|  |
| --- |
|  |
| Contrôle d’avatar par capteur Kinect |
| *Prenez le contrôle !* |
|  |
| **BARBESANGE Benjamin & GARÇON Benoît** |
| **juin 2015** |

|  |
| --- |
|  |

Remerciements

Nous tenons à remercier Monsieur Emmanuel Mesnard qui nous a permis de réaliser un projet qui nous tenait à cœur mais aussi pour l’aide qu’il nous a fourni tout au long de ce projet.

Nous voudrions aussi remercier notre ami Simon Leschiera pour nous avoir prêter du matériel et nous avoir permis d’avancer plus rapidement dans notre projet.

Table des matières

[Remerciements 1](#_Toc422327347)

[Présentation du projet 3](#_Toc422327348)

[Origine du projet 3](#_Toc422327349)

[Etude préliminaire du projet 3](#_Toc422327350)

[Présentation du programme 3](#_Toc422327351)

[Etude du matériel 5](#_Toc422327352)

[Processing 5](#_Toc422327353)

[Capteur Microsoft Kinect 2 5](#_Toc422327354)

[Capteur Microsoft Kinect 1 6](#_Toc422327355)

[Travail sur les données 7](#_Toc422327356)

[Identification des données 3D à traiter 7](#_Toc422327357)

[Formats et contraintes existantes 7](#_Toc422327358)

[Solution retenue : un format personnel 8](#_Toc422327359)

[Contrôle et amélioration 9](#_Toc422327360)

[Animation de l'avatar 9](#_Toc422327361)

[Principe de l'algorithme 9](#_Toc422327362)

[Application au modèle 9](#_Toc422327363)

[Améliorations du mouvement 9](#_Toc422327364)

[Remise à zéro du modèle 9](#_Toc422327365)

[Lissage sur plusieurs échantillons 10](#_Toc422327366)

[Delta de modification d’un membre 10](#_Toc422327367)

[Conclusion 11](#_Toc422327368)

[Bilan du projet 11](#_Toc422327369)

[Améliorations possibles 11](#_Toc422327370)

[Annexes 12](#_Toc422327371)

[Création d’un avatar 12](#_Toc422327372)

[Utilisation de Processing sous Eclipse 13](#_Toc422327373)

[Glossaire 14](#_Toc422327374)

Présentation du projet

# Origine du projet

Dans le cadre de notre projet de première année à l’ISIMA, nous avons choisi de développer un programme de contrôle d’avatar 3D par une Kinect. Ce projet s’inscrit dans la continuité du cours de réalité virtuelle de deuxième année de Prep’ISIMA.

L’objectif sera donc de réussir à animer à l’écran un personnage (humanoïde) grâce aux mouvements de l’utilisateur numérisés par le capteur Kinect. Il s’agira donc dans un premier temps de développer un programme sous Processing capable de mettre en œuvre un tel mécanisme.

# Etude préliminaire du projet

Ce projet est beaucoup plus conséquent qu’il ne pouvait le laisser paraître. En effet, il faut tout d’abord s’approprier le matériel : des capteurs propriétaires avec des compatibilités parfois limitées avec certaines technologies. Il convient donc d’étudier toutes les possibilités offertes par le matériel.

Ensuite afin d’avoir une compatibilité reconnue avec les technologies informatiques nous avons décidé d’utiliser la bibliothèque Processing, en effet cette bibliothèque nous est familière et c’est un bon compromis entre haut niveau de programmation et programmation précise. Il existe aussi Processing sous forme d’environnement de développement toutefois pour des raisons de confort de développement il a été décidé d’utiliser Eclipse afin d’avoir accès aux différents outils qu’il propose. Afin d’utiliser Processing correctement dans Eclipse il nous a été nécessaire d’installer le plugin Proclipsing, cette démarche est expliquée plus en détail en annexe.

Une fois tout ceci en place il nous a fallu ajouter les bibliothèques annexes pour l’utilisation du matériel à savoir SimpleOpenNi et KinectPV2. Les problèmes ont été nombreux avant de pouvoir compiler un exécutable. Mais après avoir obtenu une version patchée des bibliothèques, la compilation et l’exécution du programme était possible.

Alors il nous a fallu rechercher le meilleur moyen de représenter des personnages virtuels et ensuite de les animées, grâce à une animation squelettale. La modélisation des données a été dans ce projet la partie majeure et a demandé beaucoup de recherches.

Enfin, quand notre objectif initial a été atteint, nous nous sommes appliqués à mettre en place des optimisations et améliorations de notre premier algorithme d’animation naïf.

# Présentation du programme

Le programme principal contenu dans le fichier ZZavatar.pde/ZZavatar.java est un programme mono-utilisateur repérant l’utilisateur à l’aide d’un capteur Kinect (version 1 ou 2 indifféremment). Les mouvements de cet utilisateur sont retranscrits à l’écran au travers d’une modélisation 3D d’un personnage humanoïde (ou non) grâce à notre algorithme de contrôle.

Un contrôle plus classique du programme est possible :

* Les touches directionnelles, ‘+’ et ‘-‘ permettent de contrôler une caméra orientées sur le personnage ;
* La touche ‘s’, ou suivant, permet de passer au modèle suivant ;
* La touche ‘d’ permet d’activer un mode debug ;
* La touche ‘f’ permet de changer le fond de la scène ;
* La touche ‘g’ permet d’activer/désactiver le fond.

La gestion des Kinects est gérée par les classes ZZkinectV1 et ZZkinectV2 qui sont toutes les deux soumises à l’interface ZZkinect ce qui nous a permis d’utiliser indifféremment l’une ou l’autre dans le code principal.

La gestion du modèle 3D est faite par la classe ZZModel, celle du squelette par ZZkeleton et les textures par ZZMaterial. Ces trois classes sont une partie majeure du traitement des données et du projet, tout le projet repose sur cette modélisation.

La classe ZZbackground gère quant à elle l’utilisation du fond d’écran.

Les classes ZZector, ZZertex et ZZoint sont des versions plus ou moins spécialisées de la classe PVector de Processing. Chacune de ces classes possèdent des méthodes et attributs qui facilitent une partie du traitement :

* ZZector est une classe mère de ZZoint et ZZertex ;
* ZZoint est plutôt utilisé pour la gestion des joints du squelette des différents personnages/utilisateurs ;
* ZZertex (venant de vertex) est une spécialisation utile pour la gestion des sommets de maillages (modèles 3D).

Nous avons aussi une classe ZZfifo qui est une simple structure de file utile pour la classe ZZoptimiseur qui est chargé d’une partie non négligeable de l’amélioration de notre algorithme d’animation : le lissage.

De plus ne programme comporte de nombreux fichiers de données dans le dossier data : les maillages de personnages au format wavefront (.obj), les squelettes au format bvh, les textures (images et mtl). Nous avons aussi des fichiers .bdd qui sont des listes servant de base de données rudimentaires (liste des modèles ou fond d’écrans à charger).

Nous tenons à signaler qu’il existe deux versions du code source : une première compatible avec les environnements Java classiques et une seconde compatible avec l’environnement Processing. Processing ne permet pas de faire du vrai Java, c’est pourquoi la version Processing du code est moins conventionnelle.

Etude du matériel

# Processing

Processing est un environnement de développement gratuit et libre de droit permettant de créer des applications. Ces applications peuvent utiliser diverses bibliothèques qui sont disponibles pour tous.

Processing est initialement prévu pour pouvoir être utilisé par des non-initiés de la programmation. Sa cible était principalement composée d’artistes du numérique et de jeunes enfants. Toutefois de nombreux développeurs confirmés ont commencé à s’y intéresser et de nouvelles applications lui ont été trouvées.

Grâce à Processing, il est facile d'interagir avec des composants (caméras, Kinect) afin d'effectuer du traitement d'images par exemple, ce qui permet de créer des applications de réalité virtuelle.

Dans le cadre de notre projet, nous utilisons la version 2.2.1 de Processing. De plus, nous avons inclu les bibliothèques suivantes :

* Core : bibliothèque indispensable contenant les méthodes de base
* SimpleOpenNI : pour le fonctionnement de la Kinect 1
* KinectPV2 : pour le fonctionnement de la Kinect 2

# Capteur Microsoft Kinect 2

Microsoft Kinect 2 : Ce capteur nous permettra l’acquisition des mouvements de l’utilisateur. En effet, grâce à ce dernier nous avons accès à pas moins de 25 points représentants des zones clefs du squelette à 60fps dans une résolution 1920x1080.

Figure - Joints du squelette Kinect 2

# Capteur Microsoft Kinect 1

Dans le cas de la Kinect 1, nous disposons de moins de points représentant le squelette ; nous en avons 15 :

Figure - Joints du squelette Kinect 1

La Kinect 1 permet d'ouvrir un flux vidéo ayant pour résolution 640x480 avec un taux de rafraichissement maximal de 30 images par secondes.

Pour pouvoir interagir avec, nous avons besoin de la bibliothèque SimpleOpenNI. Il existe d'autres bibliothèques permettant de faire l'interface avec la Kinect, cependant nous avons choisi cette bibliothèque car nous y sommes plus accoutumés.

Travail sur les données

# Identification des données 3D à traiter

Avant d’animer quelque chose il faut d’abord se demander ce que l’on va animer. En effet, pour animer un personnage il faut avant tout avoir un personnage. Nous nous sommes renseignés sur les différentes possibilités pour représenter un personnage à animer. Il s’est avéré que dans tous les cas deux composantes étaient indispensables : une première représentant le modèle et une deuxième servant à l’animation. Nous avons trouvé dans la littérature beaucoup d’exemples de structures où l’application de modifications à la composante animatrice déformait la composante représentative. C’est ainsi que nous nous sommes orientés vers l’animation squelettale.

Ce modèle d’animation nous a semblé le plus naturel étant donné qu’il est basé sur le principe de la cinétique humaine : tout le corps (dans notre cas le modèle) se déforme en suivant le squelette soumis au contraintes musculaires (dans notre cas les données de mouvements reçu par la Kinect).

# Formats et contraintes existantes

Processing est une bibliothèque principalement orientée vers les artistes 2D : nous l’avons appris à notre grand désarroi. Bien que de plus en plus de bibliothèques de réalité virtuelle y voient le jour, l’utilisation de la 3D est très primitive. En effet il n’existe dans la version 2 qu’une seule façon de gérer un objet 3D. Ce système consiste à charger un objet wavefront (obj) dans une PShape : de prime abord cela peut paraitre convenable mais cela ne l’est pas puisque Processing charge les fichiers obj comme un simple maillage de point alors que ce format est beaucoup plus puissant que cela. Normalement un fichier wavefront gère des sous-objets et des sous-groupes. Ce système de chargement ne pouvait donc pas être retenu car il était impossible de discerner quel sommet du maillage correspondait à quelle partie du modèle sans les groupes de vertices.

C’est pourquoi nous nous sommes lancés à la recherche d’un format dédié à l’animation squelettale. Nous avons vu de nombreux formats dont beaucoup de formats qui étaient soit propriétaires, soit binaires ou les deux. Cela faisait d’eux des fichiers difficilement manipulable et trouvable.

Nous avions manipulé durant notre module de réalité virtuelle des fichiers MD2 qui permettaient d’animer des personnages à l’écran et ce format était pris en charge par une bibliothèque Processing. En étudiant ce format nous nous sommes vite rendu compte qu’il ne conviendrait pas. En effet, le seul type d’animation qu’il permettait était l’animation par frame ce qui est incompatible avec notre projet.

Nous avons continué à chercher dans la direction du format MD car il existe aussi deux autres versions plus récentes : le MD3 et le MD5. Le problème avec le MD3 était toujours le même : il ne gère que l’animation par frame. Mais avec le MD5 nous touchions au but : il gère l’animation squelettale, c’est un format de fichier lisible (et compréhensible) par l’homme et il existe de nombreux modèles téléchargeable sur internet. Nous nous sommes donc empressés de rechercher une bibliothèque permettant d’utiliser ces fichiers. Sur Processing nous n’avons rien trouvé, mais sur Java nous avons trouvé tout un framework permettant de charger et manipuler ces modèles : Java Monkey Engine. Le grand problème résidait dans le fait que c’était incompatible avec le système de rendu de Processing.

Nous avons donc abandonné l’idée d’utiliser un outil clé en main pour la gestion des modèles. Toutefois toutes ses recherches n’ont pas été veines puisqu’elles nous ont permis de voir plusieurs façons de gérer les squelettes et les maillages, ce qui nous a inspiré pour créer notre gestion personnelle.

# Solution retenue : un format personnel

Nous allons maintenant vous décrire la solution choisie pour la représentation des données. Comme pour la plus part des formats existant nous avons scindé les données en deux parties disjointes : d’un côté le maillage, de l’autre le squelette.

En ce qui concerne le maillage, nous avons opté pour une représentation classique et très populaire chez les artistes 3D : le format OBJ de Wavefront. De par sa simplicité, sa lisibilité et sa popularité, le format OBJ constitue un format de choix pour ce projet. Il permet dans un premier temps de déclarer tous les sommets ou vertices du maillage. Dans un second temps, il décrit l’association des sommets en faces : dans le cadre de notre projet nous limiterons ces faces à 3, nous traiterons donc des triangles. Ces triangles sont triés par groupes eux même triés par objet. Enfin, le format OBJ permet aussi de gérer les textures grâce au format MTL (Material Template Library) en les appliquant aux triangles concernés.

Le contenu général des fichiers OBJ et MTL, adopte le formalisme suivant :

|  |  |
| --- | --- |
| # objetType.obj  mtllib material.mtl  v 0.0 0.0 0.0  v 1.0 0.0 0.0  v 0.0 1.0 0.0  v 0.0 0.0 1.0  vt 0.0 0.5  vt 0.5 0.5  vt 0.0 0.0  vt 0.5 0.0  o nomObj1  usemtl materio  g groupe1  f 1/3 2/4 3/1  f 1/2 2/5 4/1  g groupe2  f 2/3 3/4 4/2  f 3/4 4/2 1/1 | # material.mtl  newmtl materio  Ns 1  d 1  illum 2  Kd 1.0 1.0 1.0  Ks 0.0 0.0 0.0  Ka 0.0 0.0 0.0  Map\_Kd .\image.png |

Contrôle et amélioration

# Animation de l'avatar

## Principe de l'algorithme

Le principe de l’algorithme d’animation est le suivant :

* On dispose de la position de l’utilisateur à un certain moment
* Pour chaque partie du modèle, faire
  + Calculer la différence d’angle entre la position actuelle du membre de l’utilisateur et la position du membre dans le modèle
  + Appliquer la rotation du membre
* Fin pour

L’animation se fait sur plus ou moins de membres en fonction de la Kinect en cours d’utilisation.

De plus, la position du modèle dans la scène est définie par la position du Torse dans la réalité.

## Application au modèle

# Améliorations du mouvement

L'algorithme précédent permet effectivement d'animer notre avatar. Cependant on peut constater que les mouvements ne sont pas forcément fidèles et que certains soucis apparaissent au niveau de l'orientation des membres.

Pour remédier à cela, nous avons mis en places plusieurs techniques qui corrigent ces défauts.

## Remise à zéro du modèle

La première amélioration testée afin de rendre plus réalistes les mouvements de l'avatar a été de réinitialiser celui-ci avant chaque modification de l'orientation des membres.

En effet, après de nombreuses rotations des membres, il était possible que certaines parties du corps de l'avatar n'aient pas la bonne orientation (par exemple, le dessus l'avant-bras se retrouvait à l'envers).

Pour pallier à cela, à chaque chargement d'un modèle, nous stockons sa position initiale (squelette et vertices). Ainsi, les mouvements se feront toujours par rapport à la position de base de l'avatar, ce qui permet de limiter les mauvais mouvements.

La réinitialisation du modèle s'effectue avant que les rotations ne se fassent sur les membres (donc au tout début de la fonction de mouvement). L'affichage du modèle se faisant après cette rotation, nous ne voyons donc pas la phase de remise à zéro du modèle.

Cette méthode influe peu sur les performances. Cependant ceci alourdi un peu la structure de l'avatar.

## Lissage sur plusieurs échantillons

Un autre moyen d'améliorer l'animation du modèle est d'effectuer un moyennage sur un certain nombre de mesures. Dans le programme, nous ferons un lissage sur 3 mesures. Ce nombre est modifiable dans le code grâce à la constante **NBCAPT**.

Afin d'effectuer le lissage sur les données recueillies (les positions de l'utilisateur), nous stockons les positions successives de l'utilisateur jusqu'à en avoir le nombre requis. Ensuite nous utilisons la fonction **lerp** prédéfinie qui retournera une position lissée du mouvement de l'utilisateur.

Cette position ainsi obtenue est utilisée pour calculer les angles de rotation de chaque membre de l'avatar.

Ceci a pour effet de réduire le taux de rafraichissement de l'avatar, car il faut attendre d'avoir tous les échantillons pour ensuite faire le moyennage et pouvoir faire bouger l'avatar. On peut cependant remarquer Qu'il y a moins d'erreurs dans les mouvements de l'avatar qui sont plus fidèles à ceux de l'utilisateur.

## Delta de modification d’un membre

Toujours dans le but d’améliorer les mouvements de l’avatar, le suivi des angles a été mis en place.

Désormais dans la classe permettant la gestion du squelette, nous disposons d’un tableau stockant les angles de la dernière rotation uniquement, pour chaque partie du squelette. Les 3 angles sont stockés (selon l’axe x, y et z).

Ainsi avant d’appliquer la rotation d’un membre, on vérifie si la différence entre l’angle à appliquer et l’ancien angle est supérieure à un delta (noté p dans la fonction de rotation de la partie). Si tel est le cas, nous appliquons cet angle sur le membre concerné et nous modifions le tableau des rotations.

Cette amélioration permet d’éviter les « tremblements » de l’avatar causés par les petits mouvements du corps de l’utilisateur. Les performances d’animation de l’avatar ne sont pas impactée étant donné que les calculs pour déterminer si la rotation est effectuée ou non sont simples.

Conclusion

# Bilan du projet

# Améliorations possibles

Par manque de temps et aussi parce qu’il est bien difficile de mettre des limites à un projet aussi ouvert dans le nombre de possibilités, nous n’avons pas pu développer certaines choses que nous tenons à présenter ici.

L’animation de l’avatar est assez fidèle à la réalité. Il est cependant possible de gérer le fait que l’utilisateur soit de face ou de dos, ce qui n’est pas implémenté pour le moment. En effet, nous avons voulu faire un programme le plus intuitif possible, or quand l’utilisateur regarde l’écran il s‘attend à se voir de face.

Pour améliorer encore plus la stabilité du modèle et ainsi éviter les retournements intempestifs de membres, nous avons trouvé une solution supplémentaire. La Kinect offre la possibilité de connaitre la position mais aussi l’orientation de chaque joint du corps de l’utilisateur. Cette information se trouve sous forme d’une matrice reprenant les informations des quaternions de ces joints. Connaissant l’orientation de chaque joint dans l’espace, il est alors possible d’appliquer un post-traitement au modèle afin de corriger les éventuels membres retournés grâce à une méthode assez identique à celle du mouvement simple.

Concernant le prétraitement des données, il serait assez intéressant de mettre en place un programme permettant de générer de façon plus automatique le modèle utilisable dans le programme. On pourrait tout à fait concevoir un programme annexe qui prendrait en entrée un maillage au format obj (wavefront) et qui appliquerait un algorithme de squelettisation spécial et donnerait en sortie un fichier obj avec les groupes de faces et le fichier bvh associé.

Annexes

# Création d’un avatar

Nous allons à présent vous donner les indications les plus précises possibles pour créer vous-même vos propres avatars à animer :

##### ETAPE 1

La première étape consiste tout simplement à choisir un modèle ou mesh qui vous plaît et l'importer sous Blender.

##### ETAPE 2

Ensuite il convient de lui assigner l'armature appropriée avec les bons noms (il est recommandé d'utiliser ./SkeletonTemplate.blend).

##### ETAPE 3

Veillez à ce que l’armature corresponde bien à l’ossature du modèle, ensuite sélectionnez le mesh puis l'armature.

##### ETAPE 4

Nous allons maintenant lier le chaque face du maillage à un os du squelette en faisant comme suit : Ctrl+P > Set Parent to > Armature Deform > With Automatic Weights.

##### ETAPE 5

Une fois ceci fait on peut exporter les données résultantes :

* On exporte le nouveau maillage : File > Export > Wavefront (.obj) avec les options : "Include UVs" "Write Materials" "Triangulate Faces" "Polygroups" "Objects as OBJ Objects".
* Ensuite on exporte le squelette dans le format bvh : File > Export > Motion Capture (.bvh).

##### ETAPE 6

Dans Misfit Model 3D, chargez le mesh et vérifiez (et corrigez) l'assignement automatique des faces aux groupes. Pour ce faire aller dans le menu "Groups > Edit Groups...". En particulier vérifiez "No group" et d'éventuels "(null)".

##### ETAPE 7

Exportez le résultat obtenu depuis Misfit (ne pas sauver les normales).

##### ETAPE 8

Copiez tous les fichiers dans le répertoire data du programme. Attention toutefois à veiller à bien donner le même nom à tous les fichiers.

# Utilisation de Processing sous Eclipse

L'environnement de développement Processing étant assez limité en termes de clarté de code et d'indentation, nous avons choisi et développer le projet sous Eclipse grâce à un plug-in.

Le plug-in en question est Proclipsing et permet facilement de créer du code Processing en utilisant les mêmes bibliothèques que sous Processing.

Glossaire

A

**animation squelettale**

principe d'animation d'un modèle par le moyen d'un squelette 8

P

**plug-in**

module permettant l'ajout de fonctionnalités périphériques à un programme sans en affecter le code principal 15

**projet**

module permettant d'être évalué sur un sujet génial 3

V

**vertices**

pluriel de vertex 8