

Skinning

Luc Anchling et Timothée Teyssier

October 31, 2023

1 Introduction

L’animation d’objets 3D est un domaine fascinant de l’informatique graphique qui repose sur diverses techniques pour donner vie à des modèles tridimensionnels. L’une de ces techniques, largement utilisée dans le domaine du jeu vidéo et de l’animation, est le **skinning**, ou déformation par squelette. Le **skinning** permet de donner aux modèles 3D une apparence réaliste et fluide en simulant le mouvement des parties de l’objet en réponse à une animation. Dans ce compte rendu, nous explorerons cette technique en nous appuyant sur des exemples concrets issus d’un TP, où nous animerons un cylindre et un modèle 3D en utilisant le **skinning**.

Le **skinning** fonctionne en associant un squelette articulé aux vertices d’un objet 3D. Chaque vertex est lié à un ou plusieurs os du squelette, ce qui permet de contrôler la déformation de l’objet en fonction de la position et de l’orientation des os. Cela permet d’obtenir des animations réalistes, telles que la flexion d’un bras, la rotation d’une jambe ou même des mouvements plus complexes.

Ce TP nous fournira une expérience pratique précieuse pour comprendre les principes du **skinning** en informatique graphique, ainsi que pour explorer son application dans des scénarios d’animation. En combinant les aspects théoriques et pratiques, nous développerons des compétences essentielles pour la création d’animations 3D interactives et captivantes.

Ce compte rendu contient des captures d’écran pour montrer les différentes méthodes mises en places mais des vidéos de ces animations sont aussi disponibles sur le **Github** (dans le dossier *Pictures*).

2 Skinning d’un cylindre

Dans cette section du TP, nous allons nous concentrer sur la mise en œuvre de la déformation d’un cylindre en utilisant la technique du **skinning**. Pour ce faire, nous allons d’abord générer un modèle de cylindre sous forme de maillage géométrique, puis créer un squelette géométrique auquel ce cylindre sera associé. En animant ce squelette, nous serons en mesure d’appliquer des poids de **skinning** aux sommets du cylindre, permettant ainsi une déformation contrôlée de la surface. Cela nous permettra de simuler des mouvements tels que la flexion du cylindre, illustrant ainsi l’application pratique du **skinning** dans le contexte de l’animation 3D.

2.1 Création de la surface géométrique

Dans cette partie, nous allons créer la structure de base en générant un modèle de cylindre sous forme de maillage géométrique, préparant ainsi le support nécessaire pour la mise en place ultérieure du **skinning**.

Pour cela, nous commençons par créer le maillage du cylindre grâce à la fonction *buildcylinder()*, on calcule ainsi tous les points $(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z})$ de notre cylindre

(de rayon r et de longueur L) grâce aux formules suivantes :

$$\begin{cases} x = r\cos(\theta) \\ y = r\sin(\theta) \\ z = Lu \end{cases} \quad (1)$$

On obtient ainsi le maillage suivant pour une longueur de $L = 50$ et de rayon $r = 4$.

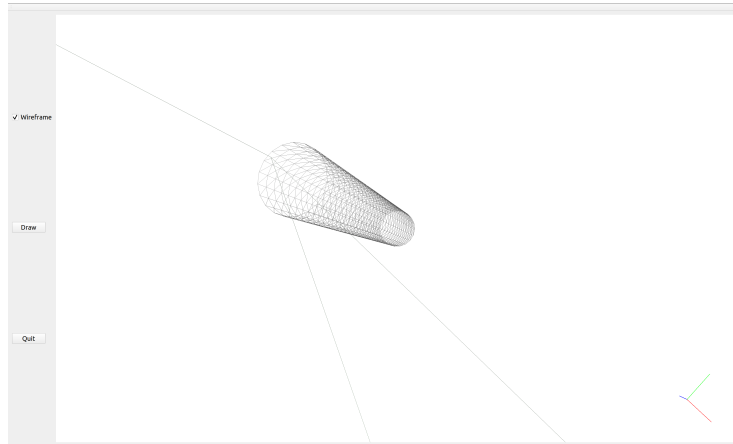


Figure 1: Maillage du cylindre pour une longueur de 50 et un rayon de 4

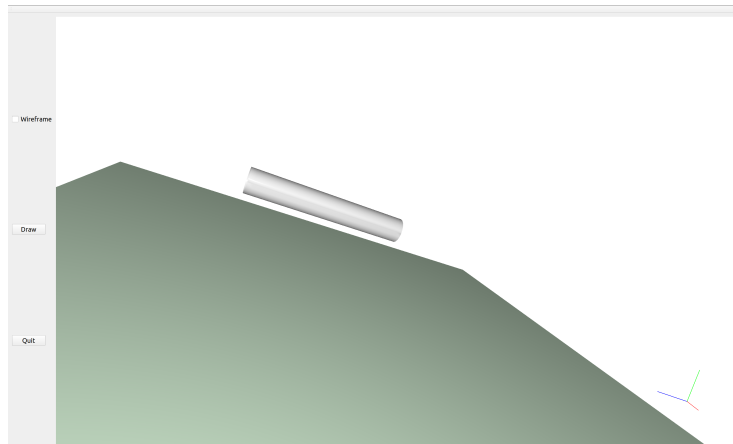


Figure 2: Cylindre pour une longueur de 50 et de rayon 4

Au terme de cette première phase, nous avons réussi à créer un maillage géométrique pour représenter notre cylindre, en utilisant les équations paramétriques pour déterminer les coordonnées des sommets en fonction du rayon (r) et de la longueur (L).

2.2 Gestion du squelette

Lors de cette étape, nous explorerons la mise en place et la gestion d'un squelette pour animer notre cylindre, pour à la fois le définir au repos (*bind pose*) et pouvoir l'animer. Cette partie sera essentielle pour comprendre comment les mouvements du squelette affectent la déformation de notre objet, et cela constituera la transition naturelle vers l'application du **skinning** pour créer des animations réalistes.

2.2.1 Bind pose

Dans la phase suivante, nous établirons la *pose de référence* ou *bind pose* de notre cylindre en créant une hiérarchie simple de deux os alignés le long de l'axe Z. Cette étape nous permettra de définir trois positions clés, correspondant à trois repères spécifiques, à zéro, à $L/2$ et à L (voir figure 3). Ces positions serviront de base pour l'attribution ultérieure des poids de **skinning** et la gestion des animations.

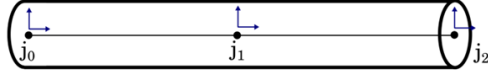


Figure 3: Géométrie du squelette du cylindre avec les différents joints

Pour se faire, on a défini deux structures distinctes, une première structure gérant la connectivité de la hiérarchie et la seconde stockant chaque repères de joints de manière locale (j_1 par rapport à j_0 et j_2 par rapport à j_1).

Ici, on a :

$$\begin{cases} j_1^L = \begin{cases} q = (0, 0, 0, 1) \\ t = (0, 0, L/2) \end{cases} \\ j_2^L = \begin{cases} q = (0, 0, 0, 1) \\ t = (0, 0, L/2) \end{cases} \end{cases} \quad (2)$$

Puisque l'expression des différents joints est faite de manière locale, il va falloir exprimer les coordonnées dans le repère global. On utilisera la matrice de transformation $M = \begin{pmatrix} q & t \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ avec q la rotation et t la translation pour l'expression des coordonnées globales j_i^G en fonction des coordonnées locales j_i^L et des coordonnées globales du parent j_{i-1}^G .

On a alors :

$$j_i^G = \begin{cases} q_i^G = q_{i-1}^G q_i^L \\ t_i^G = q_{i-1}^G t_i^L + t_{i-1}^G \end{cases} \quad (3)$$

La fonction *local_to_global* est implémentée pour faire ce calcul.

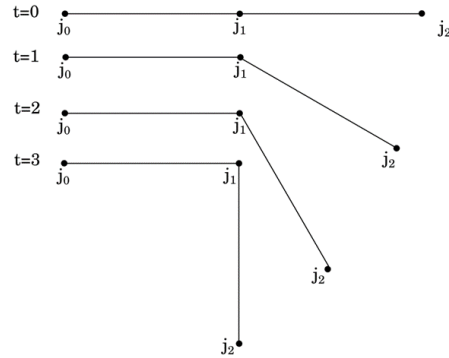


Figure 5: Représentation des 4 frames souhaitées pour l'animation du squelette

Une fois les coordonnées globales calculées, on a plus qu'à les récupérer via la méthode `extract_bones` pour pouvoir l'afficher dans la fenêtre graphique (figure 4).

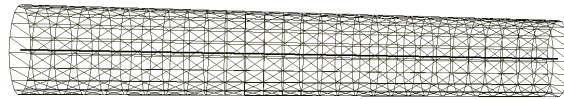


Figure 4: Squelette du Cylindre en position de repos

2.2.2 Animation

Une fois le squelette défini et affiché, on peut maintenant l'animer. Cela consiste à paramétrer chacune des positions et orientations de joints pour chacun des frames voulues. Ce paramétrage se fait par rapport à la *bind pose* et est donc indépendant pour chacune des frames considérées.

Pour notre cas, l'animation consiste à appliquer une rotation du second os de 0, 30, 60 et 90 degrés (comme sur la figure 5).

On peut, dans un premier temps, observer les différentes poses ainsi créées en les affichant une à une. Mais dans un second temps, pour rendre l'animation à proprement parlé *animé*, il va falloir mettre en place une transition automatique pour visualiser l'animation du squelette en boucle. Un timer de type *QElapsedTimer* sera utilisé pour définir l'intervalle de temps entre chacune des frames. Le résultat avec les différents états du squelette se trouve figure 6.

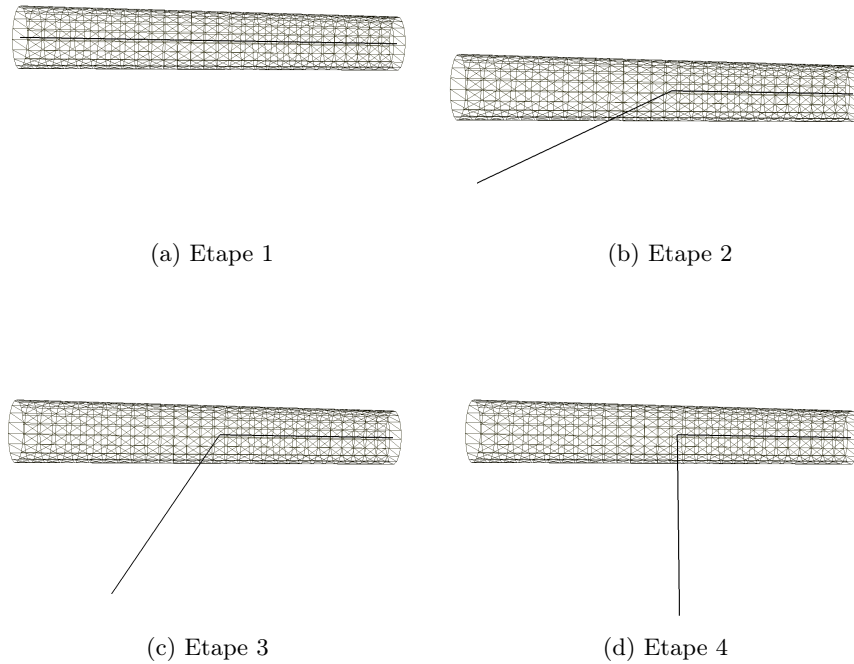


Figure 6: Différentes étapes de l'animation du squelette

On observe bien la seconde partie du squelette suivre les positions attribuées.

2.3 Déformation de la surface

Une fois que l'animation du squelette à été définie, on va maintenant pouvoir déformer la surface du cylindre en fonction (*i.e* qu'elle suive le mouvement du squelette).

2.3.1 Attribution des poids de skinning

Dans cette phase, nous établirons la relation entre les sommets de notre surface de cylindre et les repères du squelette en attribuant des poids de *skinning*. Cela

permettra de contrôler la déformation de la surface en fonction du mouvement du squelette.

Concrètement, nous diviserons le cylindre en deux parties distinctes, chacune étant associée à l'un des deux premiers joints du squelette. La première moitié du cylindre suivra le premier os avec un poids de *skinning* de 1 par rapport au joint 0, tandis que la seconde moitié suivra le deuxième os avec un poids de *skinning* de 1 par rapport au joint 1. Cette étape est cruciale pour assurer une déformation réaliste de la surface en réponse aux mouvements du squelette.

2.3.2 Déformation par skinning

Pour effectuer la déformation par skinning, on a que :

$$p(t) = \sum_{\text{joints } j} w_j S_j(t) p_0 \quad (4)$$

où la matrice de transformation $S_j(t) = T_j(t)B_j^{-1}$ avec $T_j(t)$ la transformation du joint j à l'instant courant t exprimée dans le repère global et B_j^{-1} est la transformation inverse du joint j exprimée dans le repère global.

On va par la suite, interpoler les poids de skinning pour rendre les jonctions moins abruptes et donc l'animation plus lisse. On va tout simplement faire une interpolation linéaire entre les deux joints. Une fois cette interpolation faite, on peut observer l'animation sur la figure [7](#).

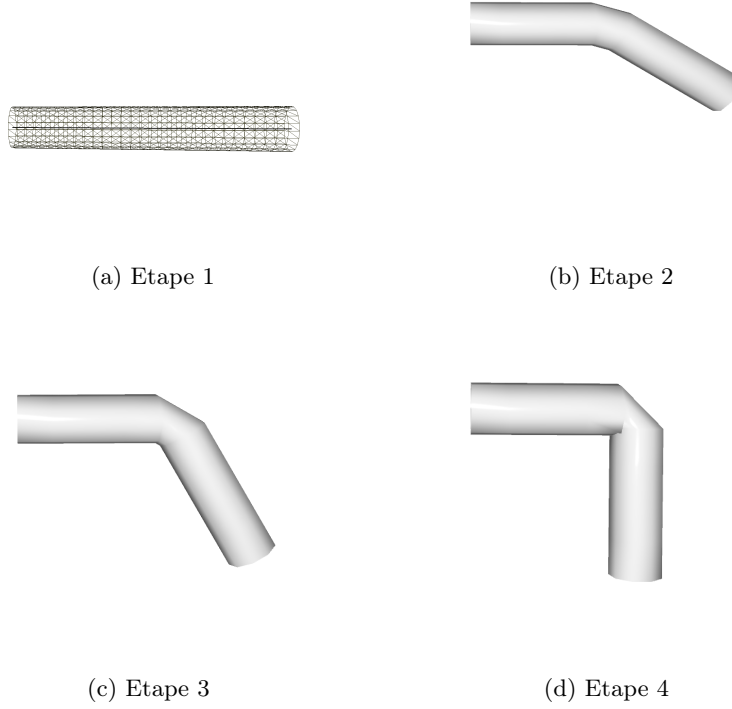


Figure 7: Différentes étapes de la déformation par skinning du cylindre

On obtient ainsi les 4 poses ainsi créées, ce qui est du point de vue de l'animation très grossier. On souhaiterait obtenir une animation continue.

2.4 Interpolation des repères

Pour interpoler les repères, on a juste à interpoler les position et orientations des repères en considérant le paramètre d'interpolation α calculé sur le temps entre les instants t_i et t_{i+1} :

$$\alpha = \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i}$$

On obtient donc, comme position et orientation interpolées, les expressions suivantes :

$$\begin{cases} p = \alpha p_2 + (1 - \alpha)p_1 \\ q = q_1(q_1^{-1}q_2)^\alpha \end{cases}$$

Après interpolation des repères, on obtient l'animation suivante :

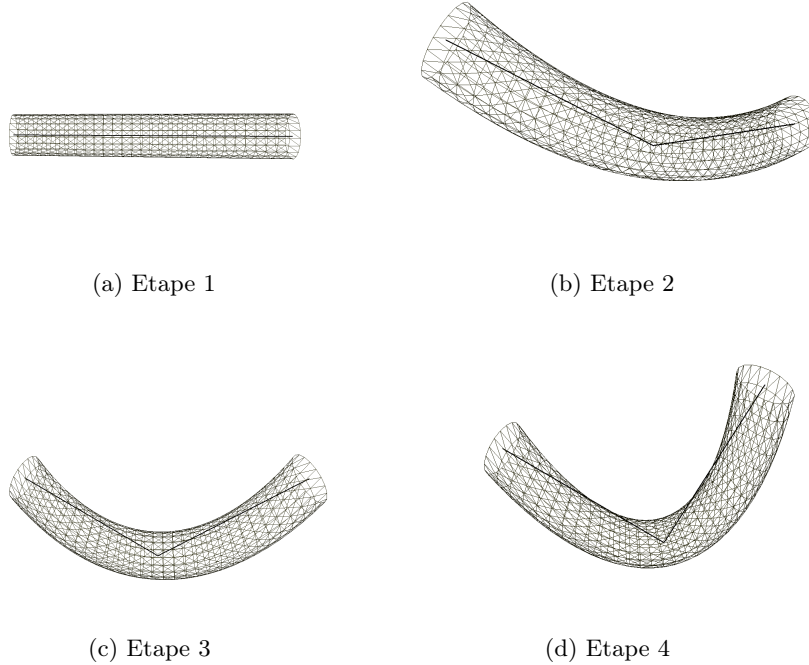


Figure 8: Différentes étapes de l'animation du cylindre après interpolation des repères

On observe un artefact de type *collapsing elbow* lorsque la rotation est de 90 degrés. Cet artefact qui se trouve être un phénomène indésirable est causé par la manière dont les poids de *skinning* sont assignés aux sommets. Lorsque deux os du squelette sont perpendiculaires l'un à l'autre, un sommet situé à proximité de la jonction entre ces deux os peut se comporter de manière imprévisible, provoquant un pliage indésirable de la surface du modèle. Cela se traduit généralement par une déformation incorrecte de l'articulation, donnant l'apparence d'un *coude effondré*. Pour éviter ce phénomène, des techniques d'interpolation plus avancées, telles que l'interpolation sphérique, peuvent être utilisées pour obtenir des résultats plus naturels lors de l'animation de modèles 3D.

3 Skinning d'un monstre

De manière analogue à celle du cylindre, on va maintenant animer un *monstre*. Ce dernier est stocké sous forme de *.obj* avec son squelette et les différents poids de *skinning* associés. Un fichier contenant l'animation du monstre est aussi à notre disposition. Le résultat est montré figure 9.

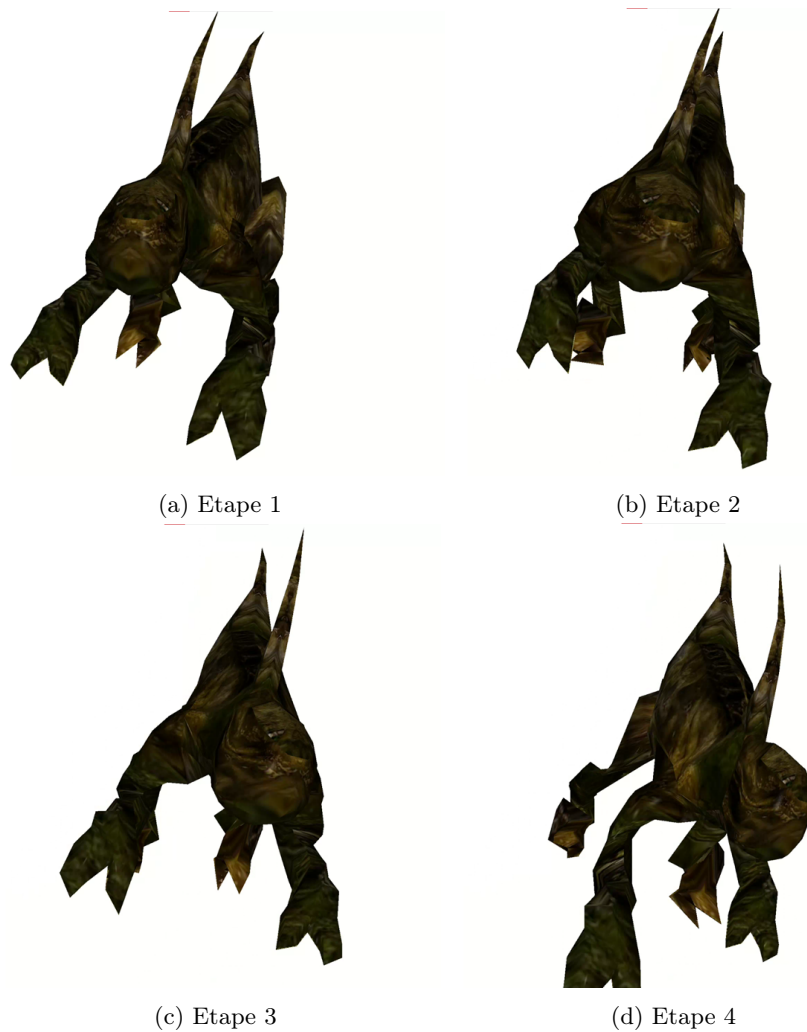


Figure 9: Exemples de frames de l'animation du monstre avec texture

4 Conclusion

Lors de ce TP, on a pu voir les différentes étapes de la méthode de déformation d'objet 3D dite de *skinning*. En passant par la création d'une forme géométrique simple, à la définition d'un squelette associé permettant d'ordonner les différentes déformations de la forme 3D.

Pour que le rendu de l'animation paraisse plus lisse et donc plus agréable à l'oeil, on a vu qu'interpoler les repères entre les différentes poses permettait d'obtenir une animation moins saccadée.

Enfin, on s'est penché sur l'animation d'objet 3D complexe, dans notre cas

un monstre avec texture et squelette associés.