POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

INF8801A Applications multimédias

Travail pratique 1

Indexation d'objets 3D

Département de génie informatique et génie logiciel
Polytechnique Montréal

Automne 2019

Historique des modifications du document

Version	Description	Auteur
1.0	Version initiale	Olivier Pinon & Thomas Hurtut

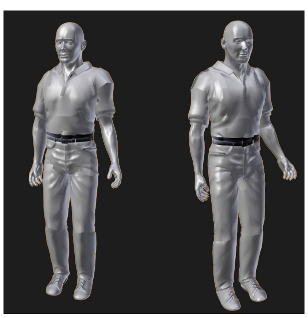
1 Description globale

1.1 But

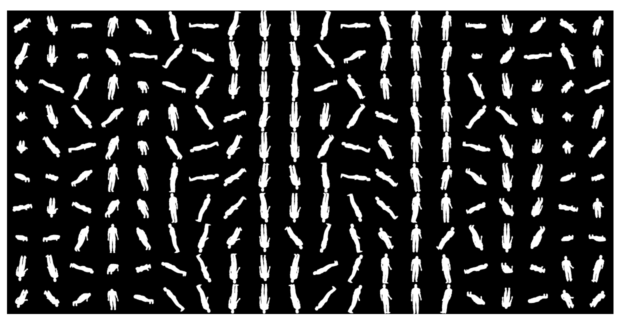
Le but de ce TP est d'implémenter la méthode décrite dans l'article suivant : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-8659.00669. Il s'agit d'une méthode permettant d'effectuer des recherches dans une base de donnée de modèles 3D. Les modèles sont ici des ensembles de sommets et de faces dans le format Wavefront.obj. Cette méthode se base sur les silhouettes de l'objet selon de multiples points de vue.

1.2 Partie de la méthode fournie

Vous n'avez pas à coder la partie de la méthodologie qui s'occupe de prendre en entrée un modèle 3D ".obj" et retourne une image contenant toutes les silhouettes. Du code C++ vous est donné pour réaliser cette tâche. Il contient 4 fichiers, sans dépendance (voir la section 3 plus bas). Ce code fait un rendu en blanc sur noir, orthographique, de l'objet selon 200 points de vue différents (aussi appelé *lightfield*). Les points de vue correspondent aux 20 sommets de 10 Dodécaèdres différents (voir Figure 1).



Modèle 3D d'un homme



Rendus du modèle en *LightFields*

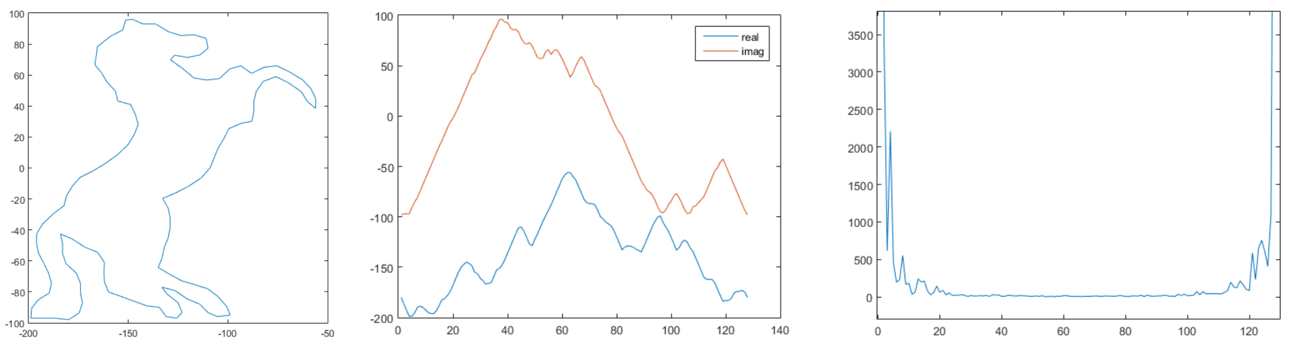
FIGURE 1 – Rendu d'un modèle 3D

Afin de comparer deux objets, et déterminer s'ils se ressemblent, nous comparons les vues une par une. La partie qui teste toutes les combinaisons de vues a déjà été implémentée pour vous, en revanche vous aurez dans ce TP à implémenter les descripteurs de formes qui permettent de comparer deux vues (i.e. silhouettes).

2 Travail demandé

Question 1 – Descripteurs de Fourier

Nous mettons à votre disposition quelques modèles 3D (.obj) ainsi qu'un code permettant de comparer ces objets. Nous avons cependant laissé vide le code du descripteur de forme (le code fonctionne, mais ne retourne qu'un tableau de zéros). Dans cette question et la suivante, vous devez implémenter deux descripteurs de forme.



Contour 2D : $x + j * y$ Parties réelles et imaginaires Spectre du contour (valeur absolue)

FIGURE 2 – Descripteur de Fourier

L'algorithme pour calculer le descripteur de Fourier se décompose en deux parties : la première consiste à calculer le contour de la forme 2D et retourne donc une liste de points ; la seconde consiste à faire la transformée de *Fourier* de ce signal périodique (la coordonnée X du point correspond à la partie réelle du signal, et la coordonnée Y correspond à la partie imaginaire).

Afin d'être invariant aux transformations affines, il y a différentes choses à prendre en compte. Tout d'abord, il faut utiliser un nombre constant d'échantillons, peu importe la forme (afin de toujours avoir la même échelle de fréquences) ; pour cela, rééchantillonnez le signal du contour sur un nombre arbitraire de points (par exemple 128). Ensuite, pour être invariant aux rotations, prenez la valeur absolue du spectre (une rotation multiplie le spectre par $e^{j*\theta}$). Enfin, pour être insensible aux translations, ignorez la première valeur du spectre (elle correspond au centre de la forme) et pour être insensible à l'échelle, normalisez le spectre par sa deuxième valeur (elle correspond à la sinusoïde principale).

Question 2 – Descripteurs de Zernike

Vous utiliserez ici les 36 premiers moments de Zernike, tels que representés sur la figure 3. Les moments de Zernike sont un autre moyen de décrire une forme ; comparé aux descripteurs de Fourier, ils caractérisent surtout la surface plutôt que le contour. Ils forment une base du disque unitaire. Nous allons donc utiliser comme descripteurs la réponse de la forme à chaque polynôme (nous obtenons une valeur par polynôme). Le polynôme d'indices n,m a pour valeurs :

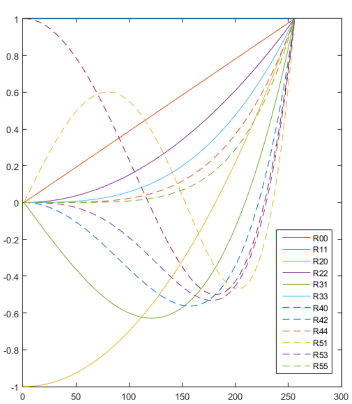
$$Z_{n,m}(r,\theta) = R_{n,m}(r) * e^{j*n*\theta} \tag{1}$$

sur le disque unitaire ($|r| \leq 1$), et vaut 0 ailleurs. La composante radiale vaut :

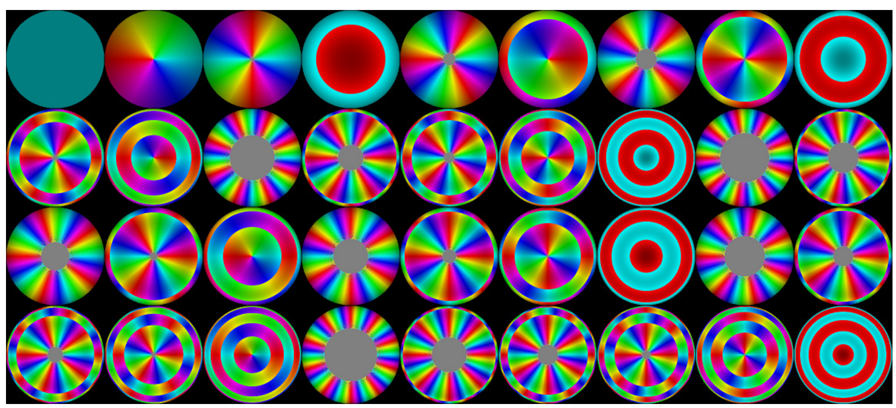
$$R_{n,m}(r) = \sum_{k=0}^{\frac{m-|n|}{2}} (-1)^k * \frac{(m-k)!}{k! * (\frac{m+|n|}{2} - k)! * (\frac{m-|n|}{2} - k)!} * r^{m-2k} \tag{2}$$

Les valeurs de m (composante radiale) et n (composante angulaire) à utiliser sont les suivantes : $m \in \mathbb{N}^+$ et n vérifie $m - n$ pair et $0 \leq n \leq m$

Afin d'être invariant aux rotations, prenez la valeur absolue des réponses à chaque polynôme (encore une fois, une rotation revient à multiplier le signal par le nombre complexe $e^{j*\theta}$). Pour être invariant aux translations et à l'échelle, translatez et redimensionnez la forme afin qu'elle occupe tout le disque unitaire, avant de la multiplier par les polynômes.



Facteurs radiaux $R_{n,m}(r)$



Moments complexes $R_{n,m}(r) * e^{j*n*\theta}$

FIGURE 3 – Moments de Zernike

3 Fichiers fournis

Nom fichiers	Description
MeshRenderer.exe	Executable Windows 32bit pour générer les 200 rendus
MeshRenderer.cpp MeshRenderer.h lodepng.h lodepng.cpp	Code C++ de MeshRender.exe (si nécessaire)
main.m	Code matlab principal pour tester les descripteurs
descripteur.m descFourier.m descZernike.m	Code des divers descripteurs (à compléter)

4 Exigences

E1. La fonction de calcul des descripteurs de Fourier définie dans la classe Matlab `descFourier.m` et appelée par la classe `descripteur.m`

E2. La fonction de calcul des descripteurs de Zernike définie dans `descZernike.m`

5 Apprentissages supplémentaires

Comparaison de deux objets et permutations d'un Dodécahèdre

La méthode compare les vues de deux objets afin de déterminer s'ils se ressemblent. Si les deux objets sont identiques (deux hommes par exemple), mais que l'un est debout et l'autre couché, si on compare la vue 1 avec la vue 1, la vue 2 avec la vue 2, et ainsi de suite, on obtiendra une grande distance entre les deux objets. Il faut donc tester toutes les rotations possibles et ne garder que la distance minimale. Sur un Dodécaèdre, il y a $20 * 3 = 60$ permutations possibles.

Écrivez un code (dans le language de votre choix) qui calcule les 60 permutations possibles des sommets d'un Dodécaèdre qui correspondent à des rotations. Vérifiez votre solution avec les valeurs du tableau fourni dans le fichier *descripteur.m*. Cette question est optionnelle, et n'est pas notée.