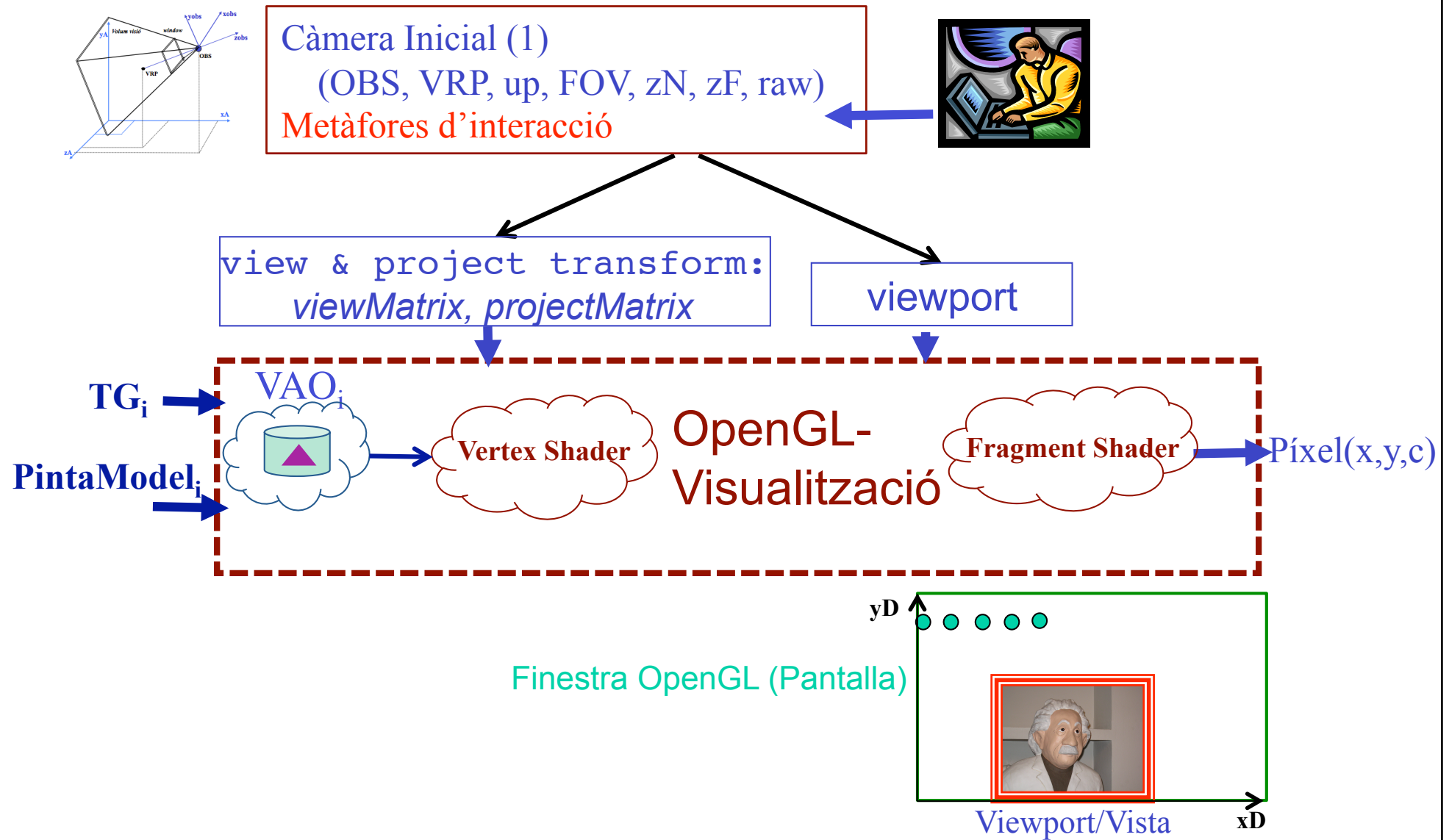


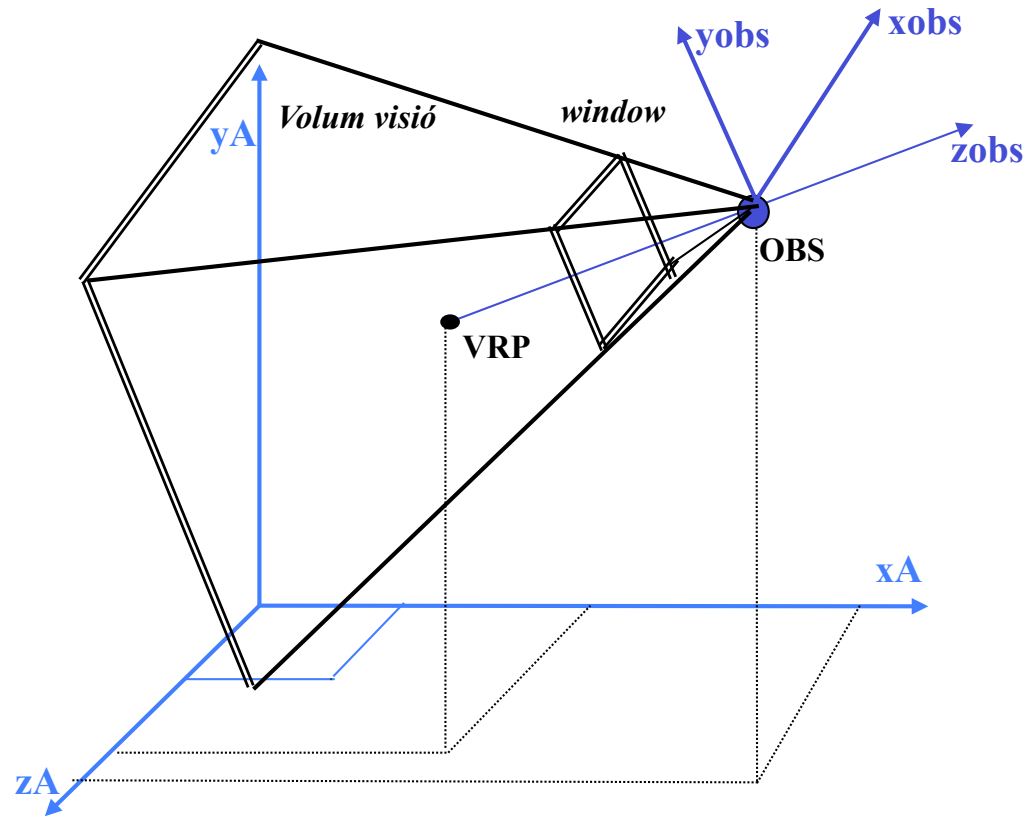
# Classe 4: contingut

- Càmera (2):
  - Recordatori posicionament càmera
  - Exercici: càmera en 3ra persona
  - Moure Càmera i Angles Euler
- Alguns exercicis càmera

# Càmera i procés de visualització

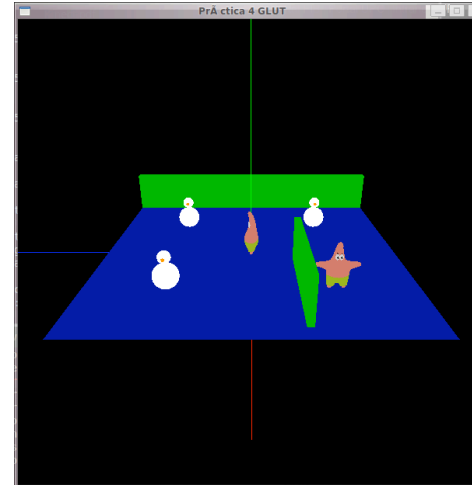
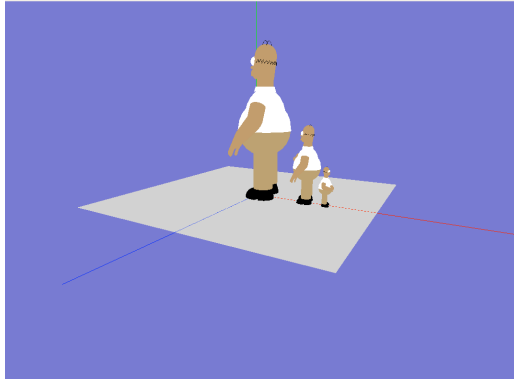


Càmera: OBS, VRP, up, zN, zF, FOV, raw



**OBS, VRP, up, FOV, ra, zNear, zFar**

# Càmera 3ra persona

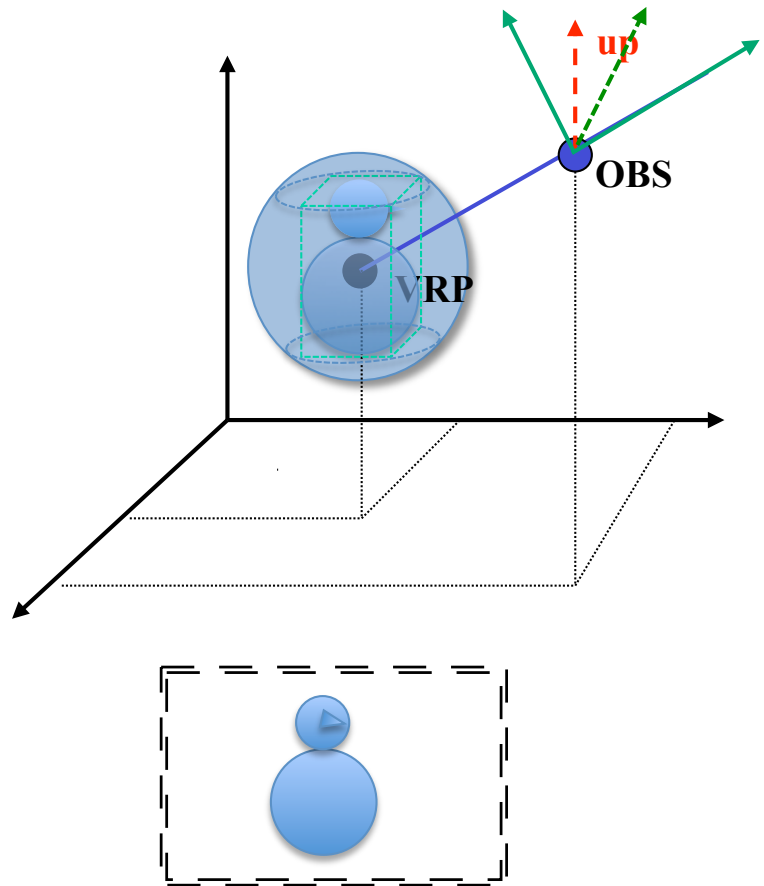


Quins paràmetres de posició, orientació i òptica per càmera en 3ra persona? →  
imatge inclogui tota l'escena, ocupant el màxim del viewport.

Dada: capsa mínima contenidora d'escena

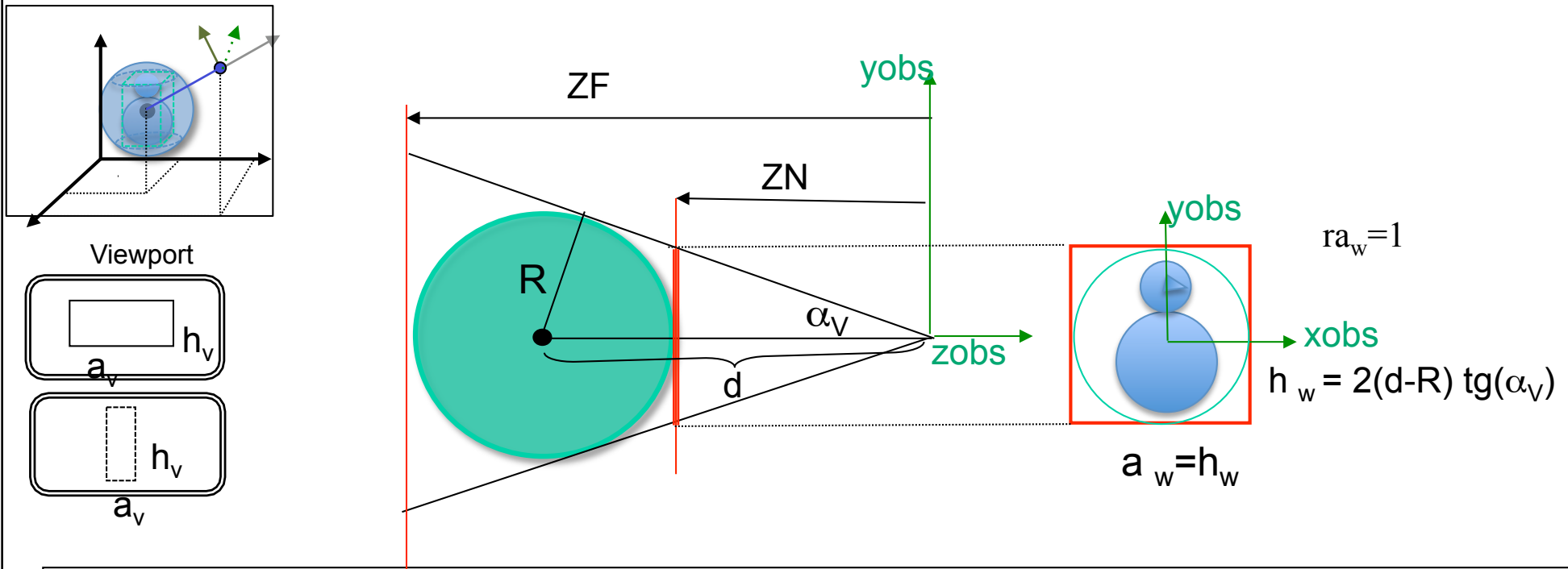
$(x_{\min}, y_{\min}, z_{\min}) - (x_{\max}, y_{\max}, z_{\max})$

## Inicialització posicionament amb OBS, VRP, up



- Centrat => **VRP**=CentreEscena
- Per assegurar que l'escena es veu sense retallar des d'una posició arbitrària CAL que **OBS** sempre fora capsa mínima contenidora; per assegurar-ho CAL que **OBS** fora de l'esfera englobant de la capsa => distància "d" de l'**OBS** a **VRP** superior a R esfera.
  - CapsaMinCont=(xmin,ymin,zmin,xmax,ymax,zmax)
  - CentreEscena=Centre(CapsaMinCont)  
 $((x_{max}+x_{min})/2, (y_{max}+y_{min})/2, (z_{max}+z_{min})/2)$
  - $R = \text{dist}((x_{min}, y_{min}, z_{min}), (x_{max}, y_{max}, z_{max}))/2$
  - $d > R$ ; per exemple  $d = 2R$
  - **OBS**=**VRP**+  $d \cdot \mathbf{v}$ ;  $\mathbf{v}$  normalitzat en qualsevol direcció;  
per exemple  $\mathbf{v} = (1, 1, 1) / \|(1, 1, 1)\|$
- **up** qualsevol que no sigui paral·lel a  $\mathbf{v}$ ; si volem ninot vertical (eix Y es vegi vertical) **up**=(0,1,0)

# Tota escena en la vista, sense deformar i càmera perspectiva



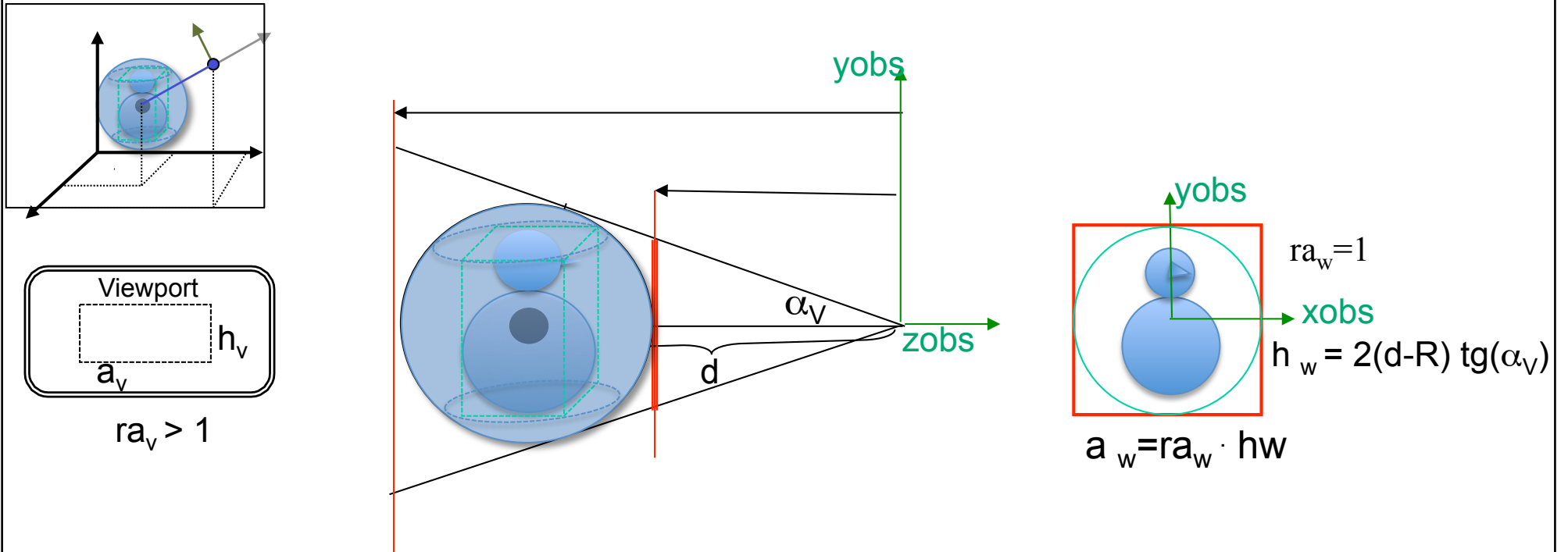
- Si tota l'esfera englobant està dins la profunditat del camp de visió, no retallem l'escena.  
Per tant,  $ZN \in ] 0, d-R]$   $ZF \in [d+R, \dots ]$ ; per a aprofitar precisió profunditat:  $ZN = d-R$ ;  $ZF = d+R$
- Per a aprofitar al màxim la pantalla (de fet el viewport), el window de la càmera s'ha d'ajustar a l'escena; una aproximació és ajustar el volum de visió (piràmide) de la càmera a l'esfera englobant.
  - $R = d \sin(\alpha_V)$  ;  $\alpha_V = \arcsin(R/d)$   $\Rightarrow FOV = 2\alpha_V$
  - com **window està situat en  $ZN$** ,  $\alpha_V$  determina que la seva alçada sigui:  $h_w = 2(d-R) \tan(\alpha_V)$
- $ra_w = a_w/h_w = 1$  (perquè  $\alpha_H$  hauria de ser igual a  $\alpha_V$  per assegurar que esfera no retallada)

- **PERÒ** per a què no hi hagi deformació, cal que  $ra_w = ra_v$ , per tant, si no volem modificar el viewport cal forçar una

$$ra_w^* = ra_v$$

**Pregunta:** amb aquesta nova  $ra_w^*$  es retallarà l'esfera? (estarà tota l'esfera/escena dins del volum de visió?)

# Tota escena en la vista, sense deformar i càmera perspectiva

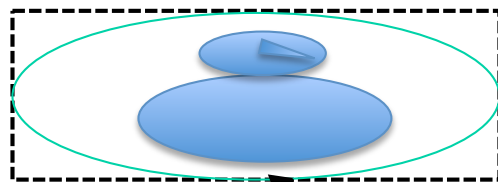


Si  $ra_v > 1$  i fem  **$ra_w^* = ra_v$**   $\Rightarrow$  si no modifiquem  $h_w$ ,

la nova  $a_w^* > a_w$  mínima requerida,

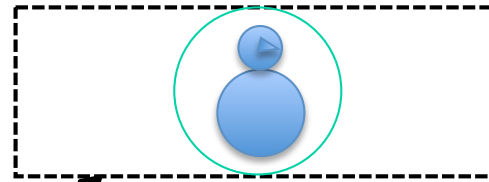
per tant, no es retalla

**no cal modificar  $\alpha_v$  (FOV)**



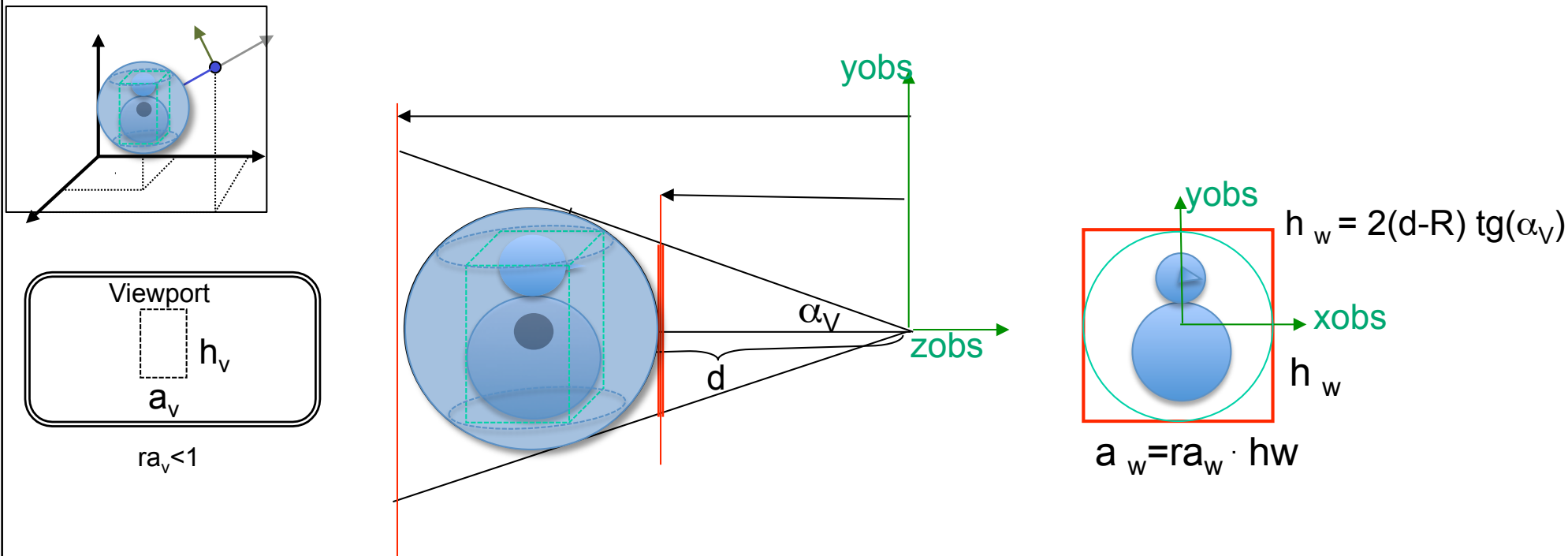
Amb  $ra_w = 1$

Viewport  
 $ra_v > 1$

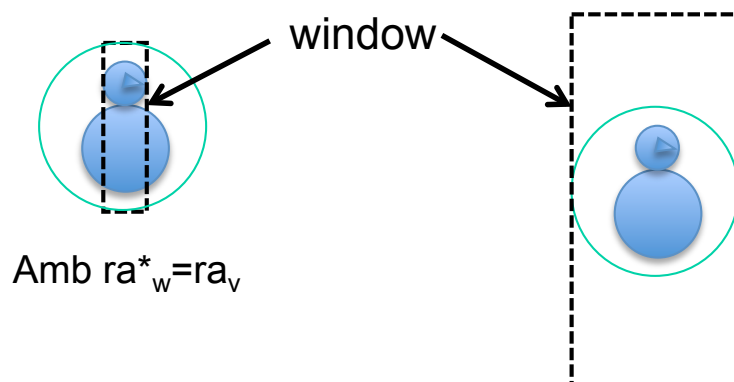


Amb  $ra_w^* = ra_v$

# Tota escena en la vista, sense deformar i càmera perspectiva



Si  $ra_v < 1$  i només fem  $ra_w^* = ra_v$ , no hi haurà deformació però com  $ra_w^* < ra_w$ , implícitament estem  $a_w^* < a_w$   
 → retallarà esfera



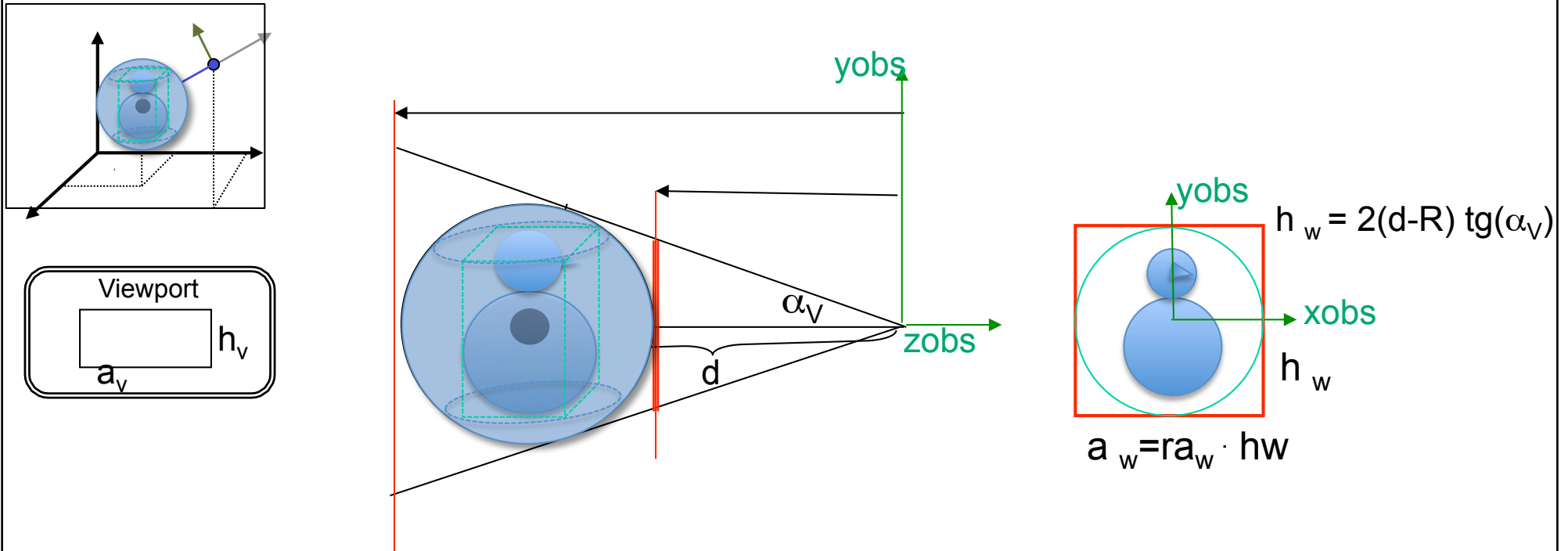
Per evitar-ho cal incrementar l'angle d'obertura, per incrementar proporcionalment l'amplada i englobar tota l'esfera. CAL  $ra_w^* = ra_v$  i nou FOV

$$\text{FOV} = 2 \alpha_v^* \text{ on } \alpha_v^* = \arctg(\operatorname{tg}(\alpha_v) / ra_v)$$

- Sempre cal calcular el nou angle a partir de l'inicial (window quadrat). Penseu que passaria si no ho feu i modifiqueu interactivament el viewport (finestra gràfica) fent-ho  $>1$  i  $<1$  molts cops seguits.



# Tota escena en la vista, sense deformar i càmera perspectiva



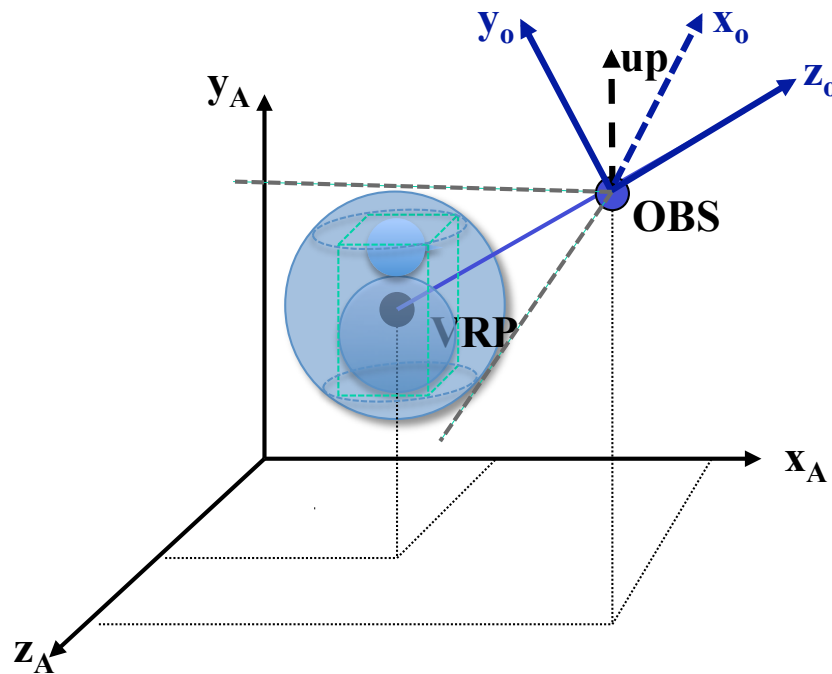
- Si  $ra_v > 1$  ( $>ra_w$  mínima requerida 1)  $\Rightarrow$  No es retalla, **no cal modificar  $\alpha_v$  (FOV), només fer  $ra_w^* = ra_v$**   
Justificació:  $ra_w^*$  serà superior a 1; si no modifiquem l'angle FOV,  $h_w$  no canvia  $\Rightarrow$   
 $a_w^* = ra_w^* \cdot h_w$  i com  $ra_w^* > ra_w \Rightarrow a_w^* > a_w$  i, per tant, serà més gran del necessari però es veurà tota l'esfera i quedarà espai pels laterals.
- Si  $ra_v < 1$  ( $<ra_w$  mínima requerida 1)  $\Rightarrow$  cal **fer  $ra_w^* = ra_v$  i incrementar l'angle d'obertura**  
 **$FOV = 2 \alpha_v^*$  on  $\alpha_v^* = \arctg(\tan(\alpha_v) / ra_v)$**

Justificació: com  $a_w^* = ra_w^* \cdot h_w$ , si no modifiquem angle,  $h_w$  no varia; com  $ra_w^* < ra_w \Rightarrow a_w^* < a_w$  i l'esfera quedaria retallada (en horitzontal). Per tant, cal incrementar l'angle  $\alpha_v$  (i, per tant,  $h_w^*$ ) per a garantir una amplada del window igual a la mínima requerida.

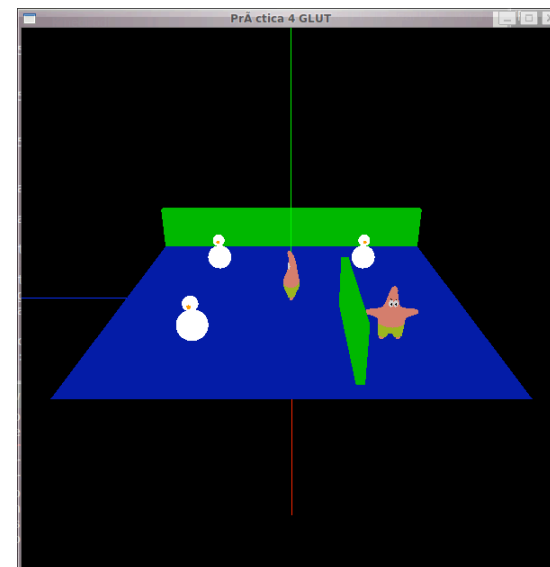
- Com  $h_w^* = a_w / ra_v$  i per trigonometria  $h_w^* = 2(d-R) \tan(\alpha_v^*)$ , igualant les equacions  
 $\alpha_v^* = \arctg(\tan(\alpha_v) / ra_v)$

# Vist...

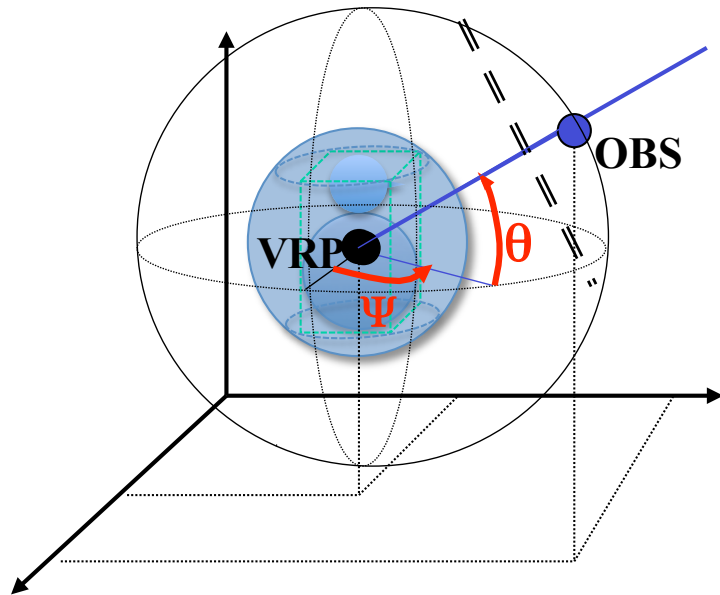
- Posicionament: OBS, VRP, up  $\rightarrow$  viewMatrix
- Òptica perspectiva:  $z_N$ ,  $z_F$ , FOV, ra  $\rightarrow$  projectionMatrix
- Càmera en 3ra persona: posició inicial



**Com Moure la Càmera  
per inspeccionar escena?**



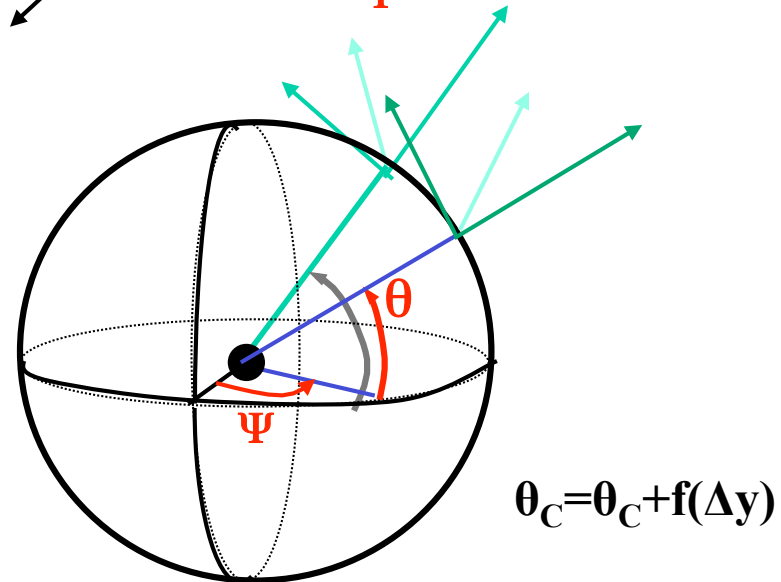
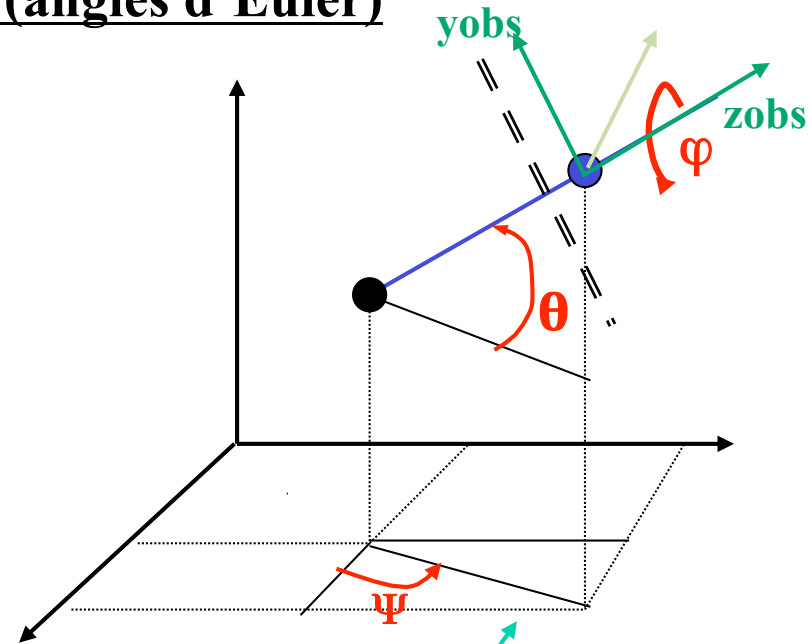
## Moure la Càmera (angles d'Euler)



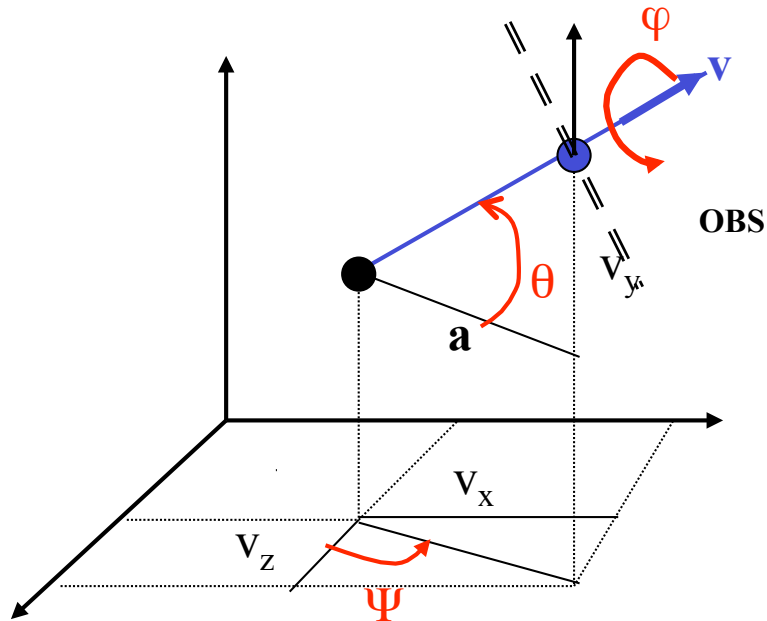
- Els angles (d'Euler) determinen la posició d'un punt en l'esfera
- Des de la interfície d'usuari desplacem el cursor dreta/esquerra ( $\psi$ ) i pujar/baixar ( $\theta$ ); per moure **OBS** sobre l'esfera

Com calculem **OBS**, **VRP**, **up**?

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



## Càlcul VRP, OBS a partir dels angles d'Euler



**VRP** = Punt d'enfoc

**OBS** = VRP + d **v**

**d** > **R** ; per exemple: d = 2R

$v_y = \sin(\theta)$ ;  $a = \cos(\theta)$ ;

$v_z = \cos(\theta) \cos(\Psi)$  ;

$v_x = \cos(\theta) \sin(\Psi)$ ;

Un possible **up**: **up** = (0,1,0) ( $\varphi = 0^\circ$ )

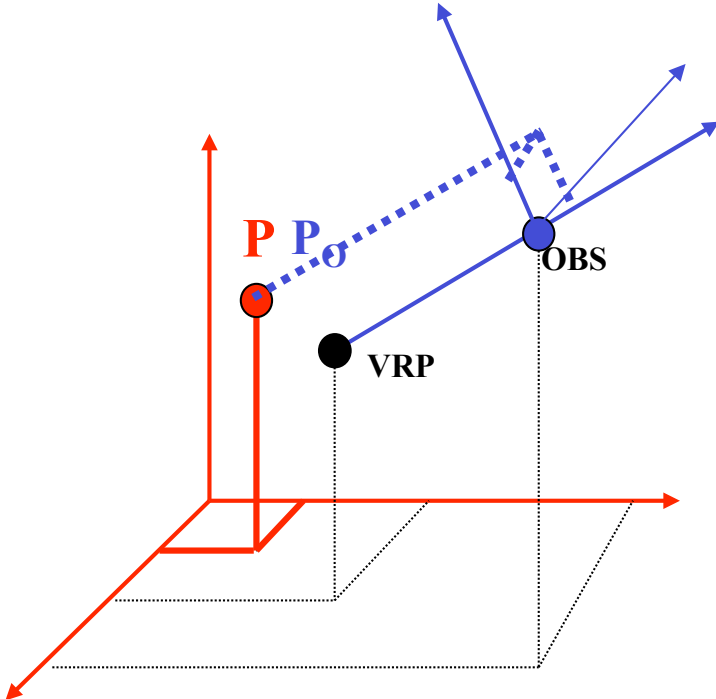
Es podria calcular la View Matrix directament a partir dels angles?

*Noteu que estem considerant els angles d'orientació de la càmera:*

*$\Psi$  en  $[-180, 180]$ ,  $\theta$  en  $[-90, 90]$*

*positius quan movem la càmera cap ➔ i quan la movem cap ⬆*

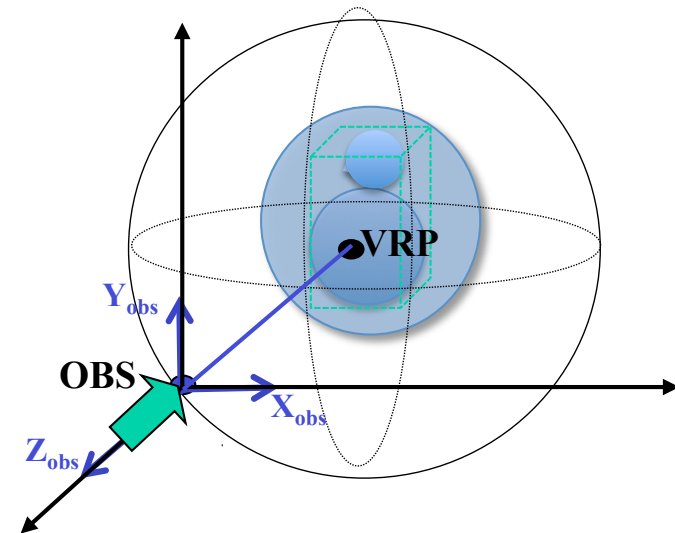
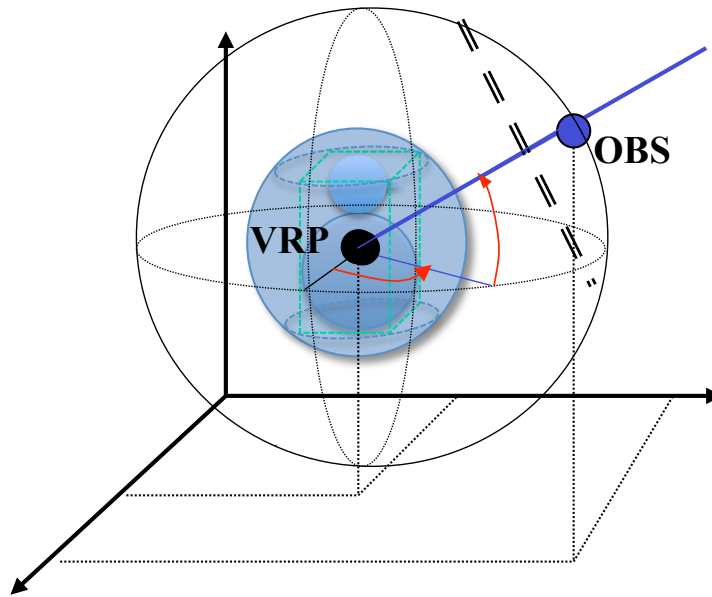
## Càlcul view Matrix directe a partir d'angles Euler, VRP i d



## RECORDEU:

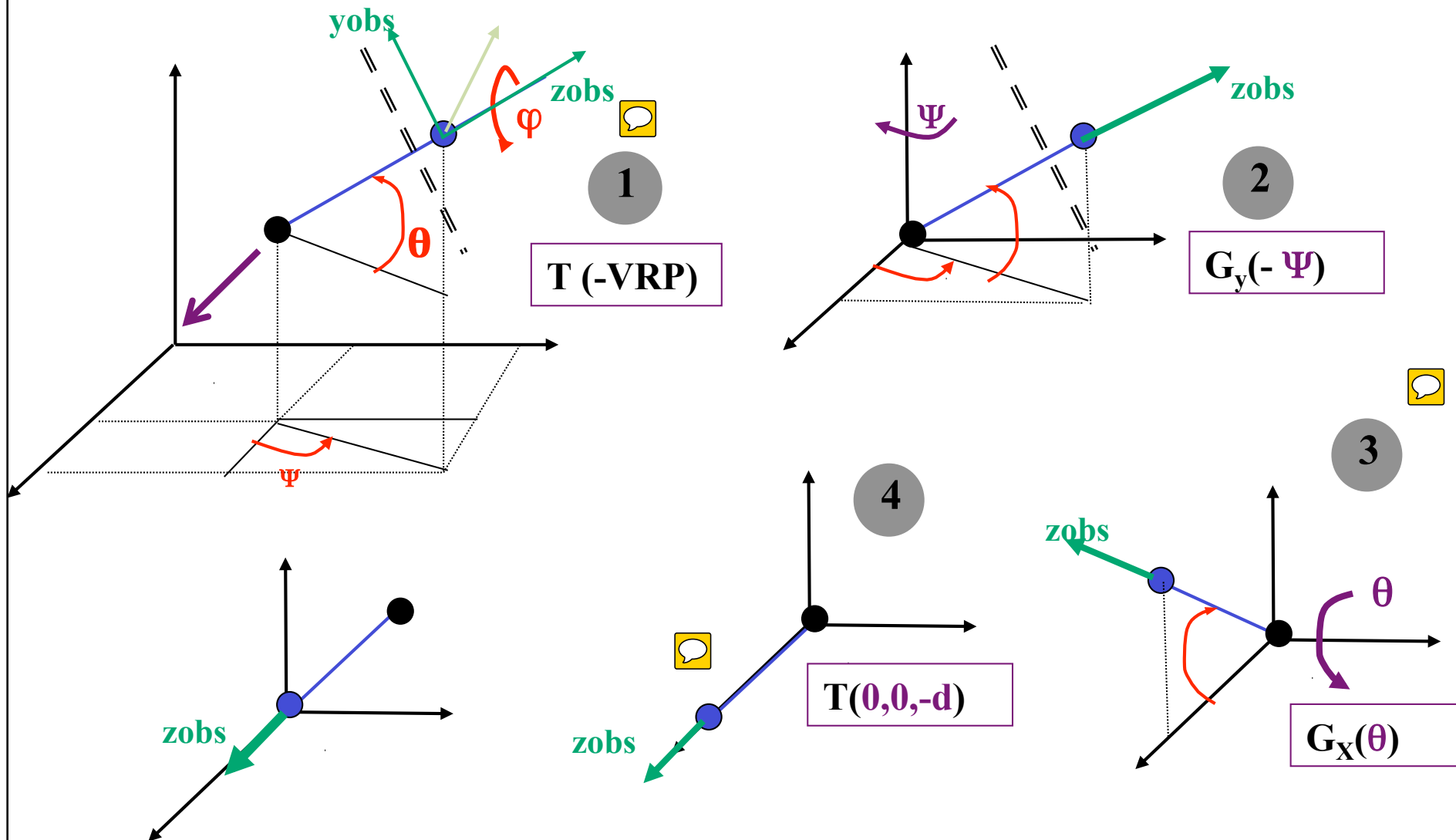
## La viewMatrix serveix per tenir posició de punts respecte observador

## Càlcul VM directe a partir d'angles Euler, VRP i d



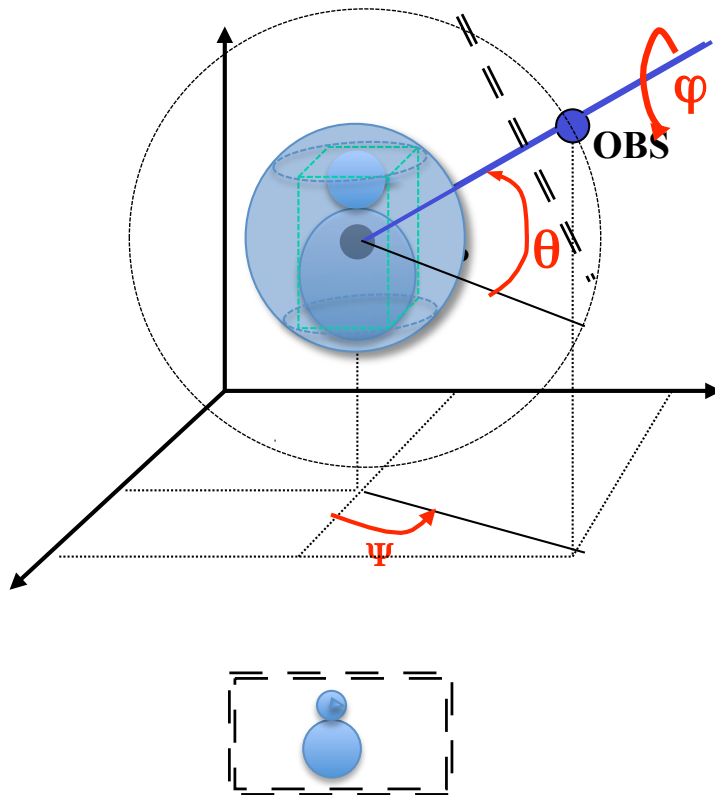
- Ho podeu pensar com si girem l'esfera per a què la seva posició respecte la càmera de defecte sigui la mateixa. Agafar l'esfera i posicionar-la.
- Noteu que  $z_{obs}$  passarà a ser coincident amb  $z_A$  (SCO i SCA coincidiran)
- **Pensarem el moviment tenint en compte que sabem calcular matrius de gir només si girem entorn d'eixos que passen per origen de coordenades.**

# Càlcul MV directe a partir d'angles Euler: exemple més complexe



$$VM = T(0,0,-d) * G_x(\theta) * G_y(-\Psi) * T(-VRP)$$

## Exercici d'inicialització càmera: Posicionament amb angles Euler (TG)



$$VM = T(0,0,-d) * G_Z(-\varphi) * G_X(\theta) * G_Y(-\psi) * T(-VRP)$$

```
VM=Translate (0.,0.,-d)
VM=VM*Rotate(-\varphi,0,0,1)
VM= VM*Rotate (\theta,1,0,0.)
VM= VM*Rotate(-\psi,0,1,0.)
VM= VM*Translate(-VRP.x,-VRP.y,-VRP.z)
viewMatrix(VM)
```

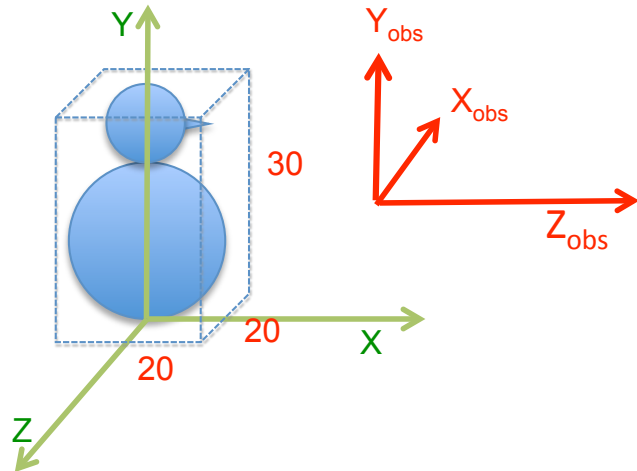
Ull amb signes:

- Si s'ha calculat  $\psi$  positiu quan càmera gira cap a la dreta, serà un gir anti-horari respecte eix Y de la càmera, per tant, matemàticament positiu; com girem els objectes en sentit contrari, cal posar  $-\psi$  en el codi.
- Si s'ha calculat  $\theta$  positiu quan pugem la càmera, serà un gir horari; per tant, matemàticament un gir negatiu; com objecte girarà en sentit contrari (anti-horari), ja és correcte deixar signe positiu.

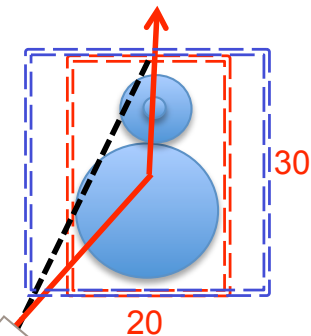
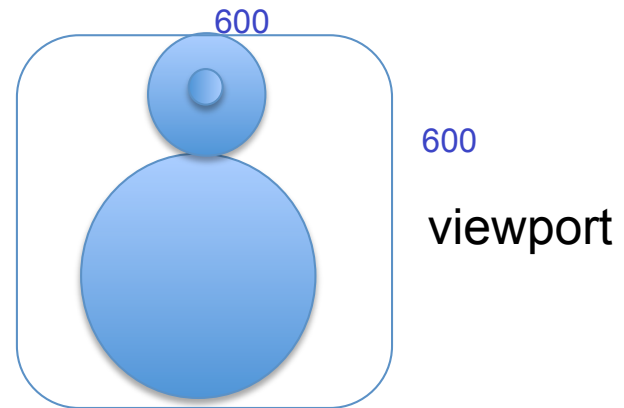
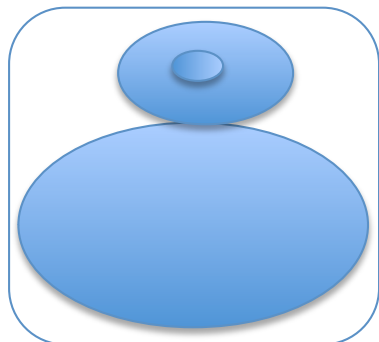
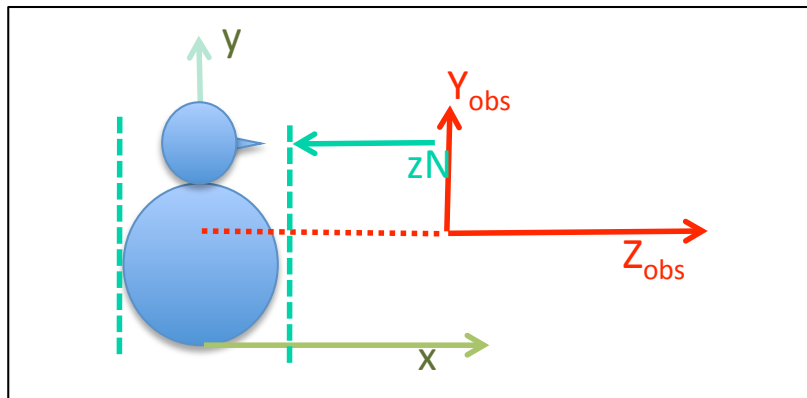


# Alguns exercicis

# Exemple 1: Òptica perspectiva



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



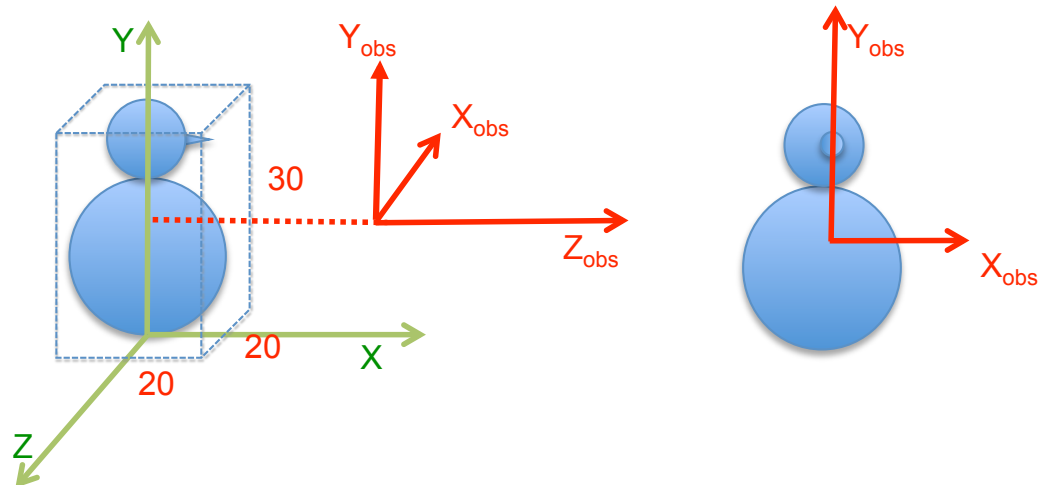
$zN = 20$ ;  $zF = 40$

$\alpha = \arctg(15/20) \rightarrow \alpha = 36,8^\circ$

$ra_W = 20/30 = 0,66$

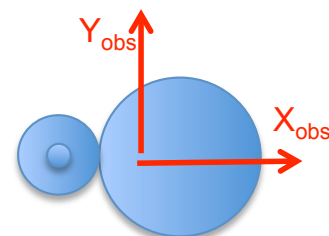
Com  $ra_v = 1 \rightarrow$  deformació

Solució  $ra_W = 1$



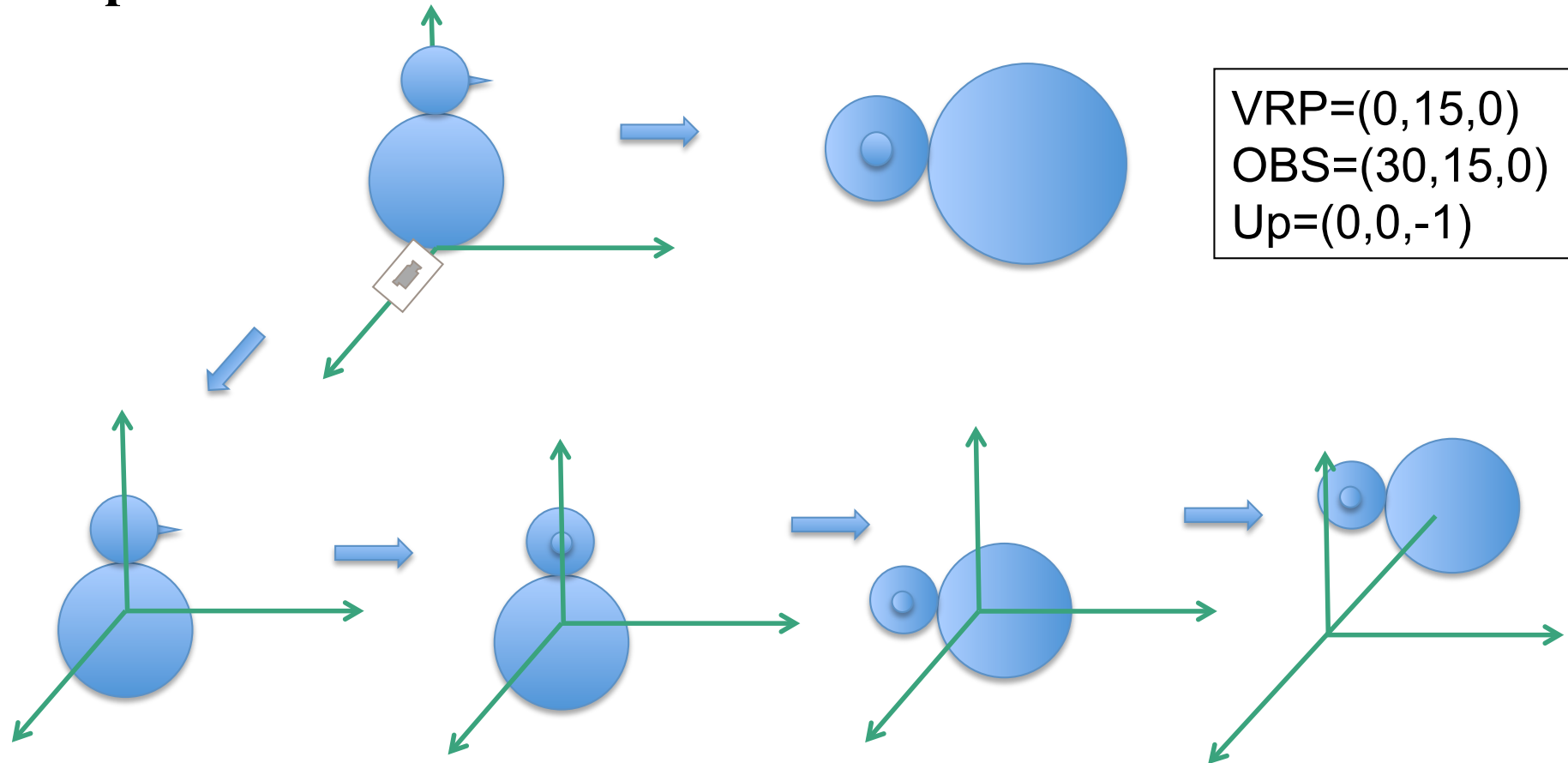
VRP=(0,15,0)  
OBS=(30,15,0)  
Up=(0,1,0)

Penseu en càmera i com ha de quedar la imatge



*Quins paràmetres si volem que quedi així?*

## Exemple Ninot: càlcul de VM amb TG

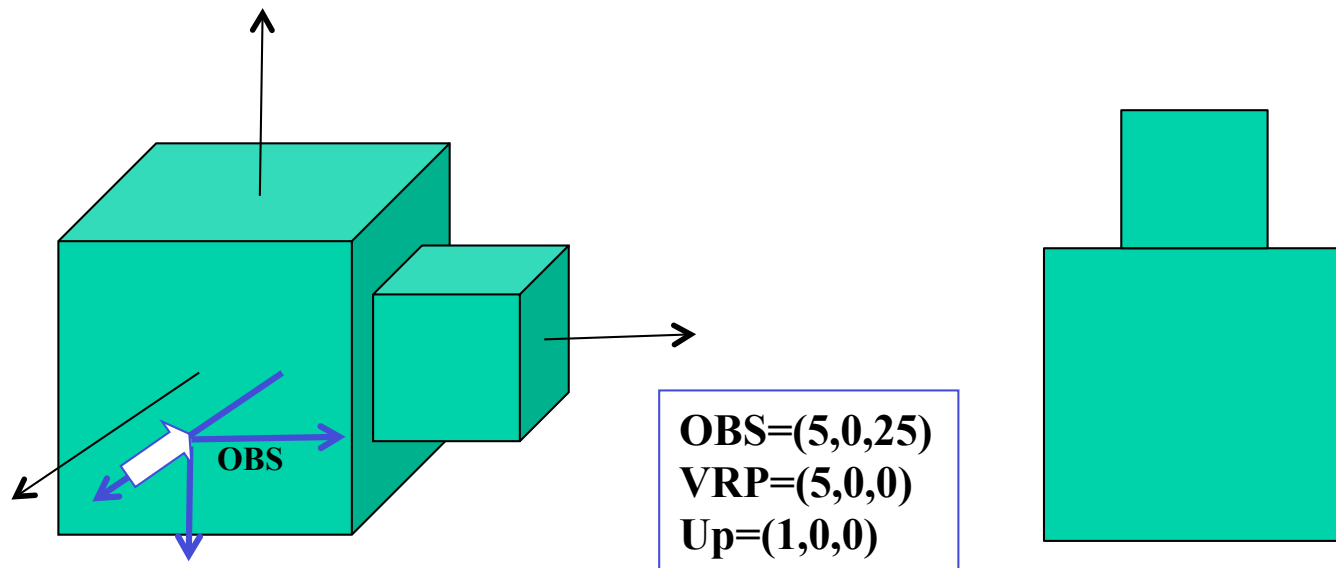


VRP=(0,15,0)  
OBS=(30,15,0)  
Up=(0,0,-1)

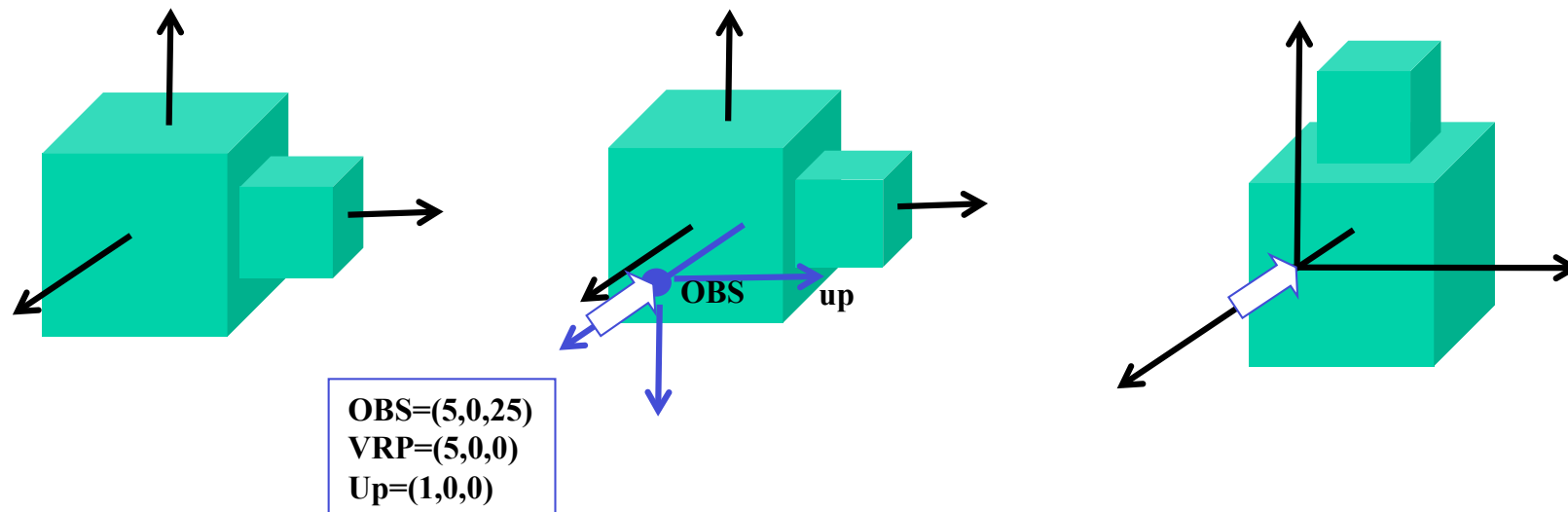
$$TC=T(0,0,-30)G_z(90)G_y(-90)T(0,-15.0)$$

```
VM= Translatef(0.,0.,-30.);
VM= VM*Rotate (90.,0.,0.,1.);
VM= VM*Rotate (-90.,0.,1.,0.);
VM= VM*Translate (0.,0,-15.);
ViewMatrix(VM);
Pinta_Ninot();
```

**Exercici 13.** Una escena està formada per dos cubs, un de costat 20 centrat al punt  $(0,0,0)$ , i l'altre de costat 10 centrat al punt  $(15,0,0)$ . Indiqueu TOTS els paràmetres d'una càmera que permeti veure a la vista dos quadrats, un damunt de l'altre (el més gran a sota), de manera que ocupin el màxim de la vista (*viewport*). Cal que indiqueu la posició i orientació de la càmera especificant; a) **VRP**, **OBS** i **up** b) angles Euler



**Exercici 13.** Una escena està formada per dos cubs, un de costat 20 centrat al punt  $(0,0,0)$ , i l'altre de costat 10 centrat al punt  $(15,0,0)$ . Indiqueu TOTS els paràmetres d'una càmera que permeti veure a la vista dos quadrats, un damunt de l'altre (el més gran a sota), de manera que ocupin el màxim de la vista (*viewport*). Cal que indiqueu la posició i orientació de la càmera especificant; a) VRP, OBS i up b) **angles Euler**



**Exercici 45.** Una esfera de radi 1 es visualitza en un viewport quadrat de 400 per 400, amb una càmera posicionada correctament per poder veure tota l'esfera, i on el mètode per a definir la projecció de la càmera utilitza la següent crida:

```
TP = Perspective (60.0, 1.0, 1.0, 10.0);  
projectMatrix (TP);
```

L'usuari ha redimensionat la finestra a 500 d'amplada per 400 d'alçada. Digues què cal canviar de la càmera per tal que es vegi l'esfera correctament (sense retallar-la ni deformar-la).

- a. Incrementar l'angle d'obertura vertical (FOV) i la relació d'aspecte del window.
- b. Augmentar la relació d'aspecte del window i la distància al ZNear.
- c. Només augmentar la relació d'aspecte del window.
- d. Només canviar l'angle d'obertura vertical (FOV).

**Exercici:** Quan s'inicialitza la càmera, en quin ordre cal indicar les transformacions de càmera i el viewport a OpenGL?

- a) No importa l'ordre en què s'indiquen.
- b) Transformació de posició + orientació, transformació de projecció, *viewport*.
- c) La transformació de projecció, transformació de posició + orientació, *viewport*.
- d) *Viewport*, transformació de projecció, transformació de posició + orientació.



```

/* CreateBuffers(); Crear VAO del model
(un cop)*/

...
/*IniCamera() calcular paràmetres càmera i
matrius cada cop que es
modifiquin */
//viewTransform()
VM = lookAt(OBS,VRP,UP);
viewMatrix(VM);
//projectTransform()
PM=perspective (FOV,ra,zN,ZF);
projectMatrix(PM);
//resize(...)
glViewport (0,0,w.h);
/*PaintGL(); cada cop que es requerix
refresc*/
/*per cada model: modelTransform()
Calcula TGi i passar a OpenGL*/
modelTransform_i(TG);
modelMatrix(TG);
Pinta_model(VAO);

```

### *Vertex Shader*

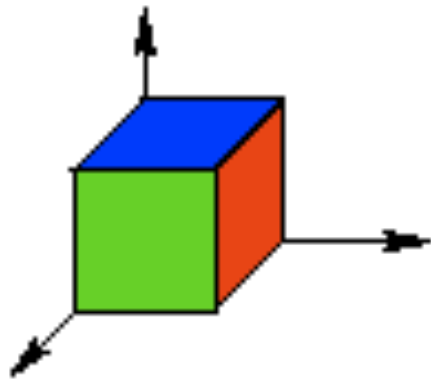
```

in vec3 vertex;
uniform mat4 TG, VM, PM;
void main ()
{
    gl_Position =
        PM*VM*TG*vec4(vertex,1.0);
}

```

77. (2015-2016P Q1) 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'obtingria.



## **Per pensar: Càmera en primera persona**

### **Exercicis de la llista a fer (mínims):**

- 33
- 45
- 22
- 48
- 52
- 63
- 70
- 86
- 89