

Chapitre 7.7 – Les textures dans le ray tracer

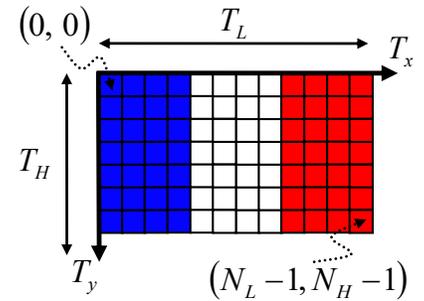
La texture et le texel

Une texture est une grille de valeurs représentant une information (comme une couleur) dont chaque élément de la grille porte le nom de **texel** (*texel coordinate*). Une texture n'a pas nécessairement la même résolution qu'une image utilisée pour générer la texture. On peut réduire la résolution d'une image pour former une texture afin de réaliser une économie de mémoire.

Une texture est habituellement représentée en deux dimensions dont chaque texel est accessible par une coordonnée

$$(T_x, T_y) \text{ tel que } T_x \in [0, T_L - 1], T_y \in [0, T_H - 1]$$

où T_L correspond au nombre de texels en largeur (*width*) et T_H correspond au nombre de texels en hauteur (*height*). Selon l'interprétation de la texture, l'origine peut être localisée dans le coin supérieur gauche (selon *DirectX*) ou dans le coin inférieur gauche (selon *OpenGL*)

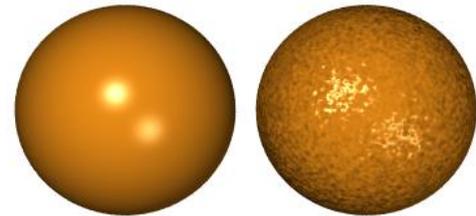


Texture de couleur (drapeau de la France) en espace image où l'origine est dans le coin supérieur gauche de la grille.

On utilise les textures pour emmagasiner différentes informations :

- Des couleurs (*color texture*),
- Des déformations de normale à la surface (*bump map*),
- Des déformations locales de surface (*displacement map*).

Toutes ces textures devront être appliquées adéquatement sur des formes géométriques (*texture mapping*).



https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Bump-mapping_example.png

Sphère de droite avec *bump mapping*.

La coordonnée de texture uv

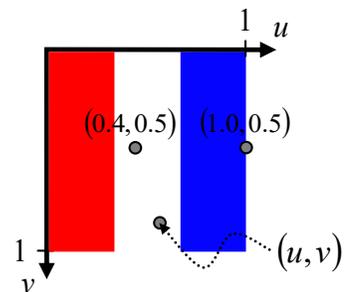
Une coordonnée de texture \ddot{C}_{uv} (*uv coordinate* ou *texture coordinate*) est un doublet représentant deux coordonnées exprimées en nombre réel qui permettent de localiser un **texel** (T_x, T_y) dans une texture :

$$\ddot{C}_{uv} = (u, v) \text{ tel que } u, v \in [0, 1]$$

où \ddot{C}_{uv} : Coordonnée de texture.

u : Coordonnée u de la texture. $u \in [0, 1]$

v : Coordonnée v de la texture. $v \in [0, 1]$



Texture de couleur (drapeau de la France) en espace uv où l'origine est dans le coin supérieur gauche.

Cette approche est nécessaire afin de permettre aux géométries appliquées de textures de subvenir des transformations d'homothétie sans distordre la texture appliquée sur la géométrie.

L'équation de correspondance entre coordonnée uv et texel

Une coordonnée uv peut cependant être à l'extérieur de l'intervalle $[0, 1]$. Dans ce cas, il faut recadrer la coordonnée uv entre 0 et 1. Pour ce faire, voici deux méthodes différentes : (soit $x \in [0, 1]$)

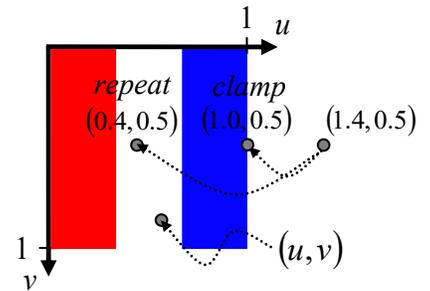
- La coupure (*clamp*) : $u = 1 + x \rightarrow u = 1$, $u = -1 + x \rightarrow u = 0$
- La répétition (*repeat*) : $u = 1 + x \rightarrow u = x$, $u = -1 + x \rightarrow u = 1 - x$

Pour faire la correspondance entre une coordonnée uv (u, v) et une coordonnée de texel (T_x, T_y) , on utilise la règle¹ suivante :

$$(u, v) \rightarrow (T_x, T_y)$$

tel que

$$T_x = \lfloor u(N_L - 1) \rfloor \text{ et } T_y = \lfloor v(N_H - 1) \rfloor .$$



Texture de couleur (drapeau de la France) en espace uv où l'origine est dans le coin supérieur gauche. Un exemple de recadrage est également disponible pour illustrer la méthode par coupure et par répétition.

L'application d'une texture (*texture mapping*)

Lorsqu'un artiste décide d'utiliser une texture pour attribuer plusieurs couleurs différentes sur une même surface géométrique, il utilise des textures de couleurs. Le rôle de l'artiste sera de faire correspondre des coordonnées (x, y, z) de l'espace objet de son modèle 3D en coordonnées (u, v) de texture tel que

$$(x, y, z) \rightarrow (u, v)$$

afin d'associer une couleur appropriée à appliquer sur chaque surface du modèle 3D.



Rendu sans texture d'un modèle 3D.



Rendu avec texture de couleur d'un modèle 3D.



Texture en espace image utilisée pour attribuer différentes couleurs sur les différents triangles du modèle 3D ci-haut.

¹ En informatique, on utilise la fonction planché (*floor*) pour transformer (T_x, T_y) en entier :

$$T_x = \lfloor u(N_L - 1) \rfloor = \text{floor}(u(N_L - 1)) \text{ et } T_y = \lfloor v(N_H - 1) \rfloor = \text{floor}(v(N_H - 1))$$

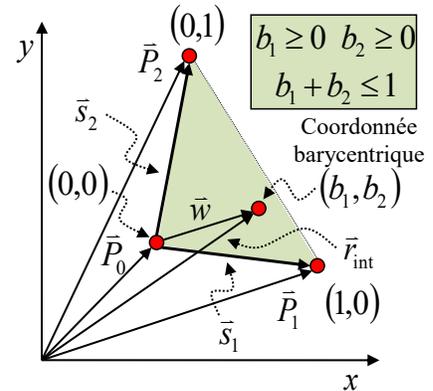
L'interpolation des coordonnées de texture dans un triangle barycentrique

Pour un triangle en coordonnée barycentrique, on peut calculer pour une coordonnée

$$\vec{r}_{\text{int}} = \vec{r}_0 + \vec{v} t_{\text{int}}$$

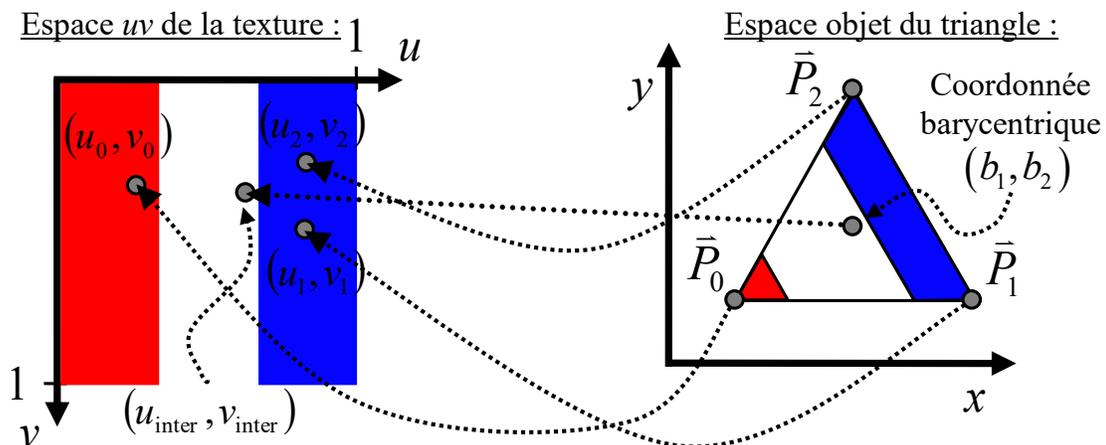
d'un rayon ayant intersecté un triangle et d'obtenir une coordonnée barycentrique (b_1, b_2) associée à la coordonnée (x, y, z) de l'intersection de position \vec{r}_{int} . En définissant une coordonnée uv pour chaque sommet du triangle (\ddot{C}_{uv0} , \ddot{C}_{uv1} et \ddot{C}_{uv2}), nous pouvons évaluer par interpolation linéairement une coordonnée uv $\ddot{C}_{uv(\text{inter})}$ associée à la position (b_1, b_2) de l'intersection du triangle grâce à l'équation suivante :

$$\ddot{C}_{uv(\text{inter})} = (1 - b_1 - b_2) \ddot{C}_{uv0} + b_1 \ddot{C}_{uv1} + b_2 \ddot{C}_{uv2}$$



Représentation d'un point dans le plan d'un triangle en coordonnée barycentrique.

- où
- $\ddot{C}_{uv(\text{inter})}$: Coordonnée uv interpolée en coordonnée (t_1, t_2) du triangle. $\ddot{C}_{uv(\text{inter})} = (u_{\text{inter}}, v_{\text{inter}})$
 - \ddot{C}_{uv0} : Coordonnée de texture uv au sommet \vec{P}_0 du triangle. $\ddot{C}_{uv0} = (u_0, v_0)$
 - \ddot{C}_{uv1} : Coordonnée de texture uv au sommet \vec{P}_1 du triangle. $\ddot{C}_{uv1} = (u_1, v_1)$
 - \ddot{C}_{uv2} : Coordonnée de texture uv au sommet \vec{P}_2 du triangle. $\ddot{C}_{uv2} = (u_2, v_2)$
- (b_1, b_2) : Coordonnée barycentrique du point dans le triangle où la coordonnée uv est localisée.



Application d'une texture de couleur (drapeau de la France) en coordonnée uv sur un triangle dans un espace objet.

L'application d'une texture sur une géométrie

Afin d'automatiser l'association d'une coordonnée uv à une coordonnée d'espace, il est possible de calculer une association $(x, y, z) \rightarrow (u, v)$ selon la forme géométrique sur laquelle on désire appliquer la texture.

Voici quelques exemples d'associations de coordonnée uv (*uv mapping*) :

Sphère² : (sphère de rayon R)

$$u = 0.5 + \frac{\arctan 2(d_z, d_x)}{2\pi}$$

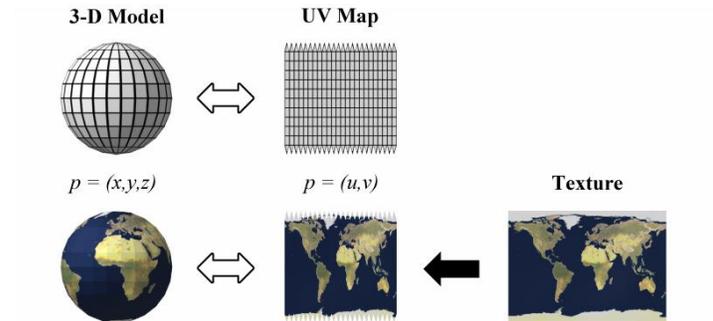
et

$$v = 0.5 - \frac{\arcsin(d_y / R)}{\pi}$$

avec

$$\vec{d} = \vec{P} - \vec{r}_{\text{sphère}}$$

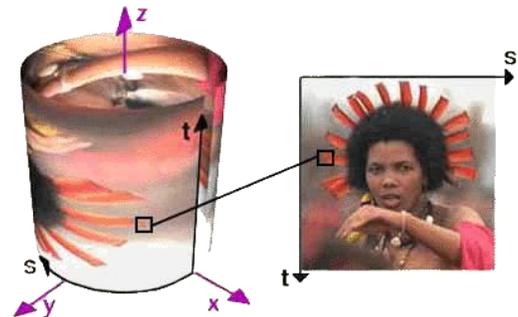
où \vec{d} est la distance entre la position du centre de la sphère $\vec{r}_{\text{sphère}}$ et le point \vec{P} sur la sphère (site de l'intersection dans le *ray tracing*) où la coordonnée de texture est évaluée.



https://en.wikipedia.org/wiki/UV_mapping#/media/File:UVMapping.png

Cylindre : (base circulaire dans le plan xy et parallèle à l'axe z dans le sens positif d'une hauteur H)

- $\theta = \arctan 2(y, x)$ (angle par rapport à x)
- $u = \frac{\theta}{2\pi}$ (indépendant du rayon)
- $v = \frac{z}{H}$ ($z < H$)



http://www.fundza.com/rman_shaders/surface/

² Puisque la fonction \arctan génère toujours deux solutions principales, la fonction $\arctan 2$ prend deux paramètres et détermine le bon choix d'arc de cercle généré par la fonction \arctan en comparant les signes des deux paramètres.

