

OpenGL - TD 05

Textures et illumination (pipeline fixe)

Lors de cette séance, nous apprendrons à manipuler des textures via OpenGL. Nous verrons ensuite comment utiliser le modèle d'illumination du pipeline fixe d'OpenGL.

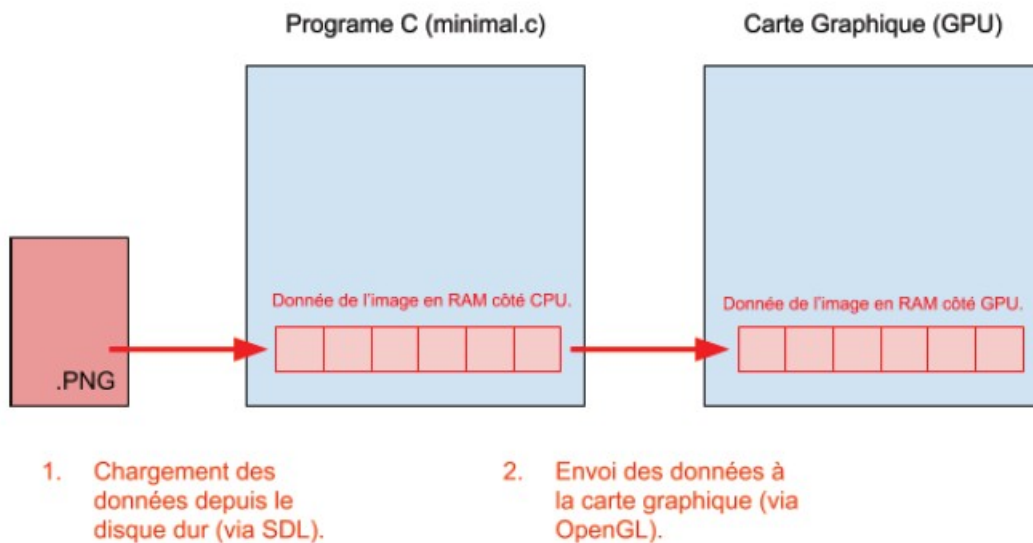
En infographie, une texture désigne une image 2D qui vient s'appliquer sur la surface d'une géométrie rendue dans une scène 3D.

Pour pouvoir afficher une texture en OpenGL, il faut :

- charger l'image voulue en mémoire (en RAM, côté CPU)
- réserver la mémoire pour une texture (sur GPU)
- envoyer les données de l'image chargée sur le CPU vers la carte graphique
- utiliser la texture au moment d'afficher un objet (ex : le quad mentionné plus haut)
- penser à libérer la mémoire allouée sur le CPU et le GPU.

Il est important ici de bien faire la distinction entre :

- les données côté CPU (fichier image ouvert et pointeur sur les données qu'il contient)
- les données envoyées sur le GPU



Note importante :

La partie sur les textures de ce TP est scindée en trois exercices mais vous n'aurez pas de « résultat » visible avant la fin de l'exercice 3. Par ailleurs, pour ce TP vous aurez besoin de récupérer le répertoire TD05 disponible sur votre espace d'elearning. Il contient notamment un fichier de chargement d'images nommé *std_image.h* ainsi qu'un fichier exemple *ex01.cpp*. Vérifiez également que vous avez bien l'image *triforce.jpg* dans le dossier *assets*.

Exercice 01 – Chargement d'une image

Le fichier *stb_image.h* permet de charger en RAM une image depuis le disque dur, via la fonction *stbi_load*. Sa signature est la suivante :

```
unsigned char* stbi_load(const char* filename,int& x,int& y,int &n,int c)
```

Le tableau de retour contient la valeur, donc dans un tableau unidimensionnel, l'ensemble des valeurs des couleurs des pixels de l'image. C'est le contenu de ce tableau qui devra être envoyé via OpenGL sur la carte graphique. Les arguments de la fonction sont les suivants :

- *x* et *y* représentent la largeur et la hauteur de l'image chargée. Ils sont définis par la fonction lorsqu'elle est appelée.

- *n* est le nombre de canaux par pixel contenu dans l'image. Il est également défini / rempli par la fonction.

- *c* n'est pas utile pour vous, vous devez mettre 0 à l'appel

La fonction *stbi_image_free* permet de libérer la mémoire allouée pour une image. La fonction prend en argument le pointeur sur les données pixels (le *unsigned char** retourné par la fonction *stbi_load*)

A faire :

01a. Utilisez les fonctions ci dessus pour charger, à l'initialisation OpenGL, l'image *triforce.jpg*

01b. Pensez à libérer la mémoire allouée, avant de quitter le programme.

02. Vérifiez que l'image a bien été chargée. Pour cela, assurez vous que le pointeur renvoyé par *stbi_load* est différent de *NULL*, et dans le cas contraire, affichez un message d'erreur.

Exercice 02 – Envoi des données à la carte graphique

Maintenant que les données sont chargées en RAM, il faut les envoyer à la carte graphique. En premier lieu, vous aurez besoin de créer un objet texture.

A faire :

01a. Création d'un objet « texture » sur la carte graphique.

En OpenGL les textures sont représentées (disons manipulées par OpenGL) par un identifiant de type *GLuint*, comme pour beaucoup d'autres objets. Initialiser une texture se fait donc via une fonction de création de ces objets *glGenTextures* :

```
void glGenTextures(GLsizei n, GLuint* textures)
```

Le paramètre *n* correspond au nombre de textures qu'on veut générer (1 en l'occurrence). Le paramètre *textures* est un pointeur sur l'identifiant de la première texture à générer (dans le cas où on voudrait créer plusieurs textures, il faudra passer comme argument l'adresse de la première case d'un tableau de *GLuint*)

01b. Pensez à libérer l'espace alloué pour la texture, avant de quitter le programme via :

```
glDeleteTextures(1, &textureID);
```

Un objet texture OpenGL ne se résume pas qu'à une zone mémoire, il s'accompagne aussi de différents paramètres concernant l'usage de la texture. Certains de ces attributs doivent être fixés manuellement après la création d'une texture, tel que le filtre de minification utilisé pour cette texture (*GL_TEXTURE_MIN_FILTER*). Un filtre de minification s'applique à une texture lorsque sa taille affichée à l'écran est inférieure à sa taille originelle.

A faire :

02. Attachez la texture au point de bind `GL_TEXTURE_2D`, en utilisant `glBindTexture` :

```
glBindTexture(GLenum target, GLuint texture)
```

Le paramètre `target` correspond à un « point de bind », qui sera ici `GL_TEXTURE_2D`. Vous découvrirez plus précisément dans un semestre prochain cette notion de « point de bind ». En attendant, dites vous que cela permet à OpenGL d'accéder à la texture (et de préciser le type de texture concerné). Le paramètre `texture` est l'identifiant de la texture qui doit être attachée.

Une fois la texture « attachée », il est possible de modifier ses paramètres.

03. Changez le filtre de minification en utilisant la fonction `glTexParameter` :

```
glTexParameteri(GLenum target, GLenum pname, GLint param)
```

Le paramètre `target` correspond au point de bind (`GL_TEXTURE_2D` en l'occurrence). Le paramètre `pname` est le nom de l'attribut à modifier, ici `GL_TEXTURE_MIN_FILTER`. Le paramètre `param` est la valeur qu'on souhaite donner à l'attribut. Nous utiliserons ici un filtre de minification linéaire (`GL_LINEAR`).

Il est maintenant possible d'envoyer les données d'image à la texture sur la carte graphique. Les données sont actuellement stockées en RAM dans le pointeur défini précédemment à l'exercice 01. L'idée est maintenant de demander à OpenGL de copier ce bloc de données sur la carte graphique.

A faire :

04a. Envoyez les données de l'image vers le GPU, en utilisant la fonction `glTexImage2D` :

```
void glTexImage2D(
    GLenum target, GLint level, GLint internalFormat,
    GLsizei width, GLsizei height, GLint border,
    GLenum format, GLenum type, const GLvoid* data)
```

Le paramètre `target` correspond toujours au point de bind (toujours `GL_TEXTURE_2D`). Le paramètre `level` est en lien avec le mipmapping, une technique d'optimisation de texture. Nous n'utiliserons pas cette fonctionnalité et mettrons cette valeur à 0. Le paramètre `internalFormat` correspond au format qu'auront les données OpenGL. Nous utiliserons dans un premier temps `GL_RGB`.

Les paramètres `width` et `height` sont les dimensions de la texture. Ces valeurs sont retournées par la fonction `stbi_load` de l'exercice 01.

Le paramètre `border` est utilisé pour spécifier une bordure. Nous ne souhaitons pas afficher de bordure et mettrons cette valeur à 0.

Le paramètre `format` correspond au format des données de l'image stockée en RAM. Nous utiliserons dans un premier temps `GL_RGB` (en fait cela dépend du nombre de canal de l'image chargée donc cela peut être `GL_RGBA`). **Attention : Une mauvaise utilisation de ce paramètre peut causer des erreurs de segmentation.**

Le paramètre `type` correspond au type de données actuellement en RAM. Ici nous utilisons des données de type `unsigned char`, correspondant à 1 octet. Nous devons donc passer la valeur `GL_UNSIGNED_BYTE`.

Le paramètre `data` est un pointeur sur les données de l'image stockée en RAM. C'est le pointeur retourné `stbi_load` dans l'exercice 01.

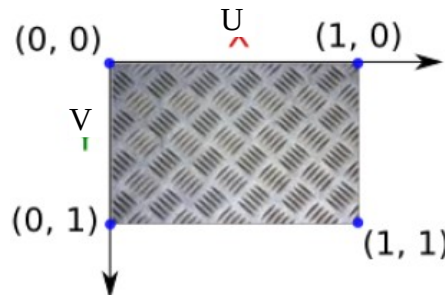
04b. Pensez à détacher la texture de son point de bind, une fois les données chargées.

```
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, 0);
```

Le paramètre data est un pointeur sur les données de l'image stockée en RAM. C'est le pointeur retourné `stbi_load` dans l'exercice 01.

Notice – Coordonnées de texture

Lorsque vous envoyez les données de votre image à la carte graphique, OpenGL lui associe un repère en 2D de la manière suivante :



Les couleurs et motifs présents dans la texture sont accessibles au moyen de ces coordonnées. On fait désormais abstraction des dimensions en pixels de l'image, les coordonnées de texture sont toujours comprises entre 0 et 1, OpenGL se charge de faire la correspondance.

Ces coordonnées de textures servent à définir de quelle manière la texture vient s'appliquer sur notre objet, en faisant correspondre une position dans la texture à chaque sommet. Cette technique est parfois appelée uv mapping.

Pour définir les coordonnées de texture d'un sommet, utilisez la fonction `glTexCoord2f`, avant de faire appel à `glVertex2f` :

```
void glTexCoord2f(GLfloat u, GLfloat v)
```

Le paramètre `u` correspond à la coordonnée de texture en abscisse. Le paramètre `v` correspond à la coordonnée de texture en ordonnée.

Note : Les coordonnées `u` et `v` sont parfois appelées respectivement `s` et `t`.

OpenGL interpole les coordonnées de textures entre les sommets pour les points se trouvant entre ces derniers, cela lui permet d'afficher le contenu de la texture de manière continue. Si vous avez dessiné des objets avec des sommets de différentes couleurs, vous aurez certainement remarqué qu'OpenGL interpole également les couleurs pour obtenir un dégradé.

Exercice 03 – Affichage de la texture

Il est désormais temps d'afficher la texture à l'écran. Dans cette exercice, vous allez dessiner un quad, mais au lieu de le colorer avec `glColor`, vous lui appliquerez la texture initialisée dans les exercices 01 et 02.

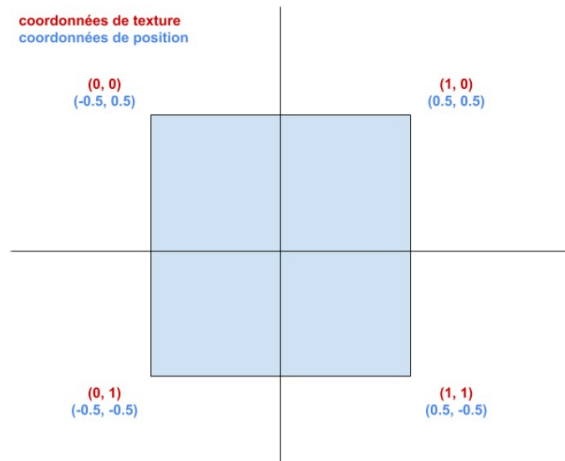
A faire :

01. Dessinez un quad dans votre boucle d'affichage. N'utilisez pas la fonction de dessin canonique du TD02, elles n'est pas adaptée à cet exercice.

Vous pouvez maintenant appliquer la texture sur ce quad.

02a. Activez le texturing : `glEnable(GL_TEXTURE_2D);`

- 02b.** Attachez la texture au point de bind : `glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, textureID);`
- 02c.** Pensez à détacher la texture, après le dessin : `glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, 0);`
- 02d.** Pensez à désactiver le texturing après le dessin : `glDisable(GL_TEXTURE_2D);`
- 03.** Appliquez les coordonnées de texture sur les sommets du quad, via `glTexCoord2f`.



Vous devriez voir maintenant votre quad texturé...

Optionnel 04 : Faites tourner votre quad par rapport au temps. Constatez que la texture se conforme à ces transformations.

Exercice 04 – Illumination

A partir de cet exercice, vous pouvez repartir de votre TD04.

Faites d'abord tourner une sphère jaune de rayon 0,2 dans la scène sur un cercle de rayon 10 dans le plan (xOz) à partir du centre défini en (0,5,0). L'axe y pointe donc vers le « haut » par rapport à la caméra (trouvez comment faire cela). Cette sphère devra être le premier élément affiché (et potentiellement non éclairée). Vous pouvez aussi créer un « sol » sur le plan d'équation $y=-1$.

Dans un premier temps nous allons définir la lumière pour l'envoyer à OpenGL. Pour ce faire, regardez la documentation d'OpenGL et en particulier les fonctions `glLight` qui permettent de définir l'ensemble des paramètres de la lumière parmi lesquelles :

- sa position
- sa couleur ambiante
- sa couleur diffuse
- sa couleur spéculaire
- les caractéristiques de son atténuation

A faire :

Définissez une lumière dont la position suit celle de la sphère précédente. Vous fixerez une lumière ambiante noire (0,0,0), une lumière diffuse à (75,75,75) et une lumière spéculaire à (75,0,0). Pour l'atténuation, choisissez des paramètres reprenant le modèle de phong mais en ajoutant 1 au terme constant.

Il faut maintenant définir les objets ainsi que leurs paramètres d'éclairage. Pour notre scène nous allons :

- Un sol : quadrilatère de taille 10,0 centré sur l'origine et dans le plan $y = -1$
- Dessiner une sphère de rayon 0.5 qui tourne sur un cercle de rayon 2.0 autour de l'origine sur le plan (xOz)
- (Facultatif) Un cône de taille 0,25 qui tourne autour de la sphère sur un cercle de rayon, toujours sur le plan (xOz).

Avant chaque dessin, transformer les appels à la fonction `glColor3f` par des appels aux fonctions `glMaterialfv` (note vous pouvez plutôt ajouter les appels aux fonctions `glMaterial` et laisser les appels à `glColor`). A l'aide de ces fonctions, vous devrez spécifier :

- le coefficient (3 paramètres) de réflexion ambiante
- le coefficient de réflexion diffus
- le coefficient de réflexion spéculaire
- la brillance (shininess)

A faire :

Fixez les paramètres pour chacun des objets à (0,0,0) pour le coefficient de réflexion ambiant, sa couleur pour le coefficient de réflexion diffus, (1,1,1) pour le coefficient de réflexion spéculaire et 128.0 pour la brillance.

Il ne reste plus maintenant qu'à demander à OpenGL d'activer le modèle d'illumination standard en appelant avant de dessiner :

```
glEnable(GL_LIGHTING);
glEnable(GL_LIGHT0);
glLightModeli(GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER, GL_TRUE);
```

Pensez à désactiver l'éclairage à la fin du dessin avec :

```
glDisable(GL_LIGHTING);
```

A faire :

Affichez le modèle d'éclairage.