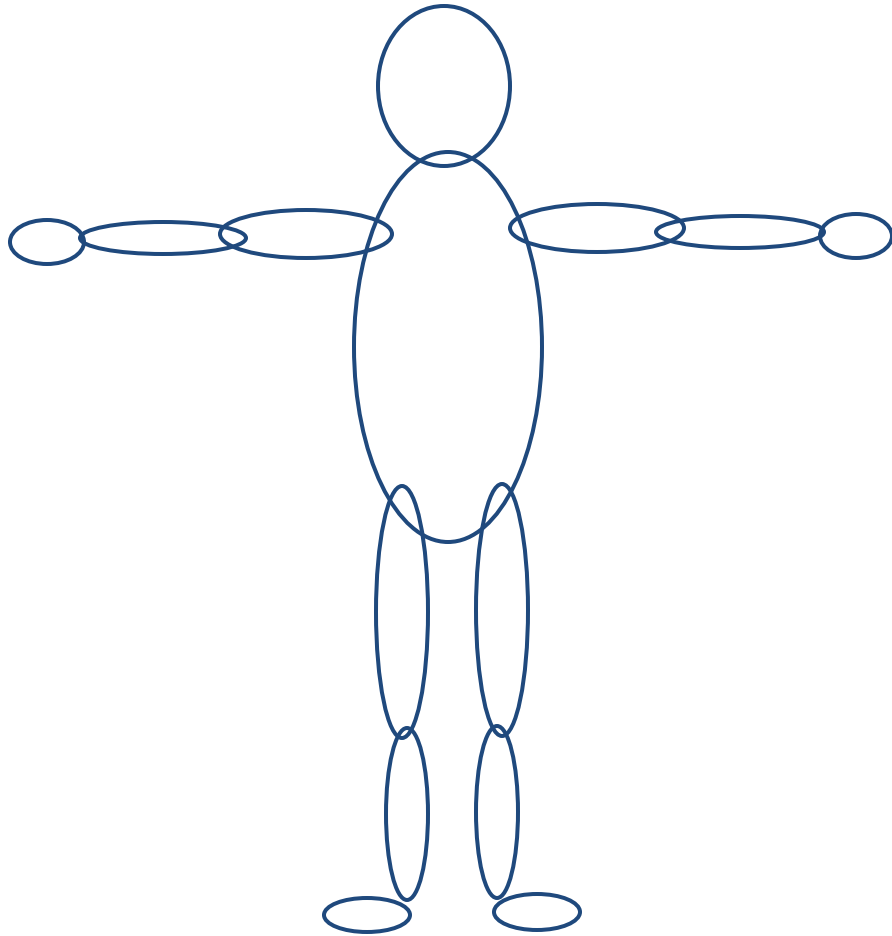


IFT 3355: INFOGRAPHIE LES TRANSFORMATIONS COMPOSÉE. LES HIÉRARCHIES

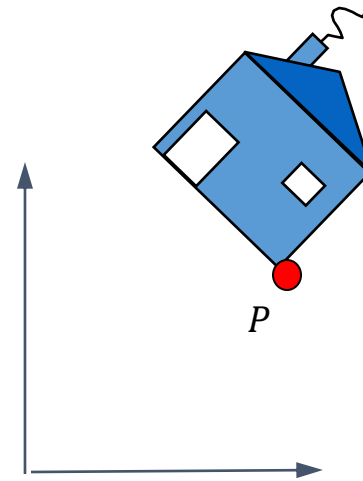
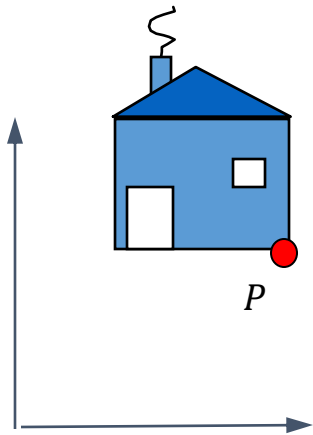
Livre de référence: G:I.4, 5.1



Mikhail Bessmeltsev

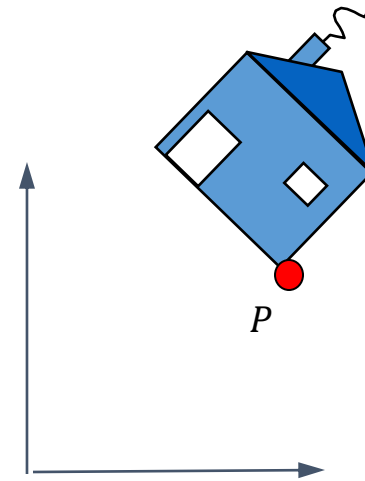
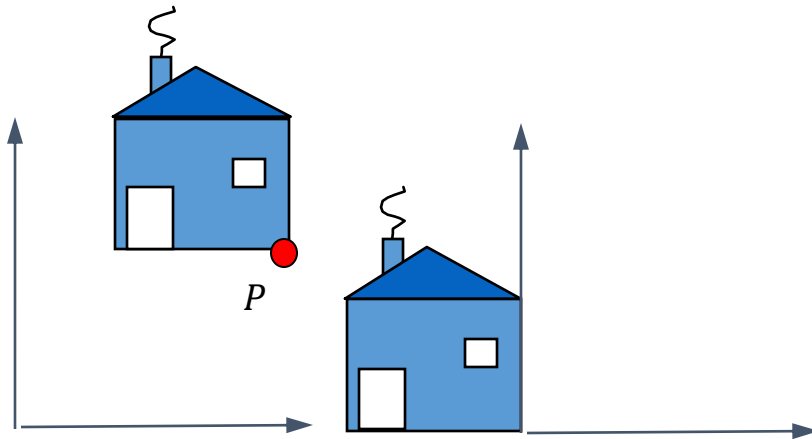
COMPOSITION DE TRANSFORMATIONS

- Quelle opération tourne XY de $\theta < 0$ autour de $P = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix}$?



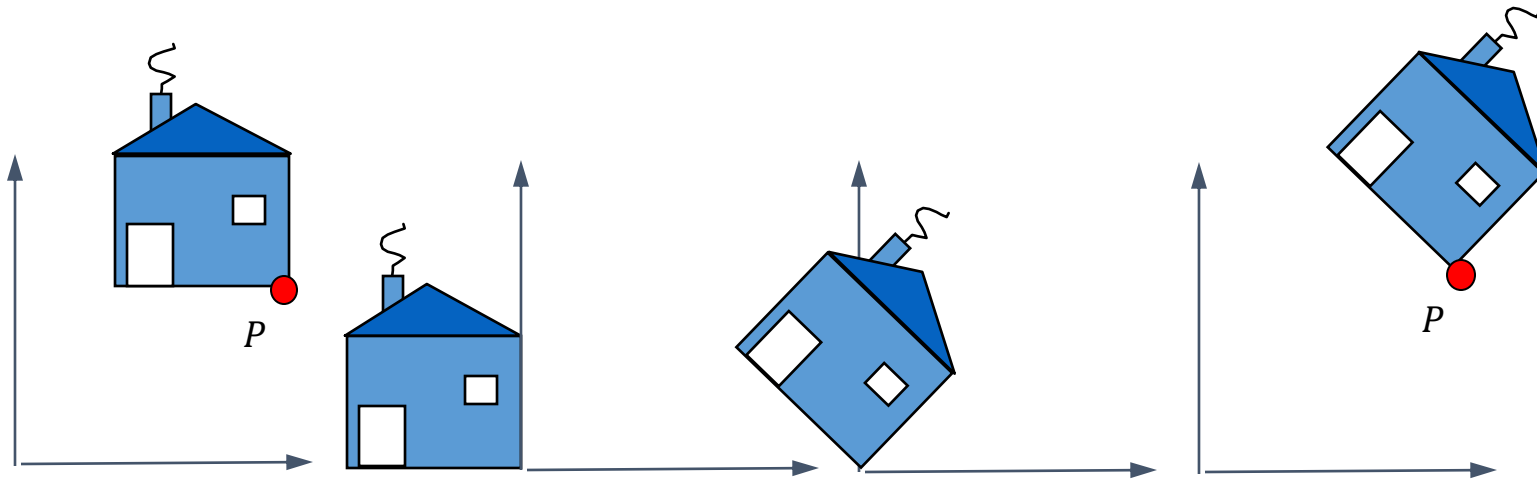
COMPOSITION DE TRANSFORMATIONS

- Quelle opération tourne XY de $\theta < 0$ autour de $P = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix}$?
- La réponse:
 - Déplacer P vers l'origine



COMPOSITION DE TRANSFORMATIONS

- Quelle opération tourne XY de $\theta < 0$ autour de $P = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix}$?
- La réponse:
 - Déplacer P vers l'origine
 - Tourner de θ autour de l'origine
 - Retourner en arrière

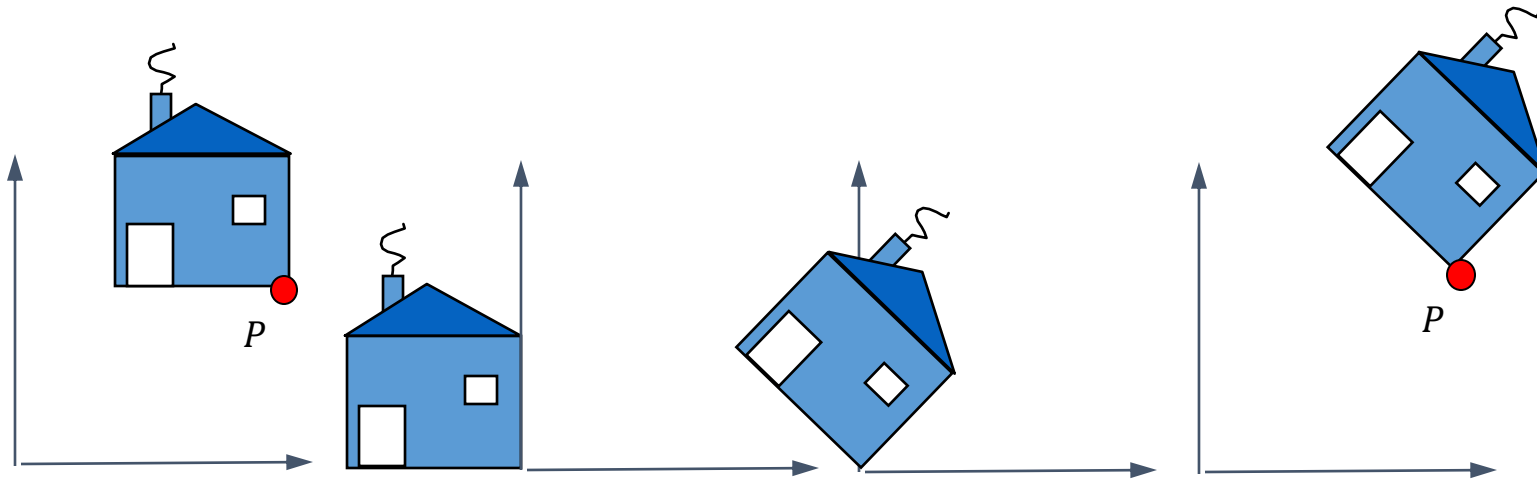


COMPOSITION DE TRANSFORMATIONS

$$\begin{aligned} & T^{(p_x, p_y)} R^\theta T^{(-p_x, -p_y)}(V) \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & p_x \\ 0 & 1 & p_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -p_x \\ 0 & 1 & -p_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

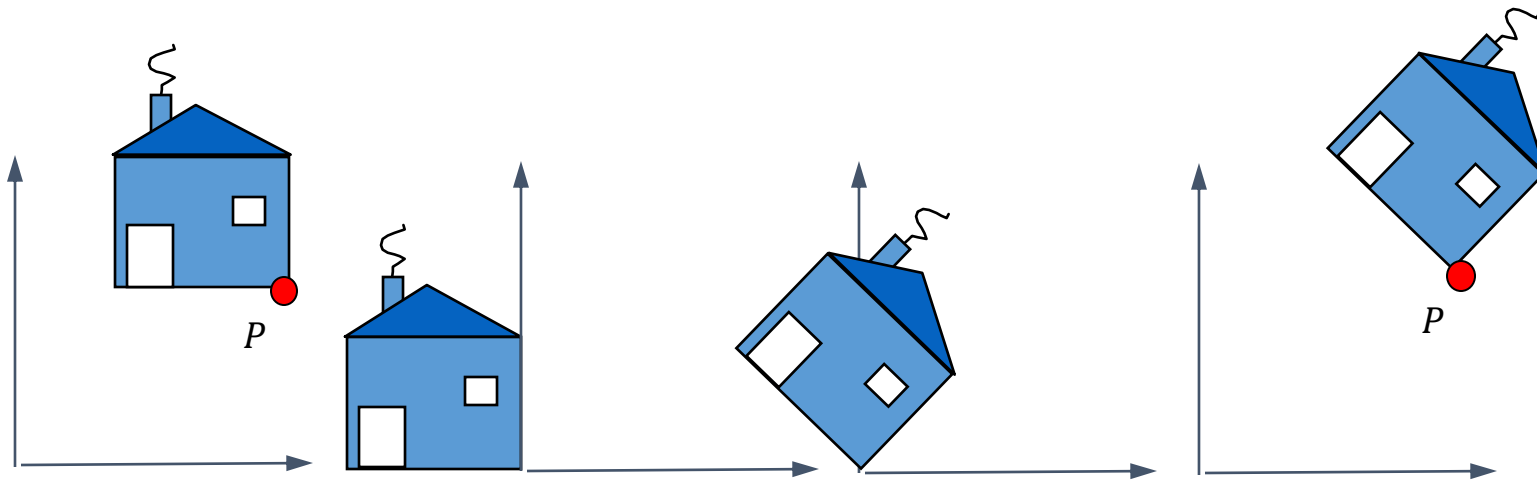
DEUX INTERPRÉTATIONS

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



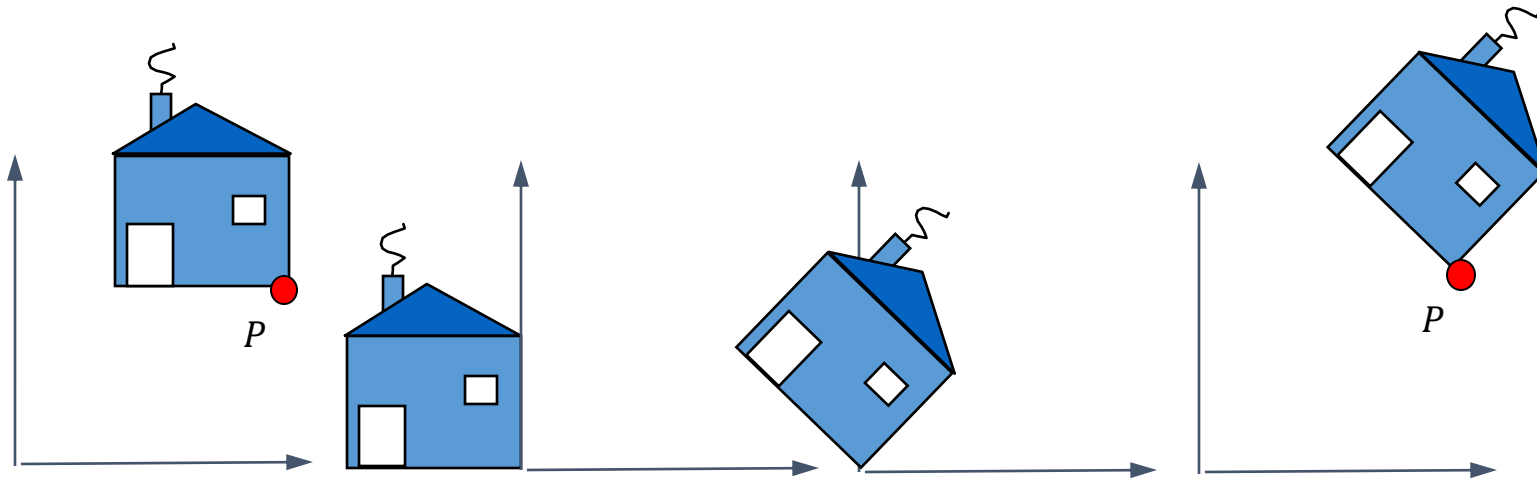
TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



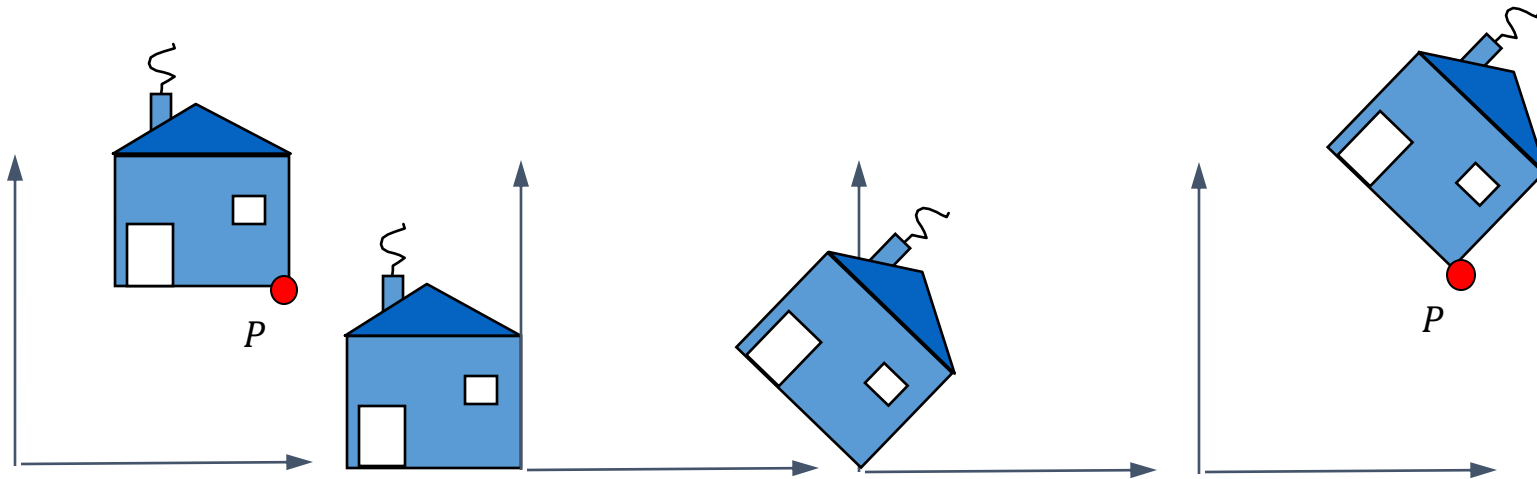
TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



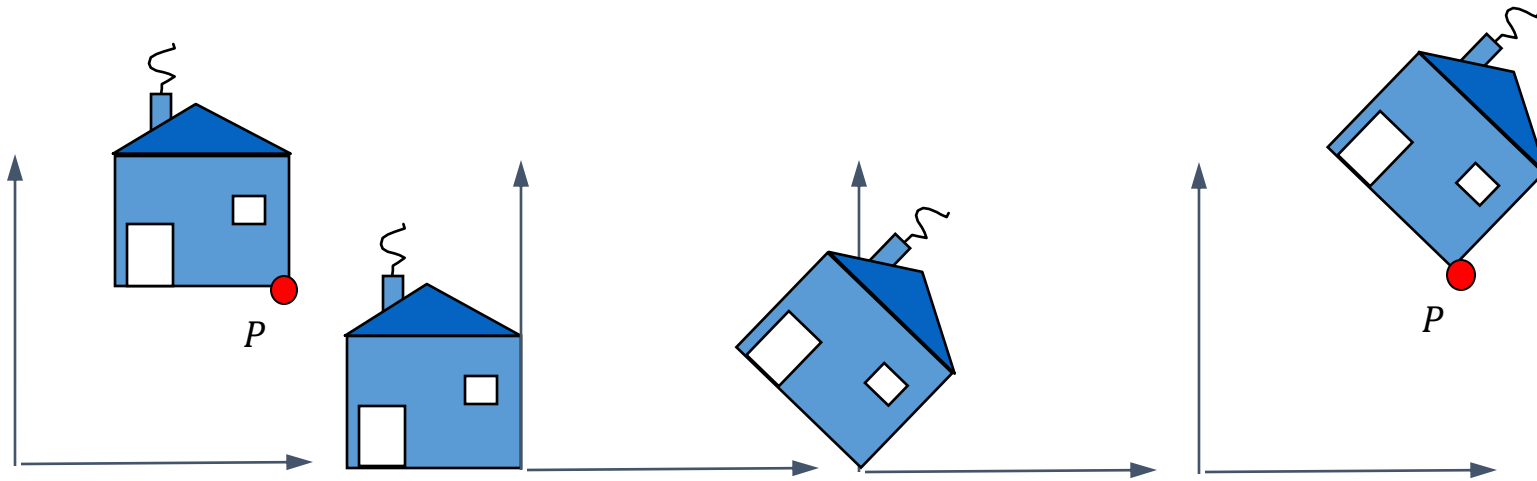
TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



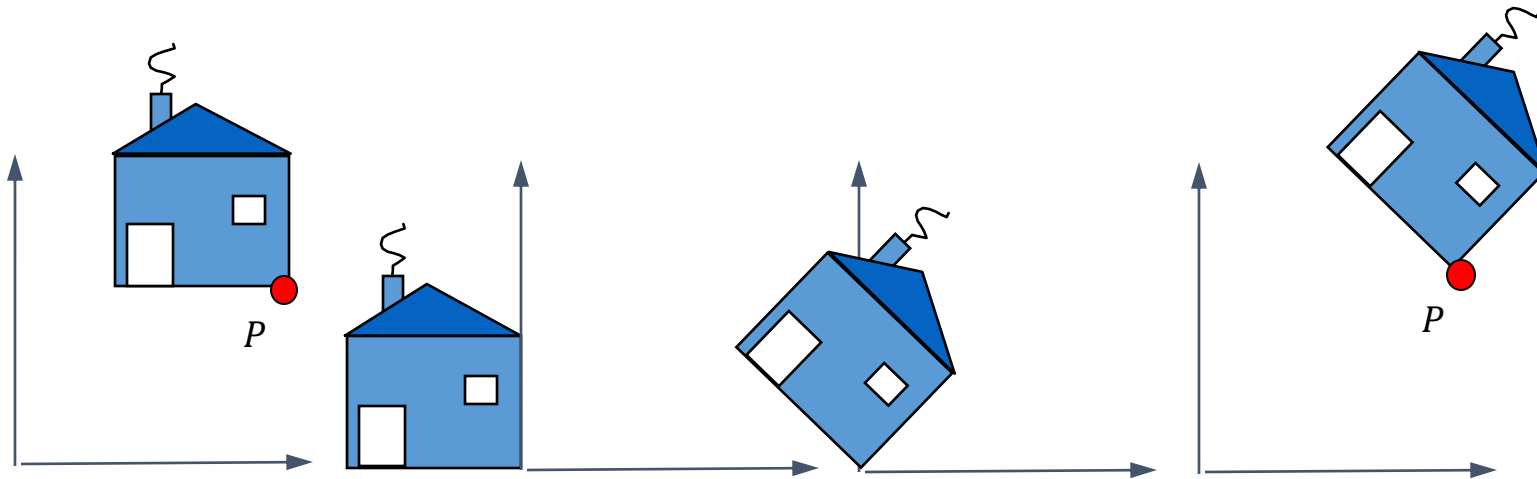
TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



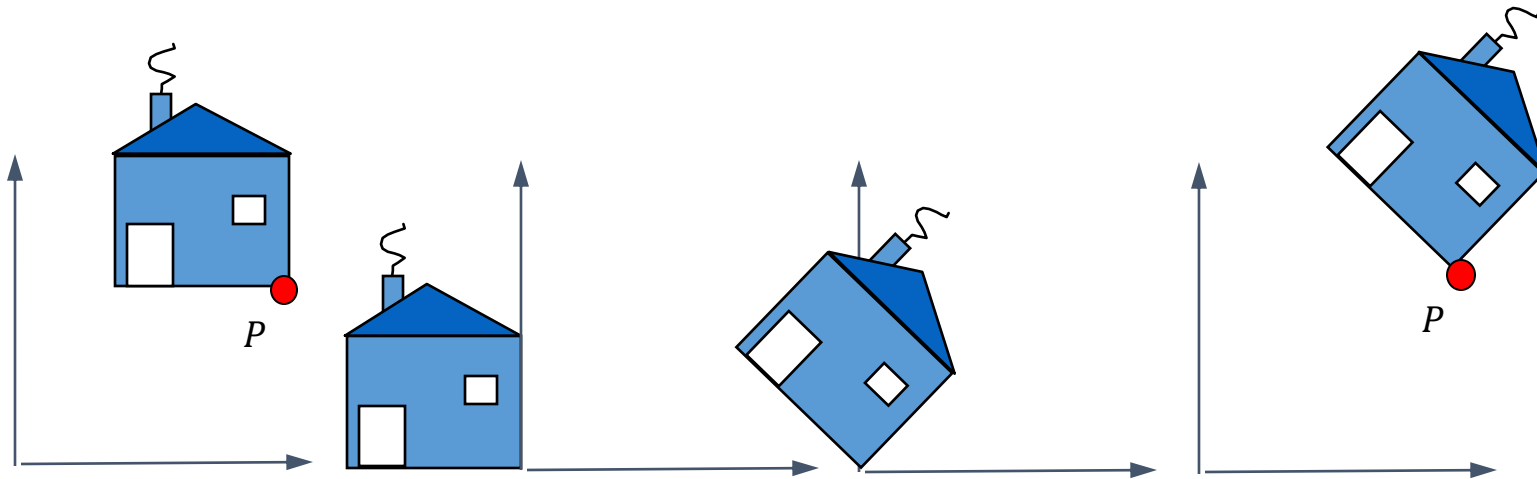
TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

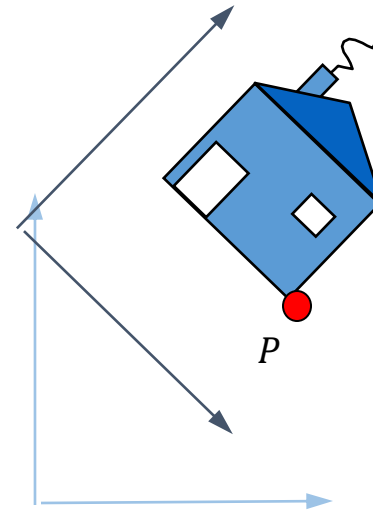
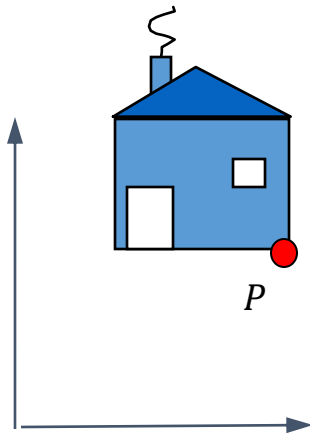
$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

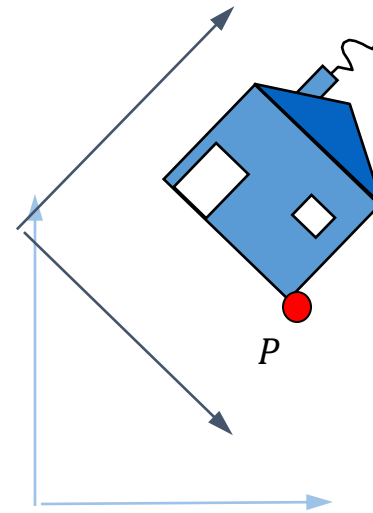
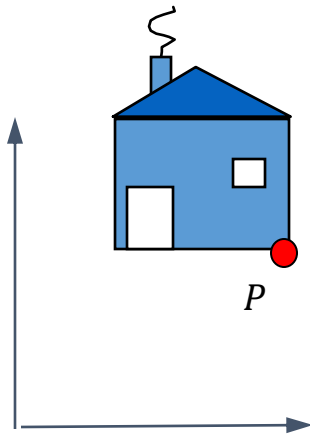
Les colonnes sont les nouveaux vecteurs de base (et la nouvelle origine)!

$$\begin{pmatrix} \begin{array}{c} \cos \theta \\ \sin \theta \\ 0 \end{array} & \begin{array}{c} -\sin \theta \\ \cos \theta \\ 0 \end{array} & \begin{array}{c} p_x \cdot (1 - \cos \theta) + p_y \cdot \sin \theta \\ p_y \cdot (1 - \cos \theta) + p_x \cdot \sin \theta \\ 1 \end{array} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



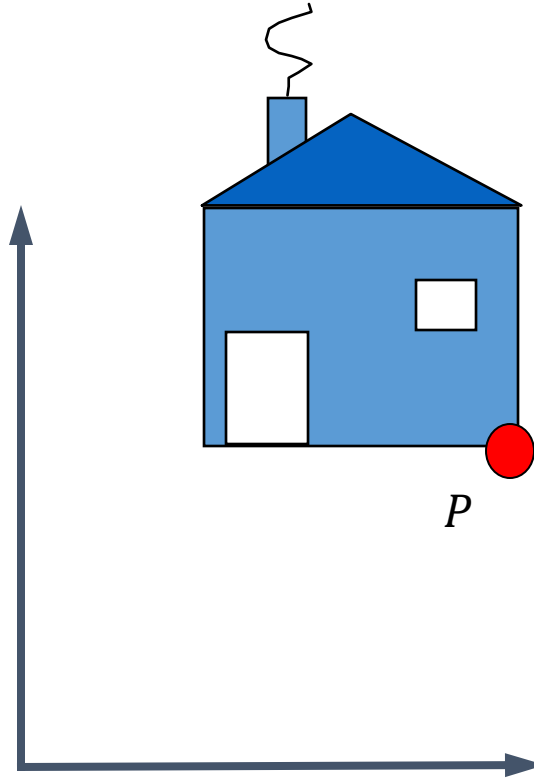
TRANSFORMATION DE SYSTÈME DE COORDONNÉES

$$T(p_x, p_y) R^\theta T(-p_x, -p_y) \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



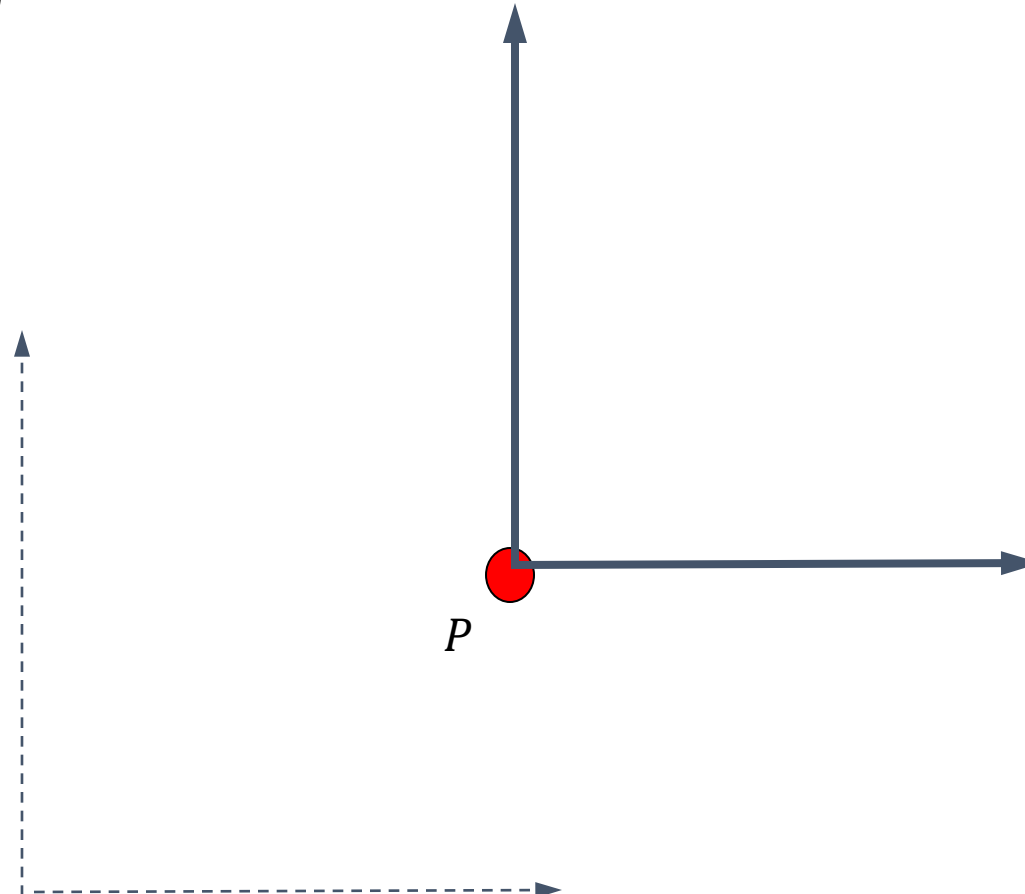
TRANSFORMATION DE SYSTÈME DE COORDONNÉES

$$T(p_x, p_y) R^\theta T(-p_x, -p_y) \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



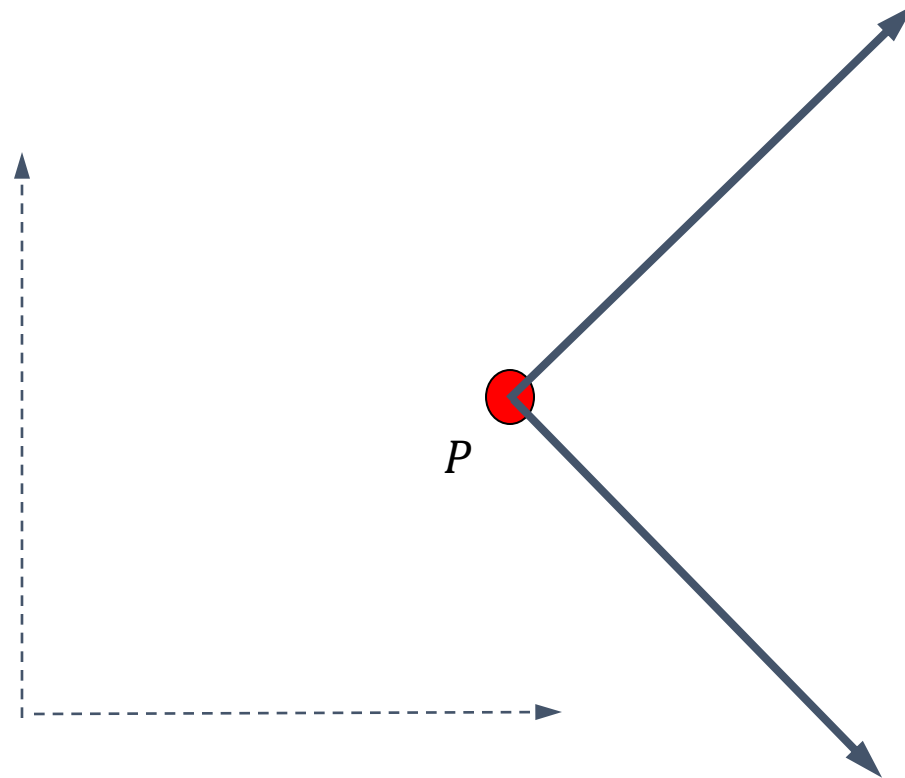
TRANSFORMATION DE SYSTÈME DE COORDONNÉES

$$\mathbf{T}(\mathbf{p}_x, \mathbf{p}_y) R^\theta \mathbf{T}(-p_x, -p_y) \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



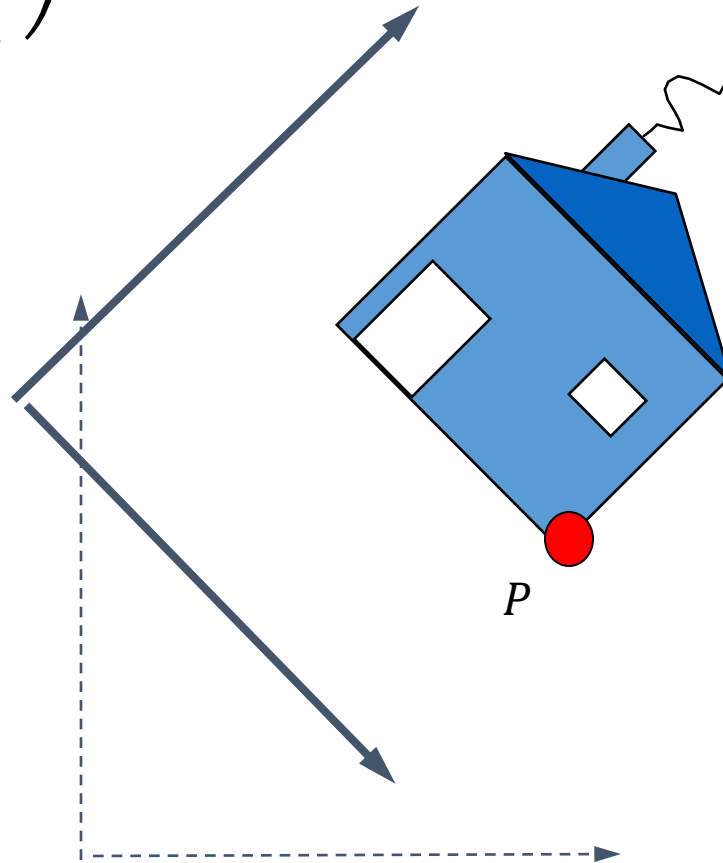
TRANSFORMATION DE SYSTÈME DE COORDONNÉES

$$T(p_x, p_y) \mathbf{R}^\theta T(-p_x, -p_y) \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



TRANSFORMATION DE SYSTÈME DE COORDONNÉES

$$T(p_x, p_y) R^\theta T(-p_x, -p_y) \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$

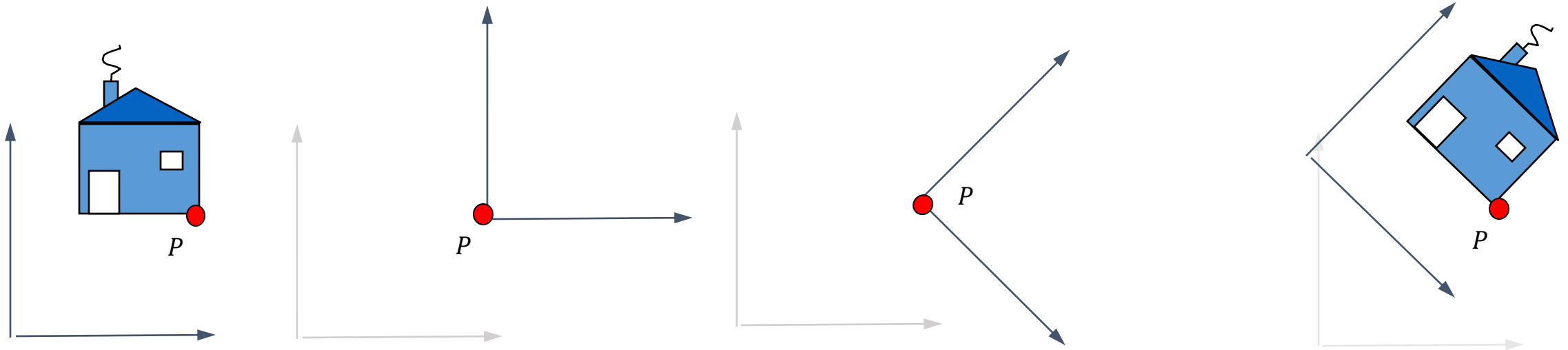


TRANSFORMATION DE SYSTÈME DE COORDONNÉES

Le système de coordonnées du
monde

Le système de coordonnées
de l'objet

$$\begin{pmatrix} v'_x \\ v'_y \\ 1 \end{pmatrix} = T(p_x, p_y) R^\theta T(-p_x, -p_y) \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$



DEUX INTERPRÉTATIONS DE LA COMPOSITION DE TRANSFORMATIONS

Le système de coordonnées du
monde

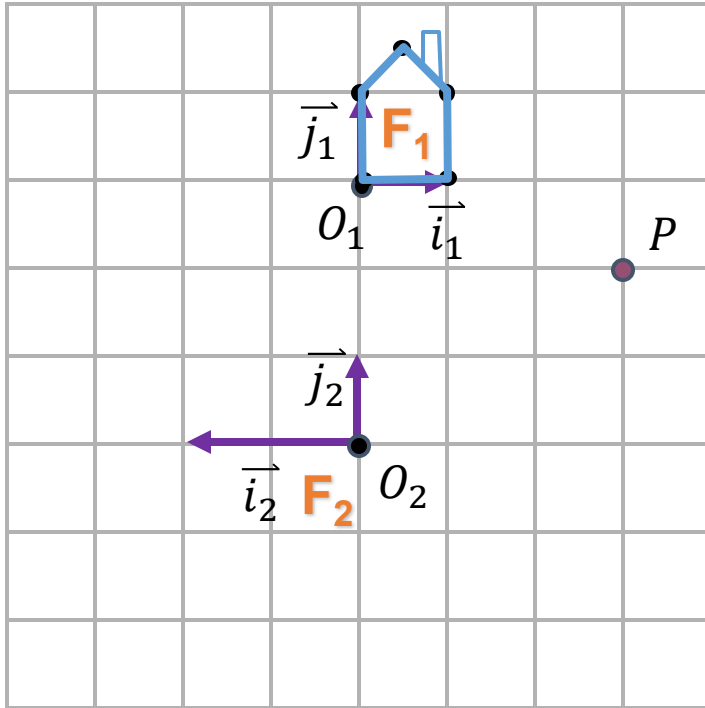
Le système de coordonnées
de l'objet

$$\begin{pmatrix} v'_x \\ v'_y \\ 1 \end{pmatrix} = T(p_x, p_y) R^\theta T(-p_x, -p_y) \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$$

- 1) Lire de droite à gauche pour les transformations d'objets
- 2) Lire de gauche à droite pour les transformations du système de coordonnées

LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

Les transformations comme changements de systèmes de coordonnées



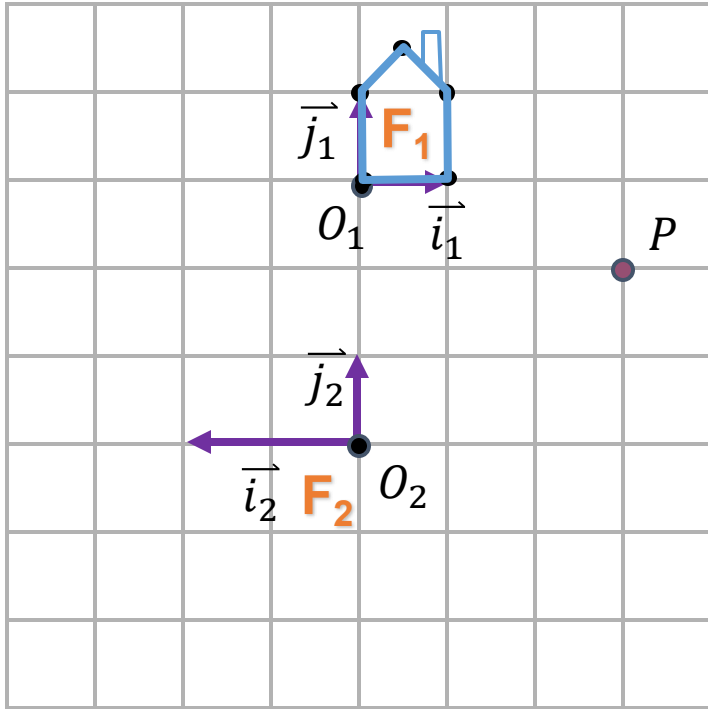
$$P = O_1 + x_1 \vec{i}_1 + y_1 \vec{j}_1$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + x_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix}_2 + x_1 \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \end{bmatrix}_2 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2$$

LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

Les transformations comme changements de systèmes de coordonnées



$$P = O_1 + x_1 \vec{i}_1 + y_1 \vec{j}_1$$

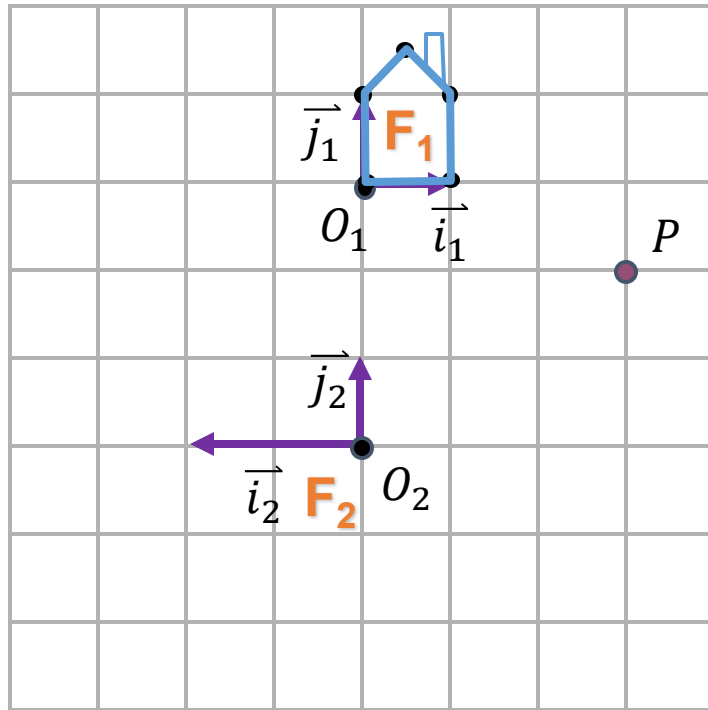
$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + x_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix}_2 + x_1 \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \end{bmatrix}_2 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2$$

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

Les transformations comme changements de systèmes de coordonnées



$$P = O_1 + x_1 \vec{i}_1 + y_1 \vec{j}_1$$

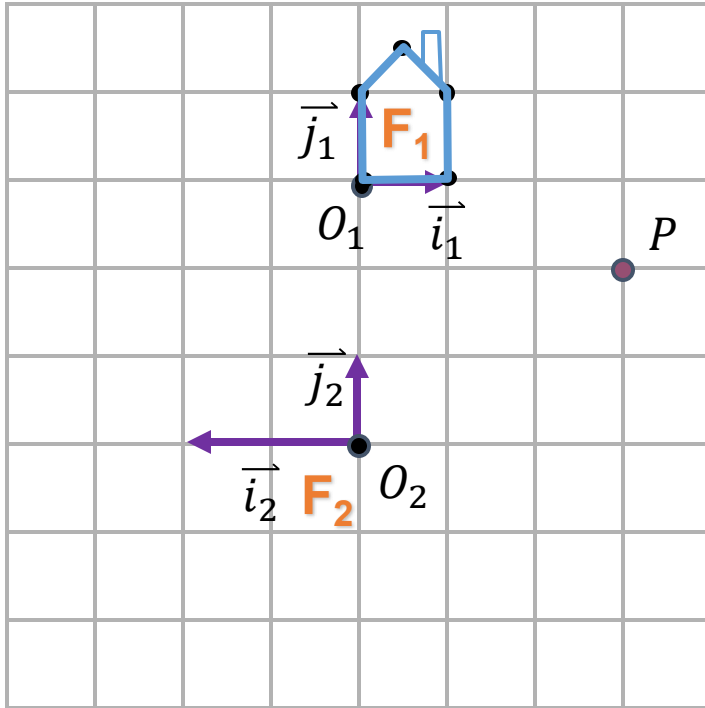
$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + x_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix}_2 + x_1 \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \end{bmatrix}_2 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2$$

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

Les transformations comme changements de systèmes de coordonnées



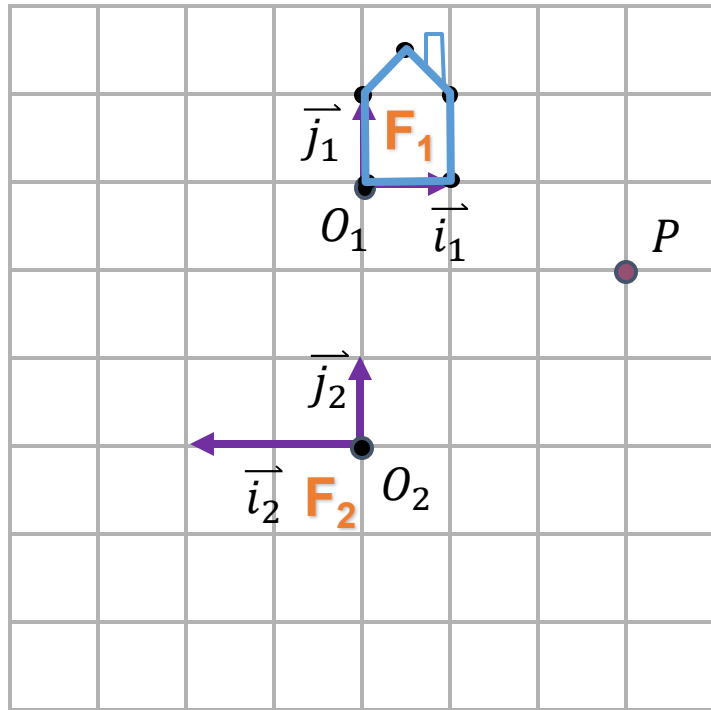
$$P = O_1 + x_1 \vec{i}_1 + y_1 \vec{j}_1$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + x_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix}_2 + x_1 \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \end{bmatrix}_2 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2$$

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \begin{array}{|c|} \hline -0.5 \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} & 0 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE



$$P = O_1 + x_1 \vec{i}_1 + y_1 \vec{j}_1$$

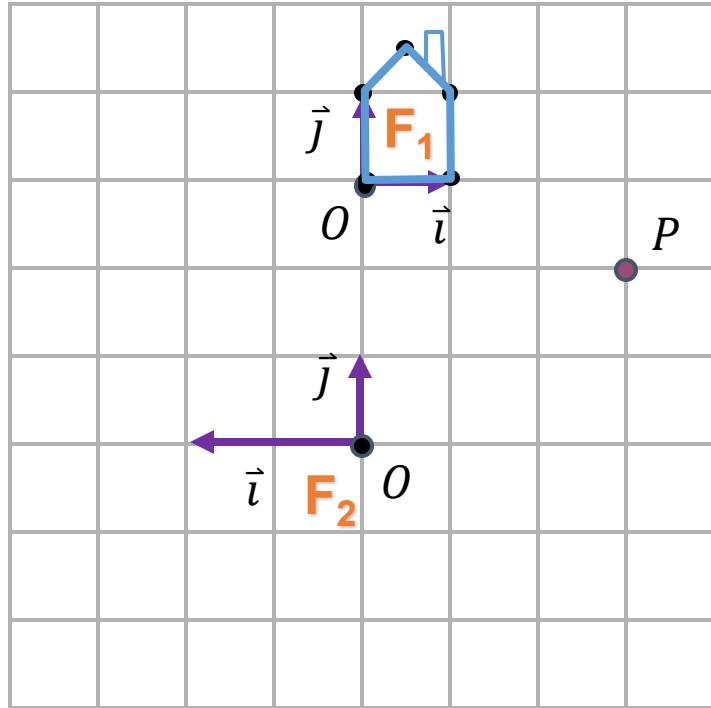
$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + x_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix}_2 + x_1 \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \end{bmatrix}_2 + y_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2$$

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{i}_1 & \vec{j}_1 & O_1 \\ -0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

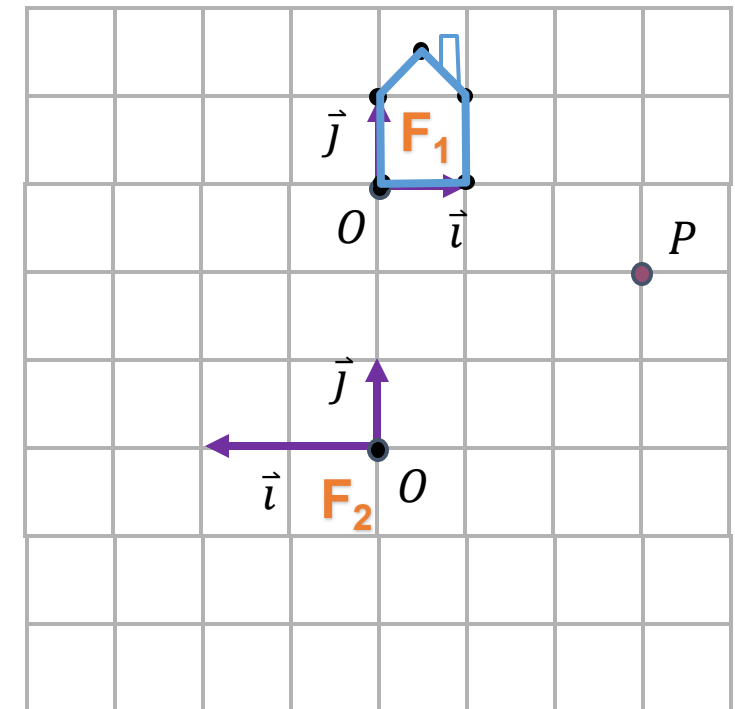
LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

- Comment transformer F_2 dans F_1 ?



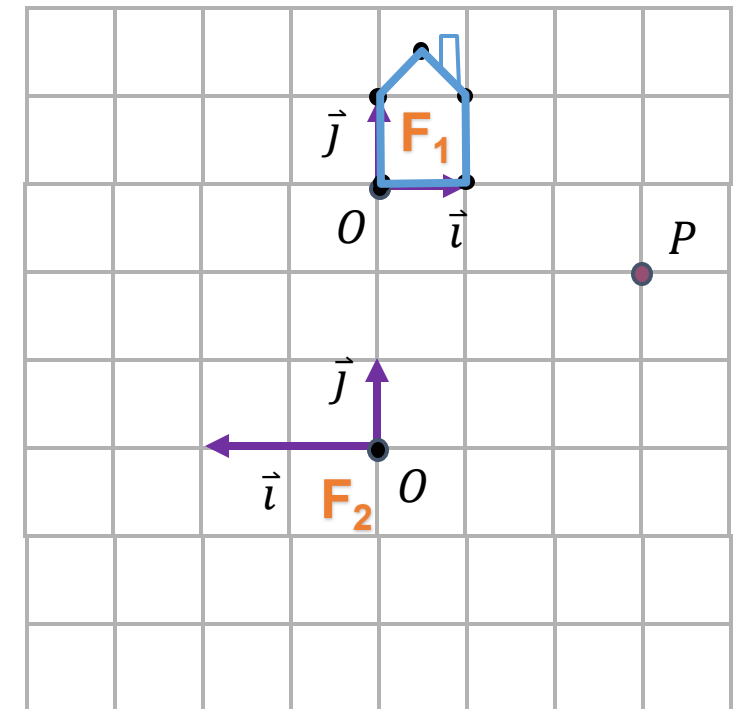
LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

- Comment transformer F_2 dans F_1 ?
 - Changer l'échelle par $(-0.5, 1)$



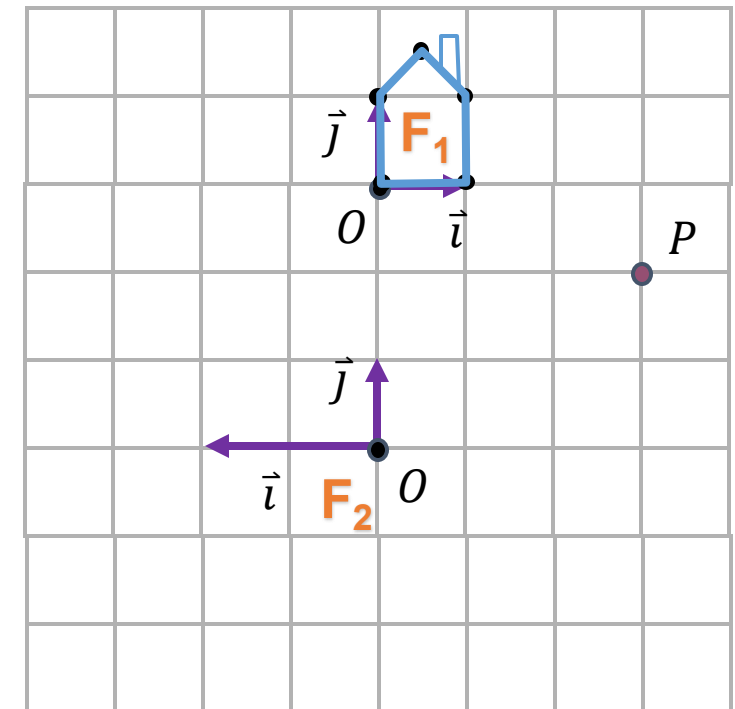
LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

- Comment transformer F_2 dans F_1 ?
 - Changer l'échelle par $(-0.5, 1)$



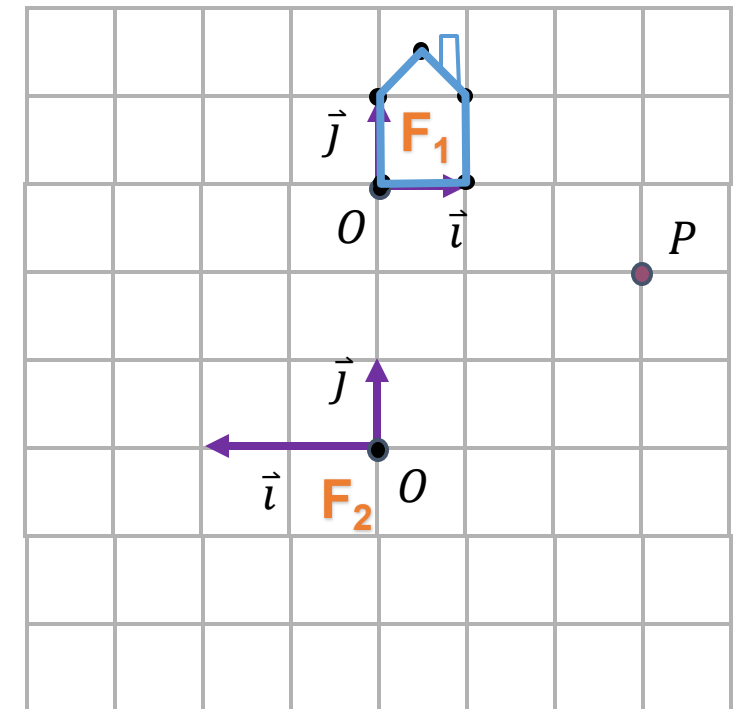
LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

- Comment transformer F_2 dans F_1 ?
 - Changer l'échelle par $(-0.5, 1)$
 - Déplacer par $(0,3)$



LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

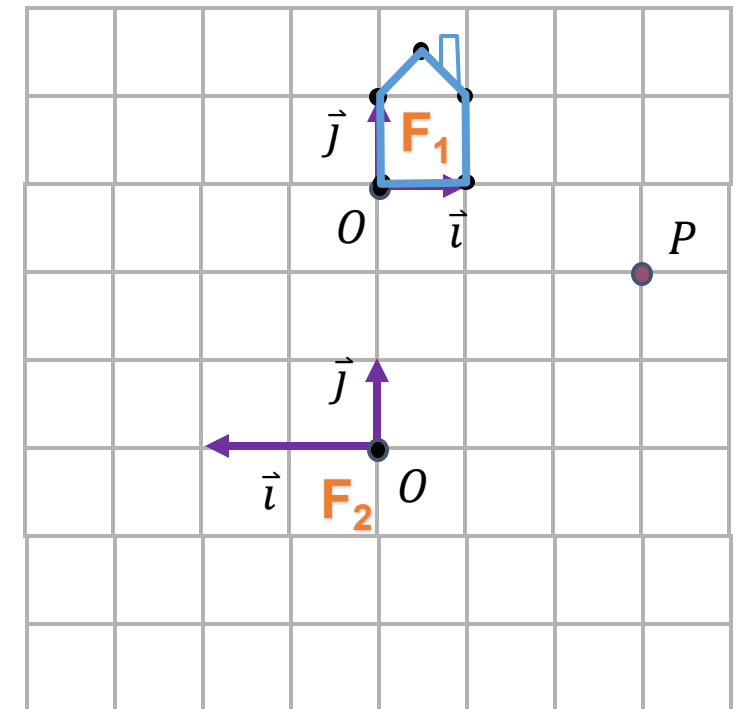
- Comment transformer F_2 dans F_1 ?
 - Changer l'échelle par $(-0.5, 1)$
 - Déplacer par $(0, 3)$



LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

- Comment transformer F_2 dans F_1 ?
 - Changer l'échelle par $(-0.5, 1)$
 - Déplacer par $(0,3)$

$$M = M_{scale} \cdot M_{translate}$$

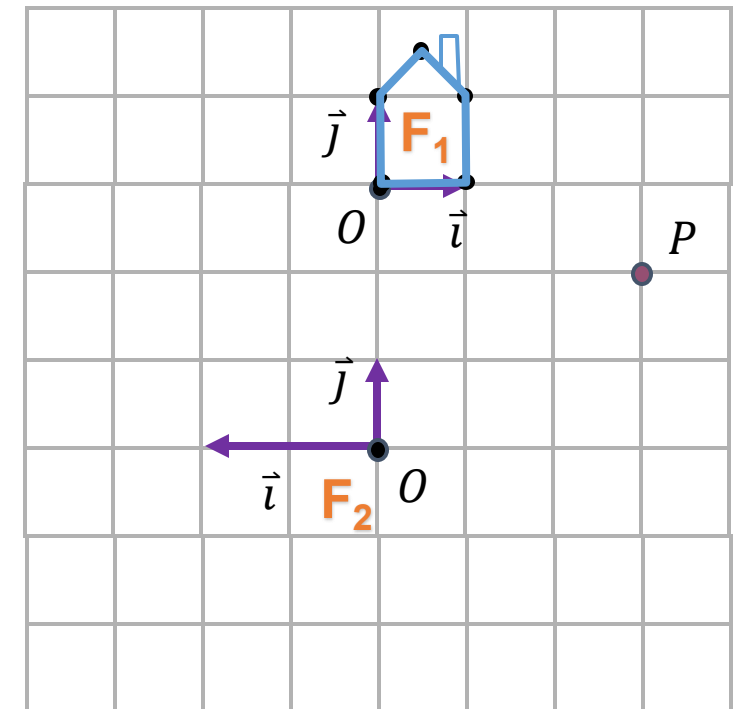


LES TRANSFORMATIONS - EXEMPLE

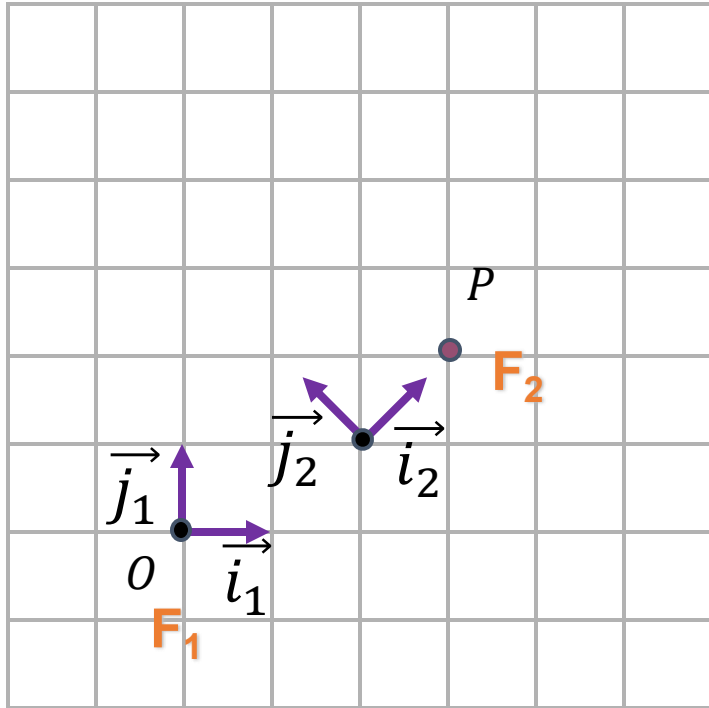
- Comment transformer F_2 dans F_1 ?
 - Changer l'échelle par $(-0.5, 1)$
 - Déplacer par $(0, 3)$

$$M_{21} = M_{scale} \cdot M_{translate}$$

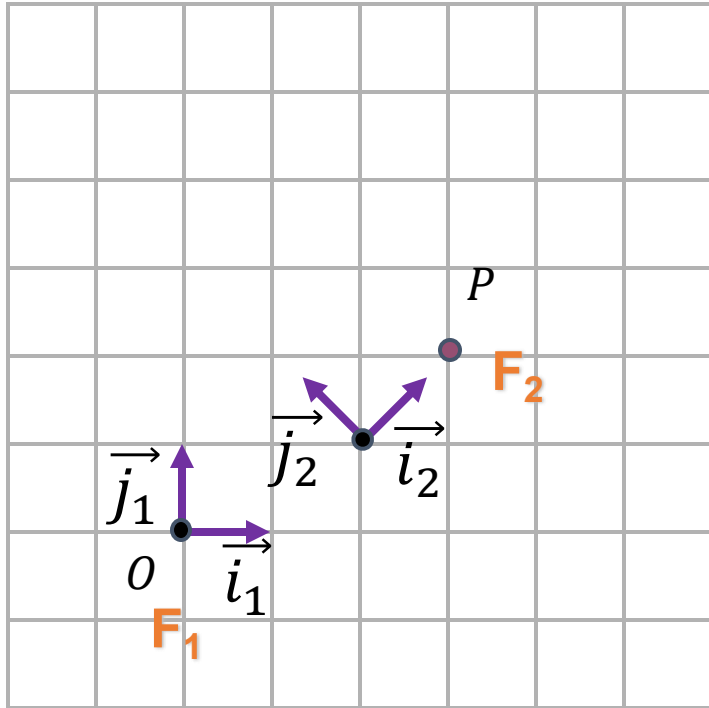
$$M_{21} = M_{scale} \cdot M_{translate} = \begin{pmatrix} -0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



UN AUTRE EXEMPLE

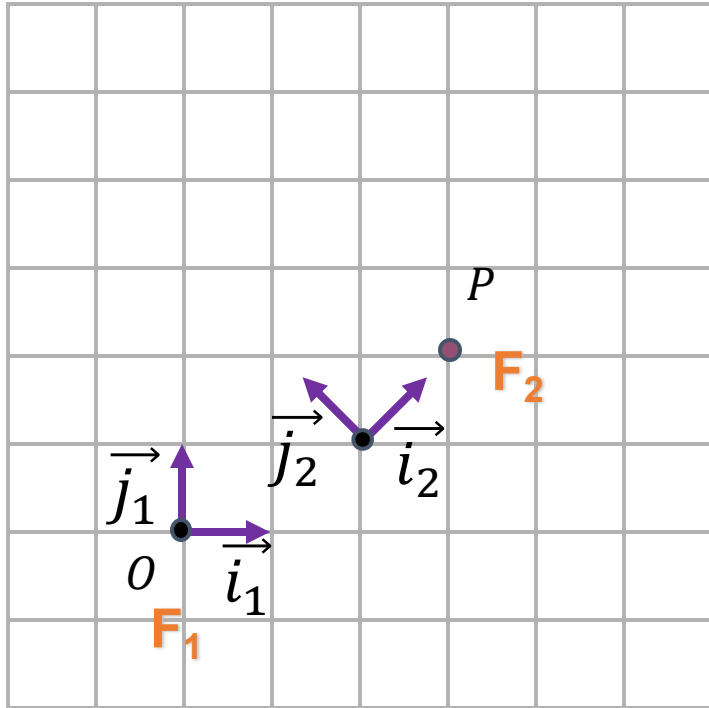


UN AUTRE EXEMPLE



$$P = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}_1 = \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \end{pmatrix}_2$$

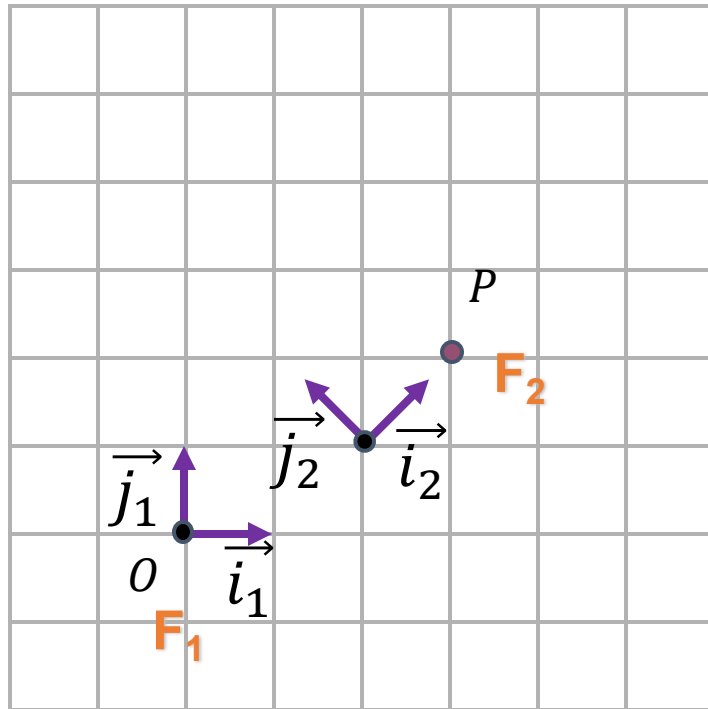
UN AUTRE EXEMPLE



$$P = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}_1 = \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \end{pmatrix}_2$$

$$M_{12} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

UN AUTRE EXEMPLE



$$P = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}_1 = \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \end{pmatrix}_2$$

Convertir les coordonnées de 2 à 1

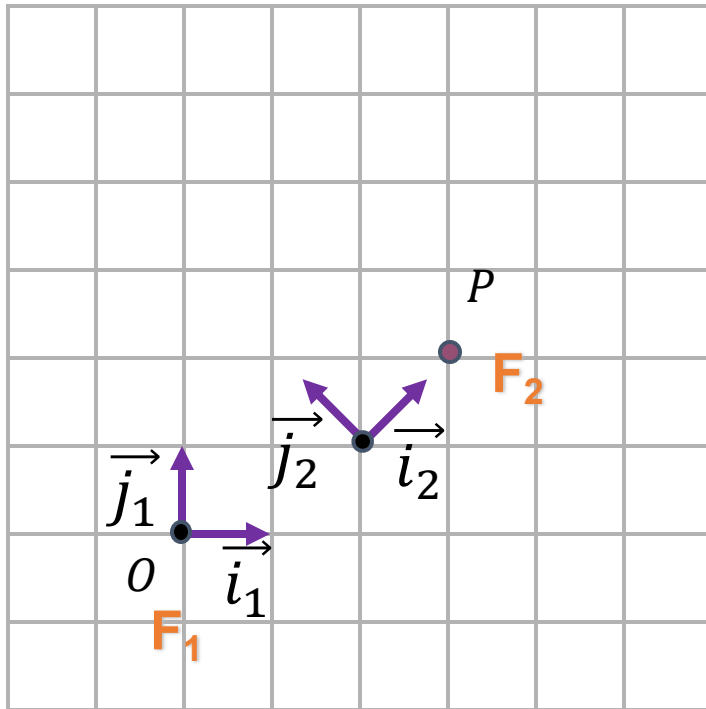
$$M_{12} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M_{12} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

UN AUTRE EXEMPLE

Pour convertir un point dans le système 2 en système 1,
penser dans l'autre direction:

Comment convertir le cadre de coordonnées 1 en 2?

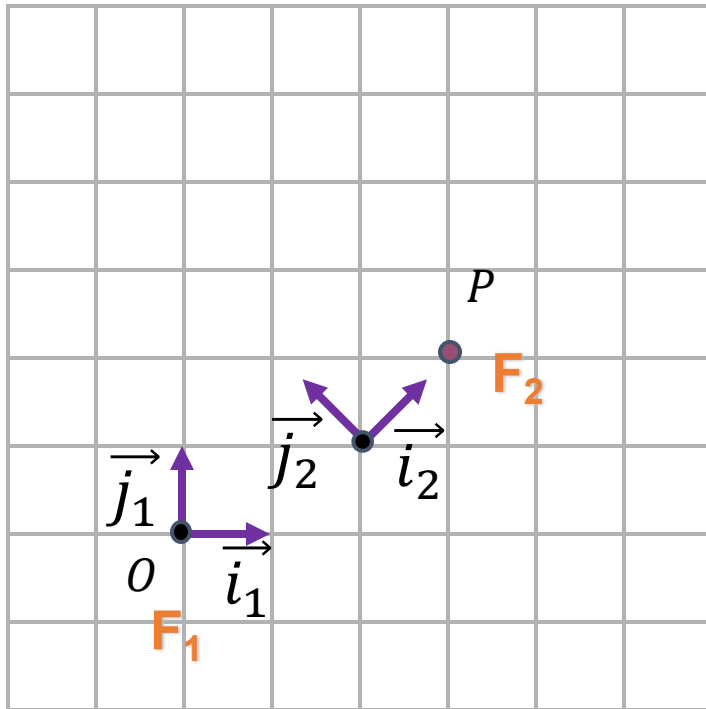


UN AUTRE EXEMPLE

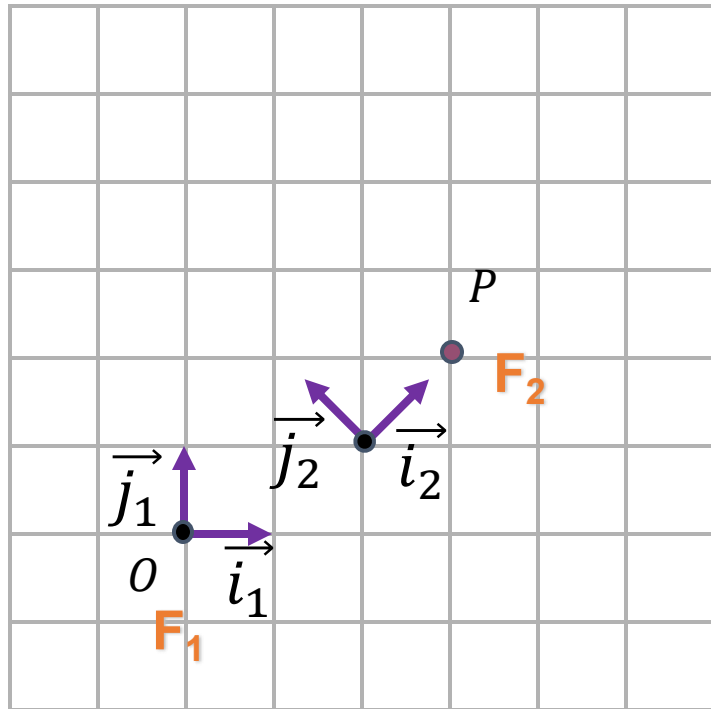
Pour convertir un point dans le système 2 en système 1,
penser dans l'autre direction:

Comment convertir le cadre de coordonnées 1 en 2?

$$M_{12} = Tr_{(2,1)} \cdot Rot_{\pi/4}$$



UN AUTRE EXEMPLE



Pour convertir un point dans le système 2 en système 1,
penser dans l'autre direction:

Comment convertir le cadre de coordonnées 1 en 2?

$$M_{12} = Tr_{(2,1)} \cdot Rot_{\pi/4} =$$

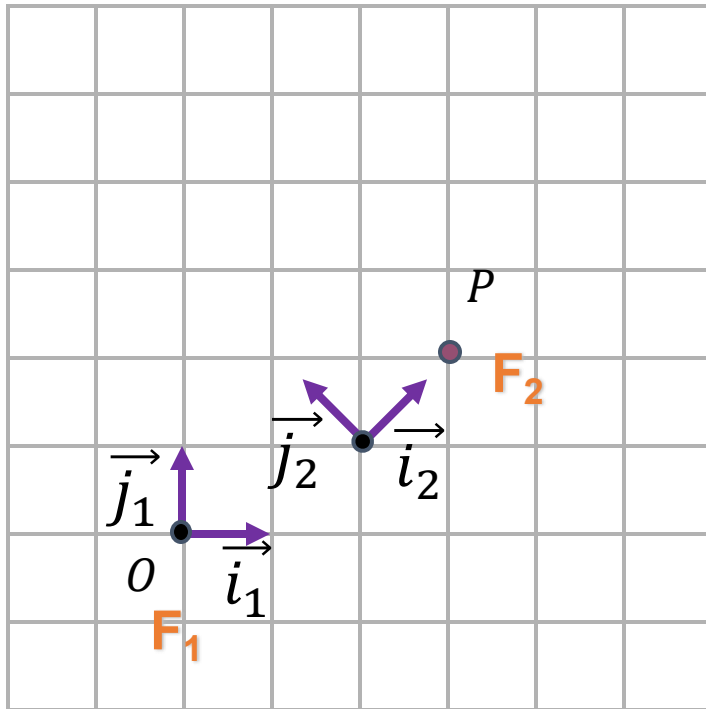
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) & -\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) & 0 \\ \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) & \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

UN AUTRE EXEMPLE

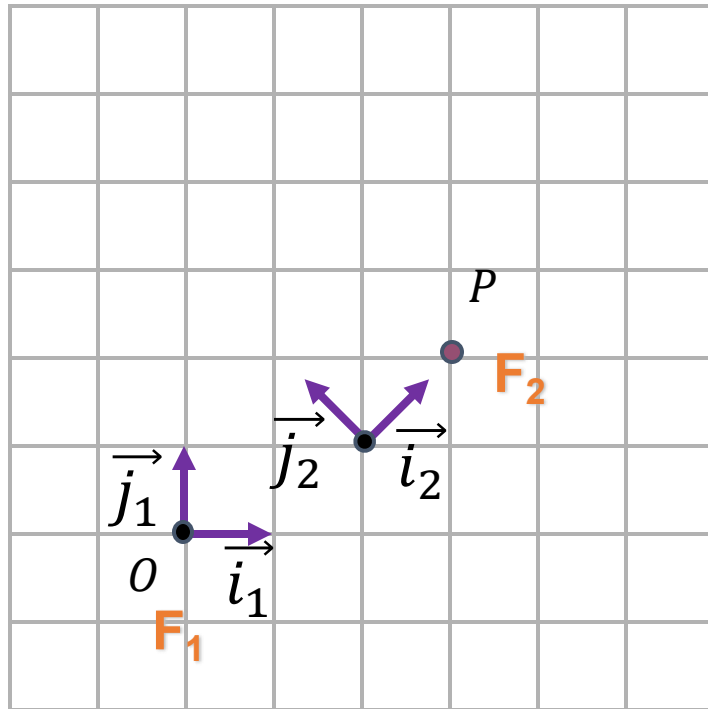
Pour convertir un point dans le système 2 en système 1,
penser dans l'autre direction:

Comment convertir le cadre de coordonnées 1 en 2?



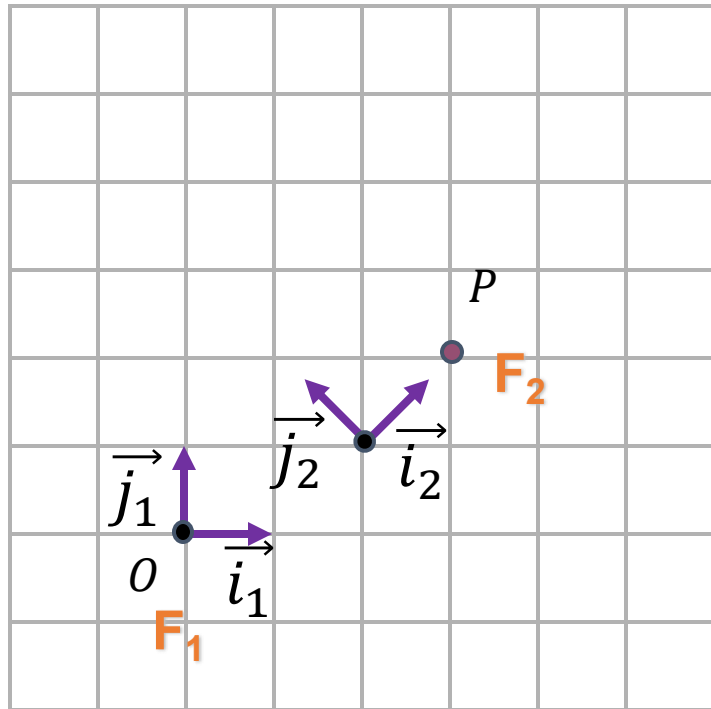
$$M_{12} = Tr_{(2,1)} \cdot Rot_{\pi/4} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

UN AUTRE EXEMPLE



Comme vous le savez,
la multiplication des matrices n'est pas commutative
 $AB \neq BA$

UN AUTRE EXEMPLE



Comme vous le savez,
la multiplication des matrices n'est pas commutative

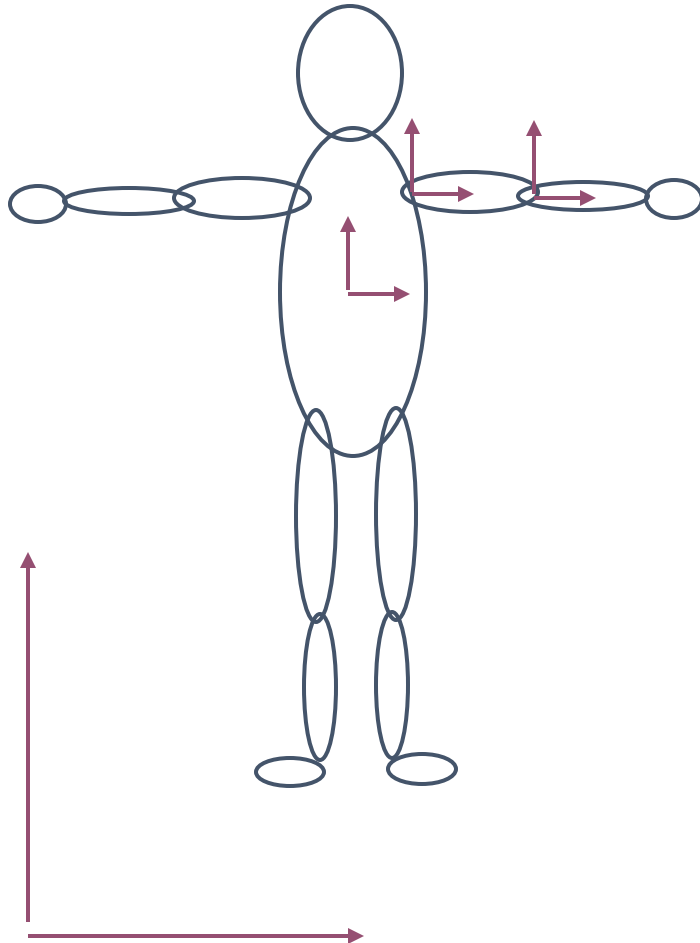
$$AB \neq BA$$

$$M_{12} = Tr_{(2,1)} \cdot Rot_{\pi/4} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Rot_{\pi/4} \cdot Tr_{(2,1)} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & \mathbf{1/\sqrt{2}} \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & \mathbf{3/\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

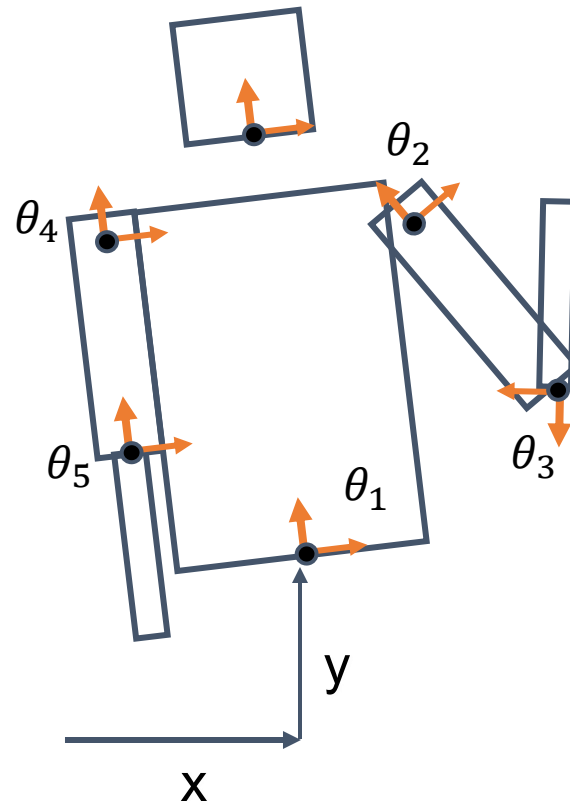
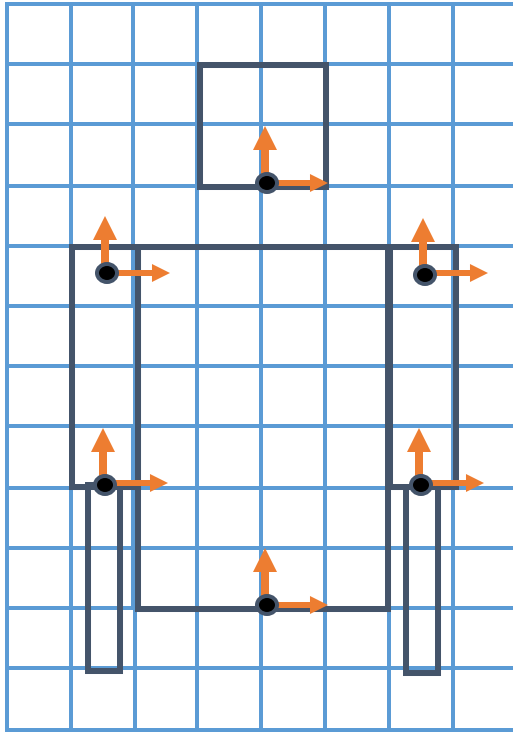
LA HIÉRARCHIE DE TRANSFORMATIONS

LA HIÉRARCHIE DE TRANSFORMATIONS

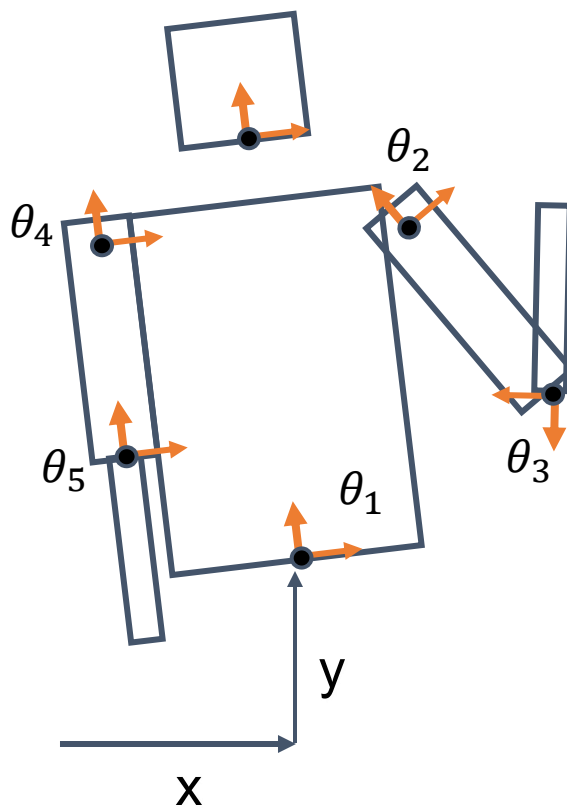
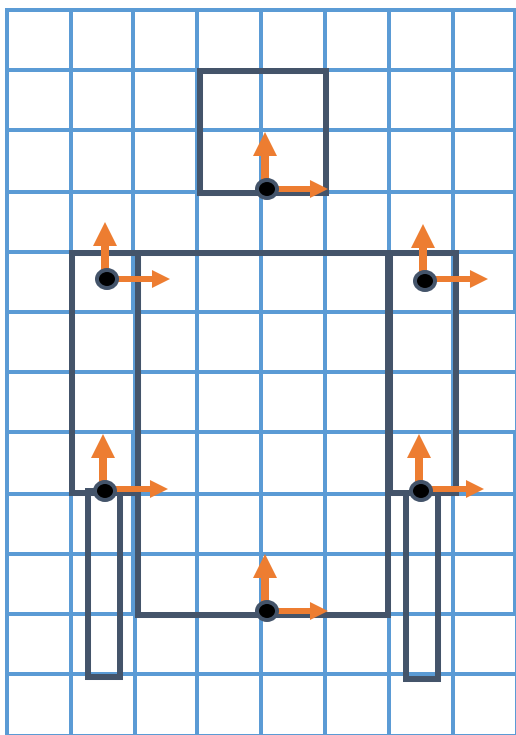


- Il y a plusieurs systèmes de coordonnées dans une scène
 - Ils sont souvent liés
 - Parties du corps
- Les définir indépendamment est sujet à des erreurs
- La solution: La hiérarchie de transformations

EXAMPLE



EXAMPLE



$$M_1 = Tr_{(x,y)} \cdot Rot \theta_1$$

$$M_2 = M_1 \cdot Tr_{(2.5,5.5)} \cdot Rot \theta_2$$

$$M_3 = M_2 \cdot Tr_{(0,-3.5)} \cdot Rot \theta_3$$

LA HIÉRARCHIE DE TRANSFORMATIONS

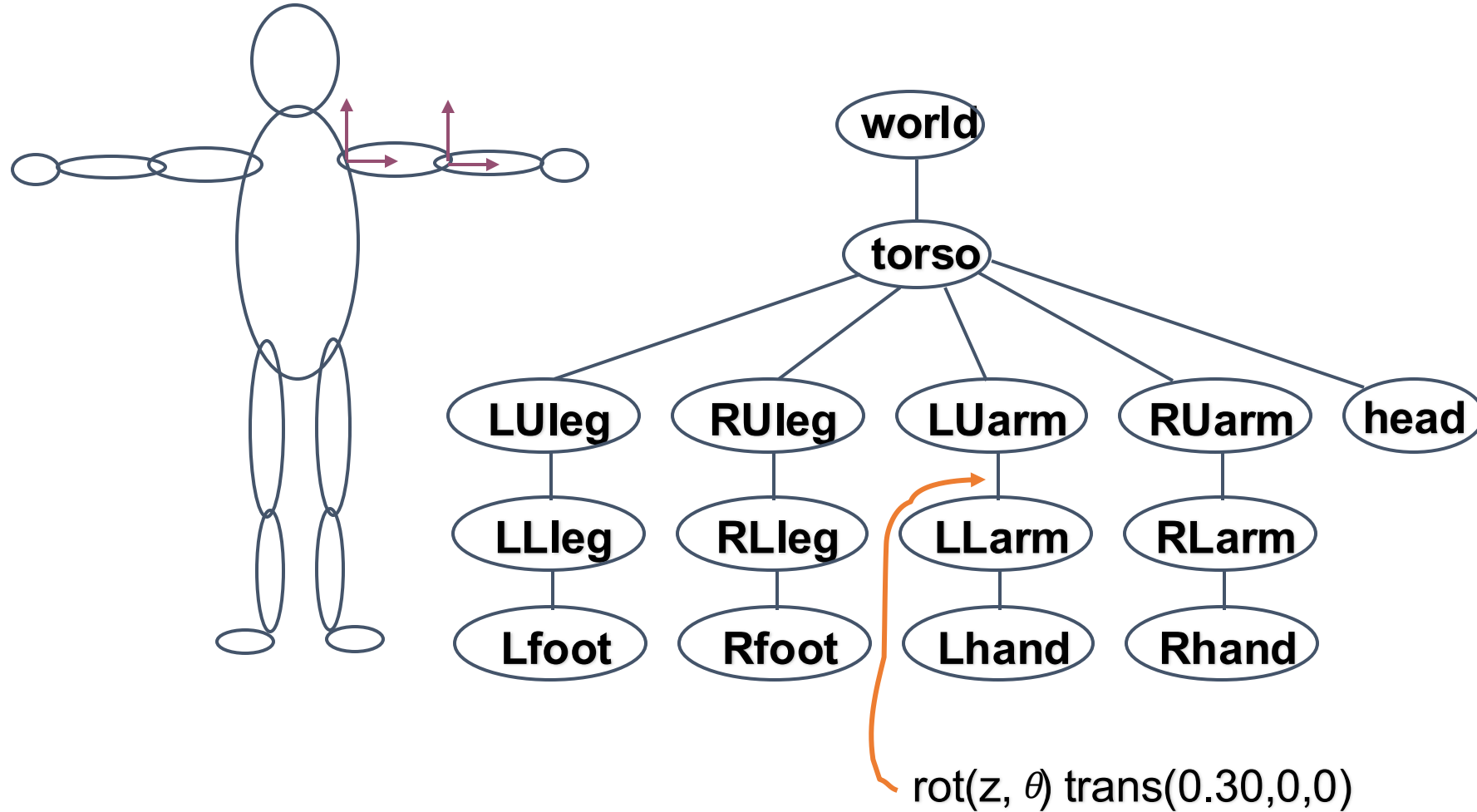
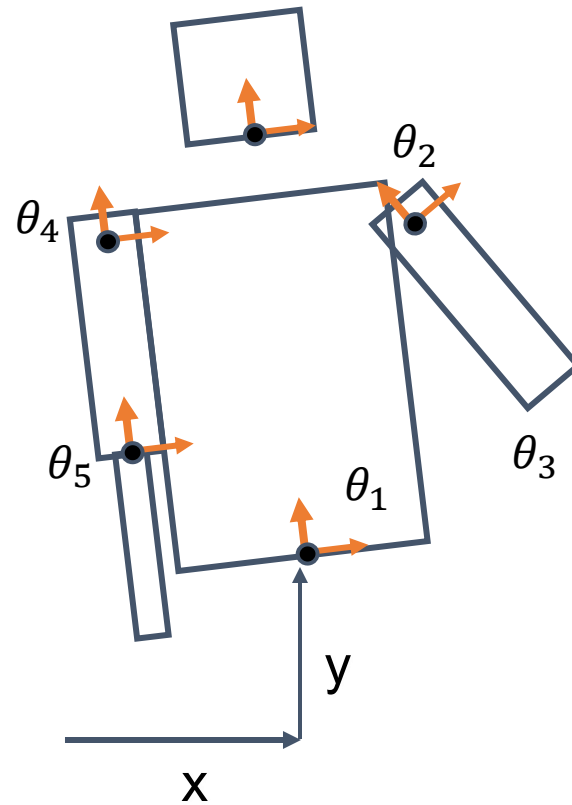
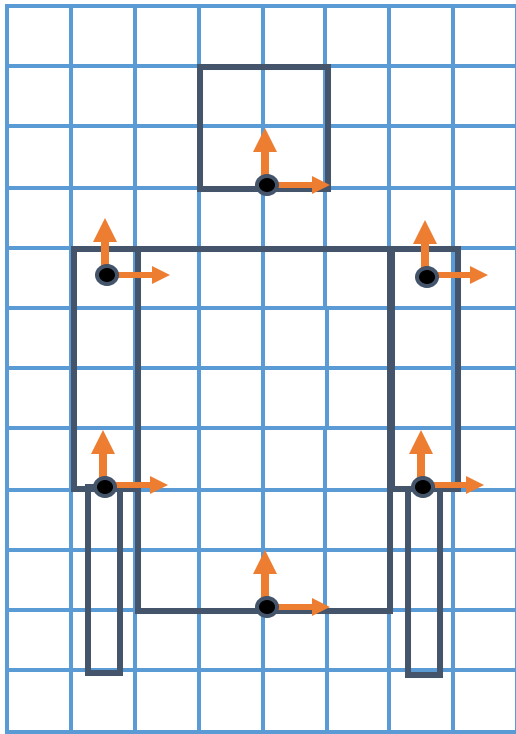
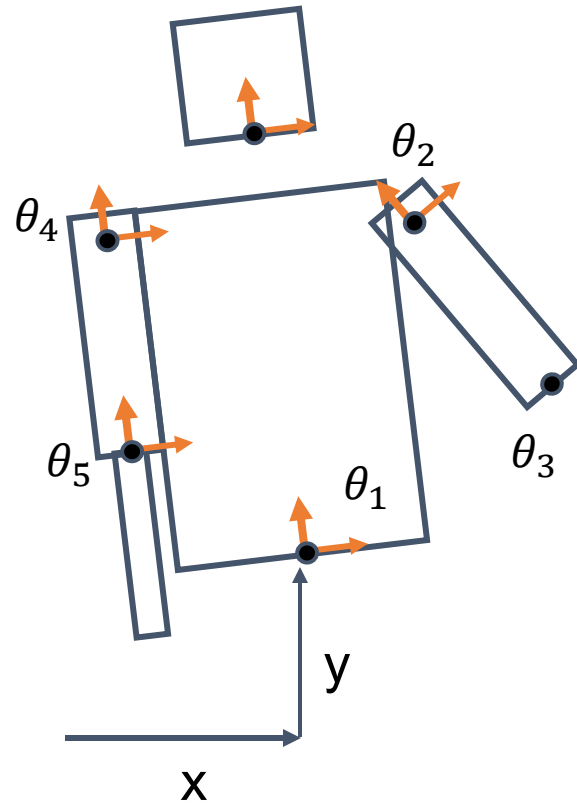


FIGURE ARTICULÉE



- formée de pièces reliées par des articulations (*joints*)
 - arbre
- Chaque pièce possède une matrice de transformation qui la joint à sa pièce parent (repère local)
- Animer un modèle correspond à parcourir l'arbre à partir de la racine et accumuler (concaténer) les transformations pour atteindre ce noeud (sous forme de *push-pop* sur une pile de matrices)

CINÉMATIQUE DIRECTE (*FK: FORWARD KINEMATICS*)

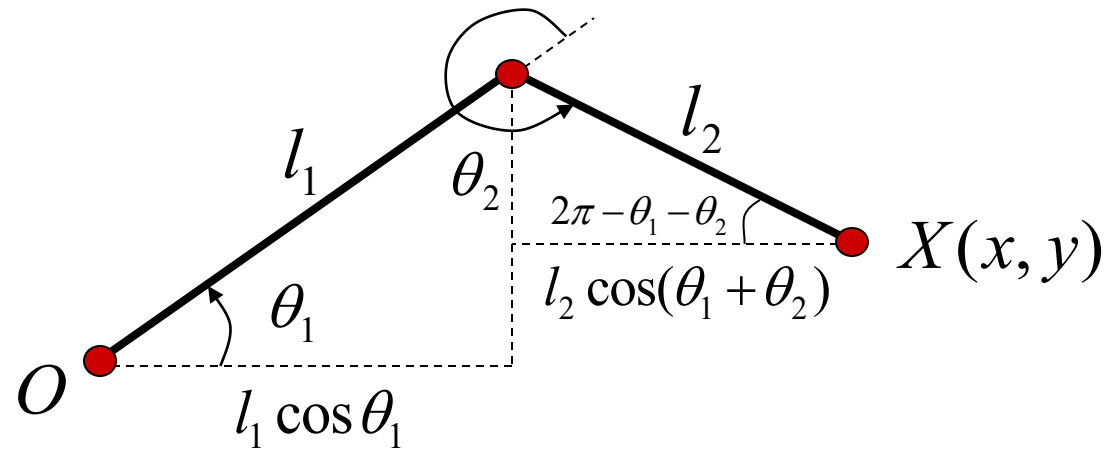


$$(x, y, z) = f(\theta_1, \dots, \theta_n)$$

- Effecteur terminal (*end effector*)
 - dernier maillon d'une chaîne (racine vers branche finale)
- Le mouvement du *end effector* est déterminé en parcourant l'arbre de transformations

pied □ [hanche] □ [genou] □ [cheville]

CINÉMATIQUE DIRECTE (*FK: FORWARD KINEMATICS*)



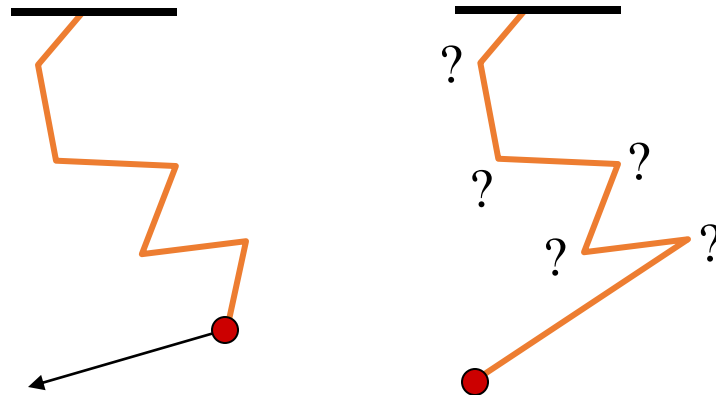
$$X = (l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2), l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2))$$

CINÉMATIQUE INVERSE (IK: *INVERSE KINEMATICS*)

- Spécifie seulement la position des *end effectors*

$$(\theta_1, \dots, \theta_n) = f^{-1}(x, y, z)$$

- Le système doit calculer les positions et les orientations de toutes les autres pièces



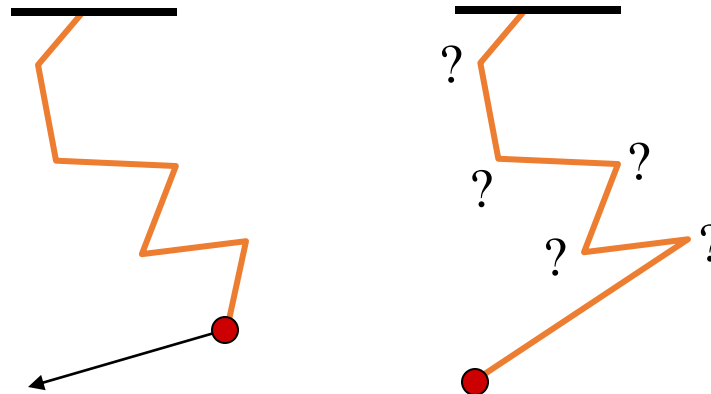
CINÉMATIQUE INVERSE (IK: *INVERSE KINEMATICS*)

- Spécifie seulement la position des *end effectors*

$$(\theta_1, \dots, \theta_n) = f^{-1}(x, y, z)$$

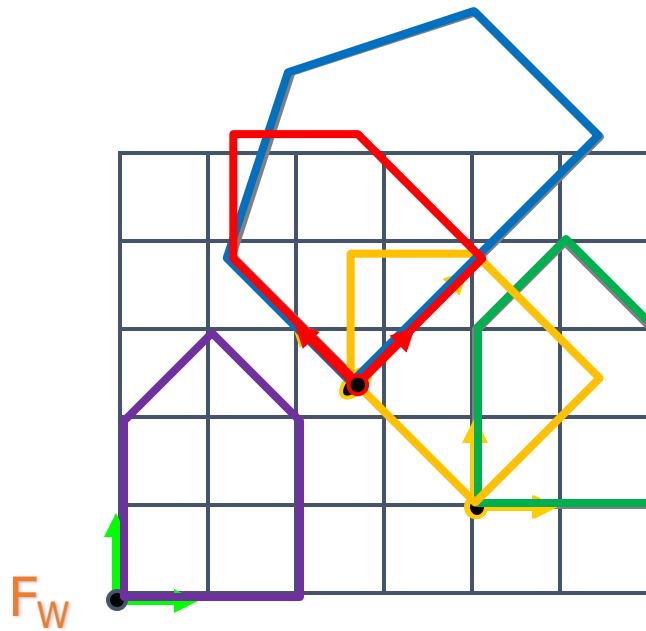
- Le système doit calculer les positions et les angles des autres pièces

La fonction f n'a pas
d'inverse (pas bijective)
Optimisation non-
linéaire



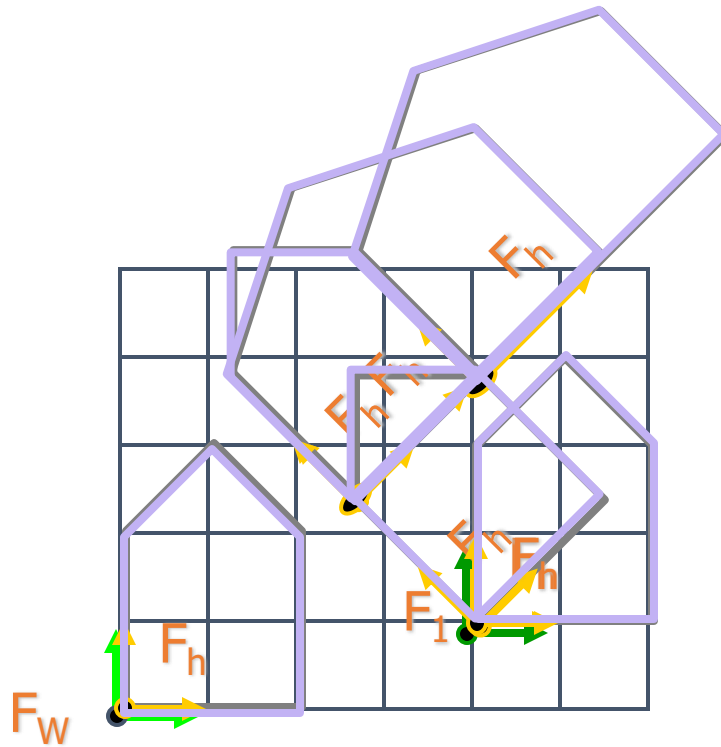
UNE QUESTION

```
M.setIdentity();  
M = M*Translation(4,1,0);  
M = M*Rotation(pi/4,0,0,1);  
House.matrix = M;
```



- Quelle maison va-t-on dessiner?
 - Rouge
 - Bleue
 - Verte
 - Orange
 - Violet

UNE QUESTION



```
M.setIdentity();
```

```
1) House1.matrix = M;
```

```
2) M = M*Translation(4,1,0);  
   House2.matrix = M;
```

```
3) M = M*Rotation(pi/4,0,0,1);  
   House3.matrix = M;
```

```
4) M = M*Translation(0,2,0);  
   House4.matrix = M;
```

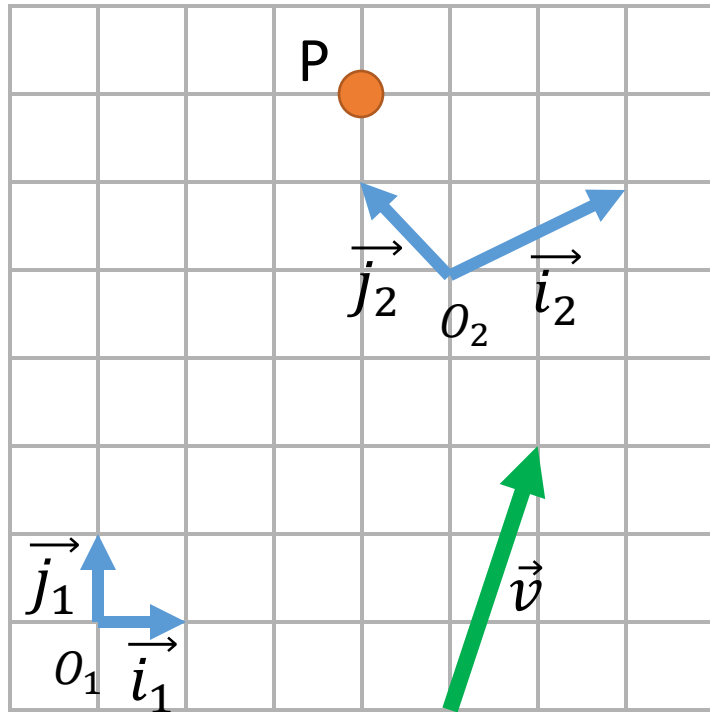
```
5) M = M*Scale(2,1,1);  
   House5.matrix = M;
```

```
6) M = M*Translation(1,0,0);  
   House6.matrix = M;
```

QUE SE PASSERA-T-IL SI...

- On fait plusieurs translations l'une après l'autre?
- Plusieurs changements d'échelle?
- Plusieurs rotations?

UN EXEMPLE DE PLUS

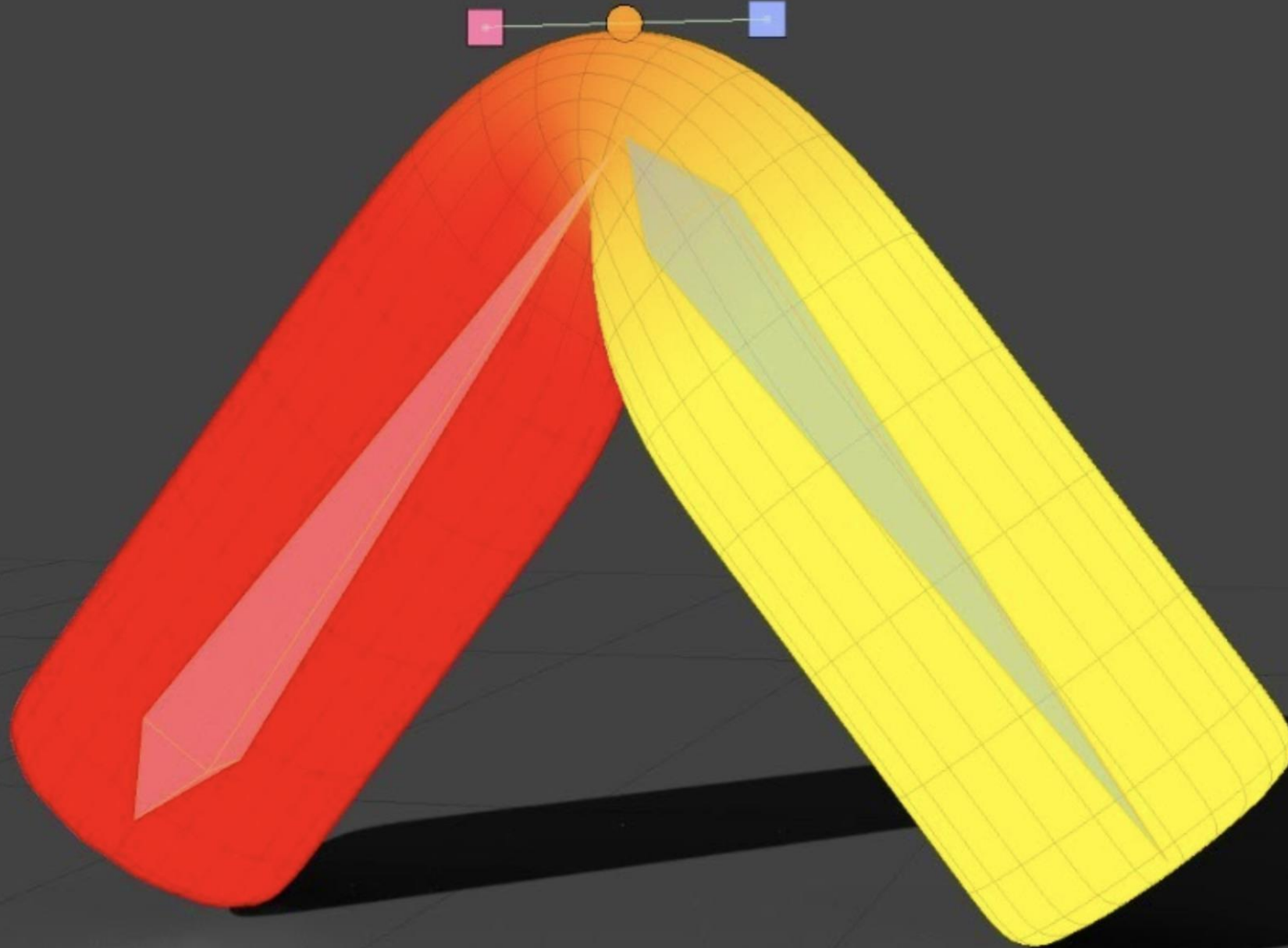


- Trouvez les coordonnées de P et v dans les deux systèmes
- Trouvez la matrice de transformation $1 \rightarrow 2$ et en arrière

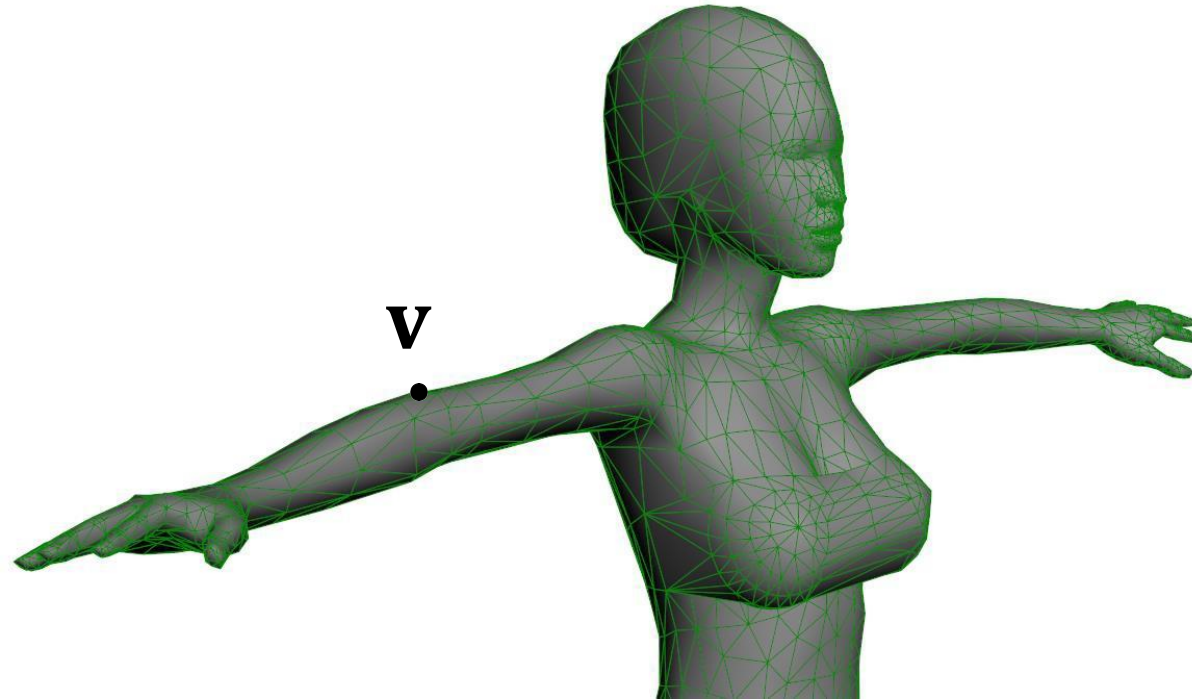
(le tableau blanc)

20 MINUTES PLUS TARD...

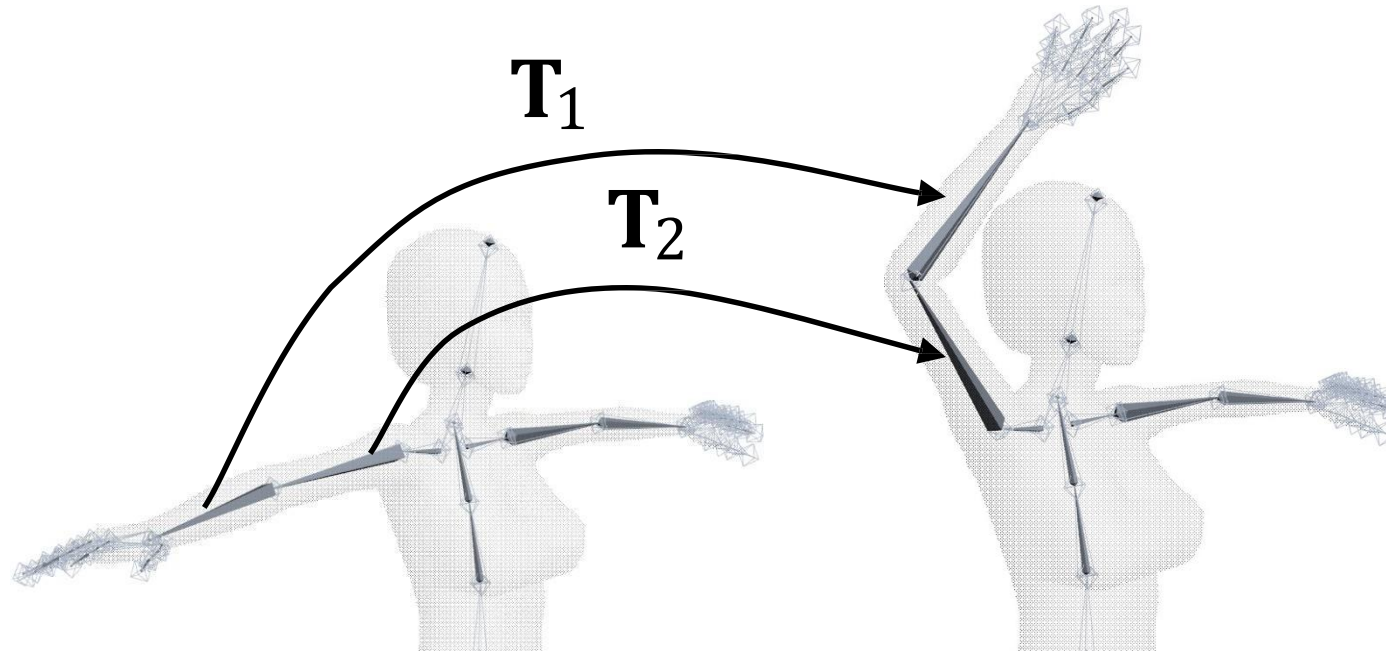
RIGGING & SKINNING



pose de repos (*rest pose*)

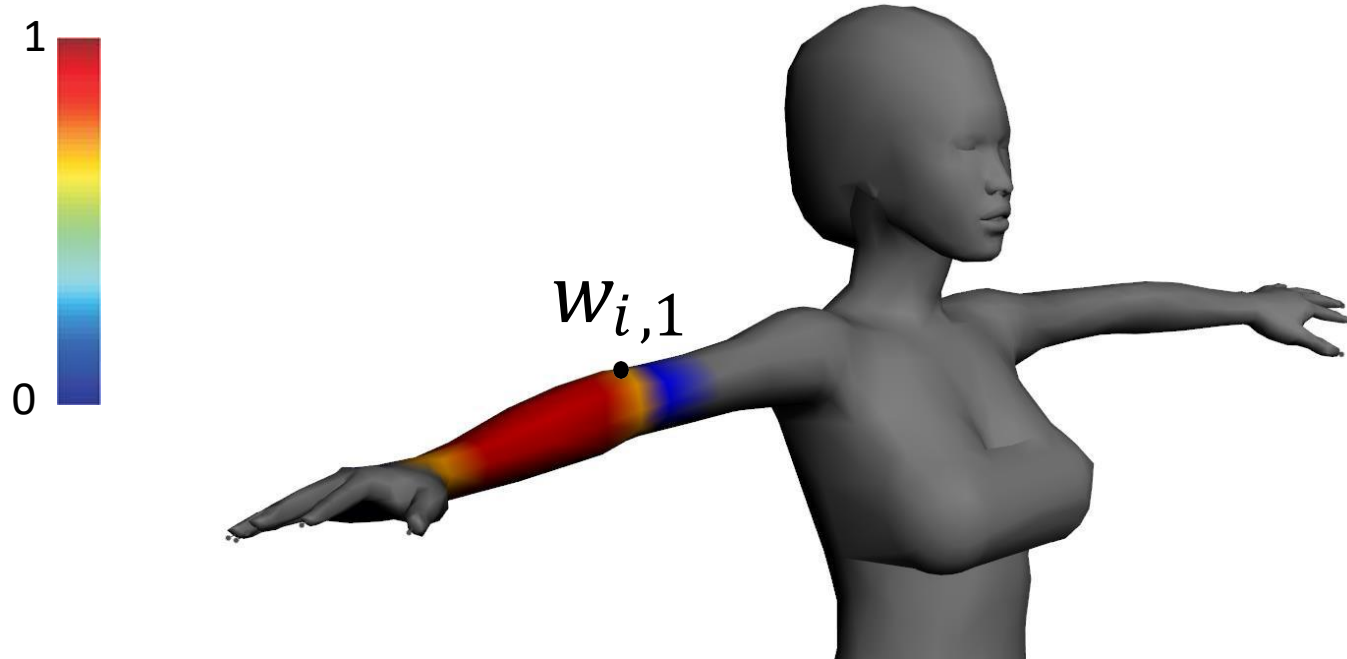


les transformations



SKINNING WEIGHTS

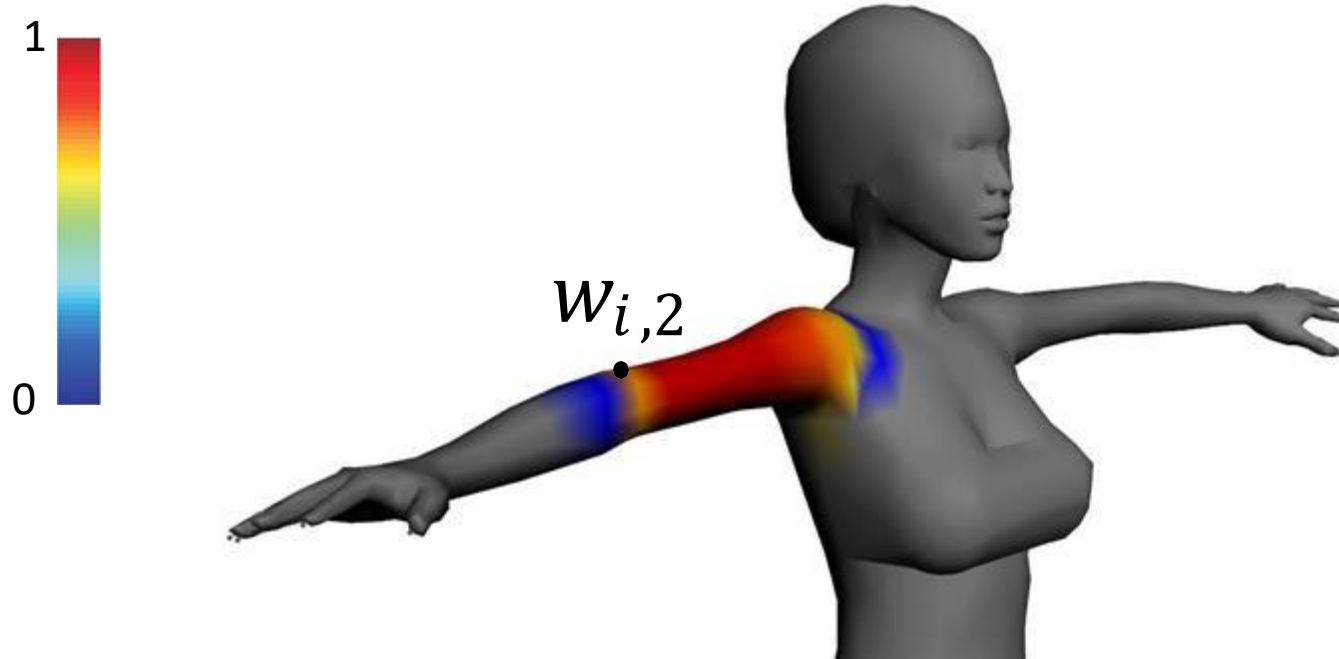
associe chaque os du squelette à une portion du maillage à animer



SKINNING WEIGHTS

associe chaque os du squelette à une portion du maillage à animer
chaque sommet i a un vecteur de *skinning weights*: $w_{i,1}, \dots, w_{i,B} \geq 0$

$$\sum_{j=1}^B w_{i,j} = 1$$



Linear blend skinning (LBS)

$$v' = \left(\sum w_j T_j \right) v$$

Linear blend skinning (LBS)

$$v' = \left(\sum w_j T_j \right) v$$

v et v' sont dans le système de coordonnées du monde

Chaque transformation T_j est effectuée
dans le système de coordonnées d'un os j

Linear blend skinning (LBS)

$$v' = \left(\sum w_j T_j \right) v$$

v et v' sont dans le système de coordonnées du monde

Chaque transformation est effectuée
dans le système de coordonnées d'un os j

M_j - matrice de modèle du os j (pose de repos)

M'_j - matrice de modèle du os j (nouvelle pose)

$$T_j = M'_j M_j^{-1}$$

LBS est utilisé partout

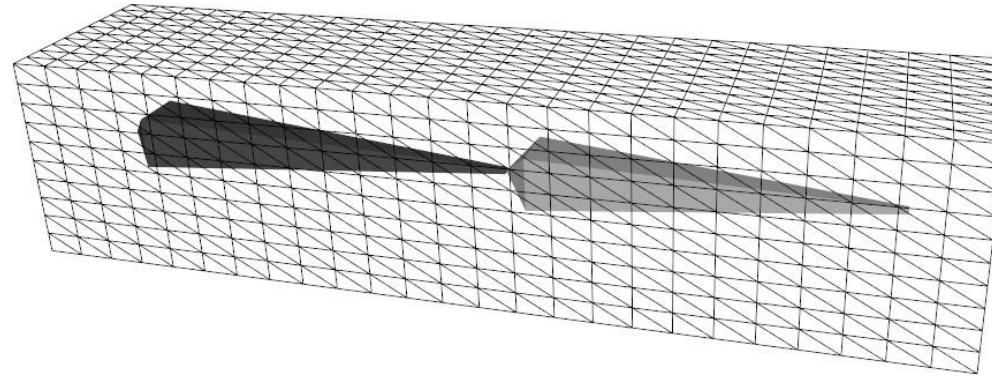


Halo 3



Bolt

LBS: artefact d'emballage de bonbons



LBS: artefact d'emballage de bonbons

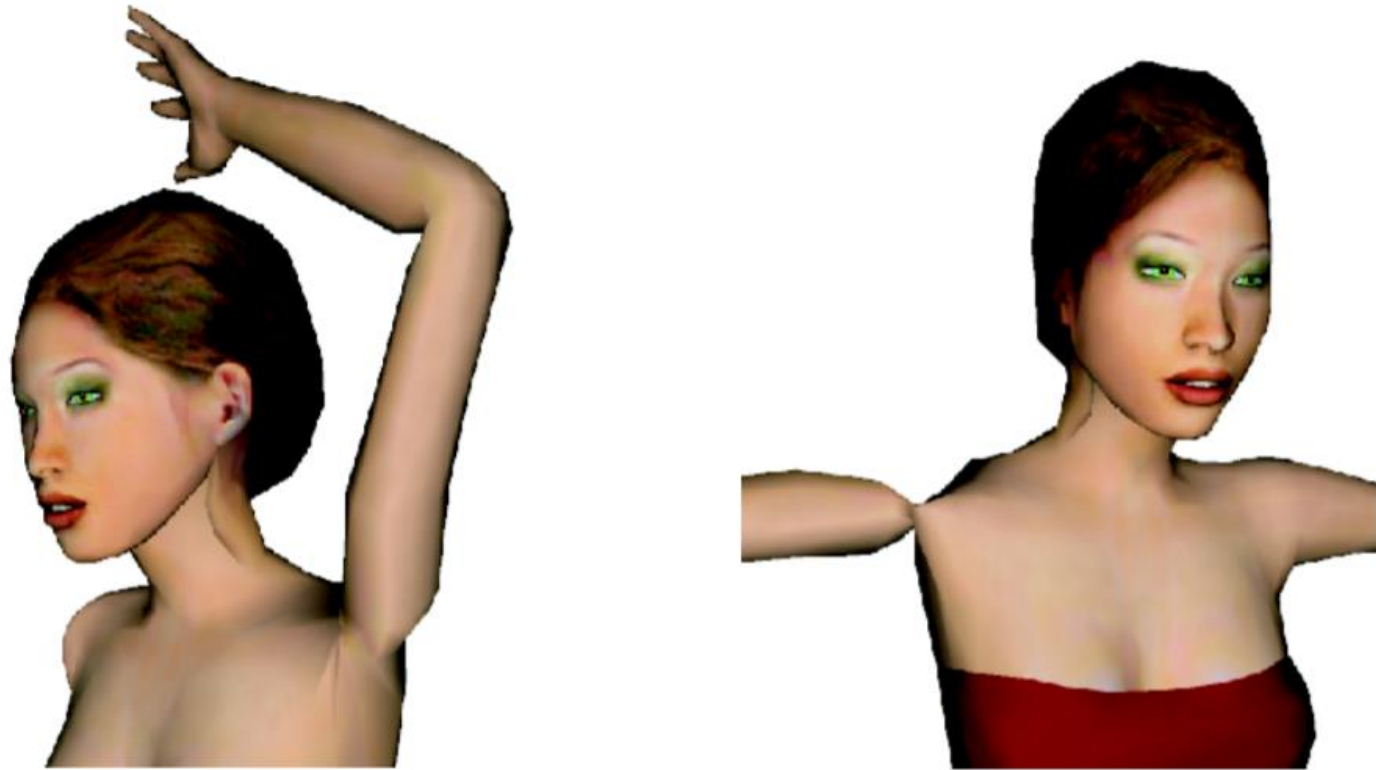


Figure 2: Typical “candy-wrapper” artifacts of linear blend skinning.

DEVOIRS

- La date limite pour D1 est le vendredi 26 septembre
- D2 sera disponible lundi prochain (le 29 septembre)
 - L'animation de personnages!
 - Plus de matrices de transformations!