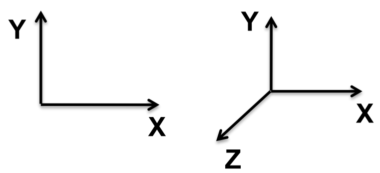
Transformacions geomètriques

MATERIAL DOCENT:
- Capítol 3 del CD
- Capítol 5 de "Computer Graphics using OpenGL"; F.S.Hill, Prentice Hall

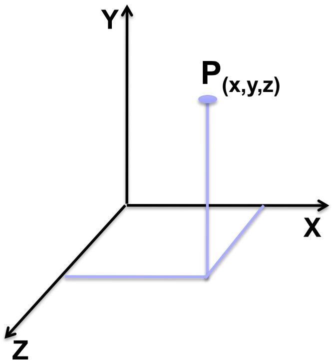
Conceptes a repassar

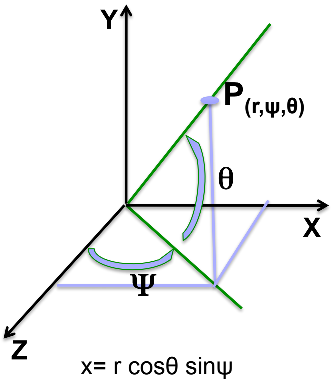
- Sistemes de coordenades
- Representació de punts, vectors, rectes i plans
- Producte escalar i vectorial entre vectors.
- Transformacions geomètriques



Sistema dretà

Coordenades d'un Punt

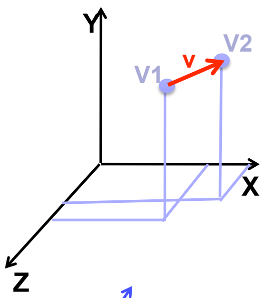


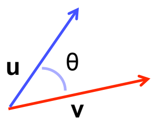


$x = r \cos\theta \sin\psi$
$y = r \sin\theta$
$z = r \cos\theta \cos\Psi$
$r = \mathrm{sqrt}\ (x^2+y^2+z^2)$

9

Productes escalar i vectorial





Vectors:
- Indiquen una orientació
- Queden definits per dos punts **v= V2 – V1** =(a,b,c)
- Norma/mòdul d'un vector sqrt $(a^2 + b^2 + c^2)$

Producte escalar de dos vectors: ***v*** *i* ***u***
- és un escalar
- prod_esc = mod(v)*mod(u)*cos θ = $(u_x v_x + u_y v_x + u_z v_z)$

Producte vectorial de dos vectors: v i ***u***
- és un vector **w**
- **w** és perpendicular a **v** i **u**; regla de la mà dreta
- mod (w) = mod(v)*mod(u)* sin θ
- components => desenvolupament del determinant

10

Rectes i Plans

- Recta: 2 punts, 1 punt i 1 vector ,...

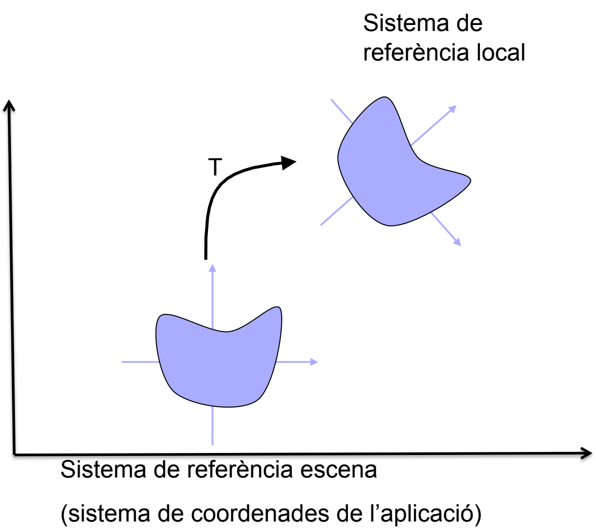
  $\mathbf{P_r} = \mathbf{P_o} + \lambda\, \mathbf{v}$, $\mathbf{P_o}$ és un punt de pas

  $\mathbf{v}$ és vector director

- Pla: 3 punts, 1 punt i vector normal,...

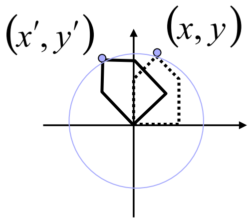
  $ax+by+cz+d = 0$ equació implícita

Transformacions



Exemples de Transformacions Linials

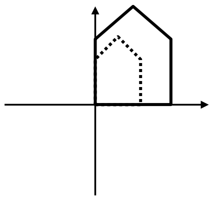
- Rotacions 2D



x' = cosθ x – sinθ y
y' = sinθ x + cosθ y

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

- Escalat 2D



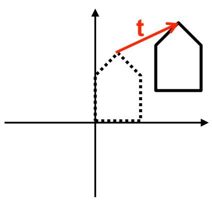
$x' = s_x\ x$
$y' = s_y\ y$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x x \\ s_y y \end{pmatrix}$$

13

Exemples de Transformacions

- Translació de punts



$x' = x + t_x$
$y' = y + t_y$

No es pot codificar com matriu M_{3x3} tal que **P'** = M **P**

14

Coordenades homogènies - 2D

Pas de coords del pla a coords homogènies:

- Punts (x,y) → (x,y,1)
- Vectors (x,y) → (x,y,0)

Pas de coords homogènies a coords del pla:

- Punts (x,y,w) → (x/w, y/w)
- Vectors (x,y,0) → (x,y)

15

Coordenades homogènies - 3D

Pas de coords de l'espai a coords homogènies:

- Punts (x,y,z) → (x,y,z,1)
- Vectors (x,y,z) → (x,y,z,0)

Pas de coords homogènies a coords de l'espai:

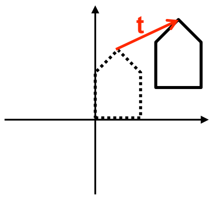
- Punts (x,y,z,w) → (x/w, y/w, z/w)
- Vectors (x,y,z,0) → (x,y,z)

16

Exemples 2D de Transformacions Afins

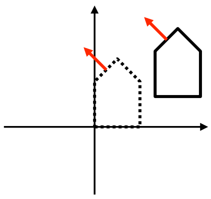
- Translació de punts

x' = x + t_x
y' = y + t_y



$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x + t_x \\ y + t_y \\ 1 \end{pmatrix}$$

- Translacions no afecten als *vectors*

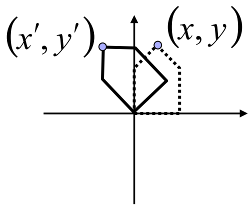


$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix}$$

17

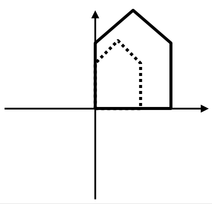
Exemples 2D (en coord, homogènies)

- Rotacions



$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

- Escalat



$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x x \\ s_y y \\ 1 \end{pmatrix}$$

18

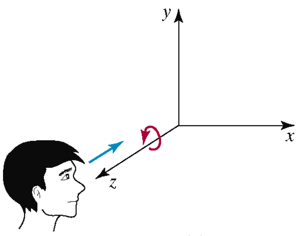
Matriu d' escalat 3D

$$S(s_x, s_y, s_z) = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S(s_x, s_y, s_z) \cdot P = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} xs_x \\ ys_y \\ zs_z \\ 1 \end{bmatrix}$$

19

Matriu de rotació sobre l' eix Z



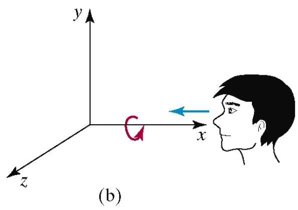
(a)

x' = x cos α – y sin α
y' = y sin α + y cos α
z' = z

$$R_Z(\alpha) \cdot P = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x\cos\alpha - y\sin\alpha \\ x\sin\alpha + y\cos\alpha \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

20

Matriu de rotació sobre l' eix X

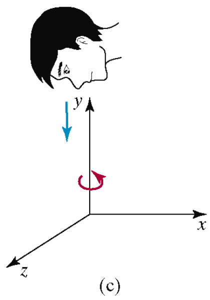


$$R_x(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_x(\alpha)\cdot P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y\cos\alpha - z\sin\alpha \\ y\sin\alpha + z\cos\alpha \\ 1 \end{bmatrix}$$

21

Matriu de rotació sobre l' eix Y



$$R_y(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_y(\alpha)\cdot P = \begin{bmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x\cos\alpha + z\sin\alpha \\ y \\ -x\sin\alpha + z\cos\alpha \\ 1 \end{bmatrix}$$

22

Matriu de translació

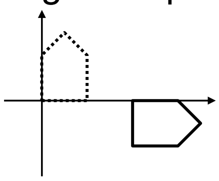
$$T(t_x,t_y,t_z)=\begin{bmatrix}1&0&0&t_x\\0&1&0&t_y\\0&0&1&t_z\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$T(t_x,t_y,t_z)\cdot P=\begin{bmatrix}1&0&0&t_x\\0&1&0&t_y\\0&0&1&t_z\\0&0&0&1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x\\y\\z\\1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}x+t_x\\y+t_y\\z+t_z\\1\end{bmatrix}$$

23

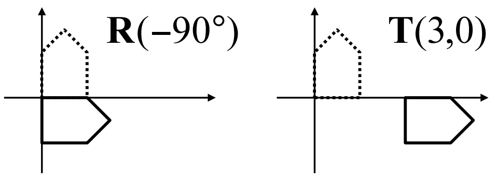
Composició de Transformacions

- Imaginem que volem



No es pot fer amb cap de les matrius anteriors

- Cal composar/efectuar dues transformacions



M = T (3,0) · R(-90º)

P' = T (3,0) · (R(-90º) **P**) = (T (3,0) · R(-90º)) **P** = M · **P**

24

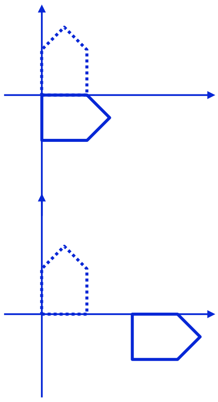
Composició de Transformacions

T (3,0) · **R**(-90º) ≠ **R**(-90º) · **T** (3,0)

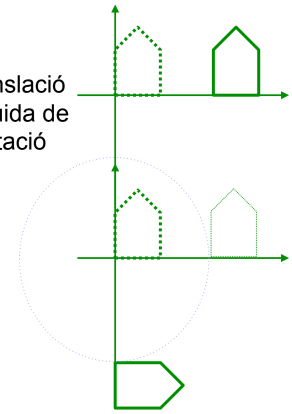
❷ ❶ ❷ ❶

- Multiplicació de matrius no és commutativa

Rotació seguida de translació



Translació seguida de rotació



25

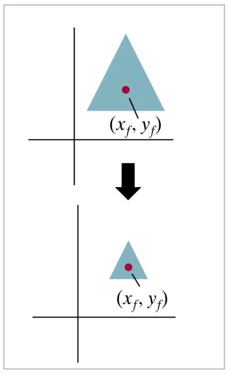
Escalat respecte d'un punt

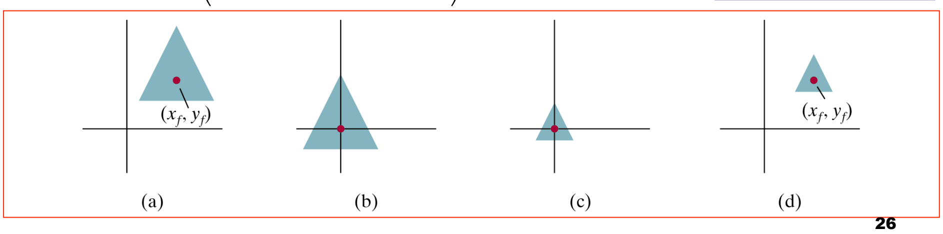
$$T(x_f, y_f) \cdot S(s_x, s_y) \cdot T(-x_f, -y_f)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & x_f \\ 0 & 1 & y_f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & -x_f \\ 0 & 1 & -y_f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} s_x & 0 & (1-s_x)\cdot x_f \\ 0 & s_y & (1-s_y)\cdot y_f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

En 3D similar





26

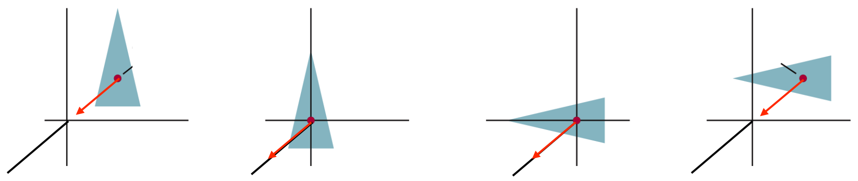
Rotació respecte eix paral·lel a l'eix z que pasa per (x_r,y_r,z_r)

$$T(x_r, y_r, z_r) \cdot R(\theta) \cdot T(-x_r, -y_r, -z_r)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & x_r \\ 0 & 1 & 0 & y_r \\ 0 & 0 & 1 & z_r \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -x_r \\ 0 & 1 & 0 & -y_r \\ 0 & 0 & 1 & -z_r \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

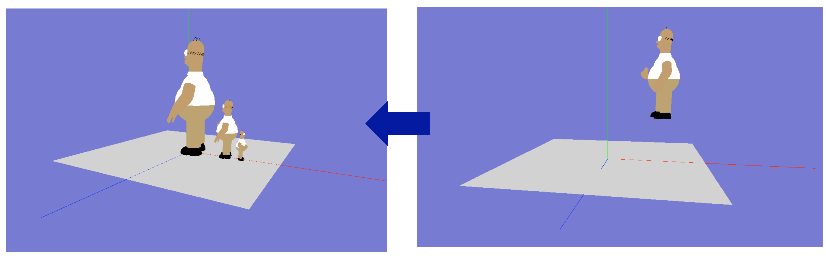
$$= \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & x_r(1-\cos\theta) + y_r \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & y_r(1-\cos\theta) - x_r \sin\theta \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Penseu la composició per a fer un gir respecte d'un eix no paral·lel a un eix coordenat



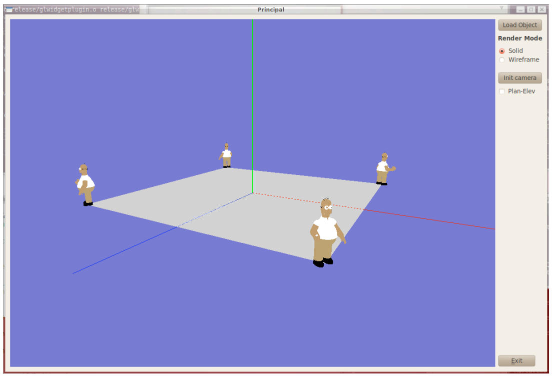
(a) (b) (c) (d)

28



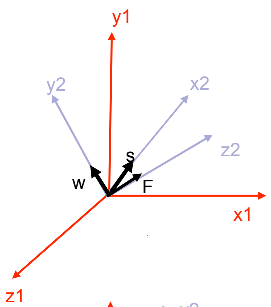
29

Exercicis



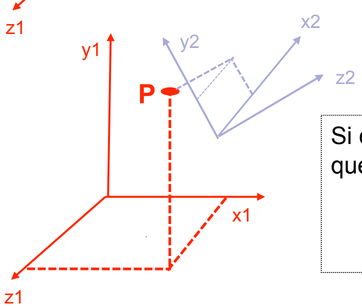
Recomanats: Els marcats en vermell de la col·lecció

Canvi de SC



$$TC=\begin{pmatrix} s.x & s.y & s.z & 0 \\ w.x & w.y & w.z & 0 \\ F.x & F.y & F.z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

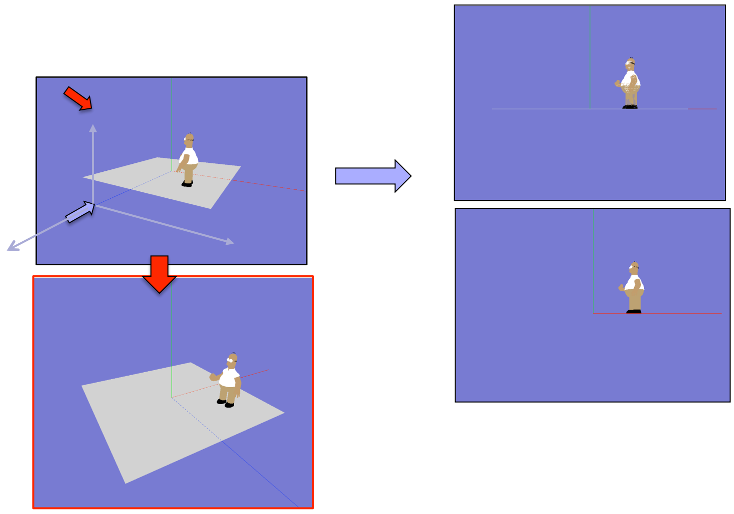
$$P_2 = TC\ P_1$$



Si coneixem la TG a aplicar al SC1 per a que coincideixi amb SC2:

$P_2 = TG^{-1}\ P_1$ $\quad$ $TC = TG^{-1}$

Necessitat 2: coordenades dels objectes respecte la càmera



33