

Examen de Synthèse d'images avancée

9 Mars 2005, durée 2h30. Tous documents autorisés.

Les différentes parties du sujet sont indépendantes et ont approximativement le même coefficient. Certaines questions ne méritent qu'une réponse courte. Justifiez vos réponses, soignez la qualité de la rédaction et de la présentation et explicitez vos propos à l'aide de **dessins**.

1 Rendu à base d'images

On souhaite utiliser la technique du *Light Field Rendering* ([LH96]) pour afficher un objet complexe.

1.1 ▷ Décrire rapidement quel genre de scène (objet, environnement, caméra) est bien adapté à cette méthode. Donner également des cas qui ne peuvent être pris en compte.

On paramétrise les rayons par leurs intersections (u, v) et (s, t) avec 2 des 6 faces d'un parallélépipède englobant l'objet à afficher (un rayon entre par une face et ressort par la face opposée). On pourrait par simplicité décider d'échantillonner par $n \times n$ points (régulièrement répartis sur une grille) chacune des faces du parallélépipède.

1.2 ▷ Montrez que cela ne suffit pas et qu'il faut ajouter (jusqu'à où ?) des échantillons à l'extérieur des faces (i.e. sur les plans qui les supportent). L'échantillonnage régulier reste-t'il adapté ?

2 Représentations alternatives

Un modèle géométrique est affiché à l'aide de points, dont on cherche à réduire le nombre pour accélérer l'affichage. On va pour cela remplacer les points d'origine par d'autres points de taille supérieure (disques). On autorise pour cela une faible erreur ϵ entre la surface d'origine et le disque (mesurée le long de la normale du disque, voir figure 1 à gauche)



FIG. 1 – À gauche, la surface et un des disques l'approximant (vus en coupe 2D). À droite, un tore et la répartition des 510 ellipsoïdes ou 734 disques le représentant ($\epsilon = 0.2\%$ dans les deux cas).

2.1 ▷ Montrez que pour une surface continue de courbure locale κ , le rayon maximal des disques qui peuvent être utilisés (dans la direction de cette courbure) est proportionnel à $\sqrt{\epsilon/\kappa}$.

On peut utiliser des disques ou des ellipses pour représenter la surface (voir figure 1 à droite).

2.2 ▷ Quels sont à votre avis les avantages et les inconvénients de ces deux représentations (création et utilisation) ? Comment orienter les ellipses à la surface ?

3 Visibilité en graphisme

Dans un cadre d'*occlusion culling* en milieu urbain, on propose l'algorithme suivant. Pour déterminer si un objet est visible depuis le point de vue courant V , on parcourt tous les bâtiments depuis le plus proche jusqu'au plus lointain. Chaque bâtiment b est approximé par ce qu'on appelle son *back ghost polygon* et son *front ghost polygon* notés $BGP(b)$ et $FGP(b)$. Ce sont des portions de cylindre minimales situées respectivement juste derrière et juste devant le bâtiment et vérifiant la propriété : depuis V on a b entièrement caché par $FGP(b)$ et $BGP(b)$ entièrement caché par b . La figure 2 montre un exemple. Pour décider si le bâtiment courant b_j est visible, on teste son FGP contre l'ensemble des BGP des bâtiments $\{b_i\}_{i < j}$ déjà traités. Une solution consiste à regarder si il existe i_0 tel que $FGP(j)$ soit entièrement caché par $BGP(i_0)$.

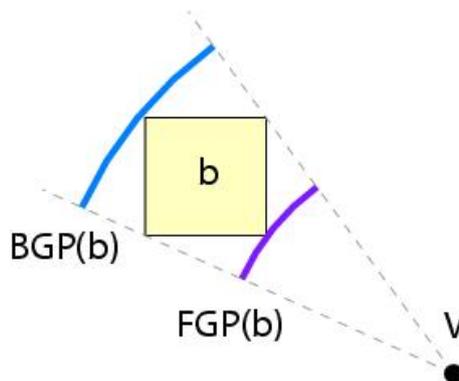


FIG. 2 – Coupe horizontale des *back* et *front ghost polygons* d'un bâtiment.

3.1 ▷ Quel(s) est(sont) le(s) inconvénient(s) de cette approche? Illustrer avec des exemples. Proposer deux méthodes standards qui permettent d'effectuer le test et qui ne souffrent pas de cet(ces) inconvénient(s). Pour chacune, décrivez brièvement le principe.

On cherche maintenant à regarder quels sont les bâtiments visibles depuis un disque de rayon r autour du point de vue courant. On considère que le sol est plat et que l'observateur est contraint de se déplacer sur le sol.

3.2 ▷ Quel est l'intérêt d'effectuer ce calcul?

Pour cela, on décide d'appliquer le théorème d'érosion. On réduit à droite et à gauche les portions de cylindres des BGP et FGP de r et on applique le même algorithme que précédemment.

3.3 ▷ La méthode proposée est-elle conservative dans tout les cas ou sous certaines hypothèses seulement? Démontrer vos réponses ou donner des contre-exemples.

4 Niveau de détails

On veut développer un logiciel de rendu dans des environnements virtuels contenant de la végétation et des bâtiments. On dispose de quelques modèles d'arbres et de maisons sous forme d'ensembles de polygones texturés. Chaque modèle contient quelques milliers de polygones. La scène comporte plusieurs milliers d'instances de ces modèles et est assez étendue spatialement (1km par 1km environ). On souhaite donc utiliser des niveaux de détails pour les objets au loin. On utilise la méthode de Garland (*vertex pair collapse*, erreur quadrique) pour générer 3 versions simplifiées de chaque modèle, une à 50, une à 200 et une à 1000 polygones.

4.1 ▷ Discuter des problèmes que l'on peut observer sur les niveaux de détails obtenus. Quels sont les cas où ça marche, les cas où ça se comporte moins bien? L'erreur mesurée est purement géométrique. Que pouvez-vous dire de l'erreur en terme d'image obtenue?

La sélection du niveaux de détail pour un objet à afficher se fait en fonction de sa distance d à l'utilisateur. L'algorithme utilisé consiste à choisir le niveau de détail i quand $d_{min}^i \leq d < d_{max}^i$, avec $d_{min}^0 = 0$ et $\forall i > 0 \ d_{max}^i = d_{min}^{i+1}$. Malheureusement, cela entraîne des transitions abruptes particulièrement flagrantes.

4.2 ▷ Comment peut-on faire pour rendre moins perceptibles ces transitions?

4.3 ▷ Donner d'autres critères pour la sélection des niveaux de détails.

5 Ombres et rendu non photoréaliste

On s'intéresse à une scène 3D composée de sphères disjointes.

5.1 ▷ La source de lumière est ponctuelle. On choisit d'utiliser des *shadow volumes* pour obtenir un rendu *hardware* des ombres de la scène. Quels problèmes risque-t-on de rencontrer, du fait de la géométrie particulière de la scène? Comment les résoudre au mieux?

5.2 ▷ On suppose maintenant que la source de lumière est étendue, et est également sphérique. Quelle est la forme des volumes d'ombres et de pénombre?

5.3 ▷ Proposer une extension de la méthode des *shadow volumes* pour que le *stencil buffer* estime maintenant la proportion de la source visible depuis chaque point de la scène (on utilisera le *stencil buffer* comme un compteur).

5.4 ▷ Comment utiliser ce résultat pour obtenir un rendu non photoréaliste par traits?

6 Synthèse de textures

On voudrait utiliser la méthode présentée dans l'article *Neyret'99* sur le "pattern-based texturing" pour texturer une surface à partir d'un échantillon.

6.1 ▷ Quel est l'intérêt de paver au préalable la surface par des *patches* triangulaires?

6.2 ▷ Comment peut-on réaliser cette opération tout en obtenant des coordonnées de texture à l'intérieur de chaque *patch*?

6.3 ▷ On synthétise ensuite de la texture sur chacun de ces *patches*. Pourquoi faut-il en générer de plusieurs types?

6.4 ▷ Comment adapter la méthode de Debonnet pour générer de tels *patches*?

7 Méthode de radiosité

On considère une scène géométrique très simple constituée d'un cube auquel il manque une face, par laquelle rentre la lumière du jour. On désire calculer la distribution de la radiosité sur les faces de

l'intérieur du cube par la méthode de radiosité classique. Les 5 faces sont donc discrétisées en une collection de N facettes A_i sur lesquelles on approche la solution par une valeur uniforme B_i . On note F_{ij} le facteur de forme entre A_i et A_j .

7.1 ▷ Dans le cas général, démontrer que pour toute facette A_i on a

$$\sum_{j=1}^N F_{ij} \leq 1$$

Que signifie physiquement cette équation? Quand a-t-on l'égalité?

7.2 ▷ Justifier qu'il existe, pour la scène du cube, une valeur (notée F_{max}) telle que

$$\forall i \quad \sum_{j=1}^N F_{ij} \leq F_{max} < 1$$

7.3 ▷ On note B^n le vecteur des B_i à la n^{ieme} itération de l'algorithme et B la solution du système linéaire. Démontrer qu'on peut borner la vitesse de convergence de l'itération

$$B^{n+1} = E + MB^n$$

par :

$$\|B^n - B\|_\infty \leq F_{max}^n \rho_{max}^n \|B^0 - B\|_\infty$$

...où ρ_{max} est la réflectance maximale des surfaces et M la matrice des $\rho_i F_{ij}$.

Que peut-on en déduire sur la vitesse de convergence dans une scène ouverte?