

# Synthèse d'images 5ETI

## Première session 2011/2012 - CPE

durée 2h.

Tous documents et calculatrices autorisés.

*Le barème est donné à titre indicatif.*

*Illustrez au maximum vos réponses de schémas.*

*Dans les questions demandant du code/pseudo-code, le respect de la syntaxe exacte C++ n'est pas demandé. L'évaluation portant d'avantage sur l'aspect algorithmique et vos explications.*

*En cas de doute sur la compréhension de l'énoncé, explicitez ce que vous comprenez et poursuivez l'exercice dans cette logique.*

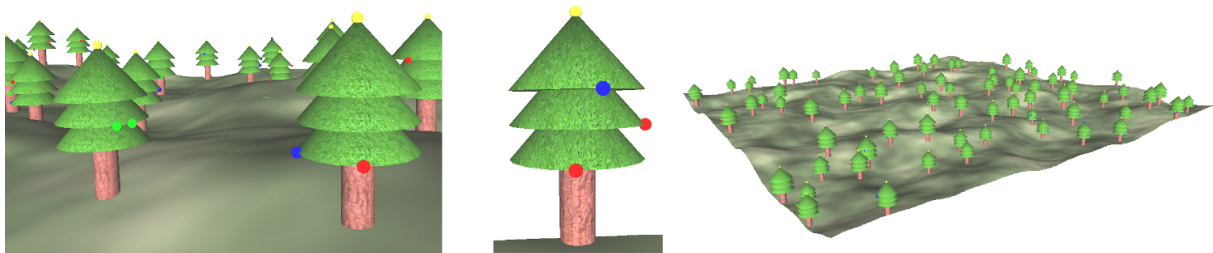


FIGURE 1 – Exemple de modélisation de sapins de Noel sur un terrain que l'on cherche à modéliser dans ce travail.

Le but de ce travail est de modéliser une scène virtuelle représentant des sapins de Noel. Le résultat final pourra ressembler à celui représenté en fig. 1.

## 1 Modélisation du sapin

Dans un premier temps, on s'intéresse à la modélisation de la surface du sapin.

### 1.1 Modélisation du tronc

Le tronc du sapin est représenté par un cylindre tel que représenté en fig. 2. On considèrera un cylindre centré autour de l'axe  $z$ .

**Question 1 (1 point)** *Donnez une paramétrisation explicite d'un cylindre de rayon  $R$  et de hauteur  $h$ . (faite un schéma)*

*Vous donnerez votre réponse sous la forme :*

$$\forall (u, v) \in ?, \begin{cases} x(u, v) = ? \\ y(u, v) = ? \\ z(u, v) = ? \end{cases} .$$

**Question 2 (1 point)** Calculez la première forme fondamentale de cette fonction. Que pouvez vous en déduire ?

**Question 3 (1 point)** Donnez une formulation implicite d'un cylindre de rayon  $R$  et de hauteur infinie. ( $F(x, y, z) = iso$ ). (faite un schéma) Vous donnerez votre réponse sous la forme :

$$F(x, y, z) = iso ,$$

en explicitant  $F$ .

Donnez ensuite le système d'équations correspondant au cylindre de hauteur  $h$ .

**Question 4 (1 point)** Dans quel cas la représentation implicite serait avantageuse ? Donnez un exemple dans le cas de la représentation d'un arbre. (faite un schéma)

On cherche désormais à coder ce cylindre dans une structure telle que celle vue en TP (on considèrera l'implémentation du modèle explicite).

Soit la structure :

```
struct mesh
{
    std::vector<v3> vertices;
    std::vector<int> connectivity;
};
```

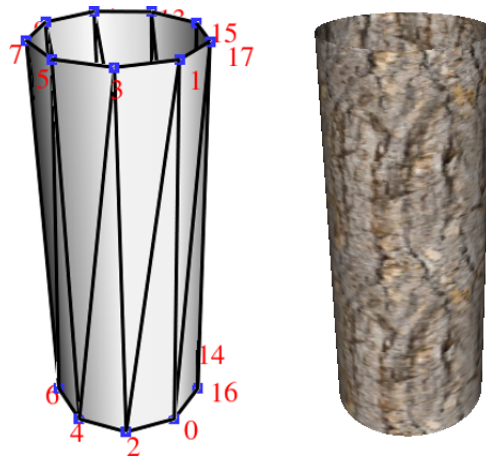


FIGURE 2 – Exemple de maillage représentant un cylindre discret. Gauche :  $N = 9$ . Droite :  $N = 50$  avec ajout de texture.

**Question 5 (2 points)** Écrire le code (ou pseudo-code) correspondant à la création d'un cylindre triangulé (voir fig. 2) dont la signature est la suivante :

```
mesh build_cylinder(double R, double h, int N) ;
```

où  $R$  désigne le rayon du cylindre,  $h$  sa hauteur, et  $N$  le nombre de sommets sur la circonférence de la base du cylindre. On prendra soin de ne pas créer de sommets dupliqués.

(Notez que l'on donnera d'avantage de considérations à l'aspect algorithmique de votre pseudo-code qu'au respect de la syntaxe exacte du C++ (points virgules, ...)).

Dans la suite de ce questionnaire, on considèrera  $h = 5 R$ .

## 1.2 Modélisation du feuillage

On considère le feuillage de l'arbre comme un assemblage de morceaux de cônes (voir fig. 3).

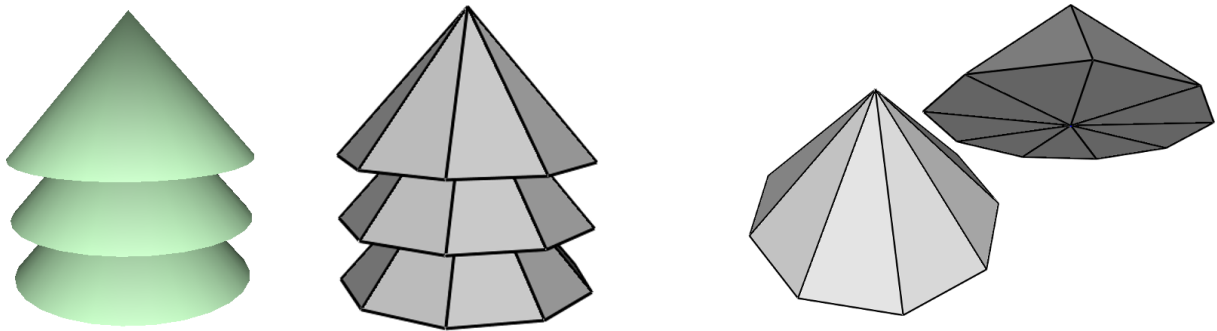


FIGURE 3 – Exemple de maillage représentant le feuillage discret d'un arbre. Gauche :  $N = 30$ . Milieu :  $N = 9$  avec arêtes visibles. Droite : Deux vues d'un seul des cônes.

**Question 6 (2 points)** En s'inspirant de la figure 3, donnez avec le plus de précision possible le pseudo-code correspondant à la génération d'un seul morceau de cône dont la base possède un rayon  $R_b$  suivant  $N$  échantillons.

Quels sommets choisissez vous de dupliquer (c'est à dire avoir plusieurs sommets ayant des coordonnées identiques), expliquez pourquoi ? (faite un schéma)

**Question 7 (2 points)** Donnez le pseudo-code le plus précis possible créant le maillage correspondant au feuillage complet. (faite un schéma)

On supposera à présent que l'on dispose d'une fonction

```
mesh build_tree(double h, int N, double x0, double y0, double z0);
```

créant le maillage d'un arbre de hauteur  $h$  ayant  $N$  échantillon, dont le centre de la base du tronc se positionne en  $(x_0, y_0, z_0)$  (voir fig. 4).

On suppose de plus que des boules de couleurs sont disposées de manière aléatoire à différents endroits du feuillage.



FIGURE 4 – Exemple de maillage représentant un arbre complet.

## 2 Modelisation d'un paysage

On cherche désormais à placer les arbres sur un paysage montagneux tel que montré en fig. 5.

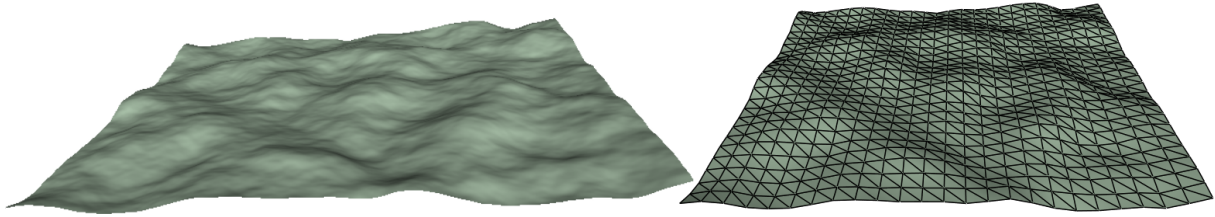


FIGURE 5 – Exemple de paysage triangulé. Gauche : Paysage à haute résolution. Droite : Paysage à basse résolution+arêtes visibles.

**Question 8 (2 points)** Quelles approches voyez vous pour définir un tel paysage ? Donnez les avantages et inconvénients de chaque approche.

On suppose désormais que vous disposez d'un maillage de type *mesh* donnant les coordonnées de ce paysage. Ce maillage est discrétisé de manière paramétrique par  $N_p \times N_p$  sommets suivants les directions  $x$  et  $y$ . On désigne par  $\mathbf{p}(k_x, k_y)$  le sommet situé sur la  $k_x$ ième ligne et  $k_y$ ième colonne (respectivement  $x$  et  $y$ ). Ce sommet est accessible dans le vecteur par l'appel :

```
v3 p = mesh.vertices[k_x+N_p*k_y];
```

Les dimensions  $(x, y)$  de ce paysage seront comprises entre  $-A$  et  $A$ . On aura donc :

```
mesh height_field;
for(int k_x=0;k_x<N_p;k_x++)
{
    double alpha_x=k_x/double(N_p-1);
    for(int k_y=0;k_y<N_p;k_y++)
    {
        double alpha_y=k_y/double(N_p-1);
        int indice=k_x+N_p*k_y;

        height_field.vertices[indice][0] = (-1+2*alpha_x)*A; //coordonnee x
        height_field.vertices[indice][1] = (-1+2*alpha_y)*A; //coordonnee y
    }
}
```

**Question 9 (1 points)** Quelles coordonnées de textures associez vous au sommet d'indice  $(k_x, k_y)$  afin de plaquer une image sur votre terrain ?

### 3 Modélisation d'une forêt

On souhaite désormais placer des arbres sur le paysage connu sous forme de maillage.

On considère une position  $p_1$  dont les coordonnées  $(x_1, y_1)$  sont fixées. On cherche désormais à trouver la hauteur  $z_1$  tel que  $(x_1, y_1, z_1)$  soit positionnée sur le maillage du paysage. On prendra exemple sur la figure 6.

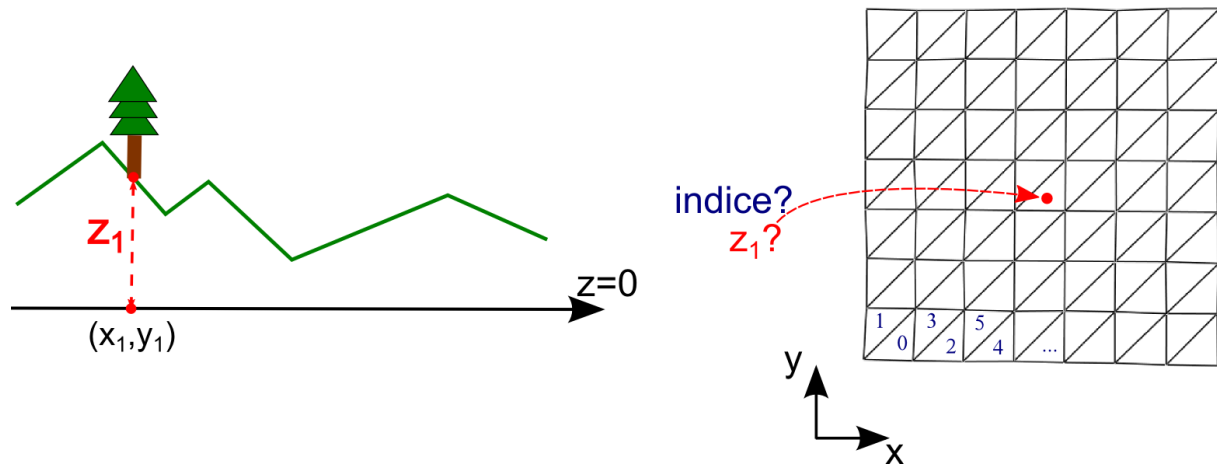


FIGURE 6 – Exemple de placement d'arbres sur la hauteur du paysage. Étant donné la position du point sombre  $(x_1, y_1)$  on cherche la hauteur  $z_1$  correspondante. Pour cela, on trouve dans un premier temps le numéro du triangle correspondant à ce point (voir numéros sur la figure de droite), puis on calcule la valeur  $z_1$  correspondante. (La figure de droite illustre la grille triangulé d'un paysage à basse résolution vue d'en haut avec  $N_p = 8$ .)

**Question 10 (2 points)** Étant donné une coordonnée  $(x_1, y_1)$  fixée, quel est l'indice  $i$  du triangle sur lequel il est possible de s'appuyer ? Quels sont les cas particuliers ? comment les traitez-vous ?

**Question 11 (2 points)** Ayant connaissance de l'indice de ce triangle, écrivez la fonction retournant la valeur  $z_1$  tel que  $(x_1, y_1, z_1)$  soit sur le paysage. On considèrera une fonction ayant pour signature :

```
double get_height(double x1,  
                  double y1,  
                  const mesh& height_field,  
                  int i);
```

## 4 Guirlande de Noel

On souhaite modéliser une guirlande de Noel positionnée entre deux arbres (voir fig. 7). Supposons cette guirlande modélisée par une courbe  $c$  paramétrée par une variable  $t \in [0, 1]$ .

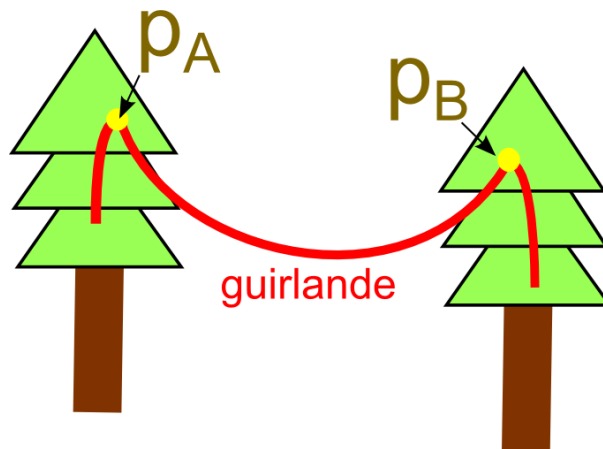


FIGURE 7 – Exemple de schéma du comportement de la guirlande soutenue entre deux points  $\mathbf{p}_A$  et  $\mathbf{p}_B$ .

On considérera que  $c(1/10) = \mathbf{p}_A$  et  $c(9/10) = \mathbf{p}_B$ , où  $\mathbf{p}_A$  et  $\mathbf{p}_B$  sont des sommets fixes appartenant à deux arbres distincts. Cette guirlande possède au repos une longueur  $L_0$ , et on suppose que l'on a  $\|\mathbf{p}_A - \mathbf{p}_B\| < 8/10L_0$ .

Cette guirlande que l'on considèrera de masse homogène tombe sous la gravité sauf aux points de contacts fixes  $\mathbf{p}_A$  et  $\mathbf{p}_B$ .

**Question 12 (4 points)** *Décrivez avec le plus de précision possible la méthode que vous utilisez pour modéliser une version discrète de cette guirlande. Faites des schémas et donnez avec le plus de précisions possibles les valeurs que vous choisissez.*

## 5 Effet d'éclairage HDR

L'éclairage HDR (High Dynamic Range) permet de capturer des effets d'éclairage en condition extrêmes (aboutissant à la sur-exposition / sous-exposition normalement) en encodant les valeurs des couleurs sur plus de 256 niveaux de gris.

L'un des effets caractéristiques de ce type de traitement HDR est de générer des halos lumineux locaux autour des sources de lumières intenses (à la place d'une saturation de l'ensemble de l'image). On pourra s'inspirer du type d'effet présent dans les moteurs de jeux vidéo comme illustré en fig. 8.

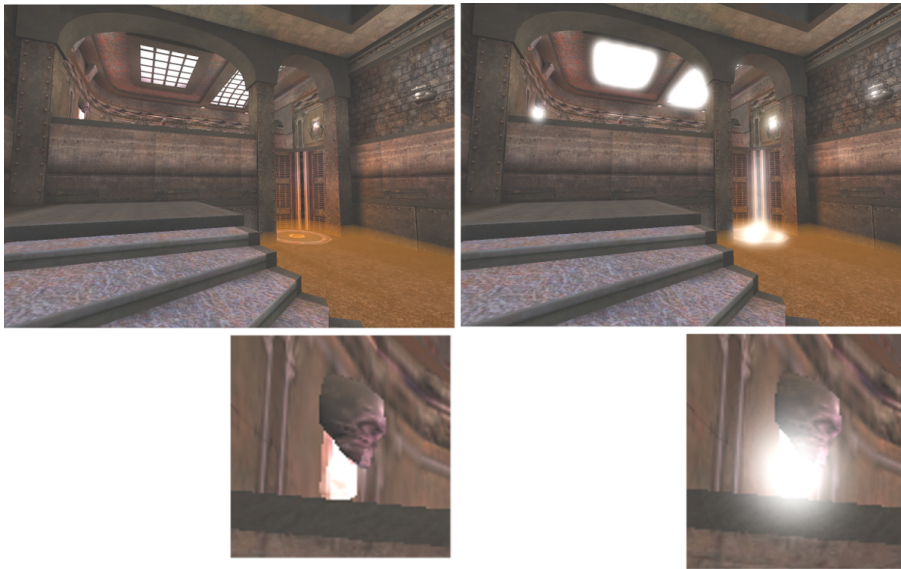


FIGURE 8 – Exemple de gestion de flou simulant une image HDR dans un jeu vidéo de type *Quake*. Gauche : avant effet d'HDR, Droite : après effet d'HDR. Les figures du bas représentent un zoom sur une source de lumière.

Ce type d'effet est directement appliqué dans l'espace image à l'aide d'un shader sur GPU. Supposons que l'on dispose sous forme de texture de l'image avant l'effet de halos. On cherche à réaliser cet effet autour des boules lumineuses disposées sur les sapins.

**Question 13 (4 points)** *Donnez avec le plus de précision possible l'algorithme sur GPU permettant de modéliser cet effet.*

*Afin de définir aisément les pixels appartenants aux boules lumineuses, on supposera que vous appliquiez cet effet de flou lumineux uniquement sur des boules de couleurs jaunes clairs, et que le reste de l'image (ciel, sol, et sapins) ne possède pas de forte composante jaune.*