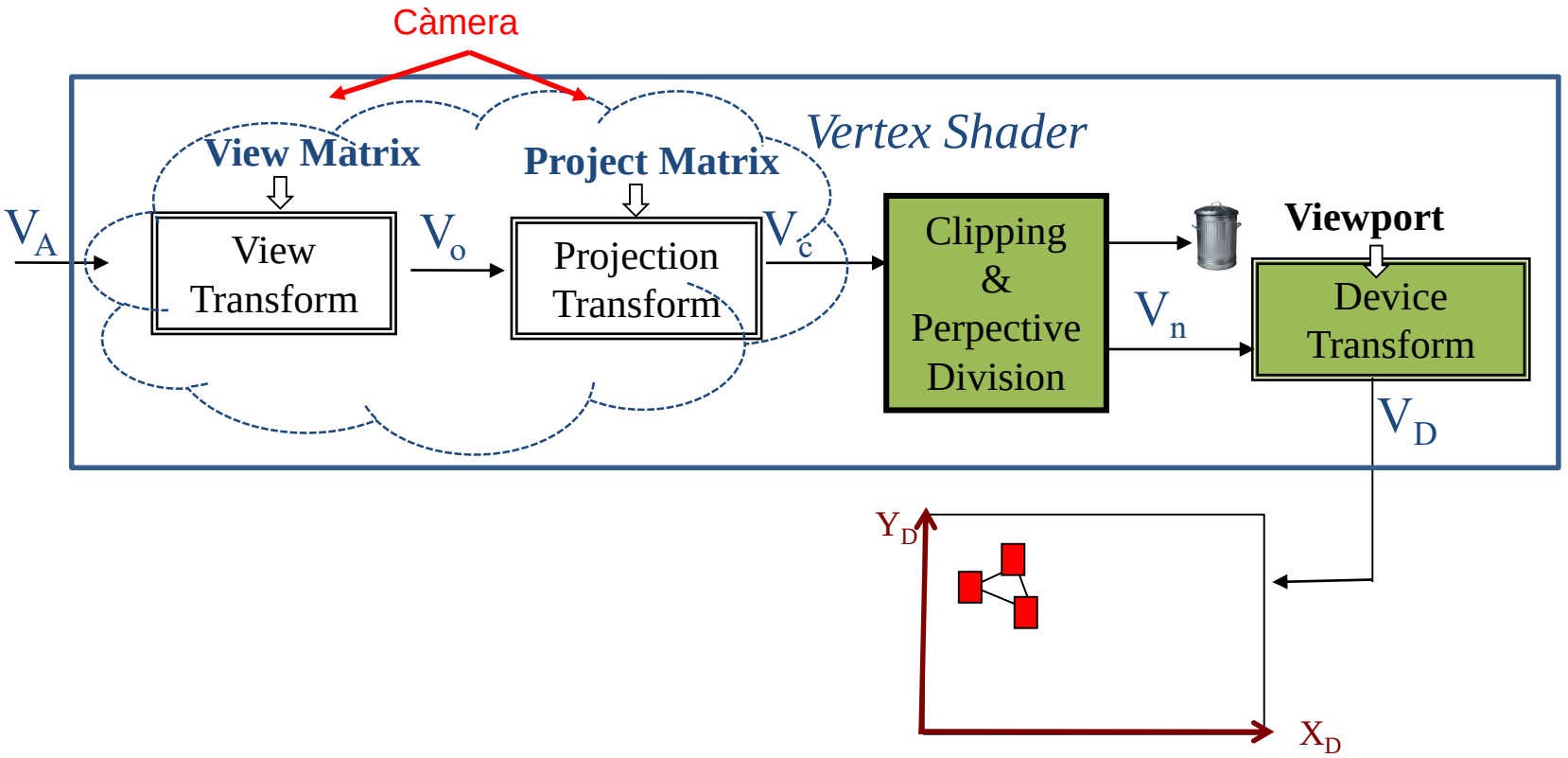


Classe 3: Especificació càmera

- La càmera en el Procés de Visualització
- Posició i orientació
- Òptica
  - Perspectiva
  - Ortogonal
- **La càmera en el Vertex Shader**
- Sistemes de coordenades – afegim TG
- Zoom
- Exemples

La càmera en el VS (3): Implementació



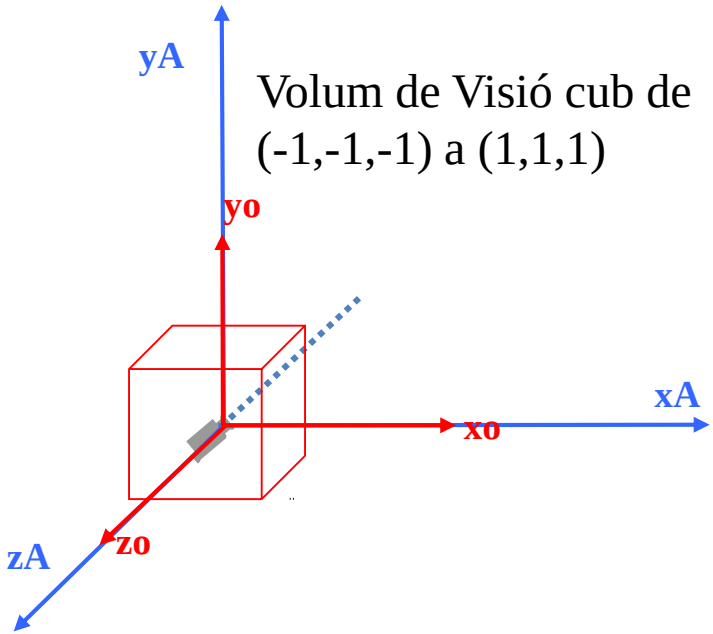


El vèrtex Shader: Implementació

Vertex Shader

```
#version 330 core

in vec3 vertex;
uniform mat4 PM;
uniform mat4 VM;

void main()  {
    gl_Position = PM*VM*vec4 (vertex, 1.0);
}
```

```
#version 330 core
in vec3 vertex;
//uniform mat4 PM; equivalent a identitat
//uniform mat4 VM; equivalent a identitat
void main()  {
    //gl_Position = PM*VM*vec4 (vertex, 1.0);
    gl_Position = vec4 (vertex, 1.0);
}
```

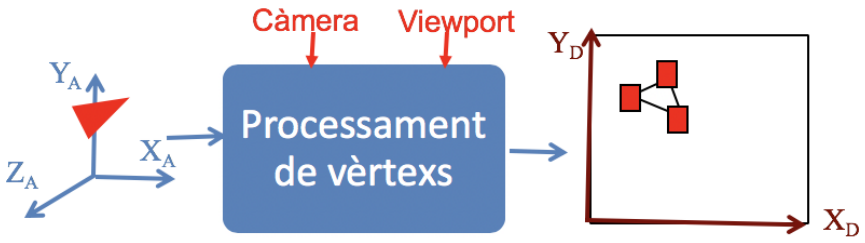


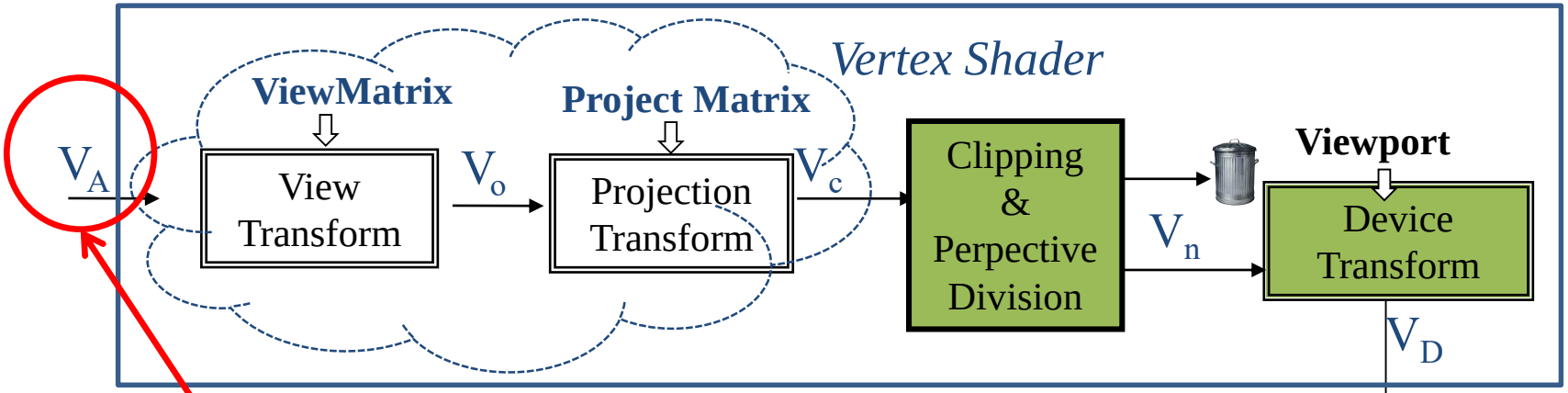
Volum de Visió cub de (-1,-1,-1) a (1,1,1)

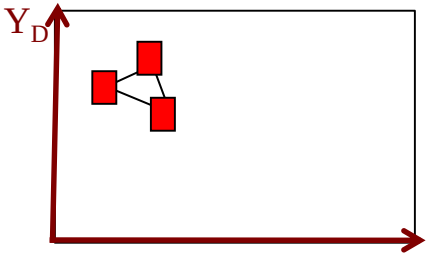
Classe 3: Especificació càmera

- La càmera en el Procés de Visualització
- Posició i orientació
- Òptica
  - Perspectiva
  - Ortogonal
- La càmera en el Vertex Shader
- **Sistemes de coordenades – afegim TG**
- Zoom
- Exemples

Sitemes de coordenades

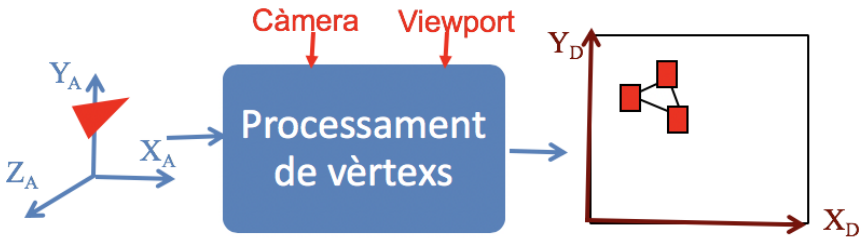


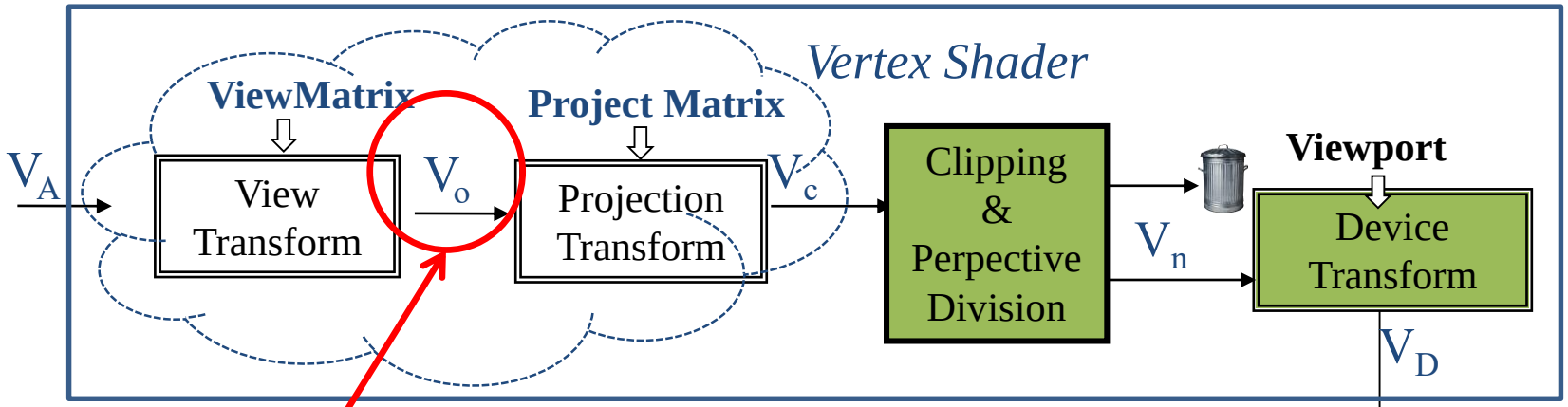


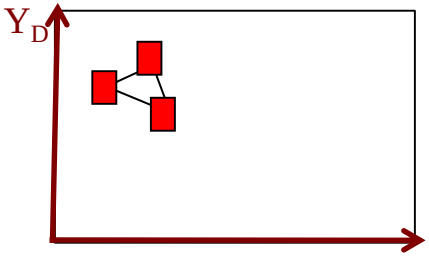


Sistema de Coordenades d'Aplicació (SCA)

Sitemes de coordenades

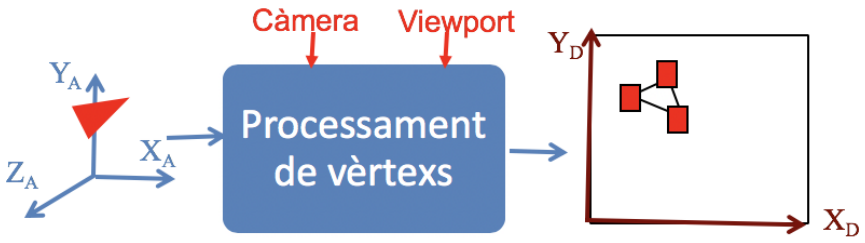


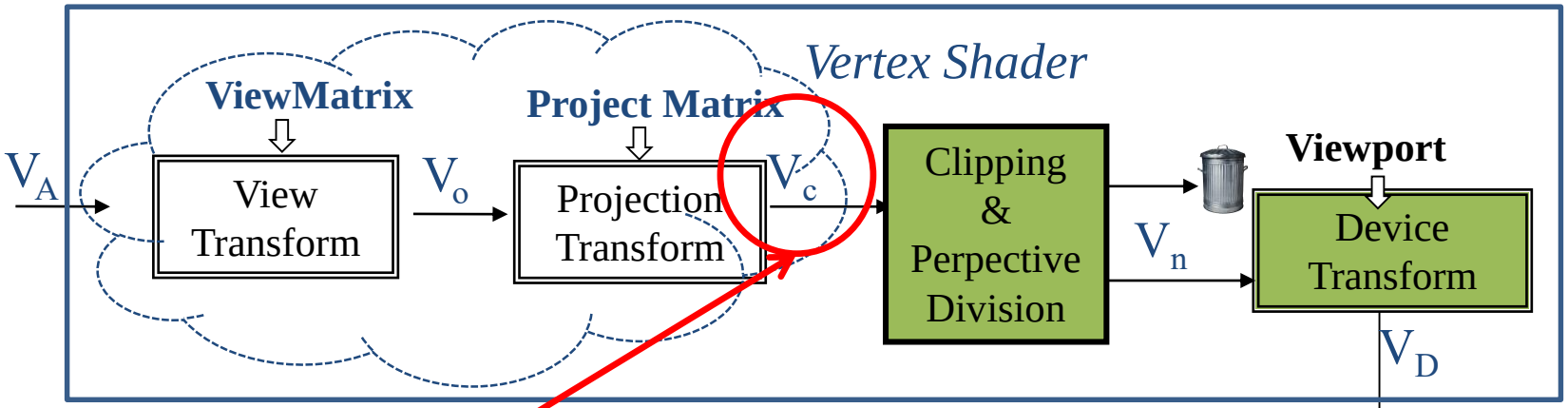


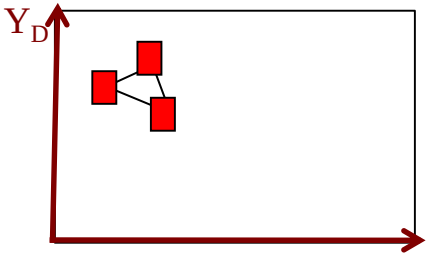


Sistema de Coordenades d'Observador(SCO)

Sitemes de coordenades

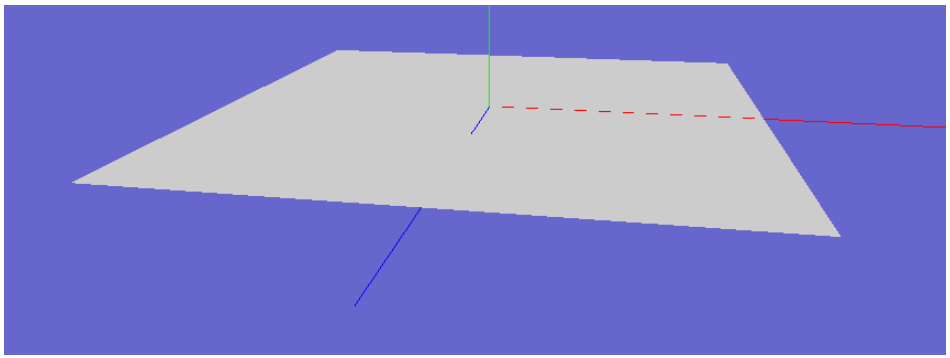


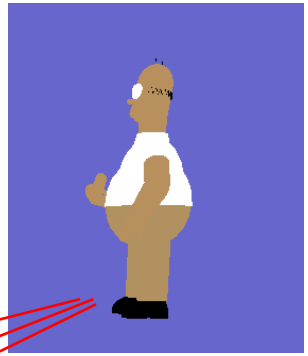




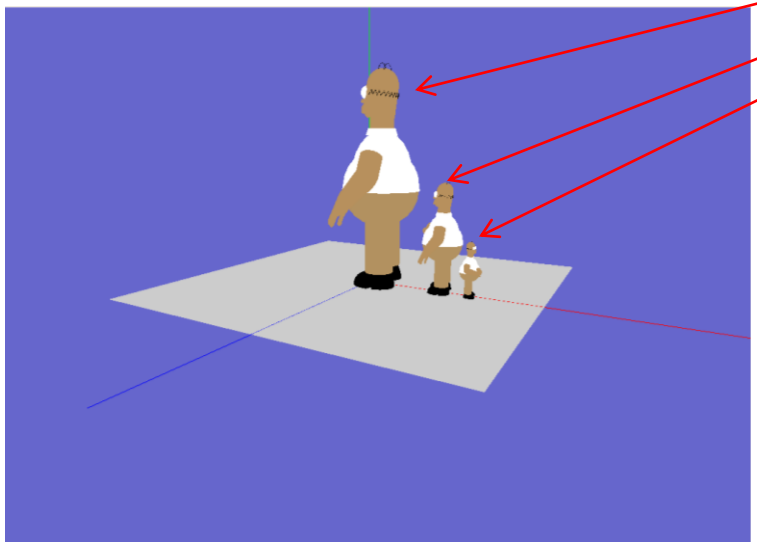
Sistema de Coordenades de Clipping (SCC)

Recordem: Objectes en coordenades de model i ubicació en escena

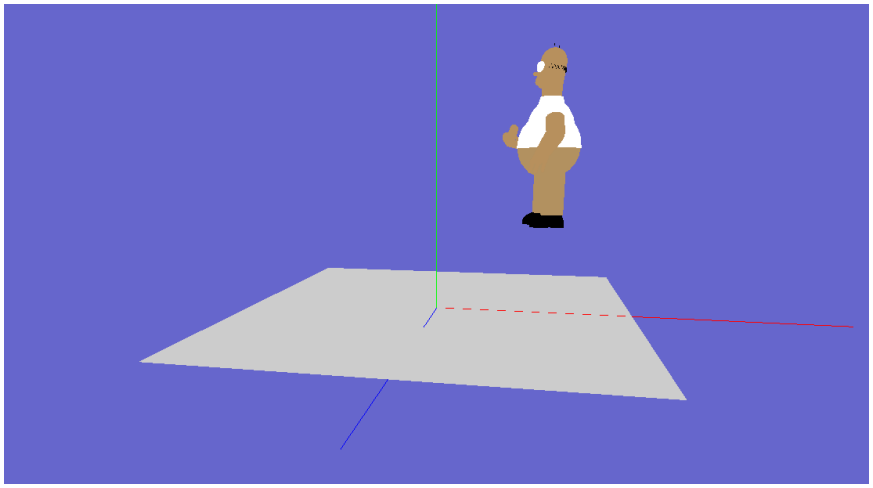




TG_i



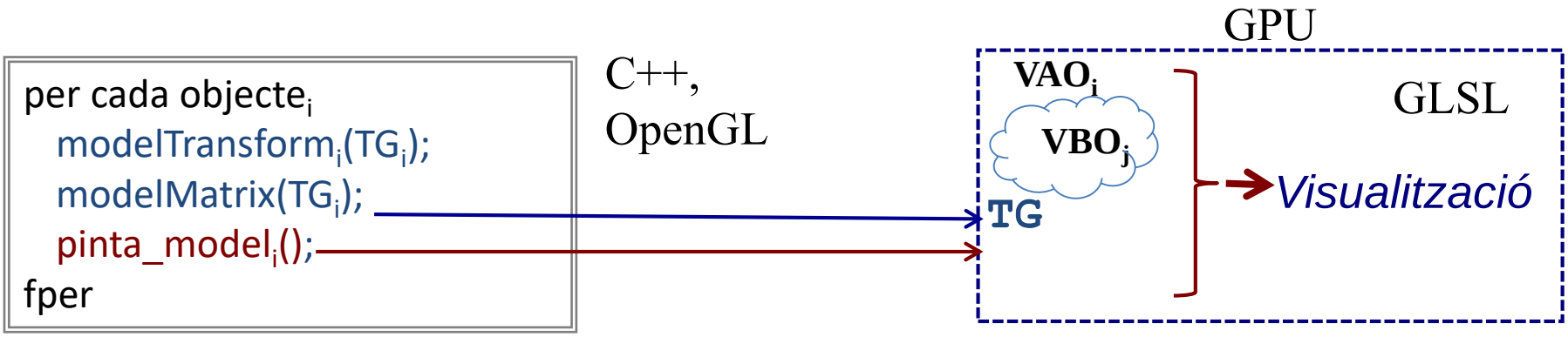
SCAplicació



SCModel

$$V_A = TG_i * V_m$$

Recordem: com visualitzar l'escena?

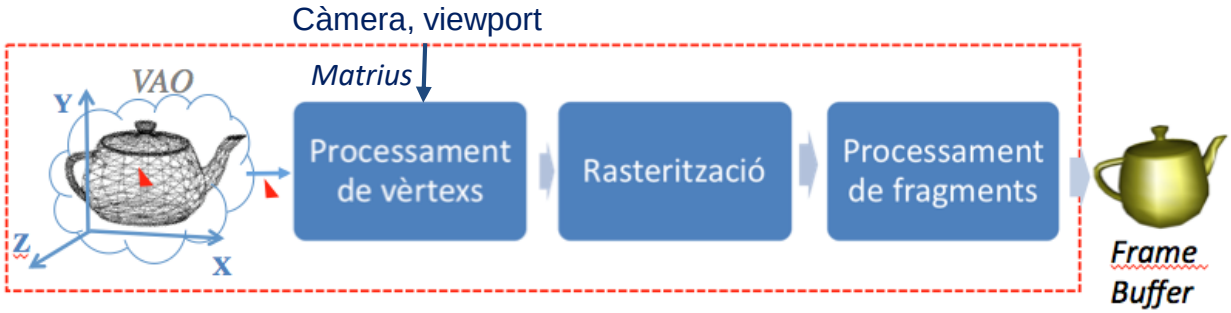


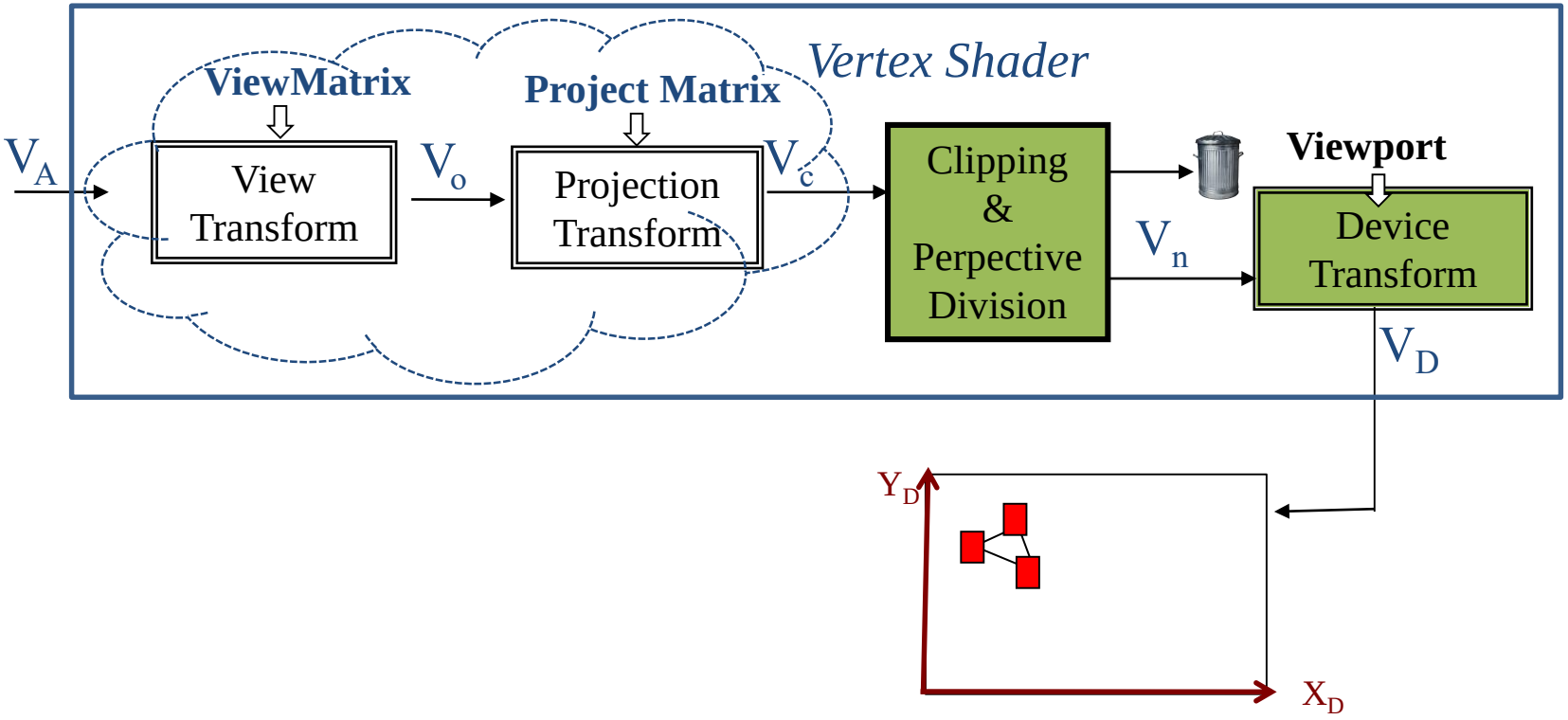
Vertex Shader

```
#version 330 core
in vec3 vertex;
uniform mat4 TG;

void main()  {
 gl_Position = TG * vec4(vertex,1.0);
}
```

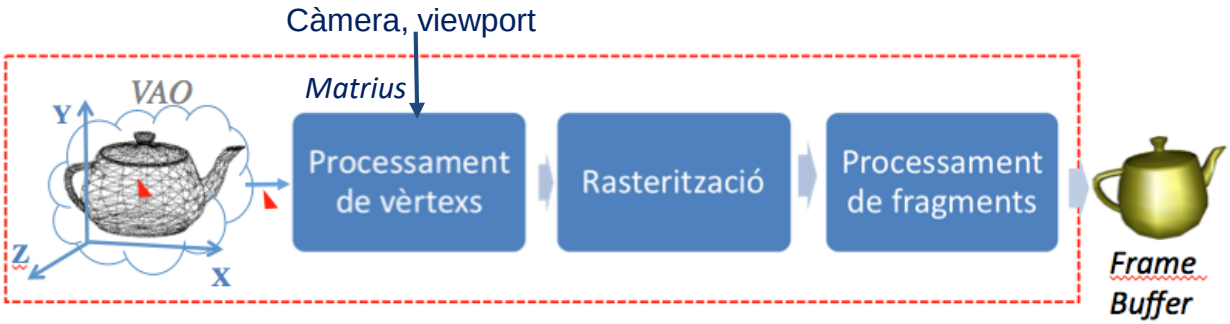
Però no teníem en compte la càmera...

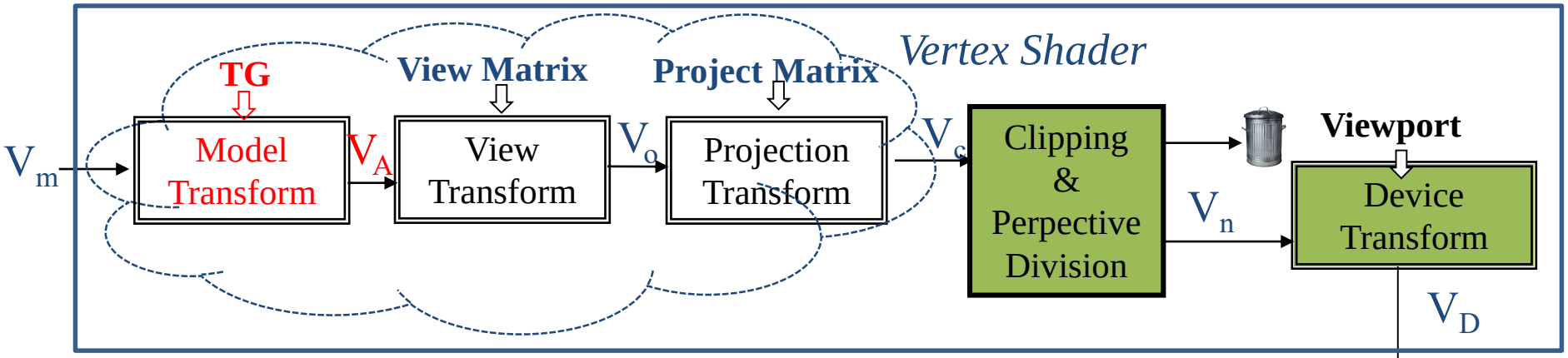
Vertex Shader – afegim TG





Vertex Shader – afegim TG

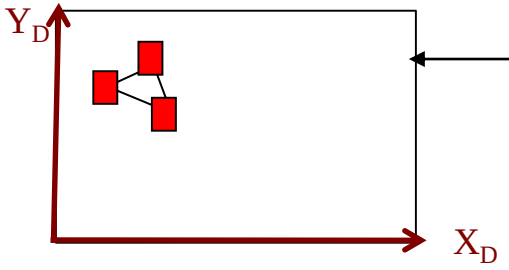




$V_A = TG * V_m$

$V_O = VM * V_A = VM * TG * V_m$

$V_C = PM * V_O = PM * VM * TG * V_m$



Programació bàsica del vertex shader

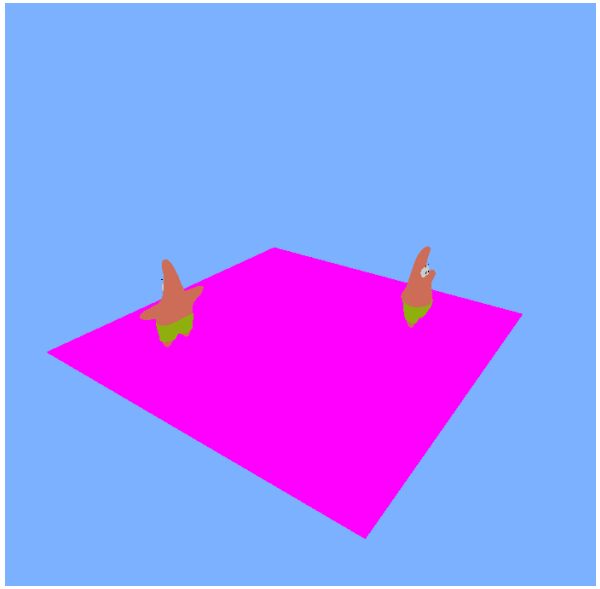
```
#version 330 core

in vec3 vertex;
uniform mat4 PM;
uniform mat4 VM;
uniform mat4 TG;

void main()  {
    gl_Position = PM*VM*TG*vec4 (vertex, 1.0);
}
```

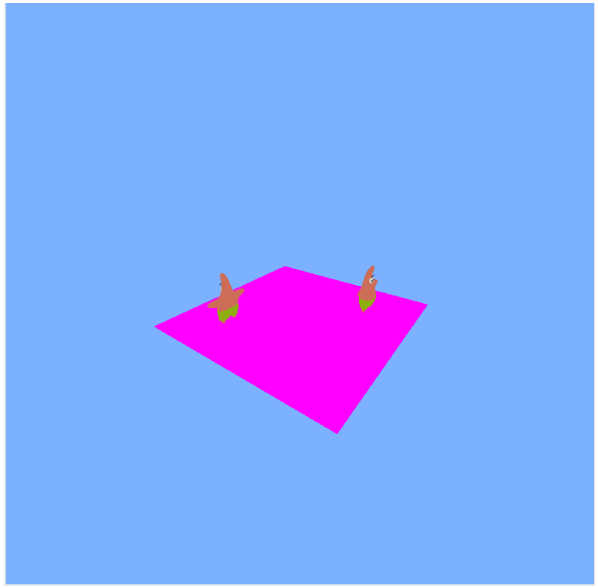
Vertex Shader

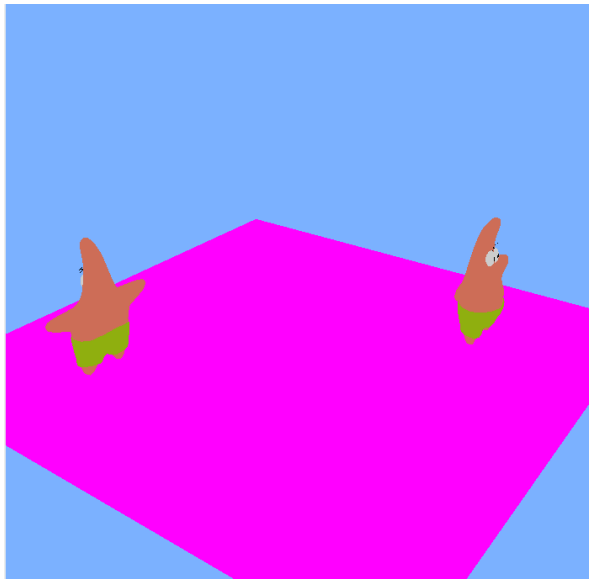
Classe 3: Especificació càmera

- La càmera en el Procés de Visualització
- Posició i orientació
- Òptica
  - Perspectiva
  - Ortogonal
- La càmera en el Vertex Shader
- Sistemes de coordenades – afegim TG
- **Zoom**
- Exemples

Zoom





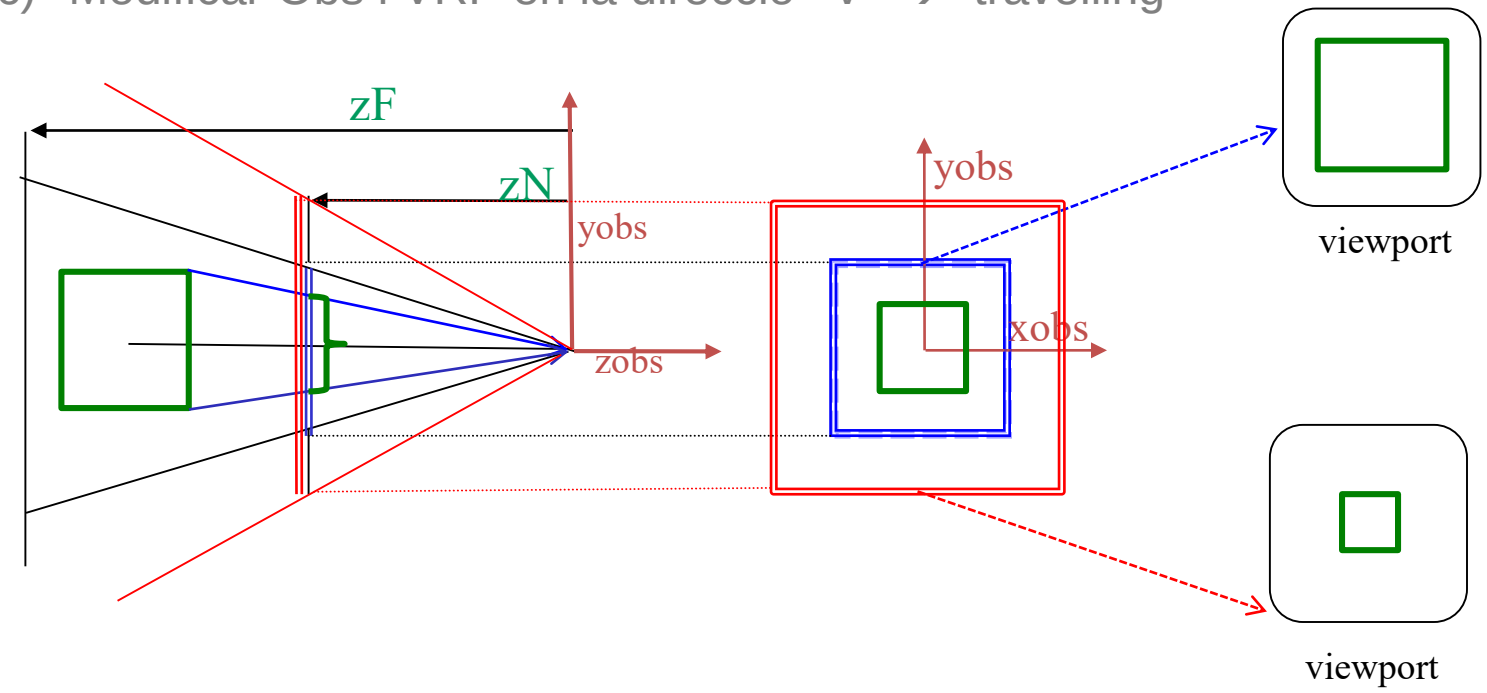


L'òptica i el Zoom

a) Modificar el window de la càmera:
   - L'angle d'obertura en òptica perspectiva (tot mantenint la *ra*)
   - Window en òptica ortogonal (tot mantenint la ra)

b) Modificar la distància de l'OBS al VRP
   (modificant ZN i ZF adequadament)

c) Modificar Obs i VRP en la direcció –v → travelling



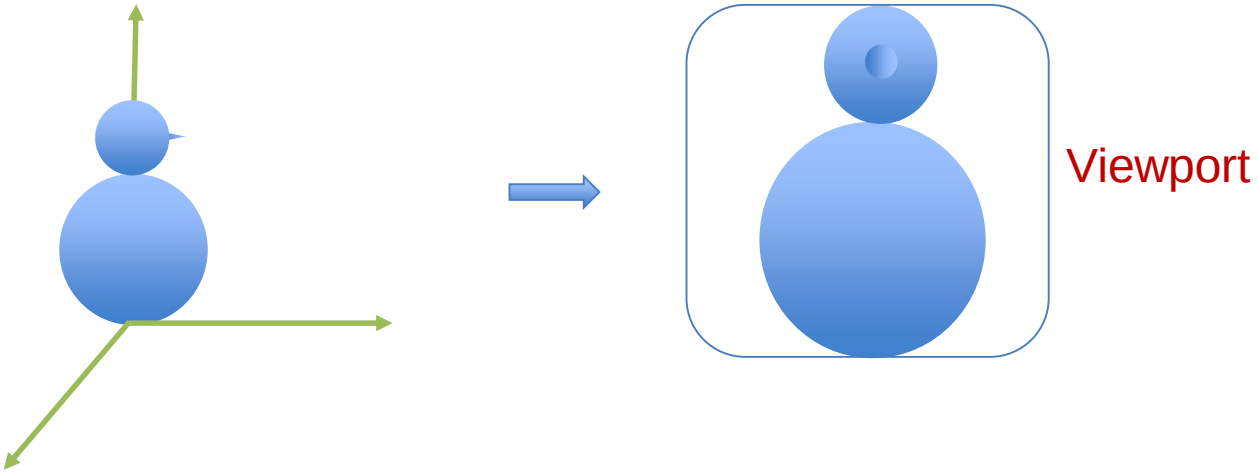
Classe 3: Especificació càmera

- La càmera en el Procés de Visualització
- Posició i orientació
- Òptica
  - Perspectiva
  - Ortogonal
- La càmera en el Vertex Shader
- Sistemes de coordenades – afegim TG
- Zoom
- **Exemples**

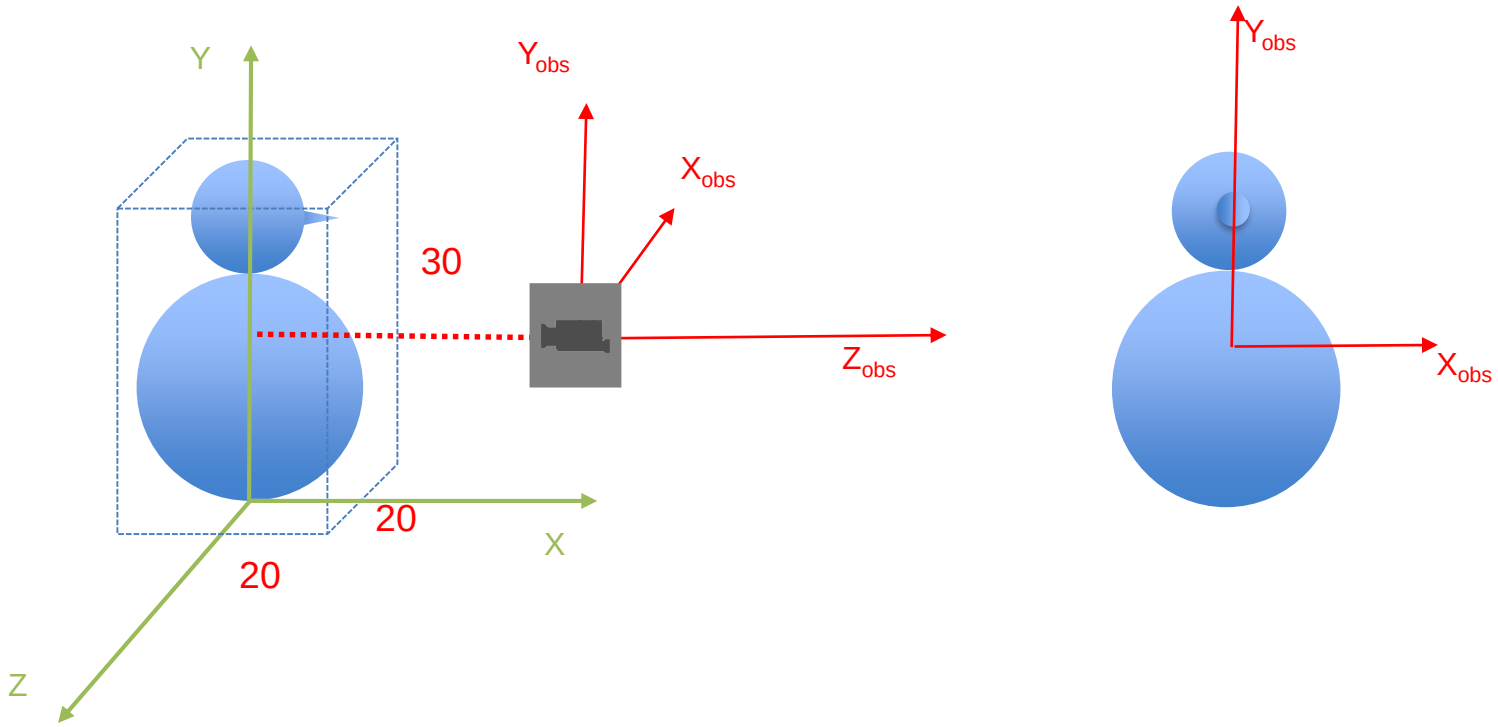
Exemple 1: Donada una funció pinta_ninot() que envia a visualitzar el VAO d'un objecte com el de la figura que està format per: una esfera de radi 10 amb centre (0,10,0), una altra esfera de radi 5 amb centre (0,25,0), i un con de base centrada en (2.5, 25,0), radi 2 i llargada 5 orientat segons l'eix X^+

Indica tots els paràmetres d'una càmera que permeti obtenir una imatge similar a la mostrada en l'esquema de la Figura. El viewport és de 600x600 píxels.

a) Indica els paràmetres per a una òptica ortogonal
b) Indica els paràmetres per a una òptica perspectiva



Exemple 1: posició i orientació



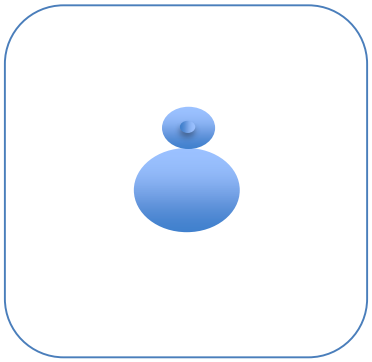
VRP = (0, 15, 0)

OBS = (30, 15, 0)

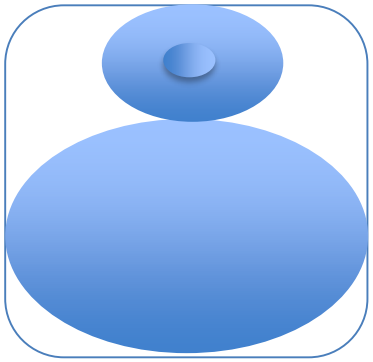
up = (0, 1, 0)

Exemple 1: òptica

No



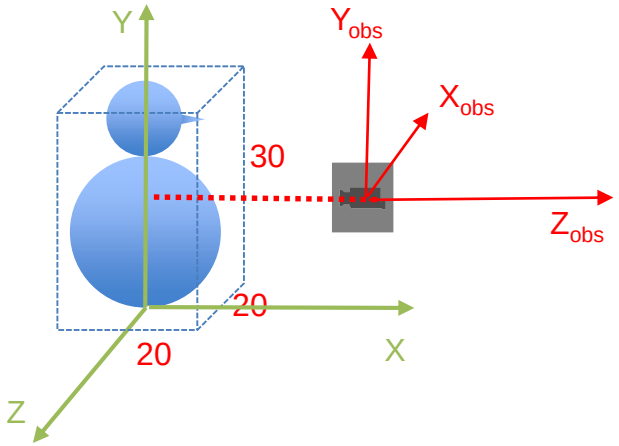
No

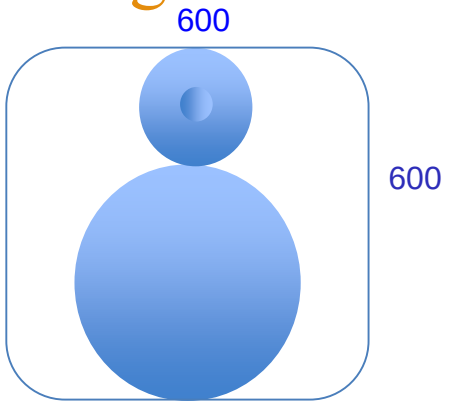


Restriccions:

- Viewport de 600x600
- Ninot centrat al viewport
- Ninot optimitzi espai en viewport
- Sense deformacions

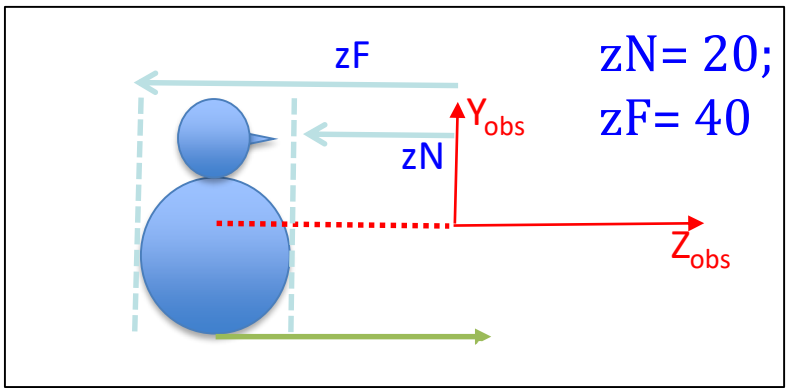
Exemple 1 a): òptica ortogonal



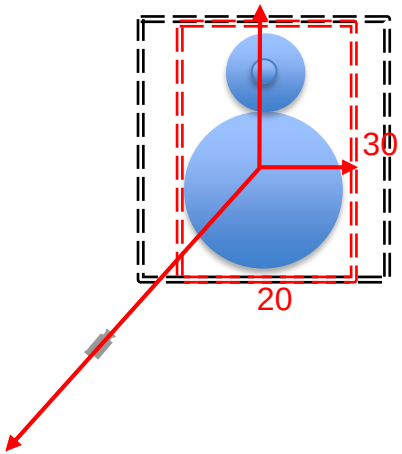


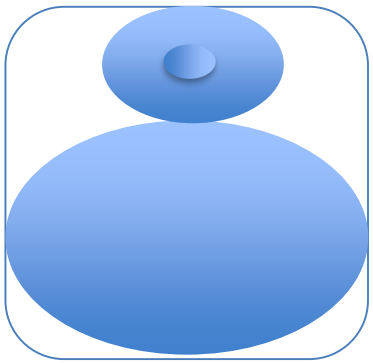
left, right
bottom, top
zNear
zFar

VRP=(0,15,0); OBS=(30,15,0), Up=(0,1,0)



zN= 20;
zF= 40



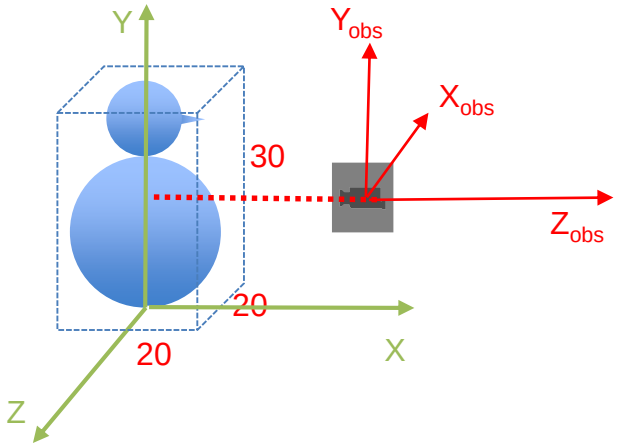


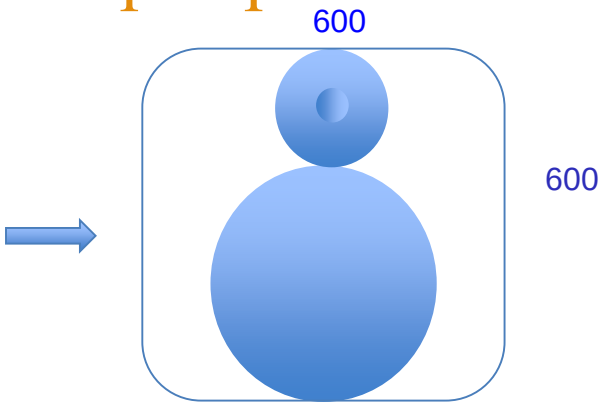
left = -10, right = 10
bottom = -15, top = 15

Com ra_v =1 → deformació

Solució left = -15, right = 15
per tenir ra_w = 1

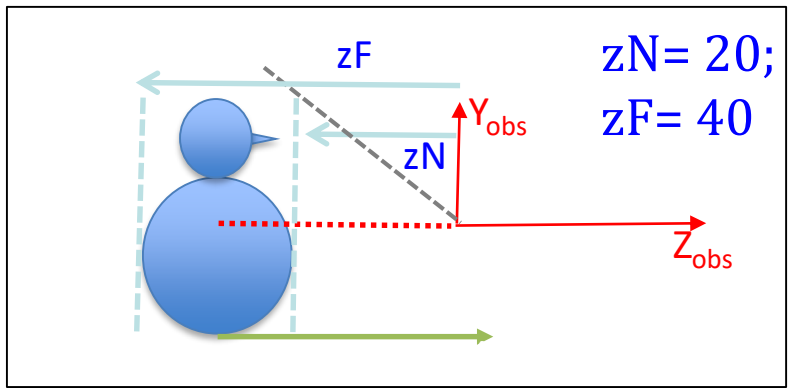
Exemple 1 b): òptica perspectiva

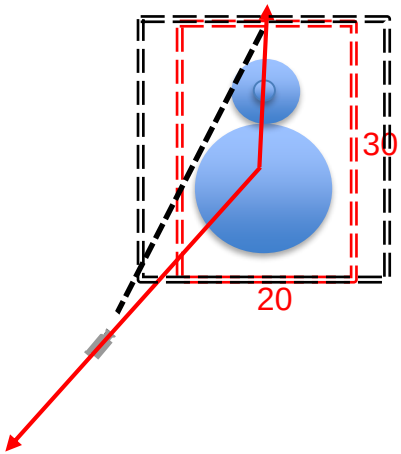


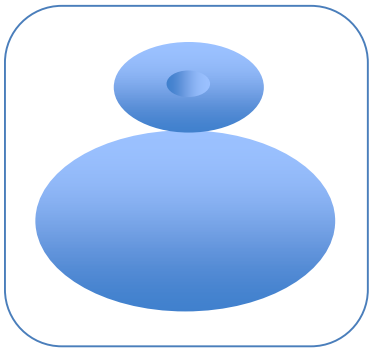


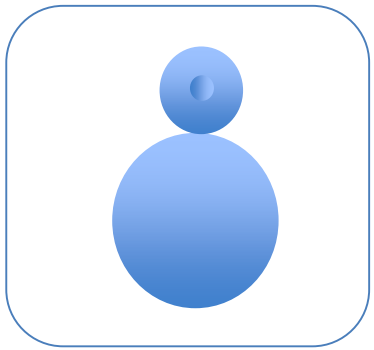
FOV
ra_w
zNear
zFar

VRP=(0,15,0); OBS=(30,15,0), Up=(0,1,0)









alfa = arctg (15/20) → alfa = 36,8º

FOV = 2 * alfa

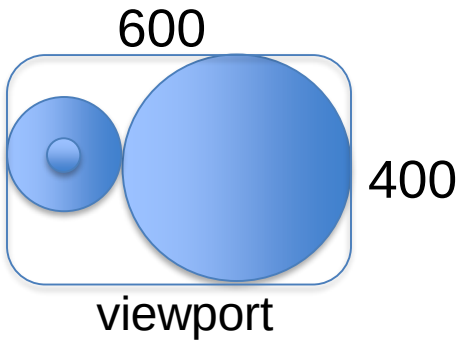
ra_W = 20/30= 0,66

Com ra_v =1 → deformació

Solució ra_W =1

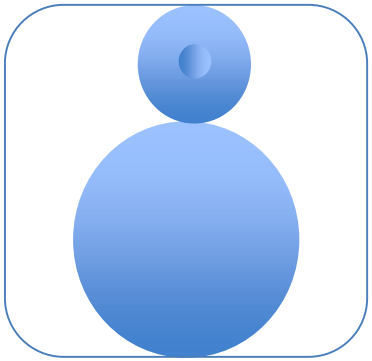
Exemple 1 bis

Què caldria canviar dels paràmetres de posicionament de càmera de l'exemple 1 per obtenir la imatge següent?



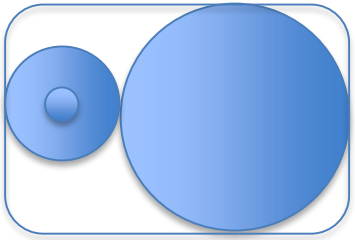
Exemple 1 bis

Teníem



VRP=(0,15,0); OBS=(30,15,0), up=(0,1,0)

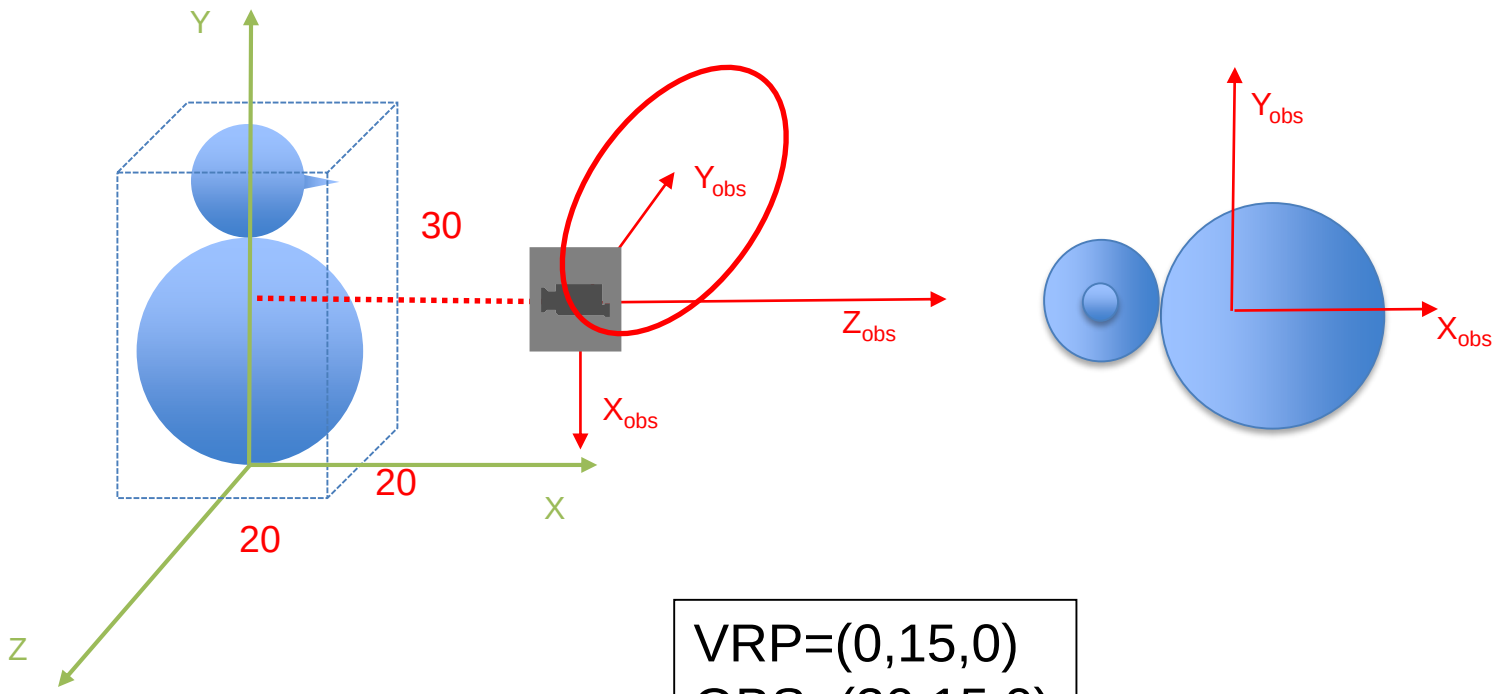
Volem



VRP=(0,15,0) i OBS=(30,15,0) **igual**

Canviarà up!

Exemple 1 bis

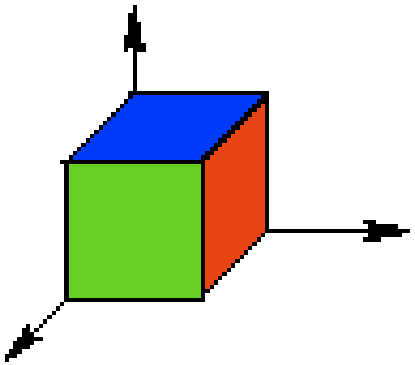


VRP=(0,15,0)
OBS=(30,15,0)
Up=(0,0,-1)

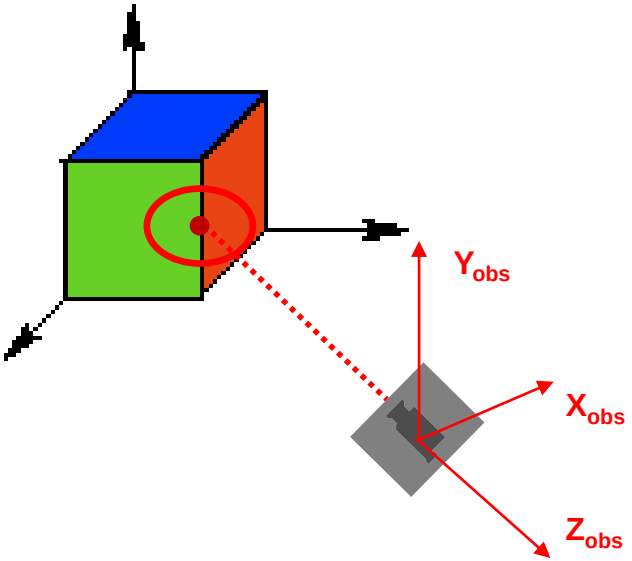
Exemple 2. Tenim una escena amb un cub de costat 2 orientat amb els eixos i de manera que el seu vèrtex mínim està situat a l'origen de coordenades. La cara del cub que queda sobre el pla x=2 és de color vermell, la cara que queda sobre el pla z=2 és de color verd i la resta de cares són blaves.

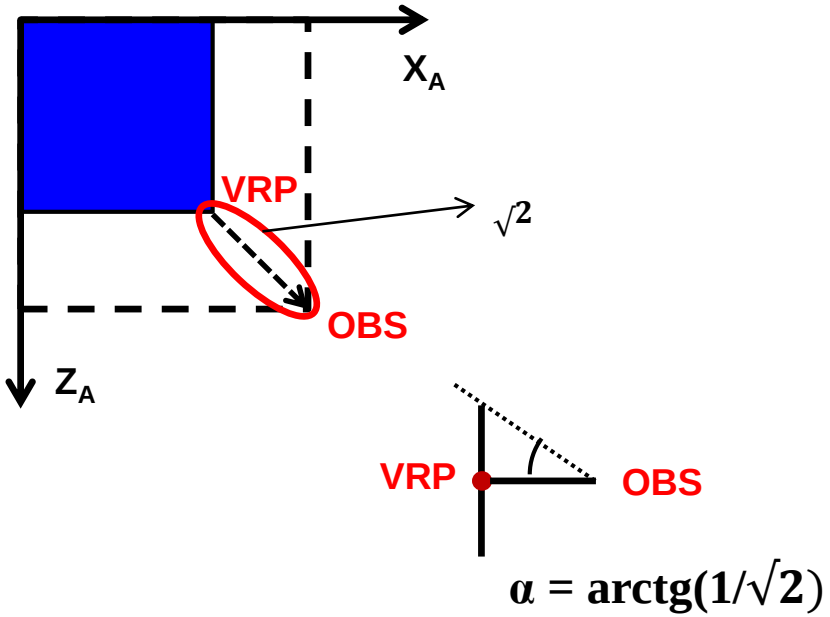
a) Indica TOTS els paràmetres d'una càmera perspectiva que permeti veure completes a la vista només les cares vermella i verda. La relació d'aspecte del viewport (vista) és 2. Fes un dibuix indicant la imatge final que s'obtindria.

b) Quin efecte tindria en la imatge final modificar l'òptica ortogonal? Defineix la càmera ortogonal.



Exemple 2 a)





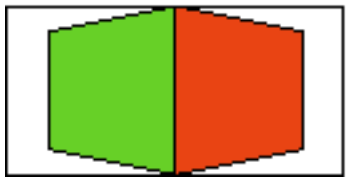
Posició i orientació

VRP= (2,1,2)
OBS= (3,1,3)
Up = (0,1,0)

Òptica perspectiva

0<Znear ≤√(2)
Zfar ≥ 3*√2
FOV=2*arctg(1/√2)
$ra_w = ra_v = 2$

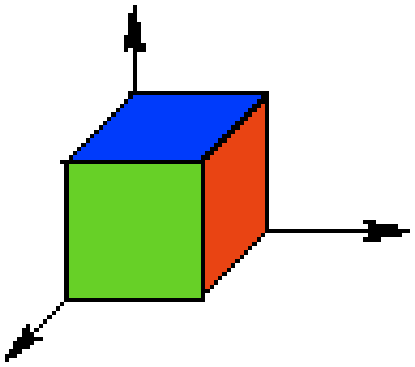
Imatge al viewport



Exemple 2. Tenim una escena amb un cub de costat 2 orientat amb els eixos i de manera que el seu vèrtex mínim està situat a l'origen de coordenades. La cara del cub que queda sobre el pla x=2 és de color vermell, la cara que queda sobre el pla z=2 és de color verd i la resta de cares són blaves.

a) Indica TOTS els paràmetres d'una càmera perspectiva que permeti veure completes a la vista només les cares vermella i verda. La relació d'aspecte del viewport (vista) és 2. Fes un dibuix indicant la imatge final que s'obtindria.

b) Quin efecte tindria en la imatge final modificar l'òptica ortogonal? Defineix la càmera ortogonal.



Penseu vosaltres l'apartat b)

Classe 3: Conceptes i preguntes

- Paràmetres requerits per posició i orientació de la càmera: VRP, OBS i Up. Quin efecte té modificar un qualsevol dels paràmetres en la imatge final?
- Pot tenir Up la direcció de visió (direcció de la recta que uneix VRP amb OBS)? Ha de coincidir amb l'eix Y del sistema de coordenades de l'observador?
- Paràmetres requerits per l'òptica perspectiva i ortogonal de la càmera. Quin efecte té modificar Znear i/o Zfar? i FOV? i window?
- Concepte de viewport/vista. Efecte de tenir relacions d'aspecte diferents en window i viewport.
- Càlcul dels paràmetres de càmera per crear una imatge determinada.
- Distingir els diferents sistemes de coordenades implicats en la definició de la càmera (SCA, SCO, SCC). Quantes matrius cal passar a la GPU? Com les obtenim?
- Si no es multiplica el vèrtex en el vertex shader per cap matriu, quina càmera estem usant?
- Zoom i modificació dels paràmetres que comporta.
- Com passar de coordenades de model (SCM) a aplicació (SCA) en el Vertex Shader.
- Si hi ha un objecte que ja està correctament posicionat en el seu VAO, cal passar una TG al shader? Suposant que l'escena té més d'un objecte.