Université Savoie Mont Blanc - UFR SceM — INFO804
M1 INFO — 2023–2024

TD: couleurs, rendu

Exercice 1 : Eclairage et couleurs (*)

Pour simplifier, on se place dans le plan. On place une boule jaune (RGB=(1,1,0)) de rayon 1 au centre du repère. On met une lumière blanche à l'infini à 45° de l'axe x (i.e. direction (1,1)).

- On suppose la boule parfaitement diffuse (pas de spécularité), et qu'il n'y a pas d'autres phénomènes changeant la couleur. Quelle couleur voit un observateur s'il regarde la boule en étant placé à 10 mètres: à 45° de l'axe x, à 90° de l'axe x (le haut de la boule), à 135° de l'axe x ?
- Si maintenant la boule est brillante et que l'observateur se situe à 10 mètres à 135° de l'axe x, où le phénomène de spécularité sera-t-il maximal sur la boule ? Même question si l'observateur regarde la boule de dessus (à 90° de l'axe x) ?

Exercice 2 : Interpolation de couleurs (*)

Soit un triangle ABC dans le plan, avec $A = (0, 0), B = (3, 1), C = (-1, 5)$. Le point A est en rouge, codé en RGB $(1, 0, 0)$, le point B est jaune $(1, 1, 0)$, tandis que le point C est bleu $(0, 0, 1)$. On suppose que les couleurs sont interpolées linéairement dans le triangle ABC.

- (/1) Calculez la couleur au milieu de A et B. Visuellement, c'est quelle couleur ?
- (/1) On se place au point D de coordonnées barycentriques $(\frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2})$. Calculez la couleur de D.
- (/2) On se place maintenant au point M de coordonnées $(0, 2)$. Calculez sa couleur.

Exercice 3 : Brouillard lointain avec le Z-buffer (*)

Les objets lointains ne conservent pas leur couleur. Quand on regarde l'horizon, ces objets tendent en général à devenir plus clair ou plus gris. Ce phénomène est lié à l'absorption des rayons lumineux dans l'athmosphère. Lorsqu'on essaie de synthétiser des images naturelles, on essaie de prendre en compte ce phénomène. Dans les jeux vidéos, une autre raison est que ça permet d'éviter de voir un objet disparaître d'un coup parce qu'il est très loin et est sorti du *far clipping plane* du Z-buffer.

Dans le Z-buffer, chaque point affiché a des coordonnées (x, y, z) où (x, y) sont les coordonnées écran et z est la profondeur du pixel (au plus proche -1, au plus loin 1).

1. Ecrivez la fonction FarFog qui calcule la couleur d'un point modifiée par la distance à l'observateur. Supposez que la couleur évolue linéairement vers la couleur au loin en fonction de sa profondeur

   Fonction FarFog($\underline{\mathbf{E}}$ (x, y, z) : Point, $\underline{\mathbf{E}}$ $C1, C2$: Couleur) : Couleur ;
   `//` (x, y, z) `: Point à afficher`
   `//` $C1 = (r1, g1, b1)$ `: la couleur calculée en ce point`
   `//` $C2 = (r1, g2, b2)$ `: la couleur souhaitée au loin`

2. La méthode précédente a tendance à faire des brouillards vite épais. Proposez une fonction de mélange des couleurs qui garde la couleur $C1$ pour $z \leq 0$ et qui évolue plus lentement vers $C2$ pour $z > 0$.

3. Est-ce qu'un point C au centre du z-buffer de profondeur 1/2 est à la même distance de l'observateur qu'un point L situé complètement à gauche du z-buffer de même profondeur ? Lequel est le plus proche ?

Exercice 4 : Ciel lointain avec le Z-buffer (**)

Les objets lointains ne conservent pas leur couleur. Quand on regarde l'horizon, ces objets tendent en général à prendre la couleur du ciel environnant. Ce phénomène est lié à l'absorption des rayons lumineux dans l'athmosphère. Lorsqu'on essaie de synthétiser des images naturelles, on essaie de prendre en compte ce phénomène. Dans les jeux vidéos, une autre raison est que ça permet d'éviter de voir un objet disparaître d'un coup parce qu'il est très loin et est sorti du *far clipping plane* du Z-buffer.

On se place dans le cadre d'un fragment shader (ou pixel shader), au moment où les coordonnées d'affichage sont déjà calculées: chaque point affiché a des coordonnées (x, y, z) où (x, y) sont les coordonnées écran et z est la profondeur du pixel (au plus proche -1, au plus loin 1). De plus on connait pour ce pixel l'angle d'élévation a au-dessus de l'horizon (avec 0°: horizon, 90°: zénith).

1. Ecrivez d'abord la fonction CouleurCiel($\underline{\text{E}}$ a : Réel, $\underline{\text{E}}$ c_0, c_1, c_2 : Couleur) : Couleur, qui calcule la couleur du ciel dans la direction spécifiée par l'angle a, en sachant que la couleur doit être c_0 à l'horizon, c_1 à 45° et c_2 au zénith. Entre ces angles, les couleurs doivent être interpolées linéairement.
2. Ecrivez ensuite la fonction MélangeCiel($\underline{\text{E}}$ x, y, z, a : Réel, $\underline{\text{E}}$ c, c_0, c_1, c_2 : Couleur) : Couleur, qui s'occupe de mélanger progressivement la couleur c du point considéré à la couleur de l'arrière plan, en respectant la règle suivante:
   - si $z < 1/2$ alors la fonction retourne juste la couleur c du point
   - sinon, on a $1/2 \leq z \leq 1$, et on veut que la couleur retournée soit le mélange progressif de c avec la couleur du ciel (calculée avec la fonction ci-dessus), i.e. interpolation linéaire.
3. Est-ce qu'un point C au centre du z-buffer de profondeur 1/2 est à la même distance de l'observateur qu'un point L situé complètement à gauche du z-buffer de même profondeur ? Lequel est le plus proche ?

Exercice 5 : Ombre et soif (*)

Une personne de 2 mètres de haut est au milieu d'un désert situé à l'équateur. Il y fait jour exactement 12h entre le lever et le coucher du soleil. Crevant de chaud, il veut savoir quand enfin ce soleil va se coucher. Debout, en fin de journée, il observe que son ombre fait 4m de long. Combien de temps doit-il encore attendre pour que le soleil soit enfin couché ?

Faites un dessin pour appuyer votre raisonnement. Les approximations suivantes pourront être utiles:

$$\arccos(1) = 0° \quad \arccos(\tfrac{15}{16}) = 20° \quad \arccos(\tfrac{2}{\sqrt{5}}) \approx 26° \quad \arccos(\tfrac{1}{2}) = 60° \quad \arccos(\tfrac{1}{4}) \approx 75°$$
$$\arctan(1) = 45° \quad \arctan(\tfrac{15}{16}) = 43° \quad \arctan(\tfrac{2}{\sqrt{5}}) \approx 41° \quad \arctan(\tfrac{1}{2}) = 26° \quad \arctan(\tfrac{1}{4}) \approx 14°$$

Exercice 6 : Ombrage / Shading (**)

On se donne un triangle ABC dans l'espace, de normale $\vec{N}$ et de couleurs diffuses aux sommets C_A, C_B, et C_C, et de couleur spéculaire C_S, avec une brillance t. On suppose qu'il y a une seule lumière à l'infini dans la direction $\vec{L}$, de couleur blanche. L'observateur est placé au point O.

On cherche à déterminer la couleur du pixel de coordonnées barycentrique (α, β, γ) dans le triangle ABC, sachant que l'observateur est dans la direction $\vec{V}$. On note qu'il faudra utiliser de l'interpolation linéaire.

1. Ecrivez la formule donnant la couleur de ce pixel dans le cas de l'ombrage de Gouraud.
2. On suppose maintenant que l'on dispose de trois normales différentes aux sommets $\vec{N}_A$, $\vec{N}_B$, $\vec{N}_C$. Ecrivez la formule donnant la couleur de ce pixel dans ce cas (dit ombrage de Phong).
3. Si maintenant la lumière n'est pas à l'infini mais à la position Q dans l'espace, comment changer les formules précédentes ?