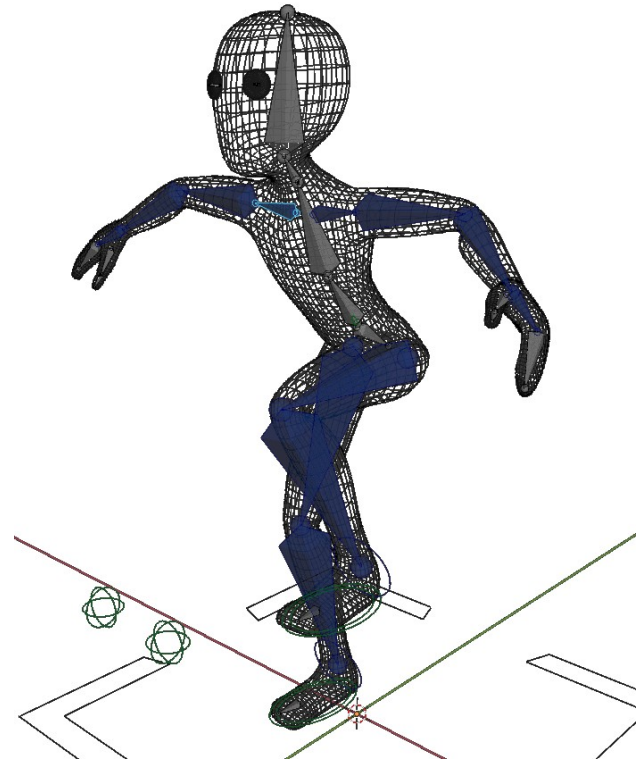
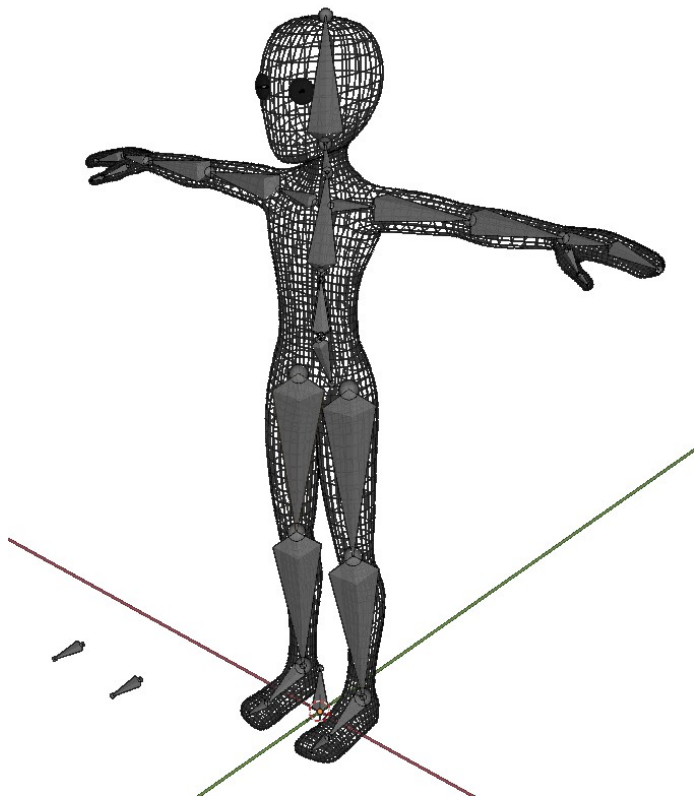


Animation par squelette

Christian Gentil

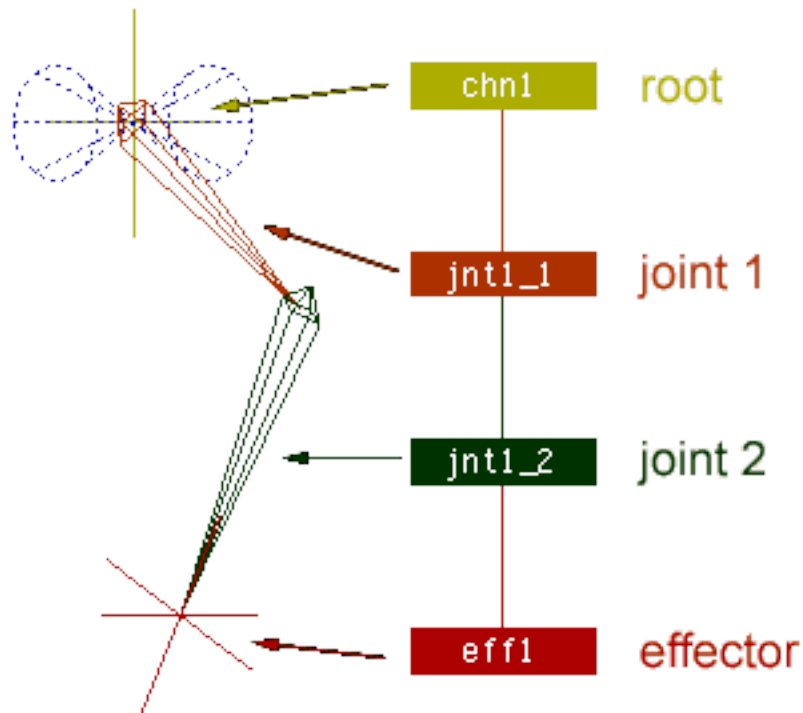
D'après le cours de Marc Neveu
et sources du MIT et autres

Rigging = Squelette + habillage
= skeleton + skinning



Squelette

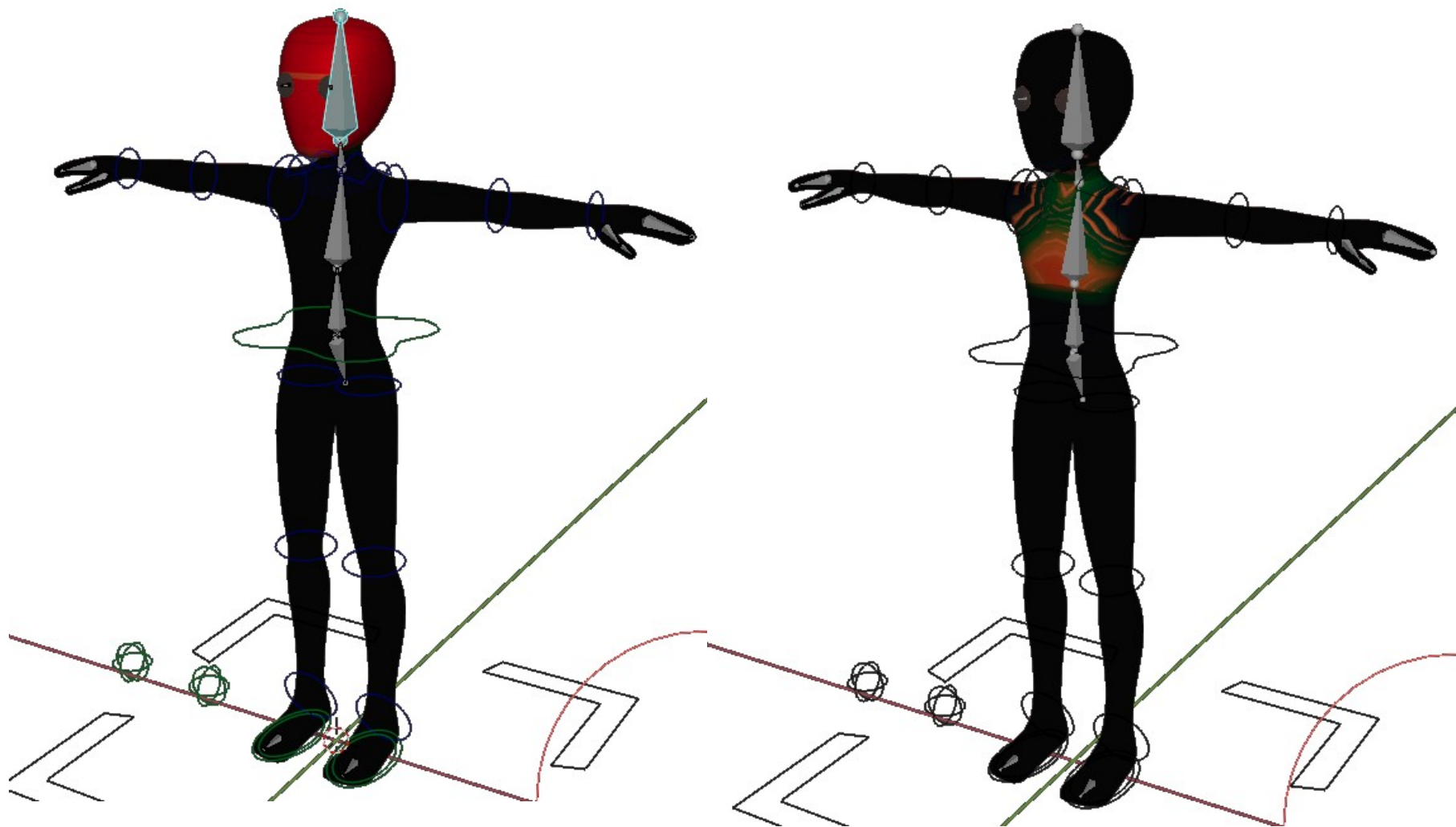
- Système contraint
- Pas de géométrie, que des « os »



Squelette

- Manipulation directe
- Cinématique inverse
- *Skinning* pour manipuler le modèle géométrique

Skinning

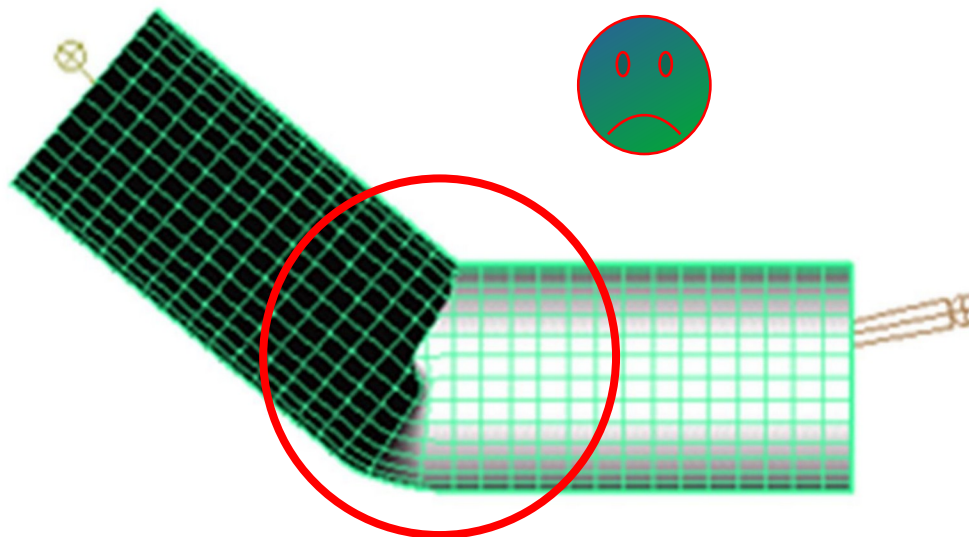


Skinning affectation des sommets au os

- Skinning rigide
 - Chaque sommets est affecté à un seul os
 - On calcule les coord. du sommet dans le repère de l'os
 - Pour l'animation on lui applique la transformation de l'os
- Skinning par interpolation linéaire
 - chaque sommet est affecté à un ou plusieurs os avec une pondération w_i
 - On calcule les coord. du sommet dans le repère de chaque l'os
 - On applique la transformation de chaque os au sommet correspondant et en tenant compte la pondération.

Skinning : affectation des sommets

- Skinning rigide
 - Chaque sommets est affecté à un seul os
 - On calcule les coord. du sommet dans le repère de l'os
 - Pour l'animation, au sommet, on lui applique la transformation de l'os



Skinning affectation des sommets

Skinning par interpolation linéaire

- chaque sommet est **affecté à plusieurs os avec une pondération w_i**
= influence de la position de l'os sur la position du sommet
- Lors de l'animation, on applique la
« transformation de chaque os » au sommet en
tenant compte des poids w_i



Détermination des poids

- Approche manuel

- Ajustement à la main sommet par sommet pour avoir le meilleur comportement
- Irréalisable pour les grands maillage
- Utilisation d'outil de « painting » pour faciliter l'affectation

- Approche automatique

- algorithme pour affecter une (des) os avec une pondération poids à chaque sommet.
- Exemple : basé sur un calcul de distance du sommet aux os.
- Les résultats de ces algorithmes automatiques sont généralement modifié par les artistes pour avoir une meilleure fidélité

Skinning: les calculs

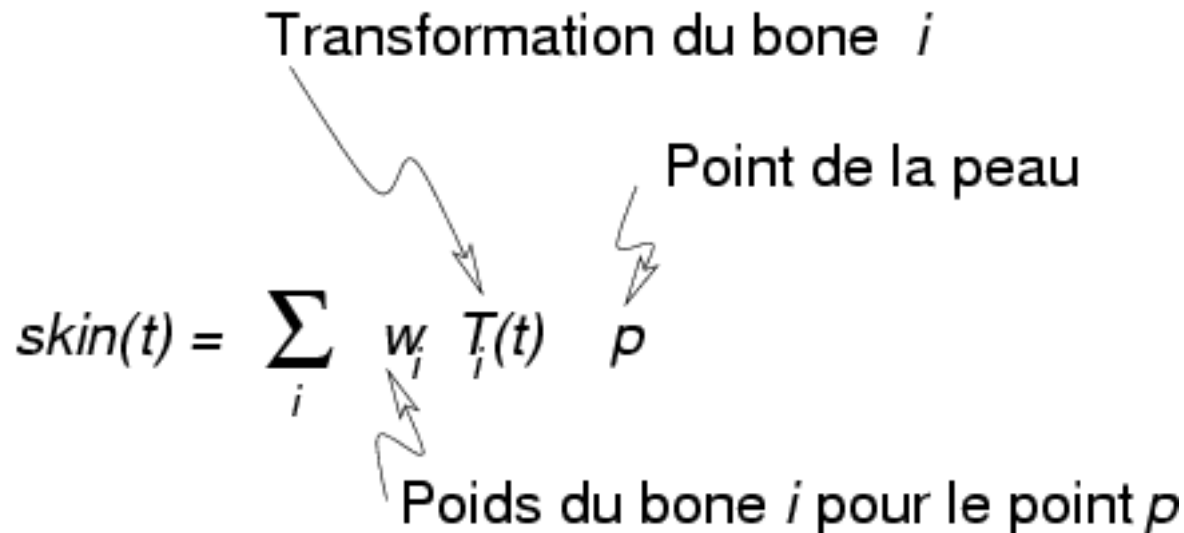
- Modèle 3D plus squelette
- Chaque sommet est attaché à un ou plusieurs os
 - Somme des poids = 1
- Pose « au repos »
 - Modèle non déformé = position de référence
- Pose « animée »
 - Position squelette donnée
 - trouver position des sommets

Utilisation du barycentre en skinning

Modélisation d'un squelette par des **os** (bones).

Les **sommets (vertices) de la peau** aux articulations sont attachés à plusieurs os (pondérations w_i).

Ils subissent donc une **combinaison pondérée de transformations**:



The diagram illustrates the formula for skinning a vertex p of the skin. It shows the formula $skin(t) = \sum_i w_i T_i(t)$ with handwritten annotations. An arrow points from the text 'Transformation du bone i ' to the term $T_i(t)$. Another arrow points from 'Point de la peau' to the variable p . A third arrow points from 'Poids du bone i pour le point p ' to the weight w_i .

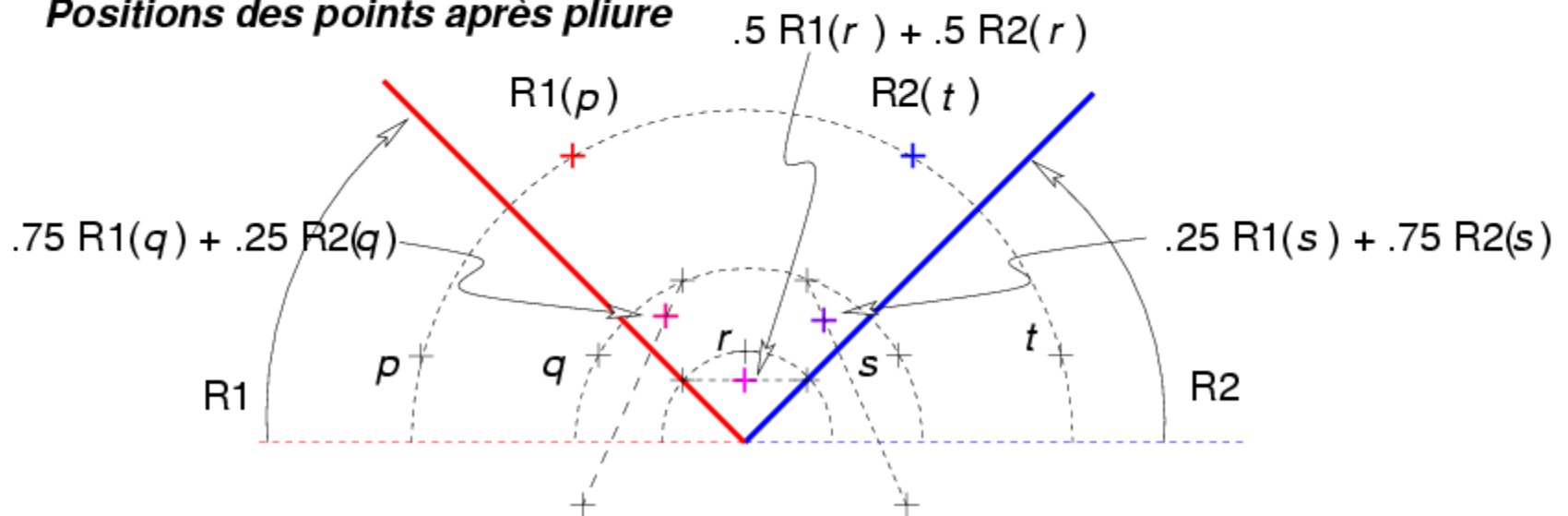
$$skin(t) = \sum_i w_i T_i(t) \quad p$$

Illustration du skinning sur une articulation pliée à 90°

Pondérations avant pliure

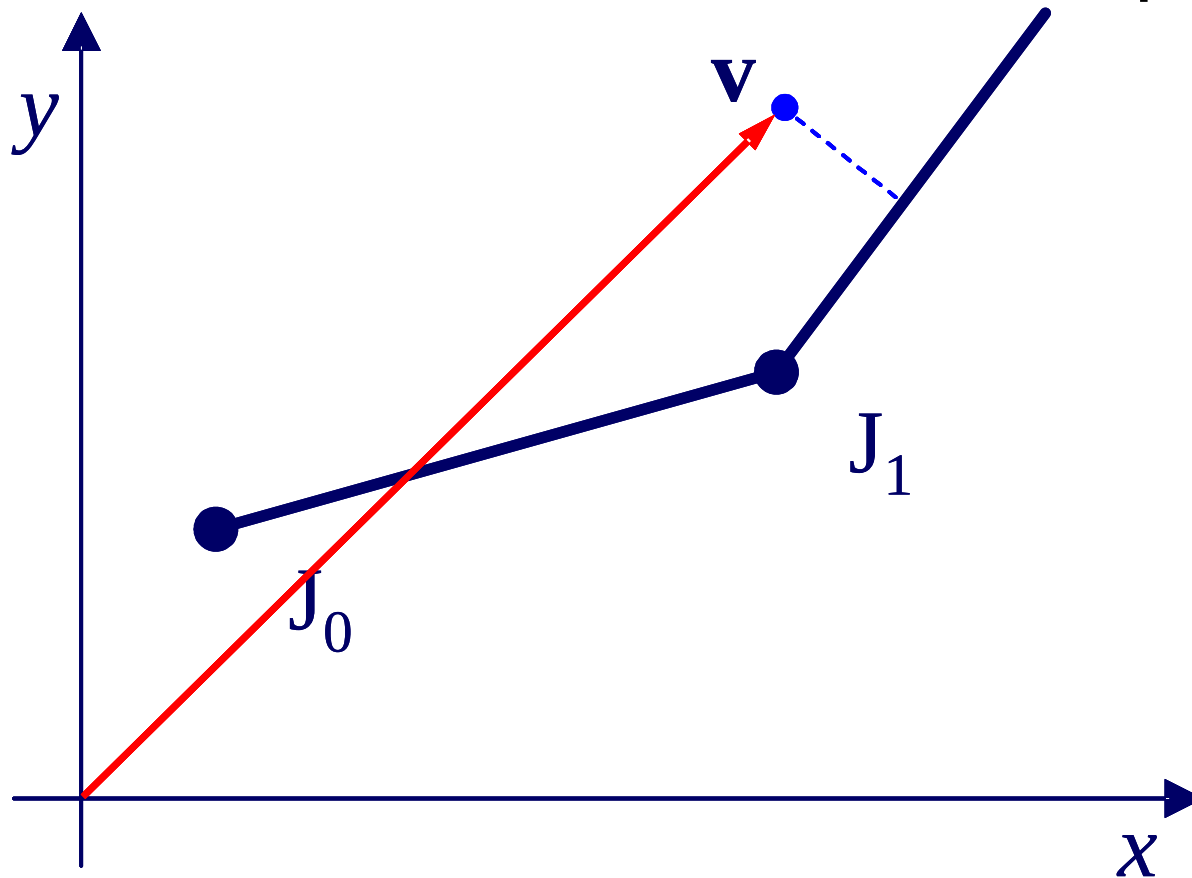
| | | | | |
|-------|-----------|---------|-----------|-------|
| p_+ | q_+ | r_+ | s_+ | t_+ |
| (1,0) | (.75,.25) | (.5,.5) | (.25,.75) | (0,1) |

Positions des points après pliure



Principe

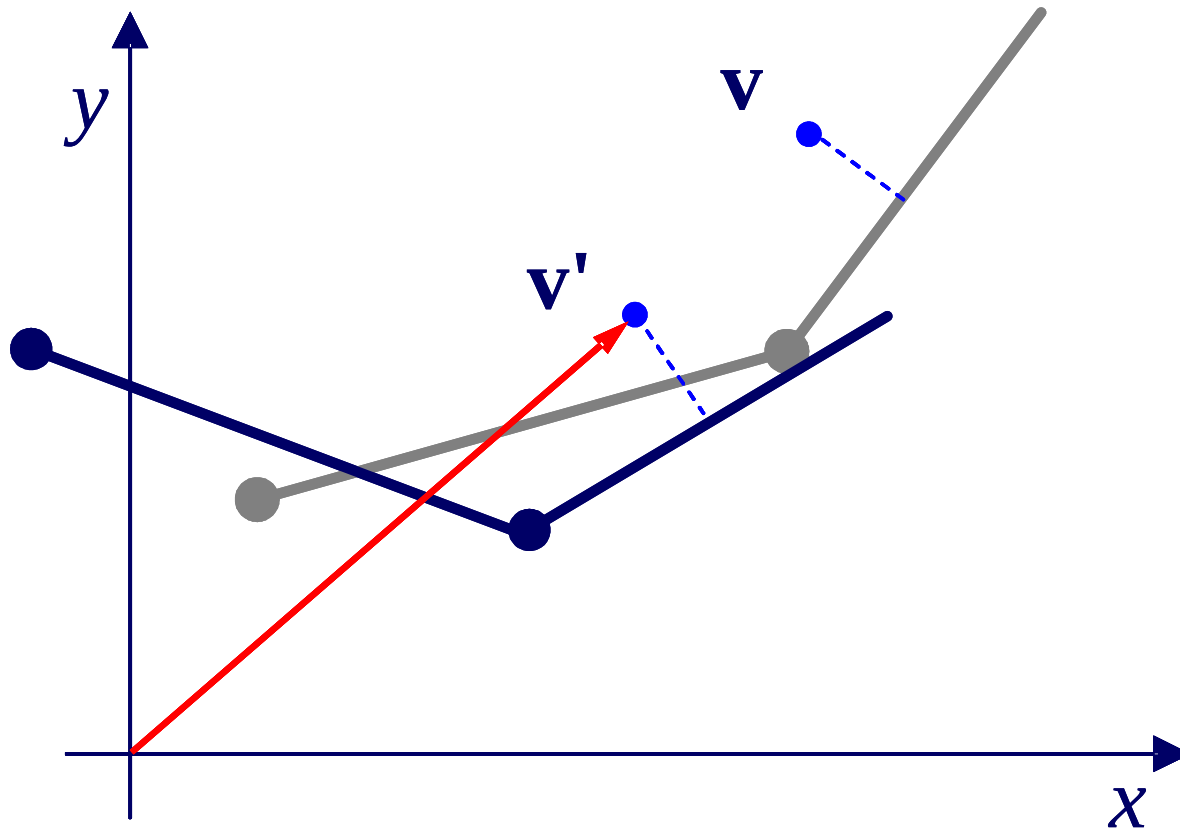
- Sommet v , attaché à l'os J_1 . Au repos :



Principe

Nouvelle position du squelette

=> Trouver nouvelle position du sommet

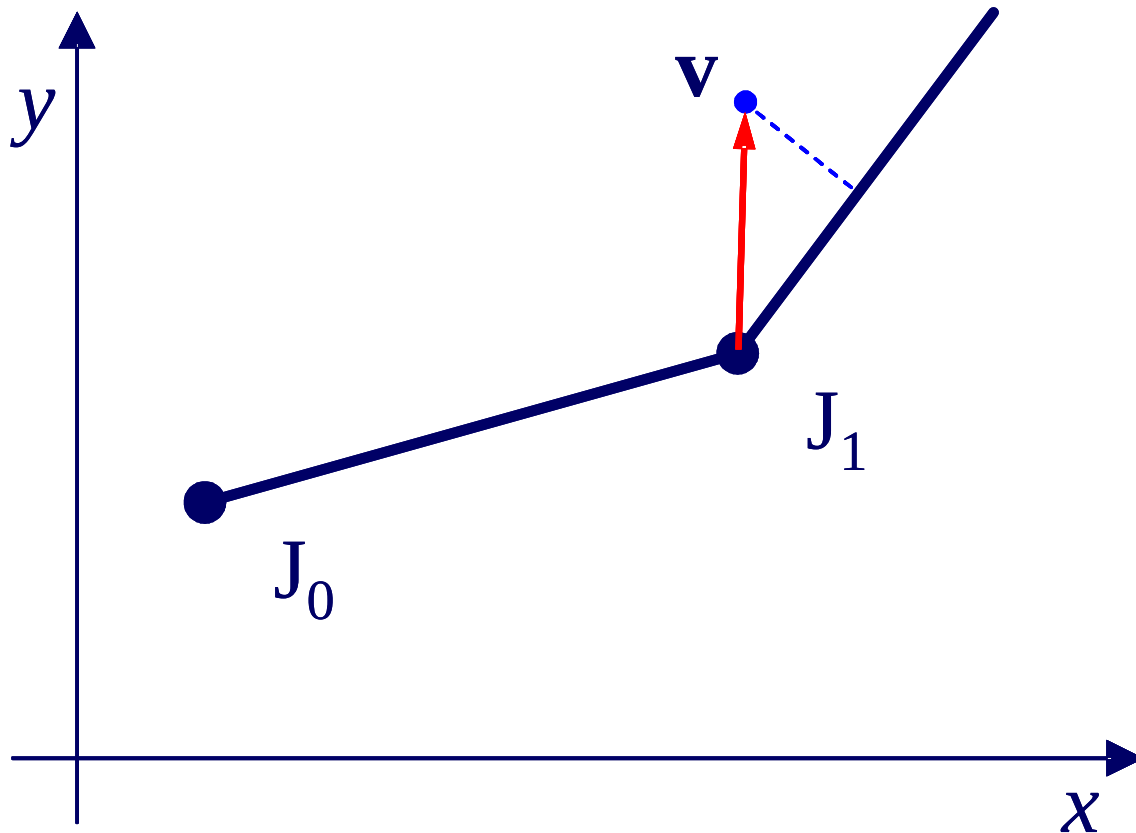


Principe

- On transforme le sommet v de l'espace du modèle dans l'espace lié à l'os
- Le sommet est *fixe* par rapport à l'os, donc on peut bouger le squelette
- Re-transformation dans l'espace du modèle ce qui donne les nouvelles coordonnées du sommet, v'

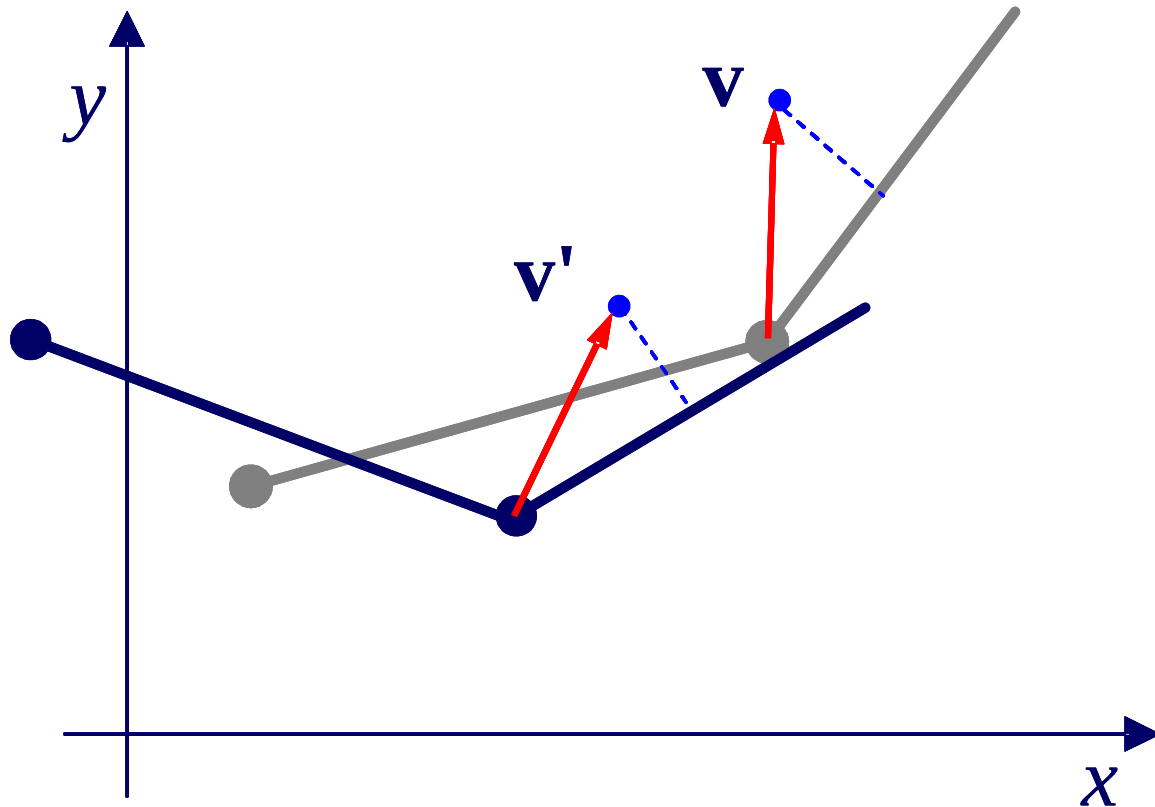
Principe

- Sommet, dans l'espace lié à l'os :



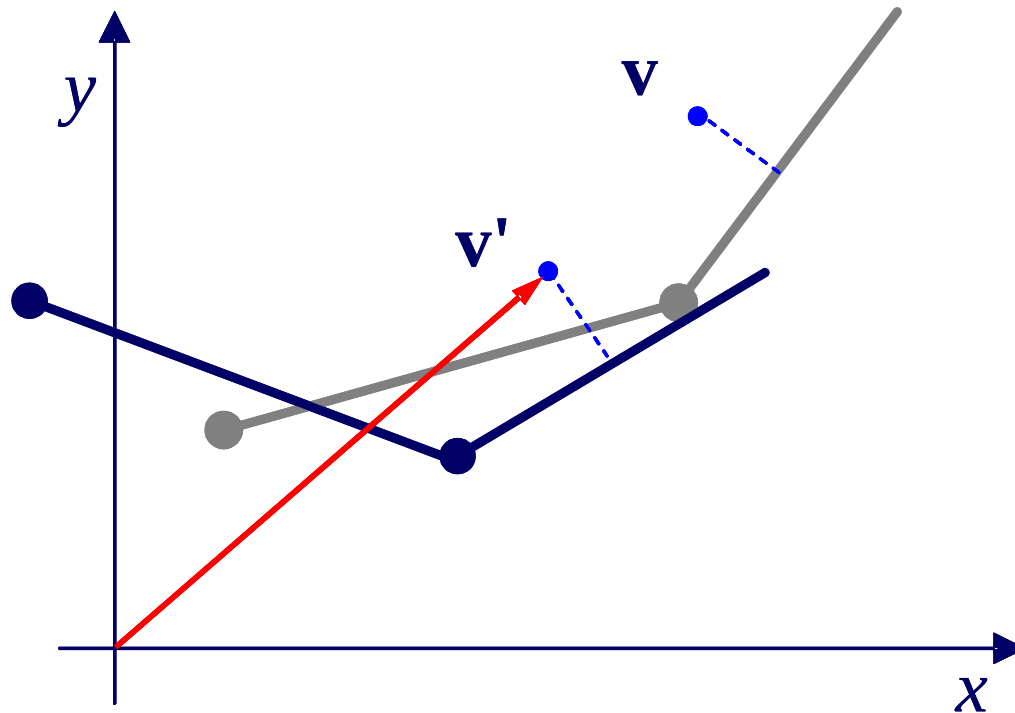
Principe

Sommet toujours dans la **même position relative**, quelle que soit la position du squelette



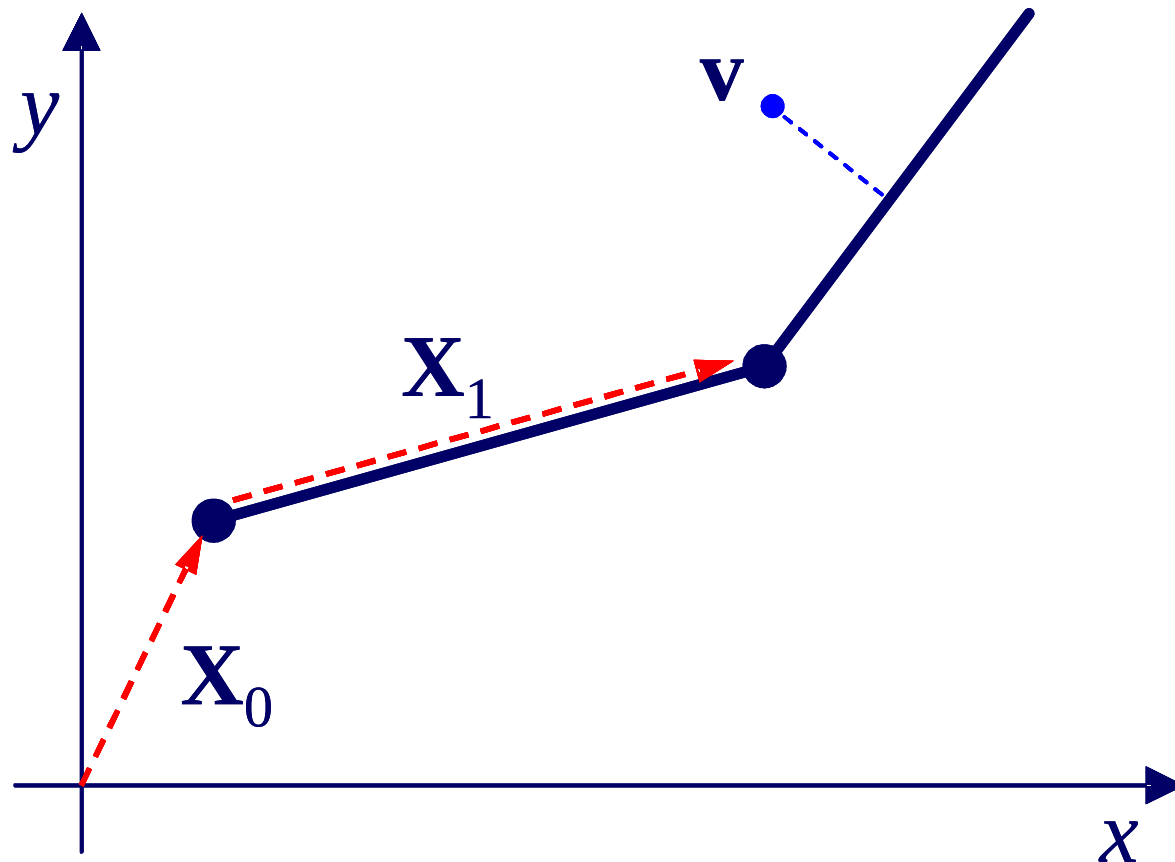
Principe

- Retour à l'espace du modèle, position du sommet



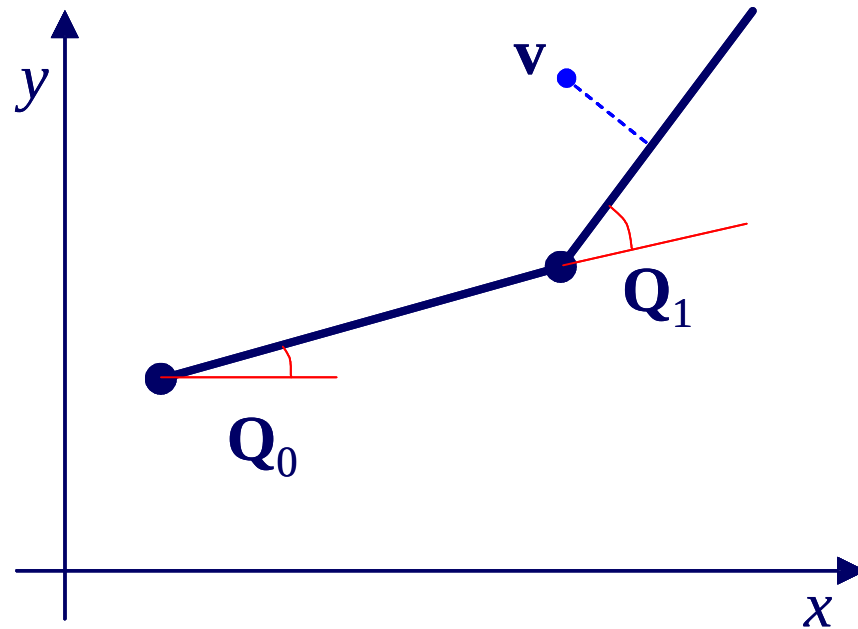
Maths :

- Au repos, X_i position de la base de l'os i (translation)



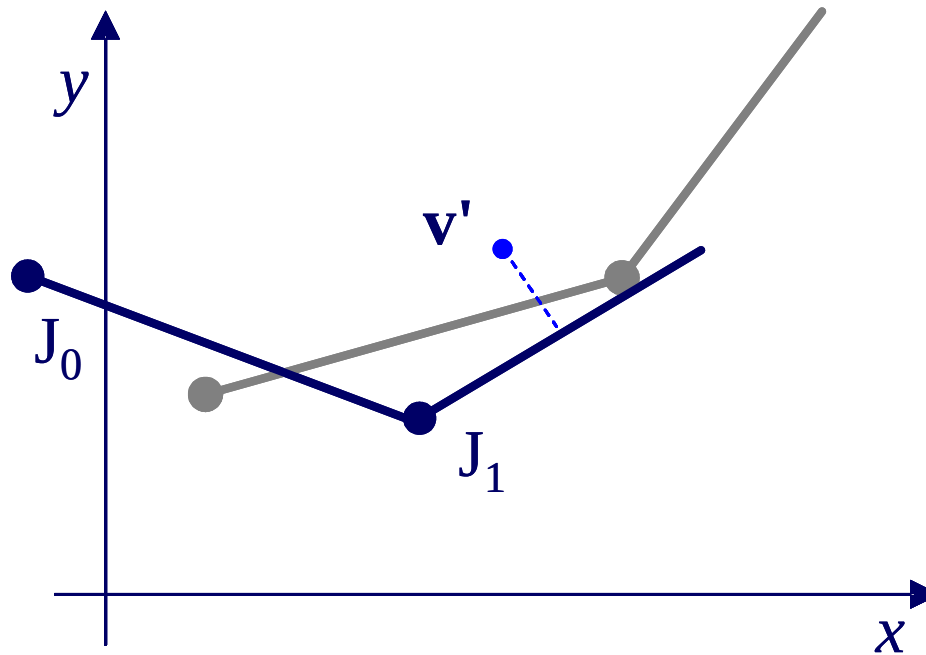
Maths :

Q_i rotation de l'os i



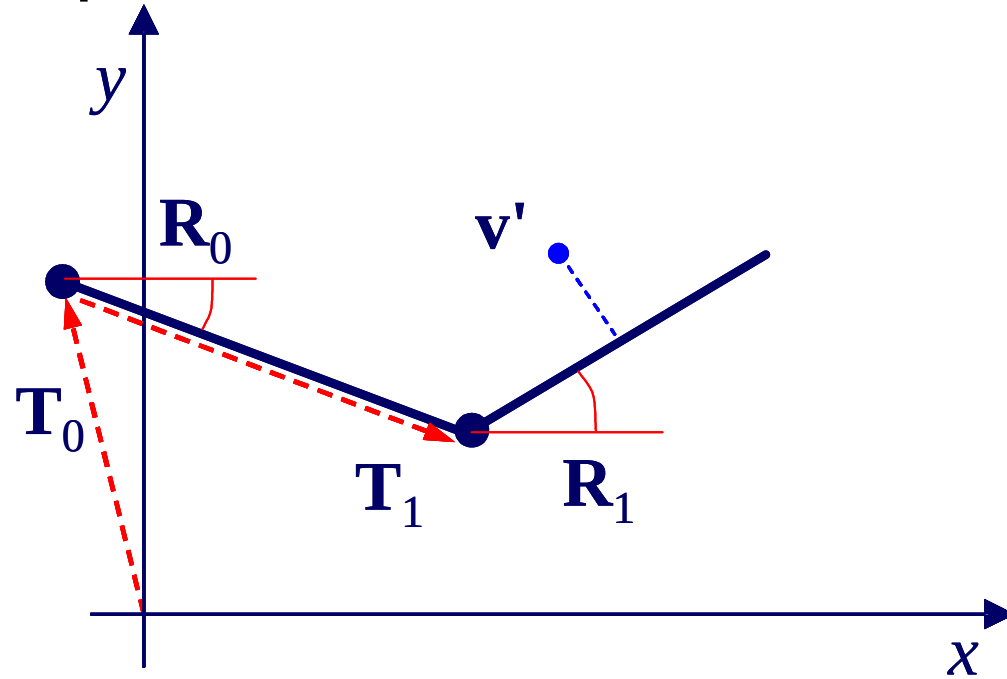
Position à l'équilibre de l'os j
Produit matriciel des
translations et rotations depuis
la racine

$$\mathbf{B}_j = \prod_{i=0}^j \mathbf{X}_i \mathbf{Q}_i$$



Maths :

- On déplace le squelette (animation) : \mathbf{T}_i la translation pour l'os i , \mathbf{R}_i sa rotation



Maths :

- Pose *actuelle* décrite par la matrice :

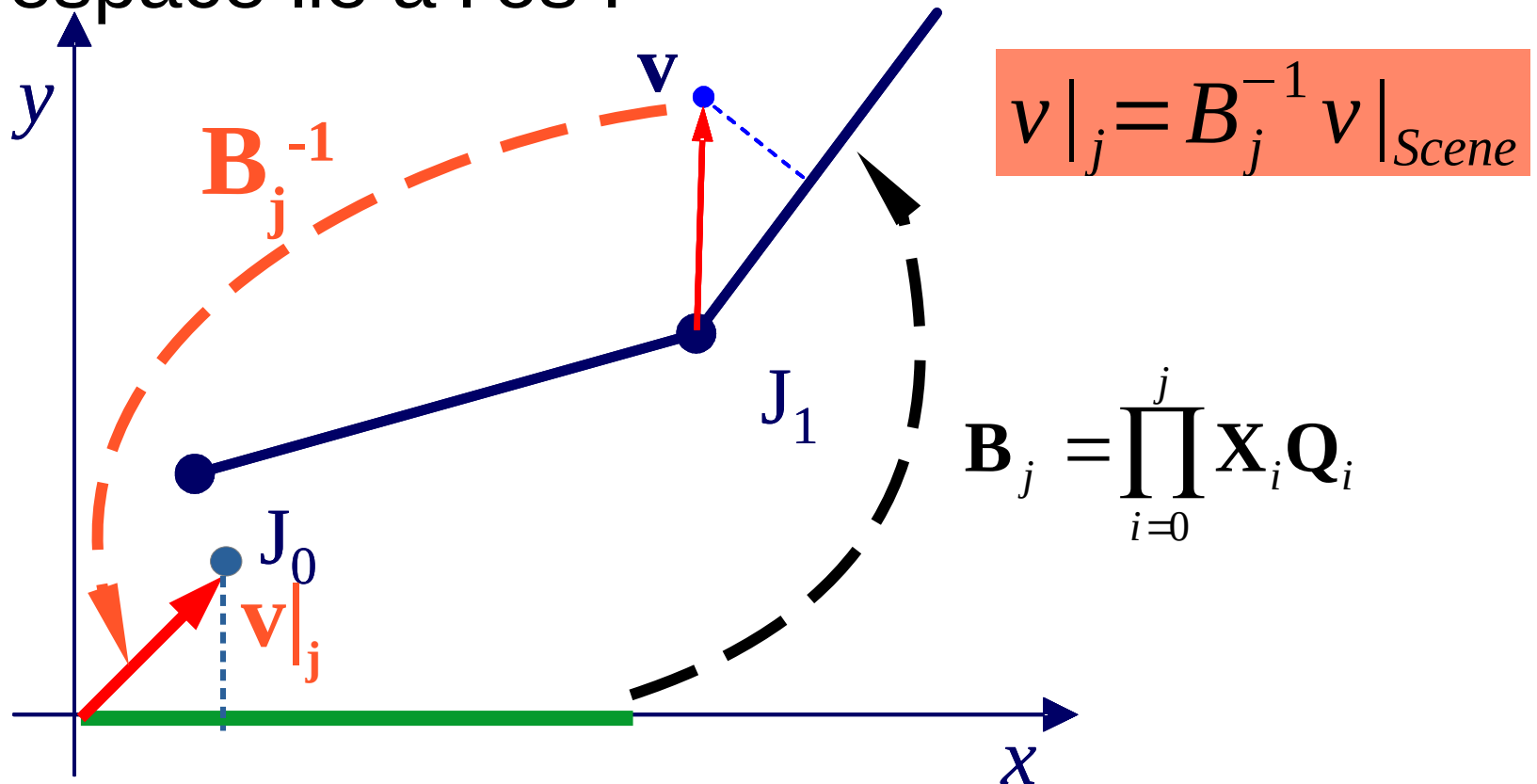
$$\mathbf{P}_j = \prod_{i=0}^j \mathbf{T}_i \mathbf{R}_i$$

- similaire à la matrice de la pose *au repos* :

$$\mathbf{B}_j = \prod_{i=0}^j \mathbf{X}_i \mathbf{Q}_i$$

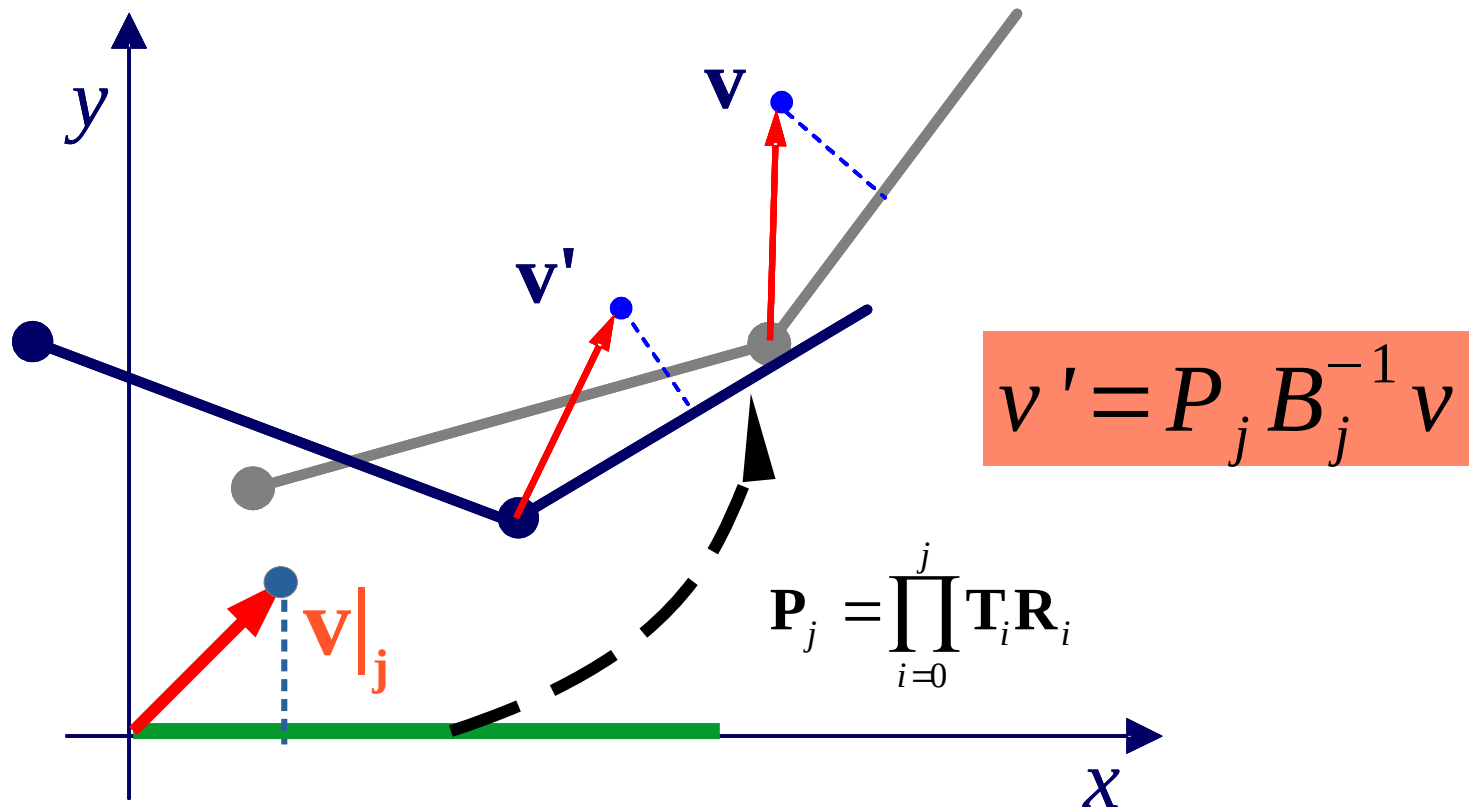
Principe

- Calcul des coord du sommet, dans l'espace lié à l'os :



Principe

Sommet toujours dans la **même position relative**, quelle que soit la position du squelette



Multiplication une fois pour toutes de v par \mathbf{B}_j^{-1}
pour se ramener dans l'espace lié à l'os (au repos)

Pour ne pas le faire à chaque frame

Puis multiplication du résultat par \mathbf{P}_j
pour se ramener dans l'espace du modèle, dans la pose actuelle

$$v' = P_j B_j^{-1} v$$

- Calculs effectués pour chaque sommet du modèle
- Tracé des sommets obtenus
- Interpolation des positions pour les sommets qui dépendent de plusieurs os

Maths :

- Interpolation pour les sommets qui dépendent de plusieurs os :

$$v_k = P_k B_k^{-1} v$$

$$v' = \sum_k w_k T_k B_k^{-1} v_k$$

Calcul des normales aux sommets

$$v' = \sum_k w_k T_k B_k^{-1} v_k$$

$$\vec{n}' = \left(\sum_k w_k T_k B_k^{-1} \right)^{-T} \vec{n}_k$$

Inverse de la transposée

Autres approches : automatique

Méthode «Pinocchio »

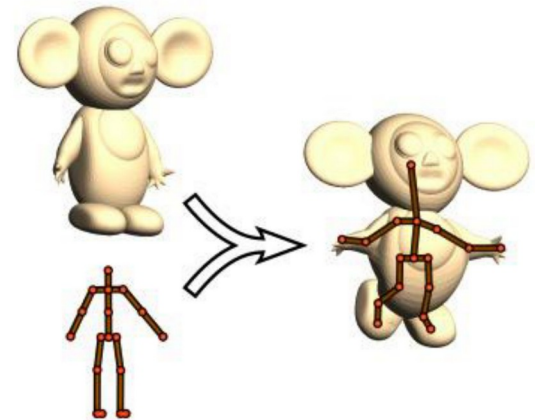
Ilya Baran, Jovan Popovic: Automatic Rigging and Animation of 3D Characters, SIGGRAPH 2007

Entrée :

- Un maillage
- Un squelette de référence

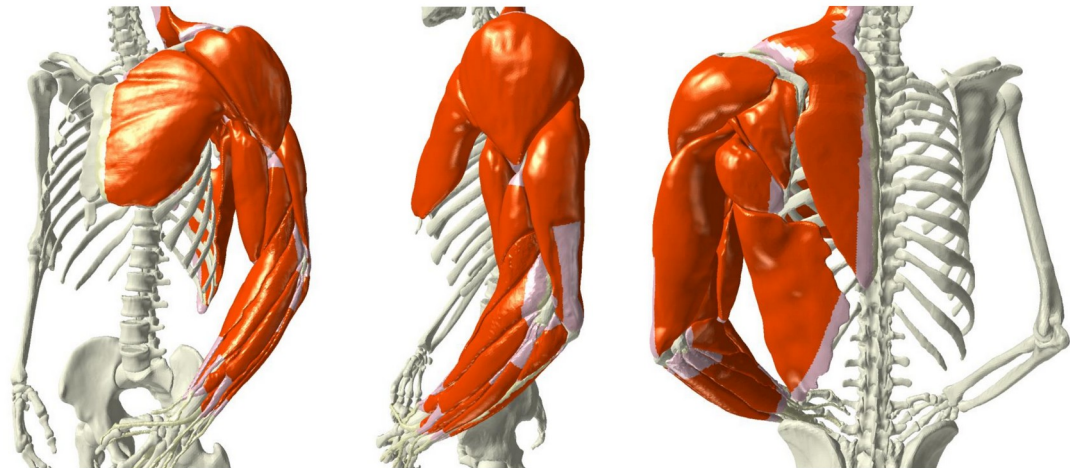
Sortie :

- Squelette ajusté
- Associations sommets / os

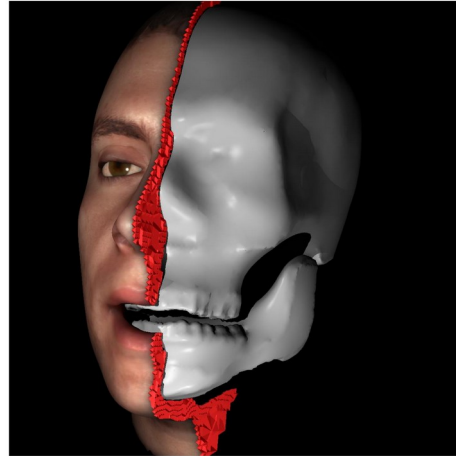


Autres méthodes : + réaliste

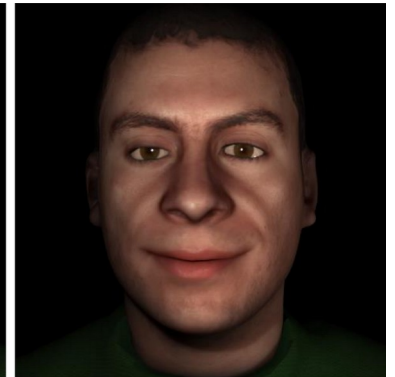
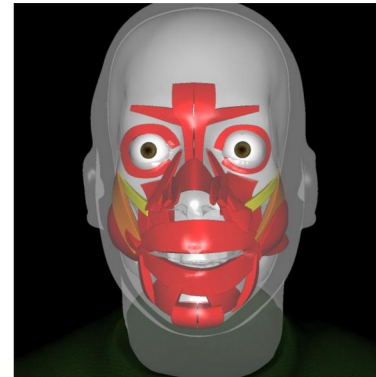
- Amélioration du modèle en ajoutant des modèle muscles
- La contraction musculaire exerce des forces sur le maillage représentant la peau
- On anime le squelette =>
 - On résout le problème inverse :
déduire l'activité musculaire à partir du mouvement de chaque os.
 - L'activité musculaire est exploitée pour simuler la déformation des muscles
=> déformation de la peau



Exemples



Estimation de
l'activité musculaire
par motion capture

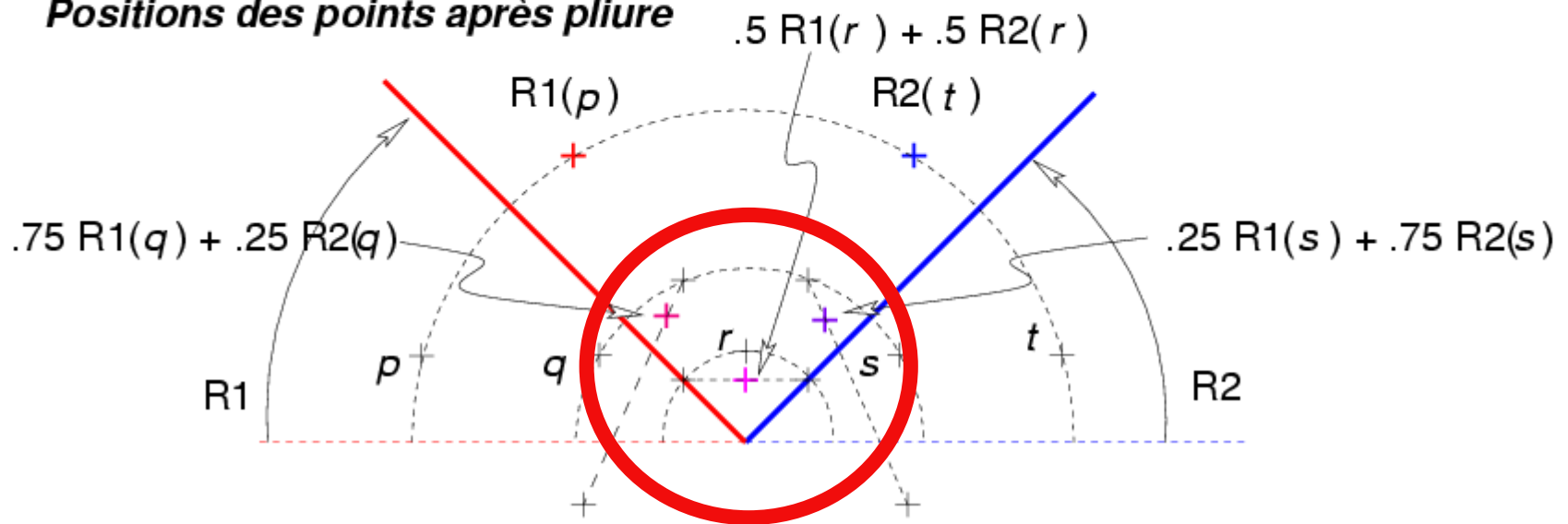


Pb de l'interpolation des rotations

Pondérations avant pliure

$$\begin{array}{ccccc} p_+ & q_+ & r_+ & s_+ & t_+ \\ (1,0) & (.75,.25) & (.5,.5) & (.25,.75) & (0,1) \end{array}$$

Positions des points après pliure



Solution = quaternions

- Rotations really need to be combined differently (quaternions!)



Figure 2: The 'collapsing elbow' in action, c.f. Figure 1.



Figure 3: The forearm in the 'twist' pose, as in turning a door handle, computed by SSD. As the twist approaches 180° the arm collapses.

© ACM. All rights reserved. This content is excluded from our Creative Commons license. For more information, see <http://ocw.mit.edu/help/faq-fair-use/>.

- From: Pose Space Deformation: A Unified Approach to Shape Interpolation and Skeleton-Driven Deformation, J. P. Lewis, Matt Corder, Nickson Fong