

<http://tinyurl.com/ift3355>

IFT 3355: INFOGRAPHIE LES TEXTURES

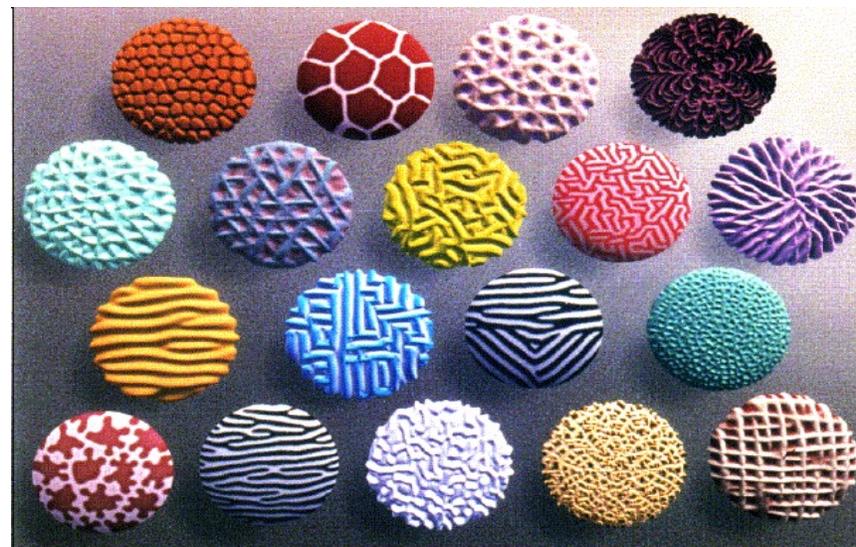
Livre de référence: G:11;
S: 15, 13 (optionnel)

Mikhail Bessmeltsev



TEXTURE MAPPING

- Les objets réels ont des couleurs et des normales non uniformes
- On peut simuler l'effet de ces détails via une **texture**
- Une texture peut souvent remplacer les détails géométriques complexes

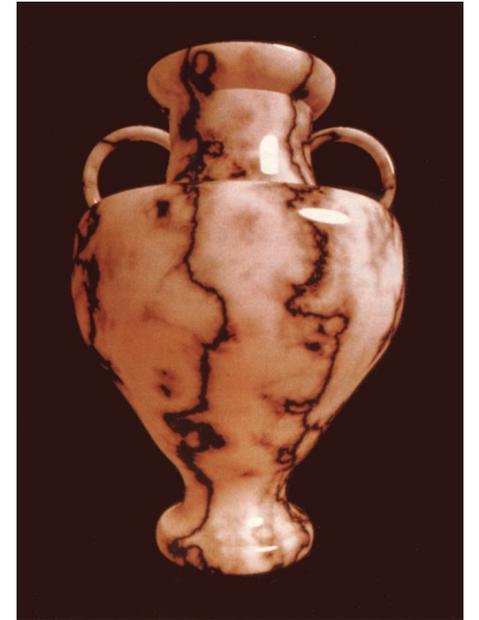
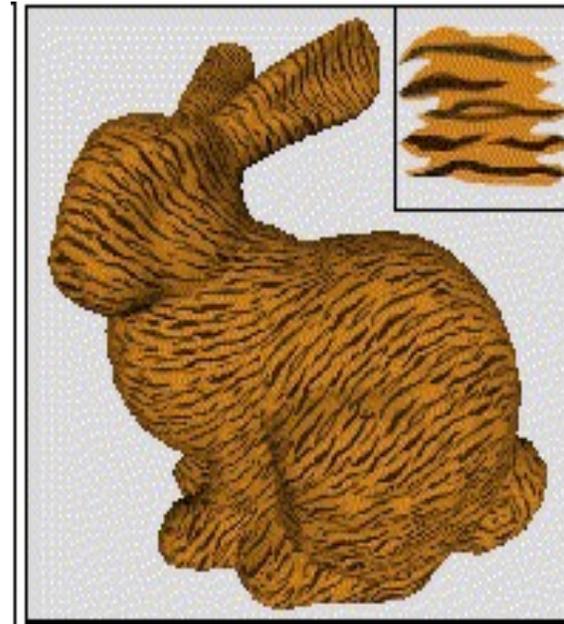
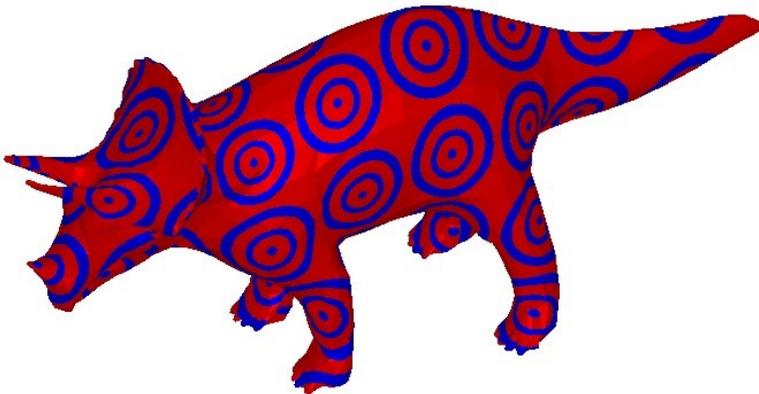


TEXTURE MAPPING

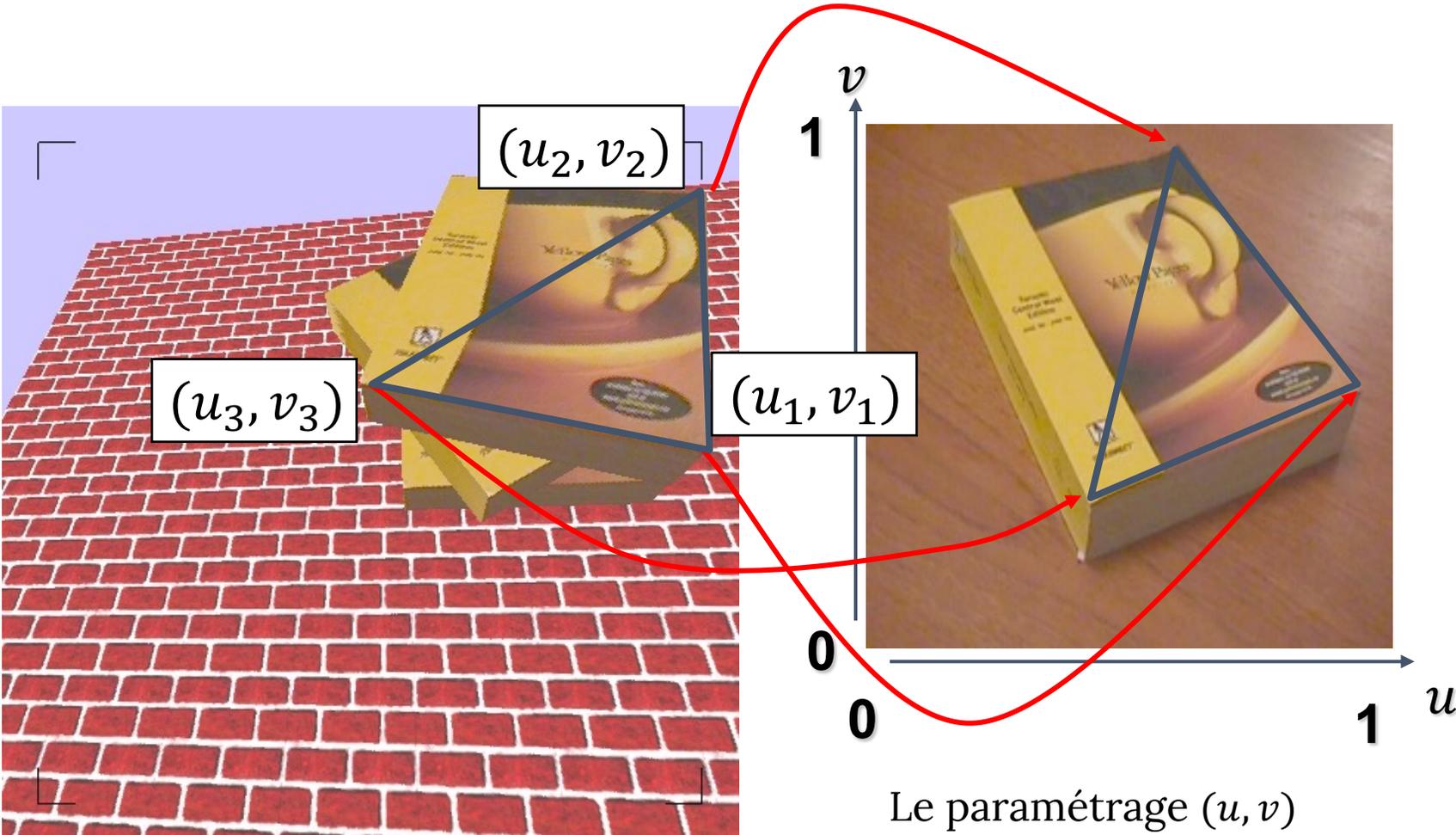
- Cacher la simplicité de la géométrie
 - « Papier peint sur une surface »
 - Apposer une image du mur de briques sur un polygone plat
 - Créer un effet bosselé sur la surface
- Normalement:
Associer l'information 2D (image) à l'information 3D (la surface)
 - Un point de la surface \leftrightarrow un point de la texture
 - Peindre une image sur le polygone

TEXTURE MAPPING DE LA COULEUR

- Définir la couleur (RVB) pour chaque point de la surface
- Les autres méthodes:
 - Les textures volumétriques
 - Les textures procédurales

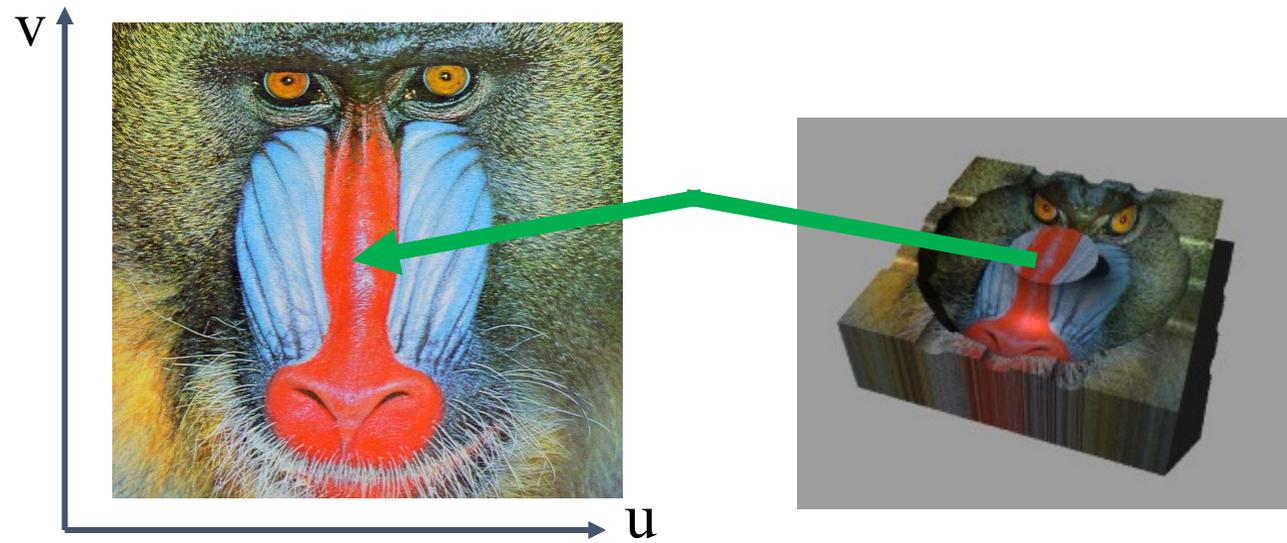


TEXTURE MAPPING

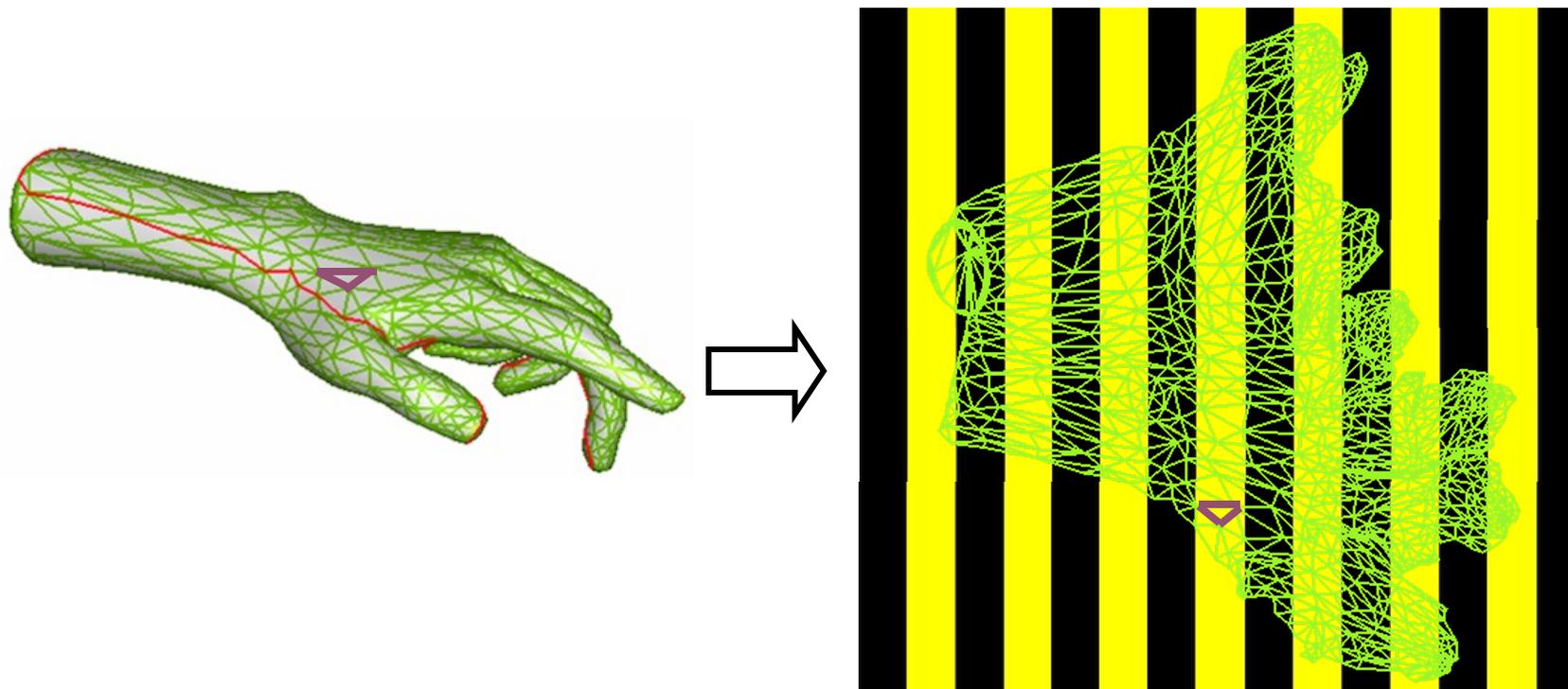
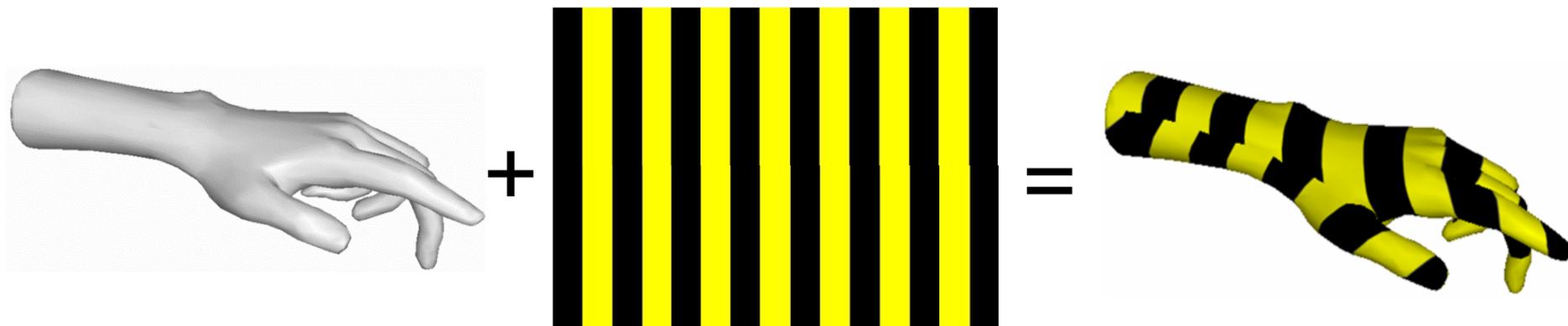


UNE TEXTURE DE LA SURFACE

- Définir la texture dans le 2D domaine (u, v) (l'image)
 - L'image = un tableau 2D des *texels* (*texture elements*)
- Attribuer les coordonnées (u, v) à chaque point de la surface de l'objet
 - Comment: les expressions analytiques pour les surfaces simples; les algorithmes complexes en général
- Pour l'intérieur des triangles
 - Utiliser les coordonnées barycentriques

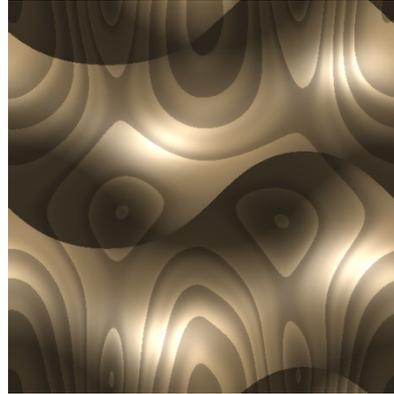


EXEMPLE DE *TEXTURE MAPPING*



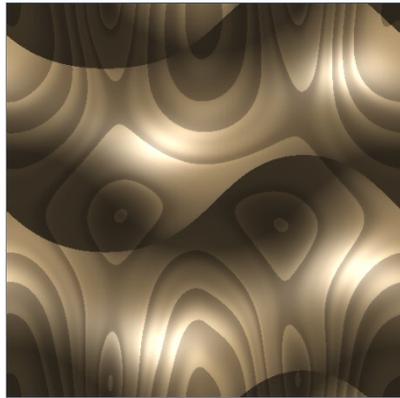
LES COORDONNÉES DE LA TEXTURE FRACTIONNAIRES

**texture
image**



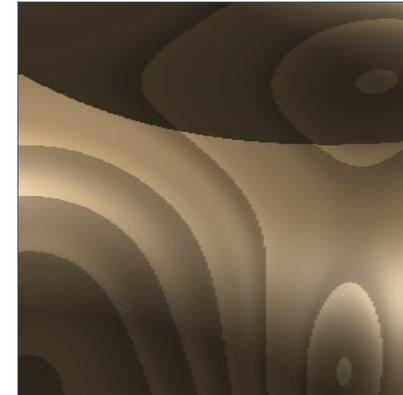
(0,1)

(1,1)



(0,0)

(1,0)



THREE.JS

- Passer la texture comme une *uniform*:

```
var uniforms = {  
  texture1: { type: "t", value: THREE.ImageUtils.loadTexture( "texture.jpg" ) }};  
var material = new THREE.ShaderMaterial( { uniforms, ...} );
```

- Les coordonnées *uv* seront passées au *vertex shader* (pas besoin d'écrire ça):

```
attribute vec2 uv;
```

- Utilisez-les, e.g., dans *Fragment Shader*.

```
uniform sampler2D texture1;  
varying vec2 texCoord;  
vec4 texColor = texture2D(texture1, texCoord);
```

COMMENT UTILISER LES TEXTURES DE COULEUR

- Remplacer

- Définir la couleur du fragment comme la couleur de la texture

```
gl_FragColor = texColor;
```

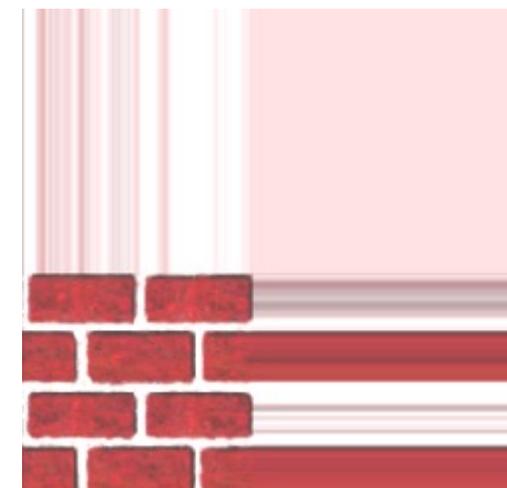
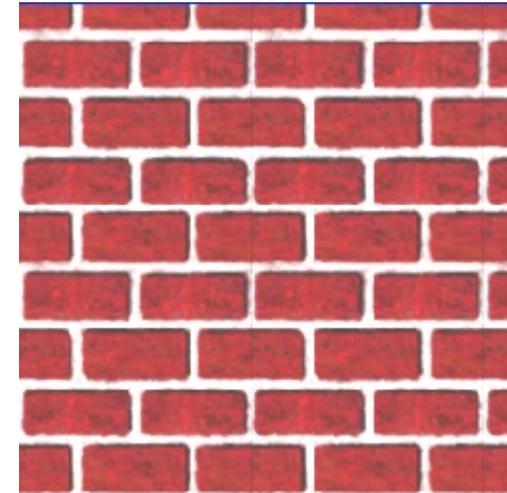
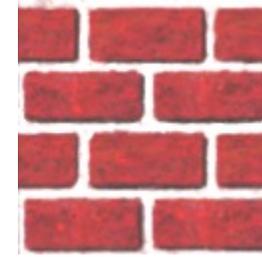
- Moduler

- Utiliser la couleur de la texture comme les coefficients de réflexion

```
kd = texColor; ka = texColor;  
gl_FragColor = ka*ia + kd*id*dotProduct + ...;
```

TILING ET CLAMPING

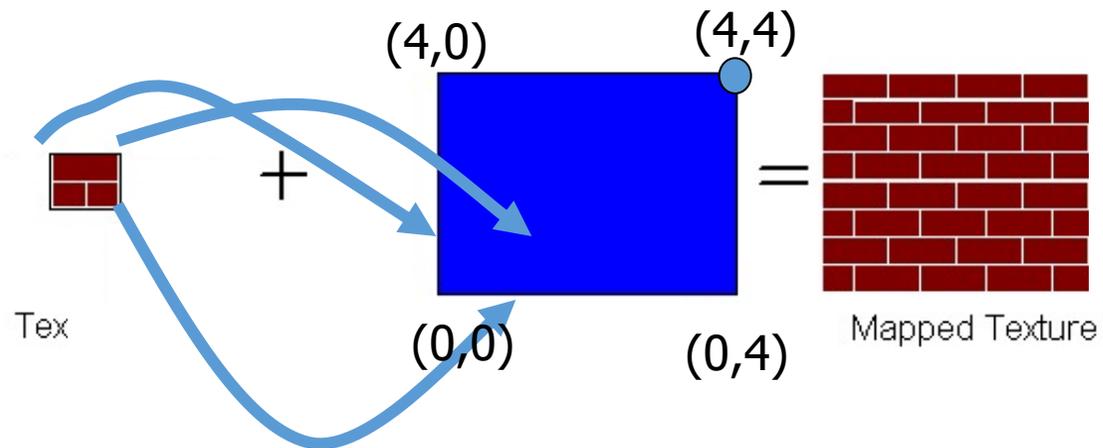
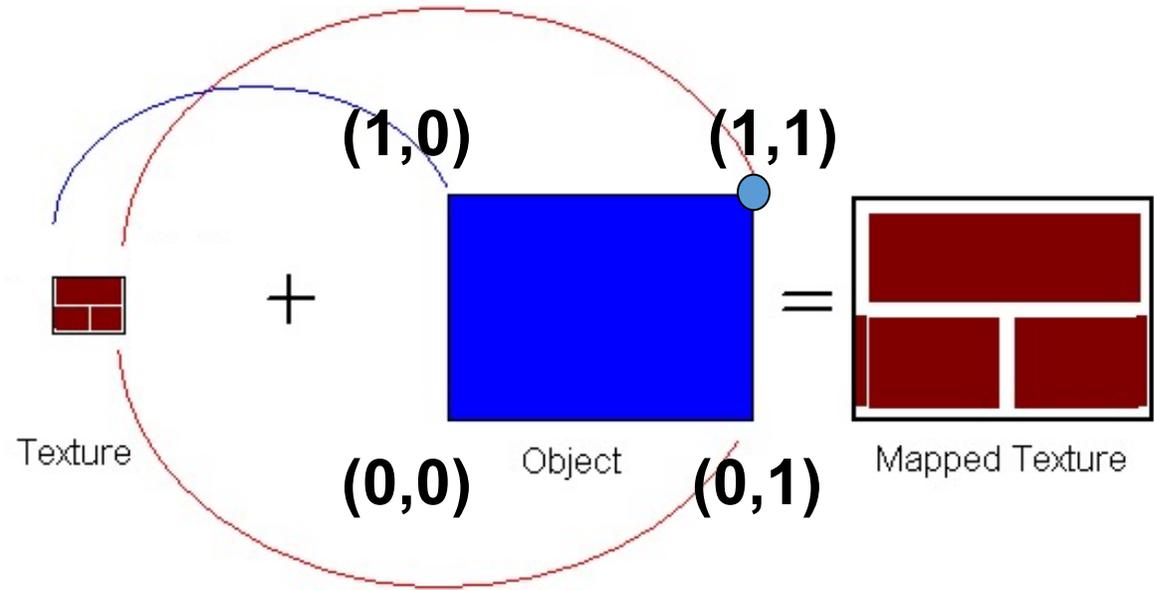
- Si s ou t est hors de $[0 \dots 1]$?
- Plusieurs choix
 - Utiliser la partie fractionnaire seulement
 - La répétition
 - Couper chaque composant à $[0 \dots 1]$
 - Réutiliser les valeurs sur la frontière



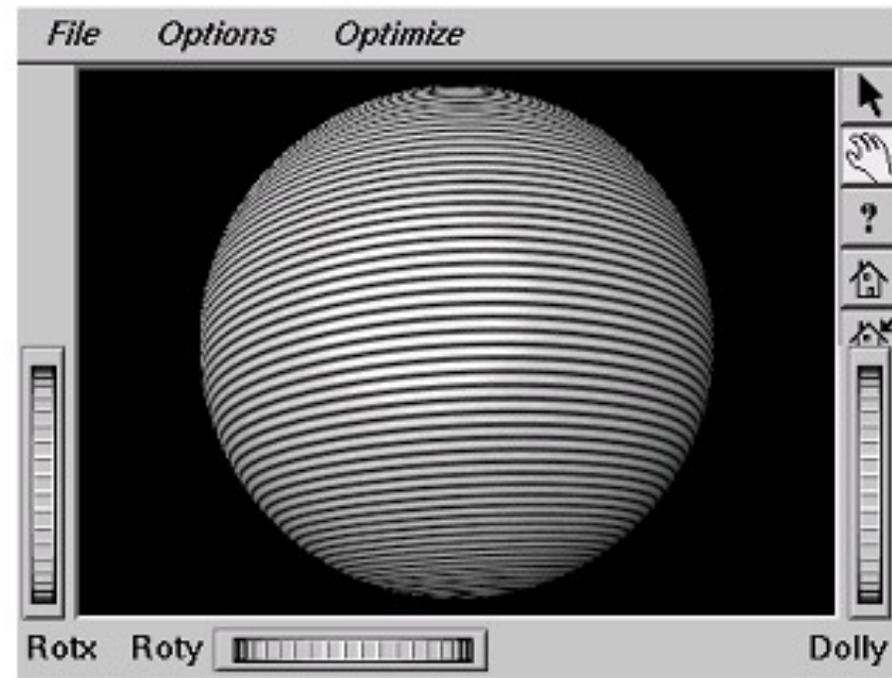
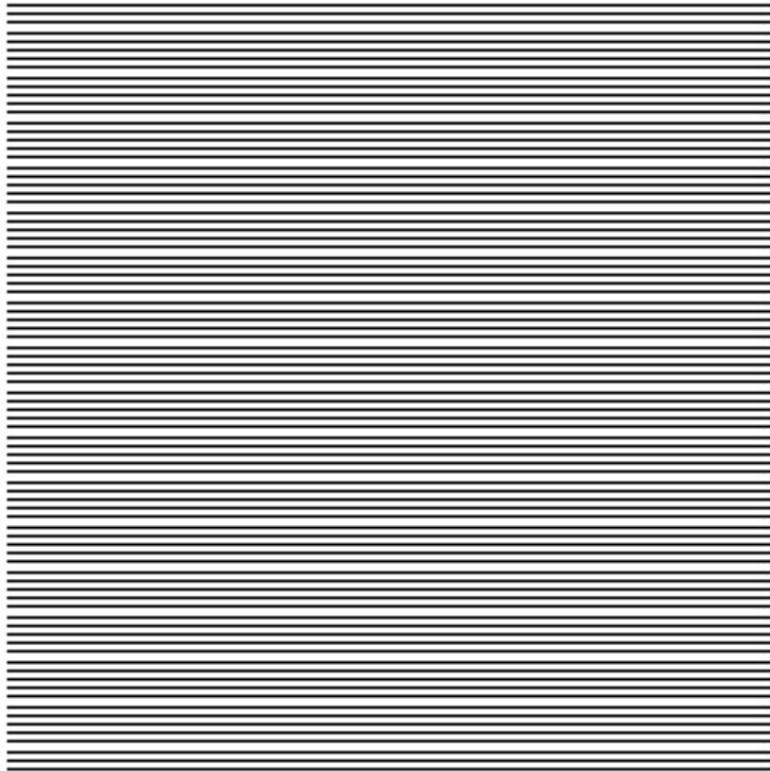
DANS THREE.JS

```
var texture = THREE.ImageUtils.loadTexture(  
    "textures/water.jpg" );  
texture.wrapS = THREE.RepeatWrapping;  
texture.wrapT = THREE.ClampToEdgeWrapping;  
texture.repeat.set( 4, 4 );
```

TILED TEXTURE MAP



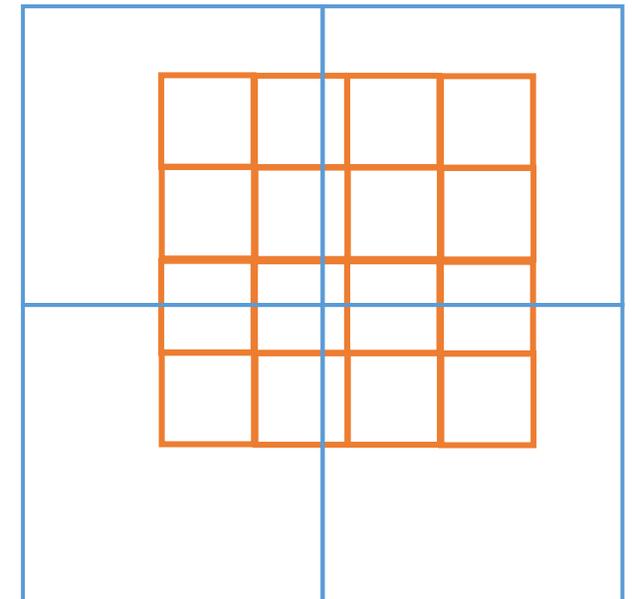
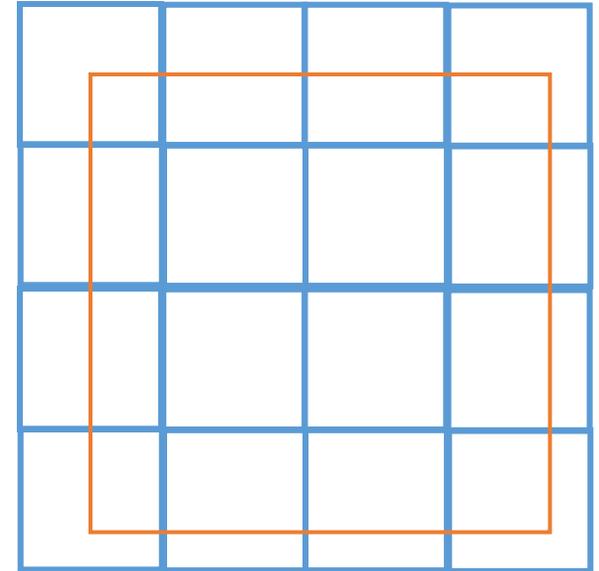
LA RECONSTRUCTION



(image courtesy of Kiriakos Kutulakos, U Rochester)

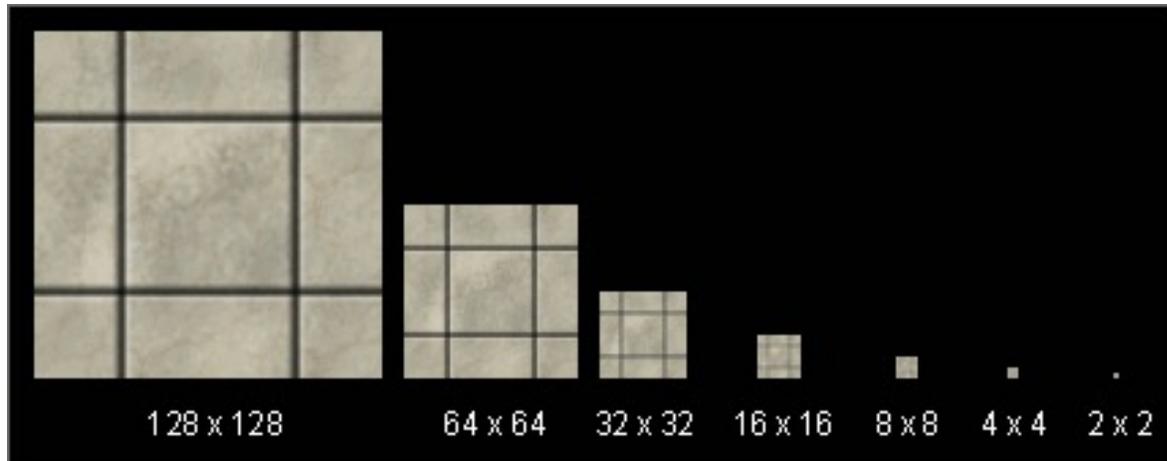
LA RECONSTRUCTION

- Comment faire avec:
 - Les **pixels** qui sont beaucoup plus grands que les **texels**?
 - La minification
 - Les **pixels** qui sont beaucoup plus petits que les **texels**?
 - La magnification

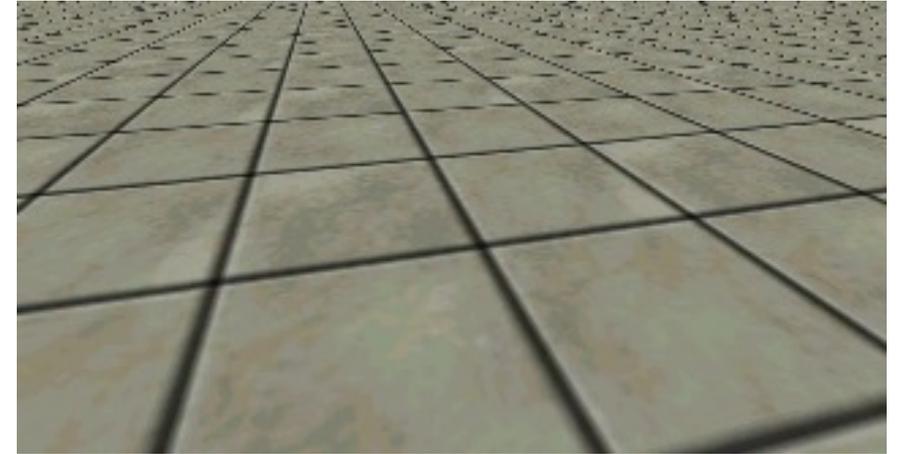
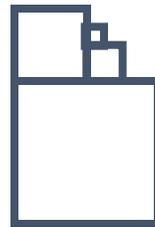


MIPMAPPING

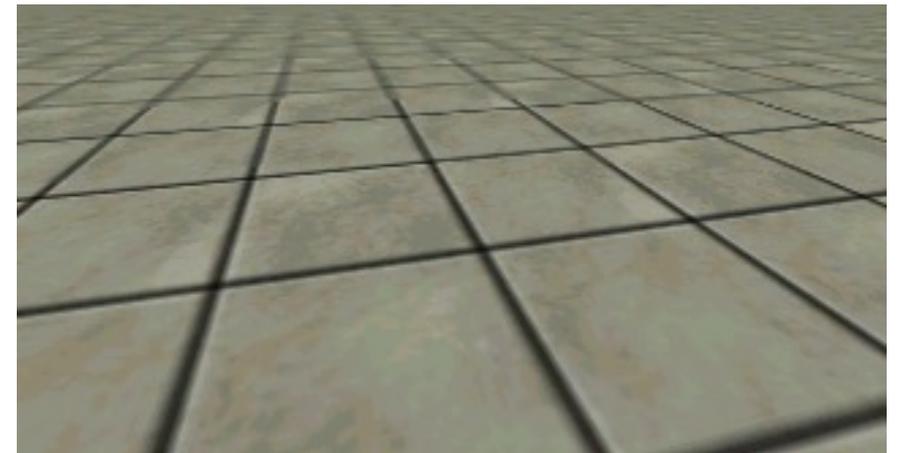
Utiliser “une pyramide d’image” pour précalculer les versions moyennes d’image



Stocker la pyramide
entière comme un seul
bloc de mémoire



Sans MIP-mapping

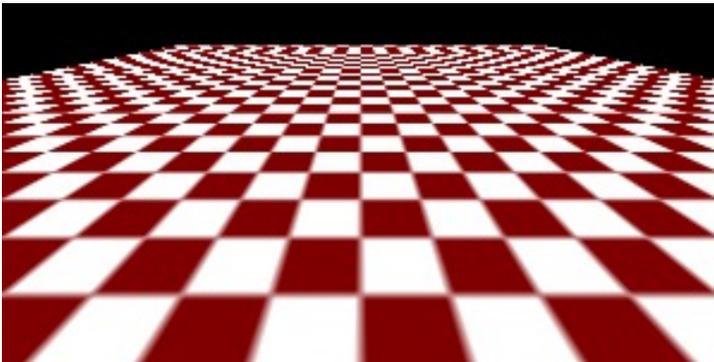


Avec MIP-mapping

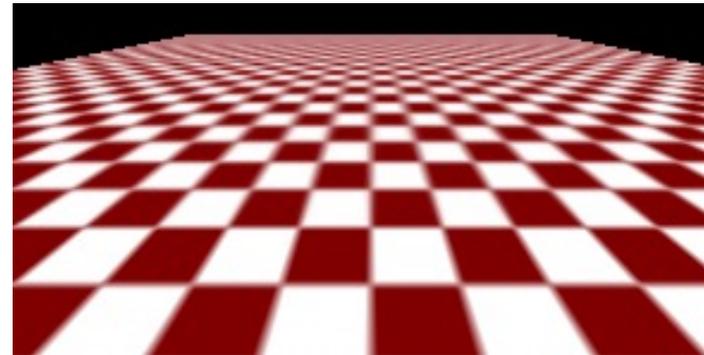
MIPMAP

- **multum in parvo** – beaucoup de choses dans un petit espace
 - Spécifier plusieurs textures préfiltrées à différentes résolutions
 - On a besoin plus de stockage
 - On peut éviter le scintillement
- `texture.generateMipmaps = true`
 - Construire une famille de textures de la taille d'origine à 1x1 (automatiquement)
- `texture.mipmaps [...]`

sans



avec



LE STOCKAGE DE MIPMAP

- Seulement $1/3$ plus d'espace est nécessaire
 - $4/3$ au total



COMMENT INTERPOLER U, V ?

Rappel

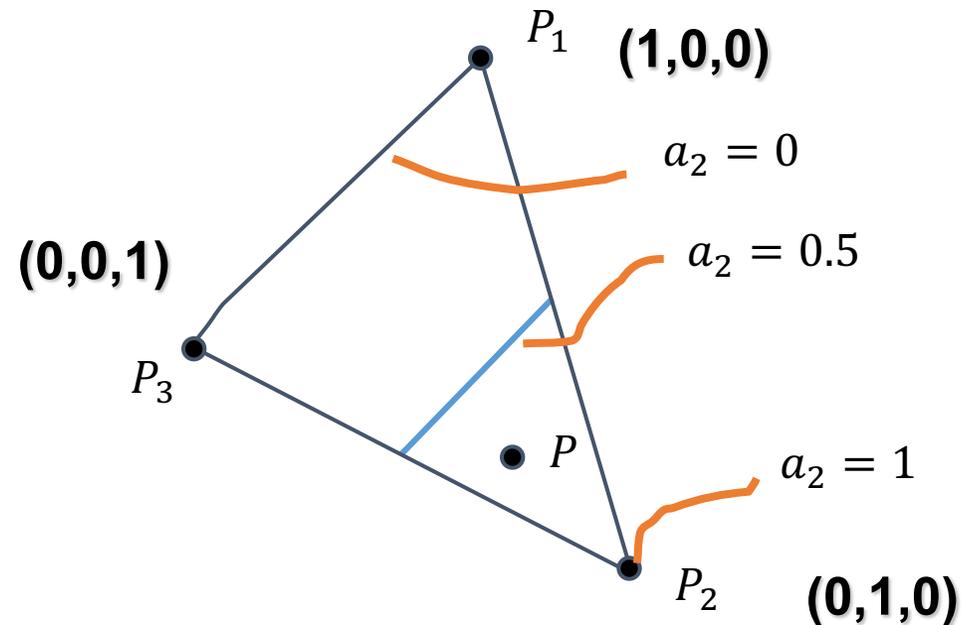
CHAQUE POINT À L'INTÉRIEUR DU TRIANGLE EST

- Une combinaison pondérée (affine) des sommets

$$P = a_1 \cdot P_1 + a_2 \cdot P_2 + a_3 \cdot P_3$$

$$a_1 + a_2 + a_3 = 1$$
$$0 \leq a_1, a_2, a_3 \leq 1$$

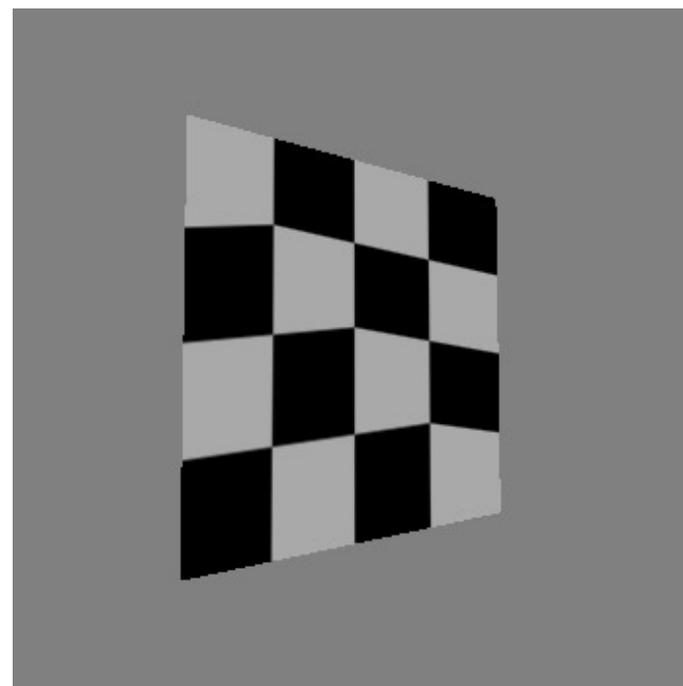
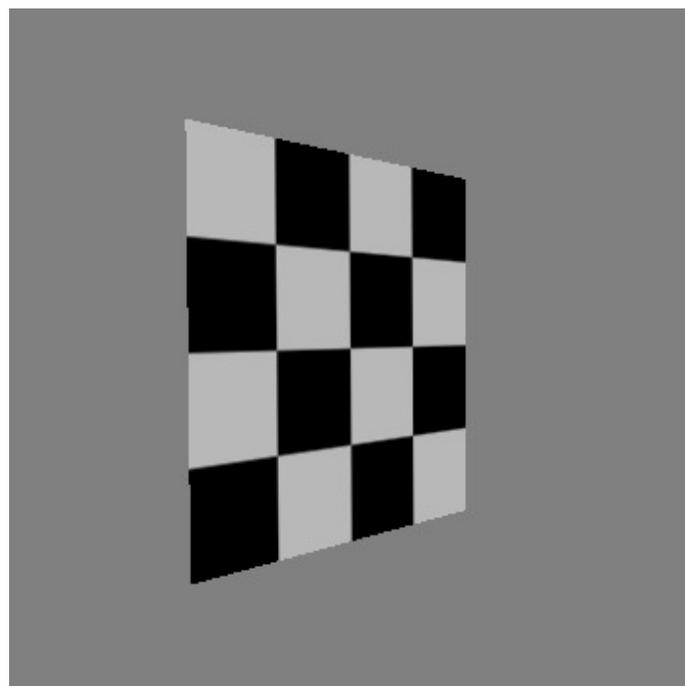
Sans cette équation
c'est le plan entier!



TEXTURE MAPPING

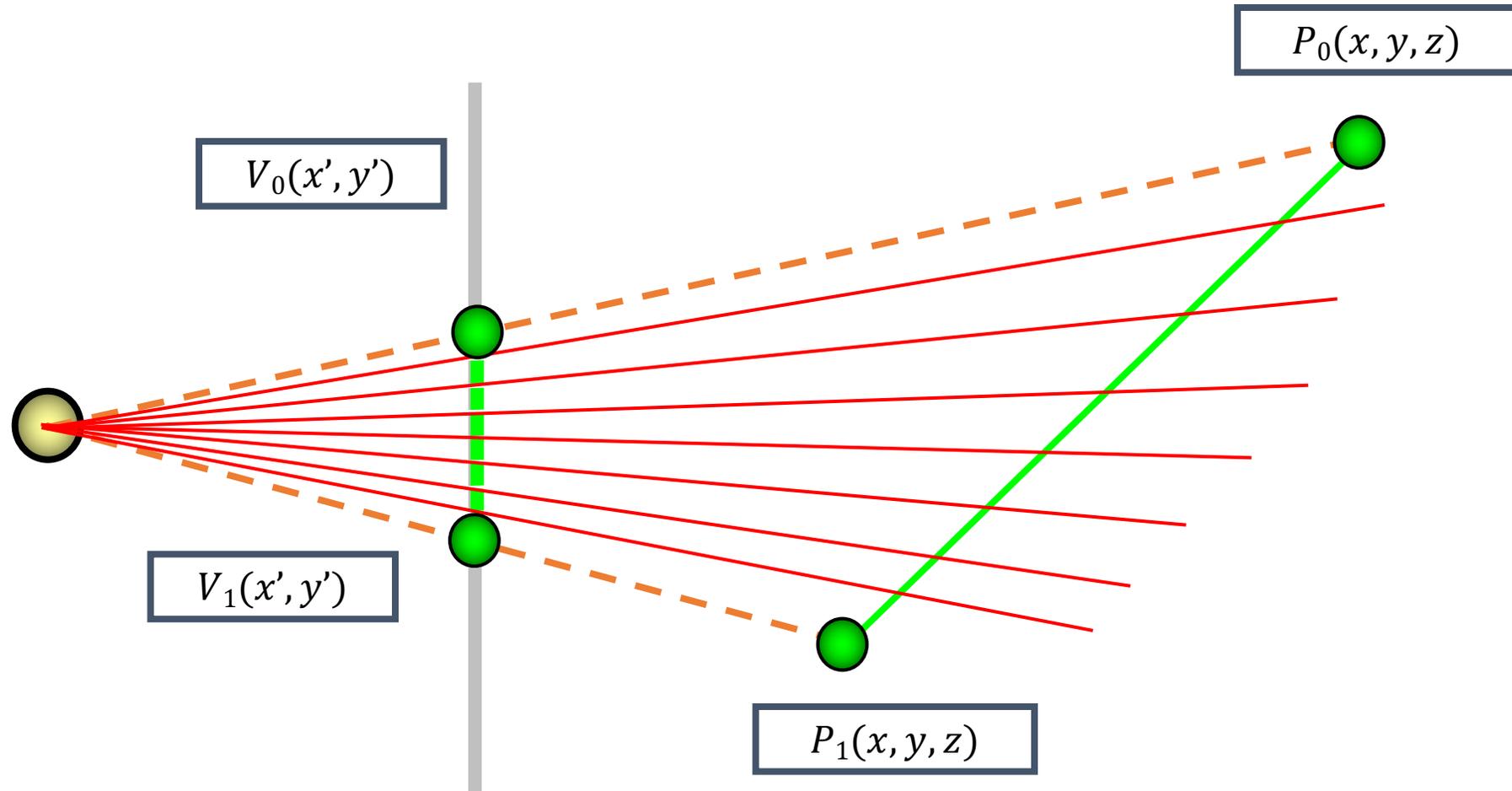
Après la projection perspective, l'interpolation linéaire dans l'espace de l'affichage est incorrecte

- Pour les textures, aussi bien que pour les couleurs, shading, etc.



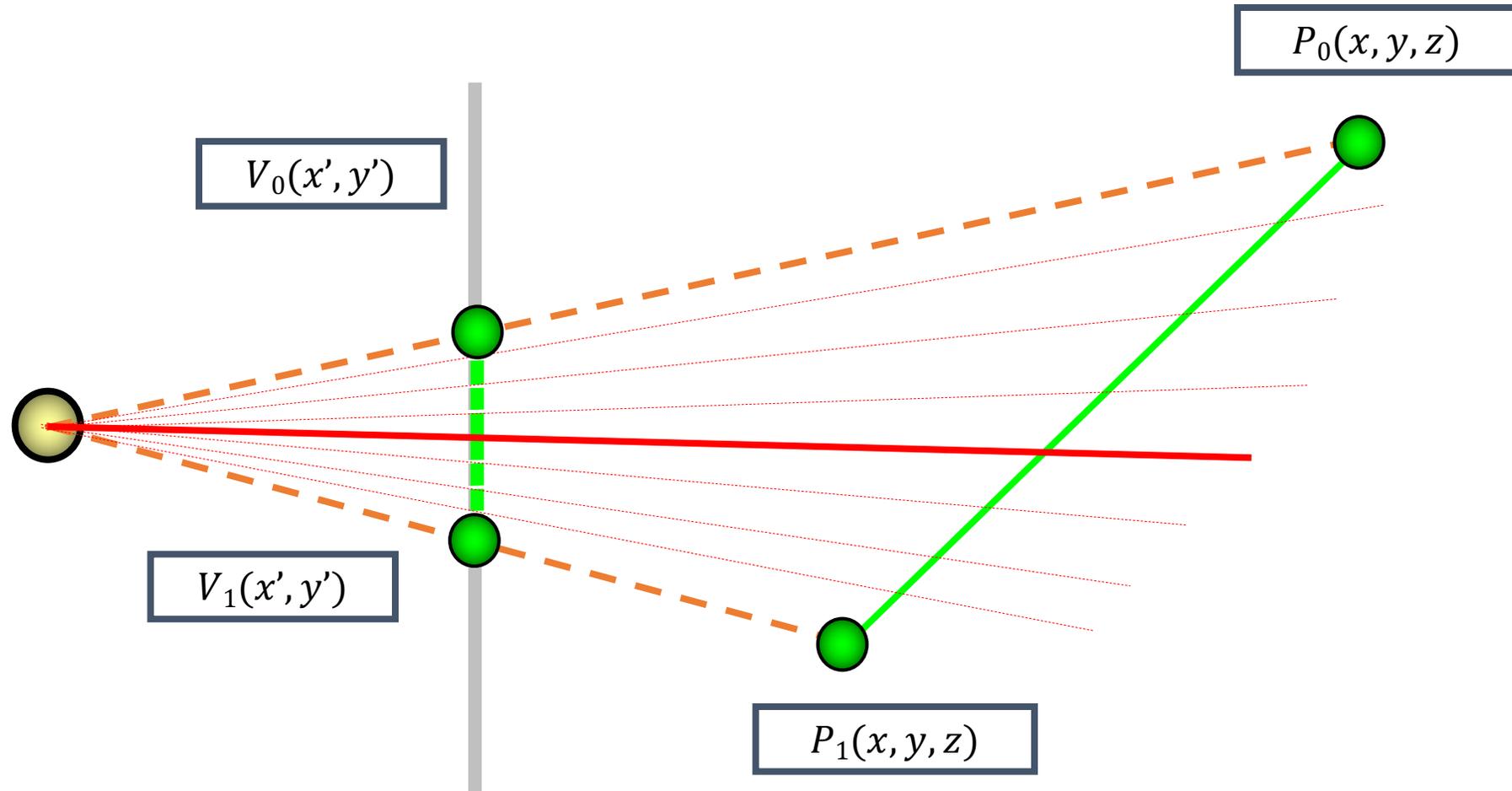
INTERPOLATION: L'ESPACE DE L'AFFICHAGE VS DU MONDE

- Normalement, on ignore le problème pour le *shading*, mais pour les textures les artefacts sont évidents



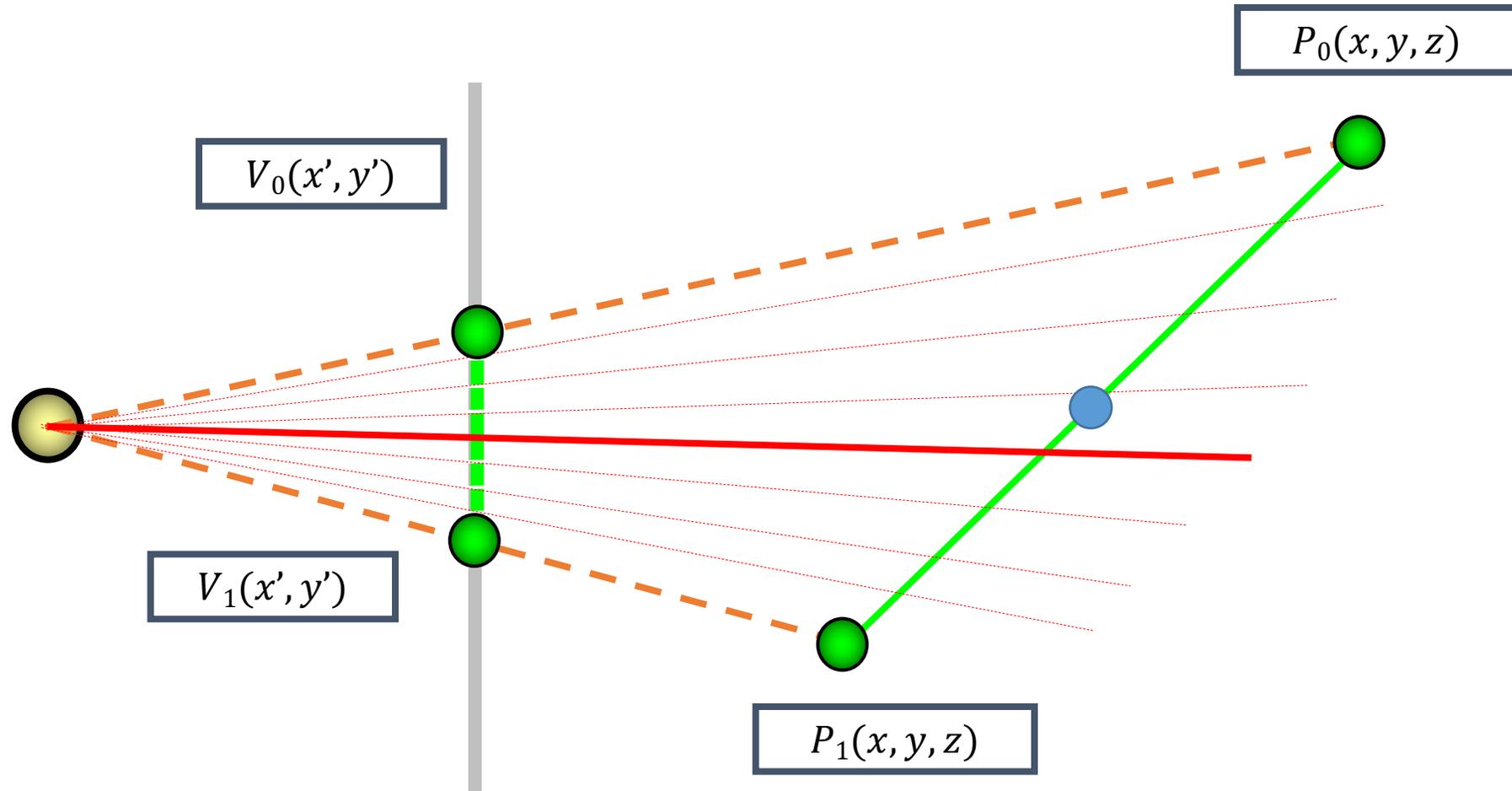
INTERPOLATION: L'ESPACE DE L'AFFICHAGE VS DU MONDE

- Normalement, on ignore le problème pour le *shading*, mais pour les textures les artefacts sont évidents



INTERPOLATION: L'ESPACE DE L'AFFICHAGE VS DU MONDE

- Normalement, on ignore le problème pour le *shading*, mais pour les textures les artefacts sont évidents



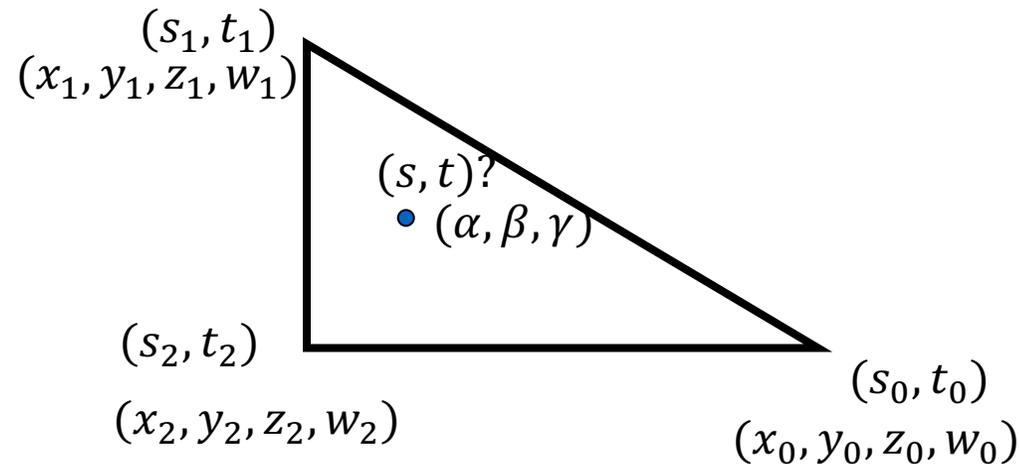
LA PERSPECTIVE – UN RAPPEL

$$T \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & b \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad z_{NDC} = \frac{a \cdot z_{eye} + b}{z_{eye}} = a + \frac{b}{z_{eye}}$$

- Préserve l'ordre des profondeurs
 - Mais déforme les distances

L'INTERPOLATION APRÈS LA PERSPECTIVE

- α, β, γ : les coordonnées barycentriques (2D) du point P
- s_0, s_1, s_2 : les coordonnées dans l'espace de la texture
- w_0, w_1, w_2 : les coordonnées homogènes des vecteurs



$$s = \frac{\alpha \cdot s_0/w_0 + \beta \cdot s_1/w_1 + \gamma \cdot s_2/w_2}{\alpha/w_0 + \beta/w_1 + \gamma/w_2}$$

- La même chose pour t

La dérivation (les triangles similaires):

https://www.comp.nus.edu.sg/~lowkl/publications/lowk_persp_interp_techrep.pdf

LES AUTRES UTILISATIONS POUR LES TEXTURES

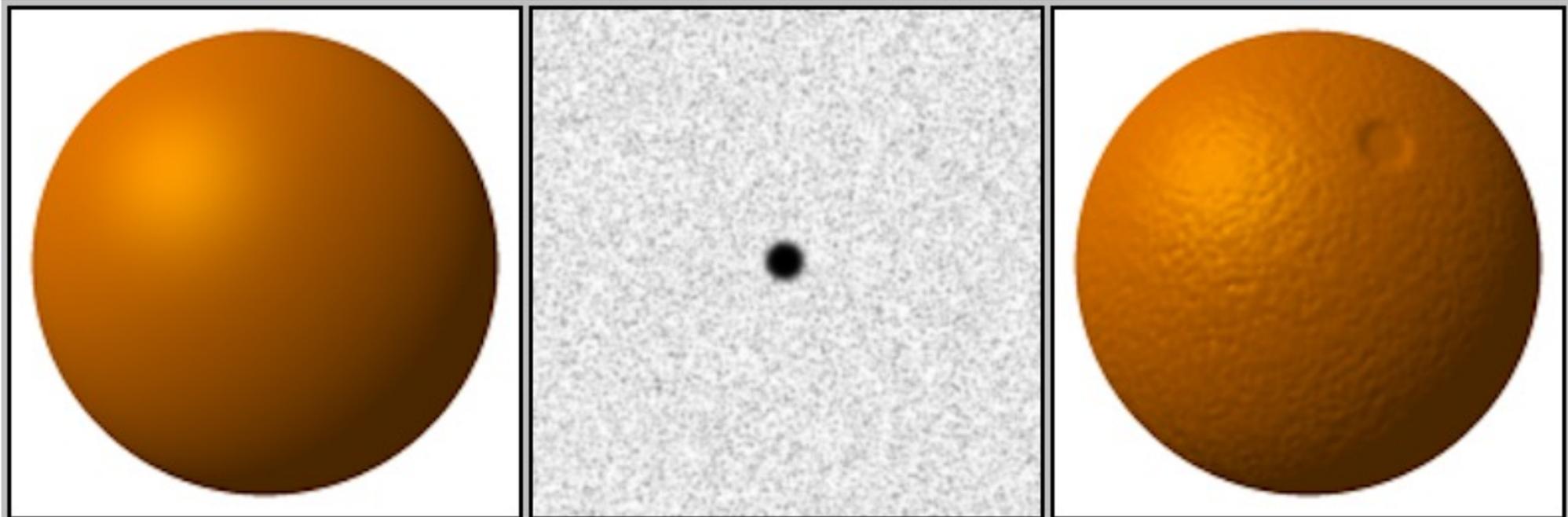
LES AUTRES UTILISATIONS POUR LES TEXTURES

- Normalement, elles donnent la couleur, mais...
- Elles peuvent être utilisées pour contrôler les autres propriétés de l'objet ou du matériel
 - La normale (*bump mapping + normal mapping*)
 - La couleur de la réflexion (*environment mapping*)

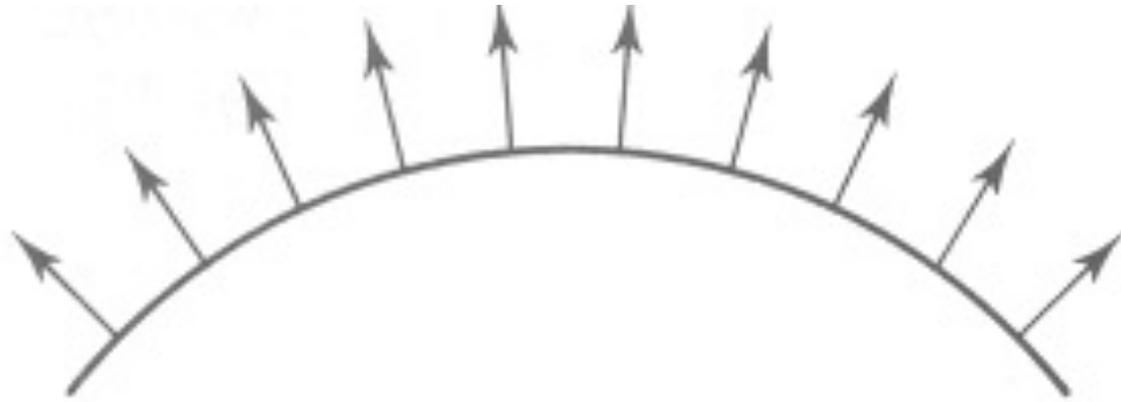


BUMP MAPPING ET NORMAL MAPPING

- La surface de l'objet est souvent rugueuse
 - On peut créer une géométrie plus complexe...
- Ou on peut la simuler en perturbant la normale seulement
 - Soit aléatoire
 - Soit spécifiée par une texture



BUMP MAPPING



$O(u)$

Original surface



$B(u)$

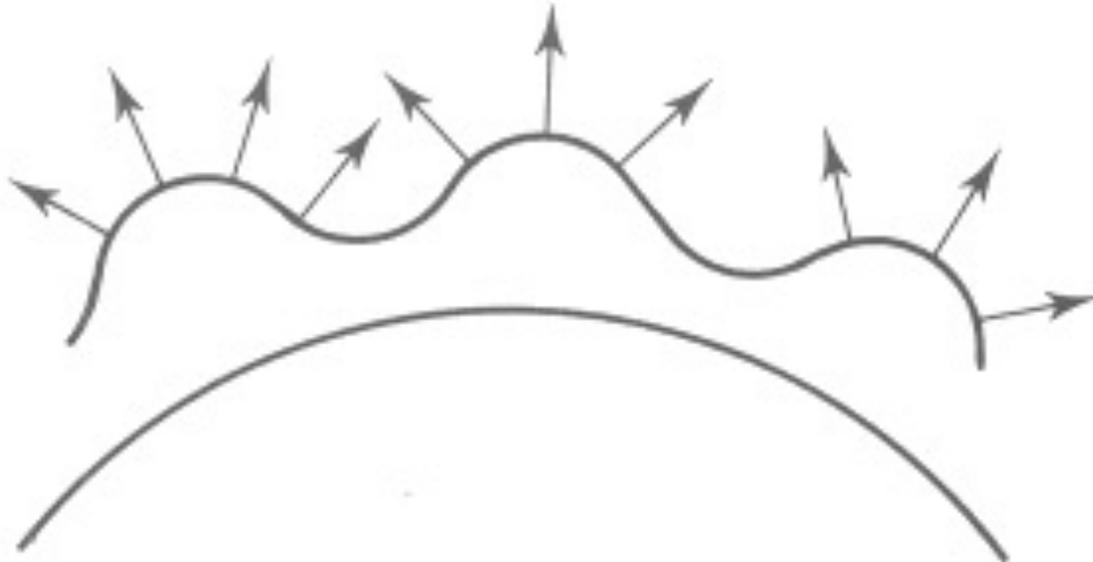
A bump map

BUMP MAPPING



$O'(u)$

Lengthening or shortening
 $O(u)$ using $B(u)$

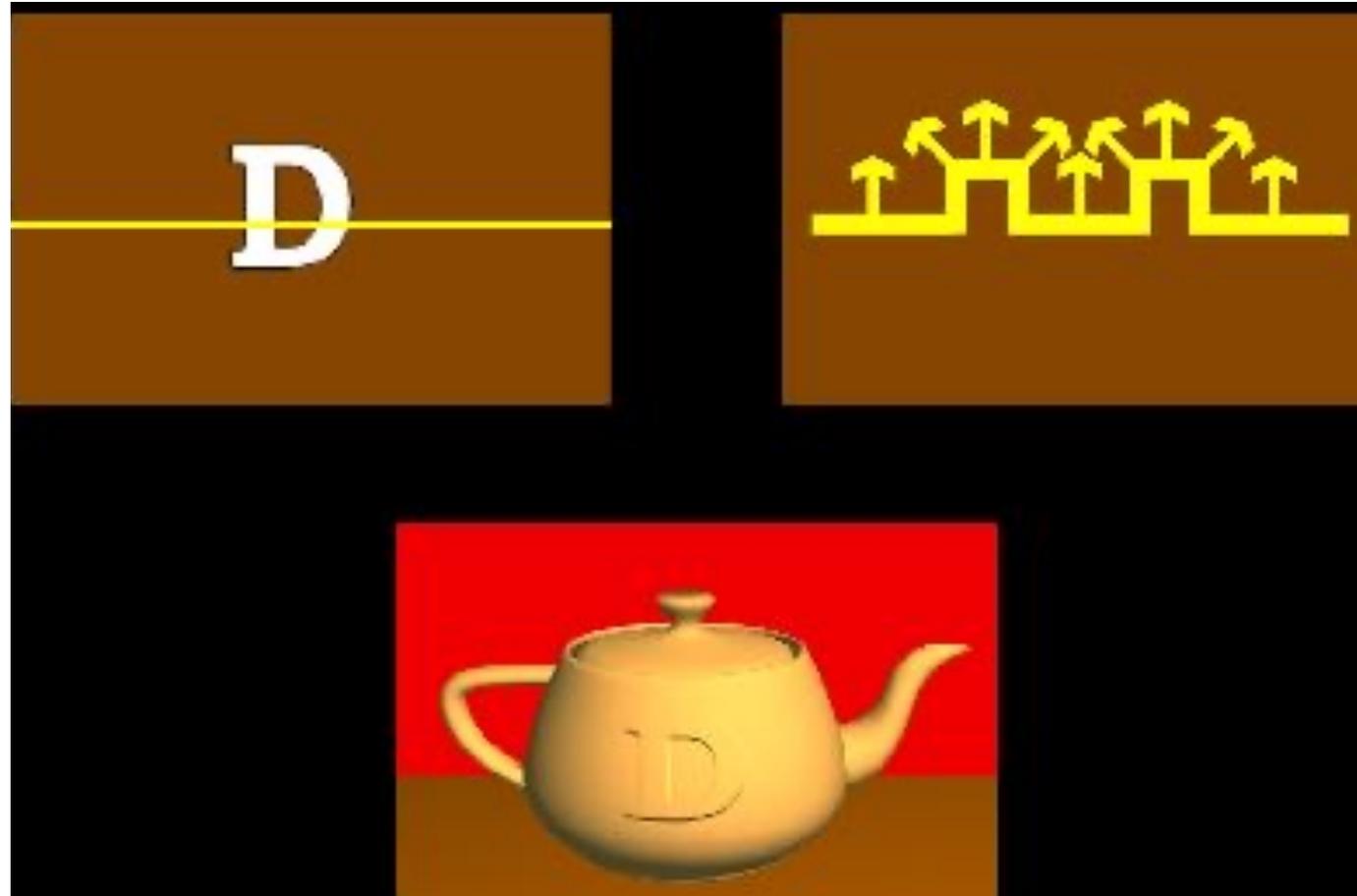


$N'(u)$

The vectors to the
'new' surface

LE RELIEF

- Aux transitions
 - Tourner la normale de θ ou $-\theta$

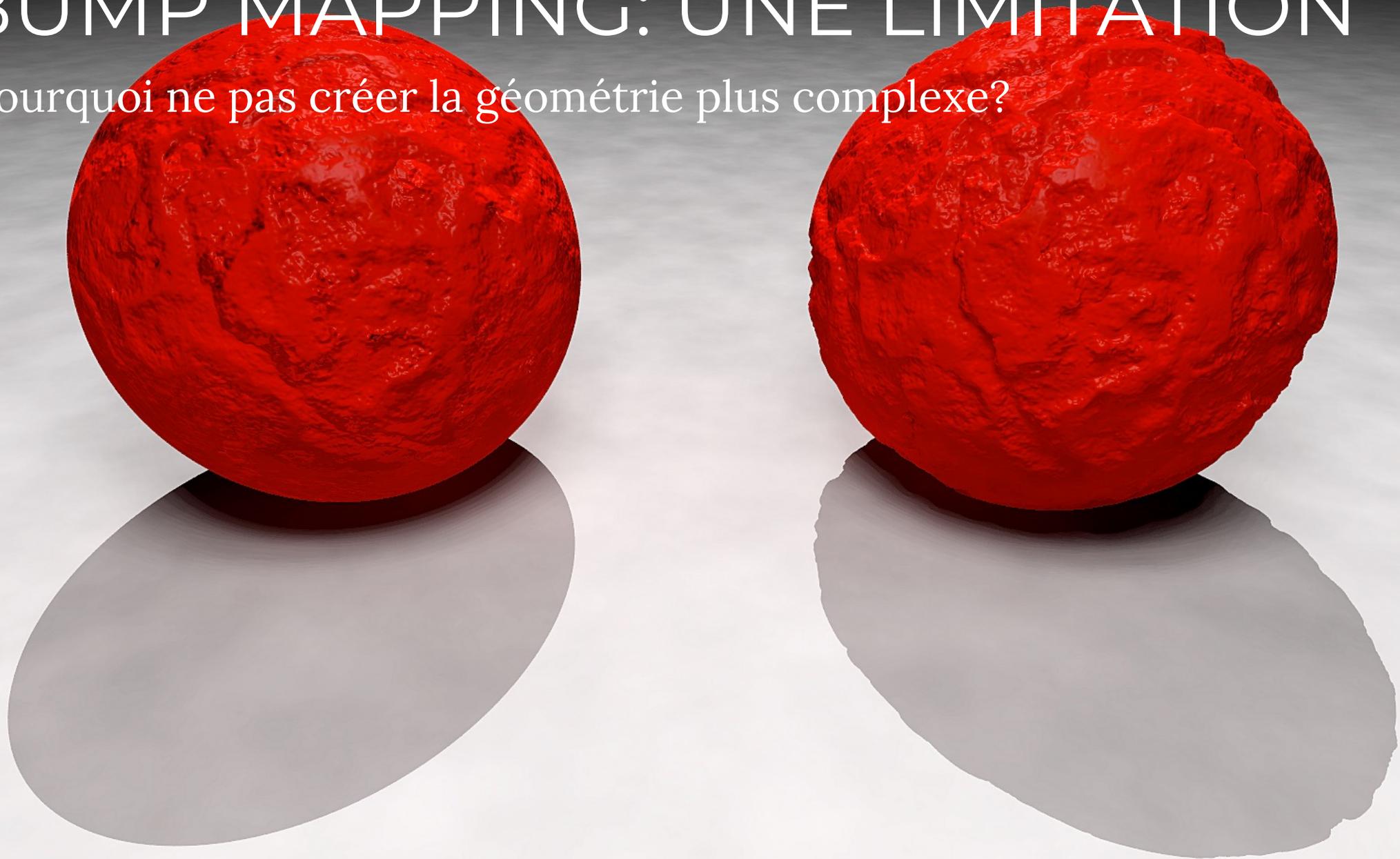


BUMP MAPPING: UNE LIMITATION



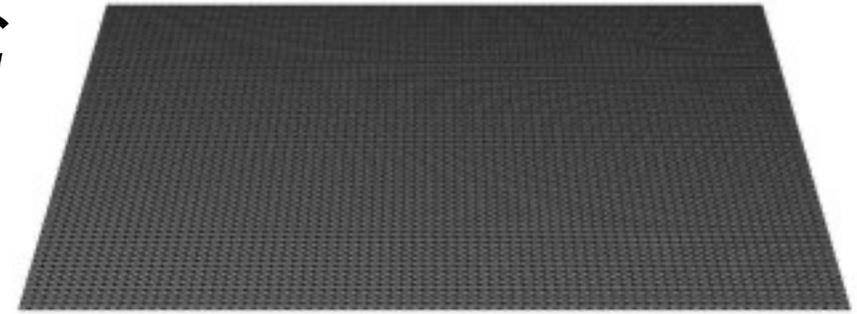
BUMP MAPPING: UNE LIMITATION

Pourquoi ne pas créer la géométrie plus complexe?



DISPLACEMENT MAPPING

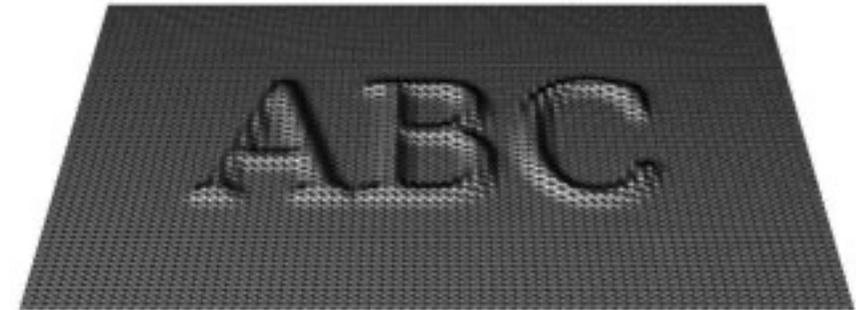
- Les silhouettes sont fausses après *le bump mapping*
 - Et les ombres aussi!
- Changer la géométrie en temps réel
 - On a besoin de subdiviser la surface



ORIGINAL MESH



DISPLACEMENT MAP



MESH WITH DISPLACEMENT

ENVIRONMENT MAPPING

Une méthode peu coûteuse pour obtenir un effet de réflexion complexe

- Si toutes les lumières sont loin, la réflexion dépend seulement de la direction
- Générer une image de l'environnement
- Mapper à l'objet, utiliser pour les réflexions



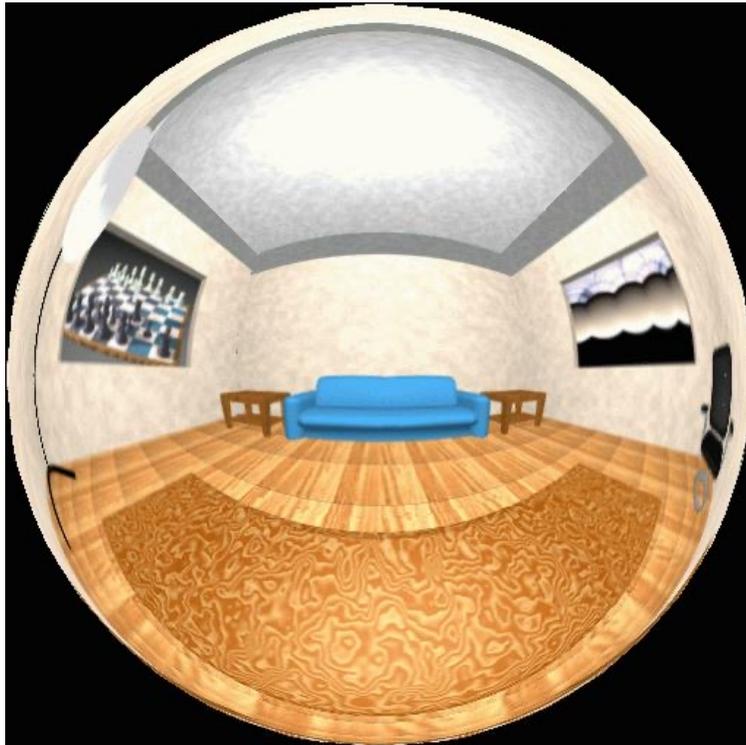
ENVIRONMENT MAPPING



- On l'utilise pour modéliser l'objet qui reflète
- Les réflexions réelles sont précalculées pour un objet simple
- Puis, la direction de réflexion pour un objet complexe indique la couleur
- Différentes formes de proxy: une sphère (rarement), un cube

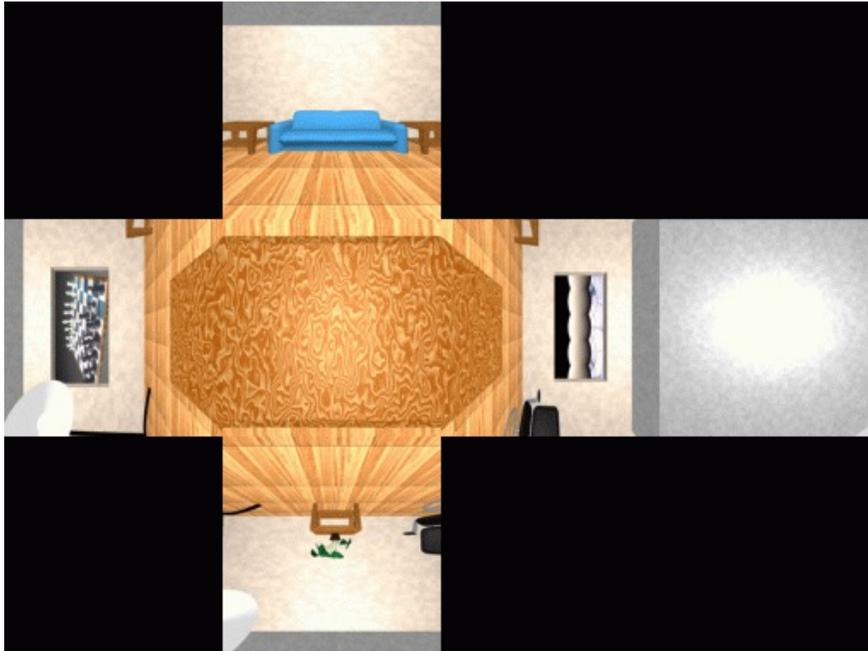
SPHERE MAPPING

- Calculer les réflexions pour la sphère
- Remplacer la sphère par l'objet, utiliser les nouvelles normales

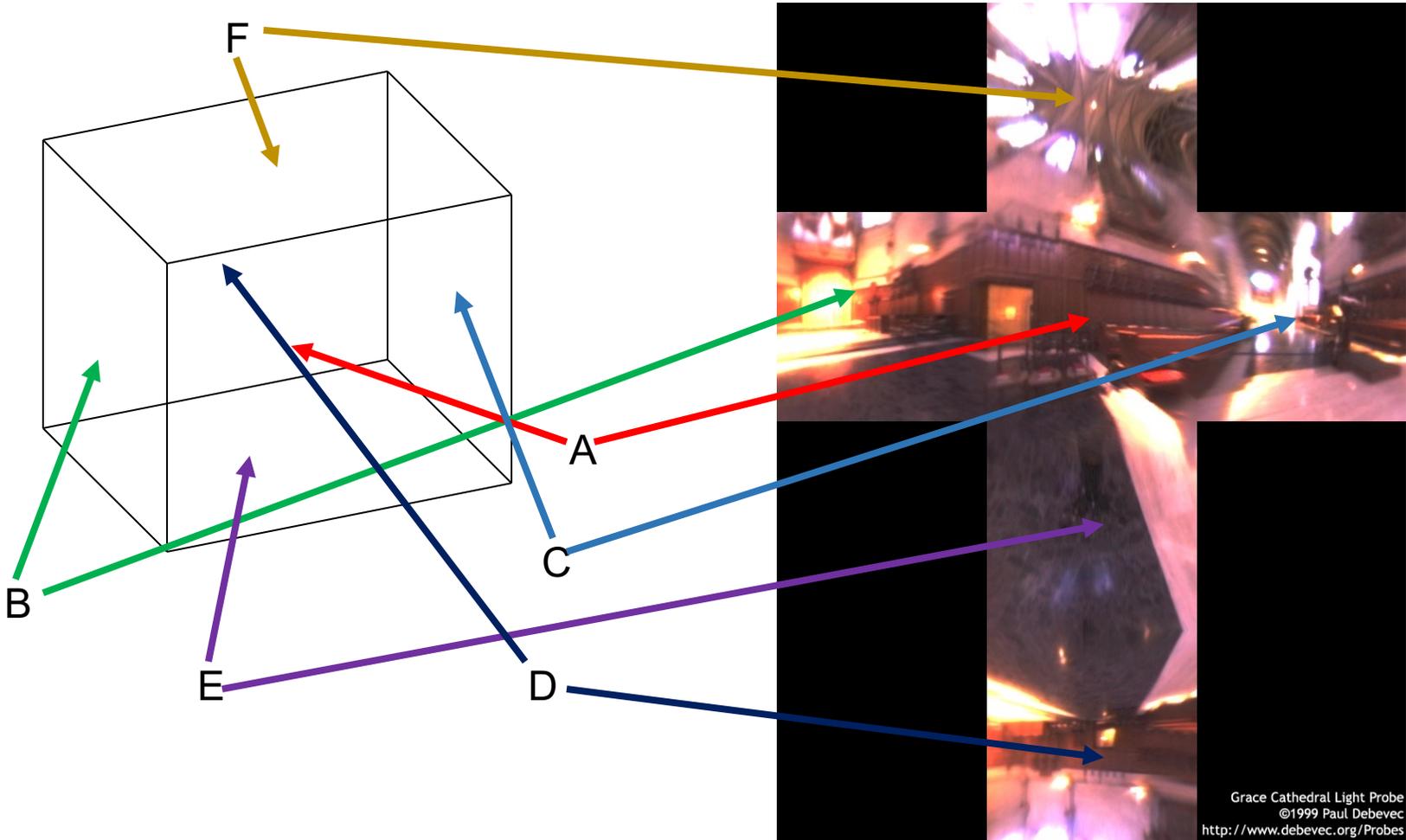


CUBE MAPPING

- 6 textures planaires, les faces du cube
 - Pointe la caméra depuis l'origine dans 6 directions



CUBE MAPPING



CUBE MAPPING

- La direction du vecteur r de la réflexion indique la face du cube
 - La coordonnée avec la plus grande valeur
 - e.g., le vecteur $(-0.2, 0.5, -0.84)$ indique la face $-Z$
 - Les autres deux coordonnées définissent les coordonnées uv
- Il est difficile d'interpoler entre les faces

CUBE MAPPING

Comment
calculer?

- La direction du vecteur r de la réflexion indique la face du cube
 - La coordonnée avec la plus grande valeur
 - e.g., le vecteur $(-0.2, 0.5, -0.84)$ indique la face $-Z$
 - Les autres deux coordonnées définissent les coordonnées uv
- Il est difficile d'interpoler entre les faces

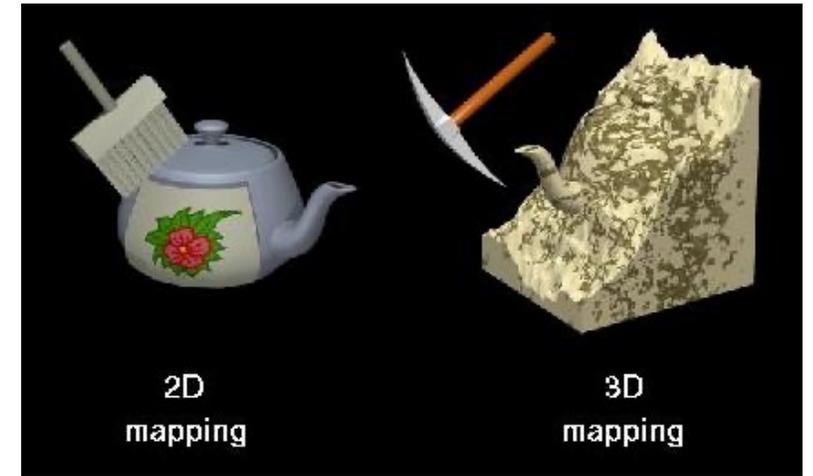
ENVIRONMENT MAPS (EM)

- *En théorie*, chaque objet doit avoir une EM différente
- *En théorie*, chaque fois quelque chose bouge, on doit recalculer la EM
- “Vous serez surpris de ce que vous pourrez faire avec”

TEXTURE VOLUMÉTRIQUE

- Définir la texture dans l'espace 3D
- La fonction de la texture peut être stockée ou **procédurale**
- La couleur est définie par la position 3D
- e.g., ShaderToy

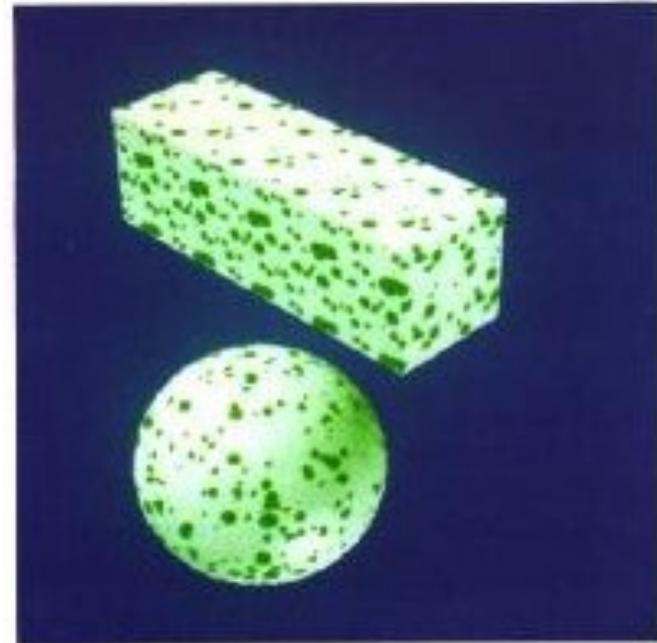
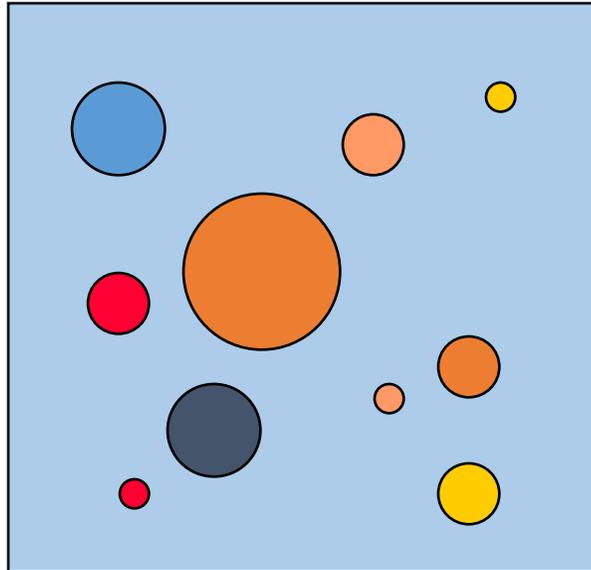
- Le calcul est rapide, mais l'accès à la mémoire ne l'est pas



EFFETS DE TEXTURE PROCÉDURALE: BOMBING

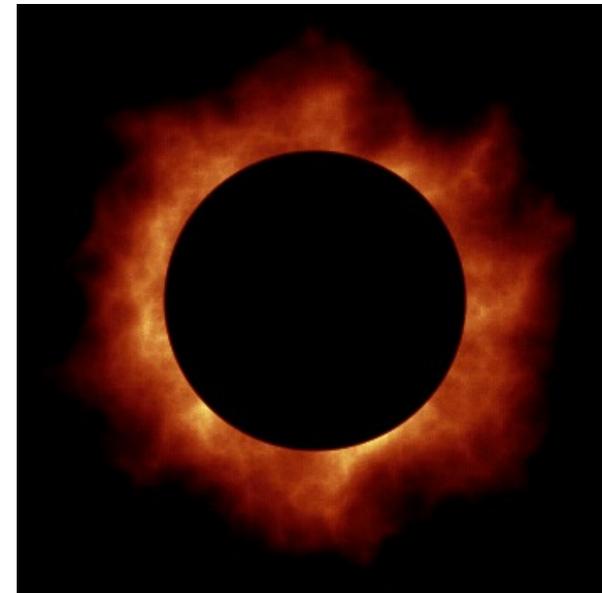
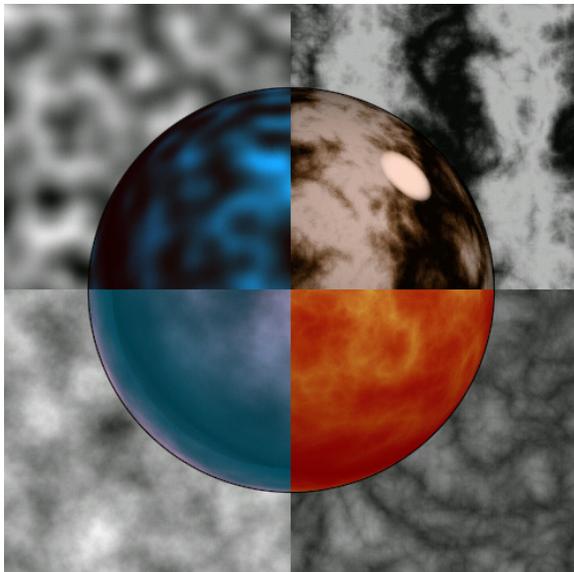
Larguer des 'bombes' par hasard (stocker l'historique dans un tableau)

- Pour chaque point P , rechercher dans le tableau
 - Si P est à l'intérieur d'une bombes, on utilise sa couleur



BRUIT DE PERLIN: TEXTURES PROCÉDURALES

- Quelques bonnes explications:
 - <http://www.noisemachine.com/talk1>
 - http://freespace.virgin.net/hugo.elias/models/m_perlin.htm
 - <http://www.robo-murito.net/code/perlin-noise-math-faq.html>



<http://mrl.nyu.edu/~perlin/planet/>

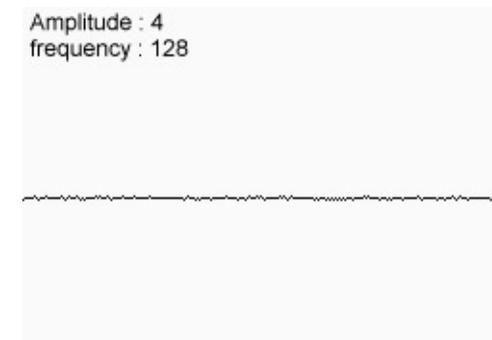
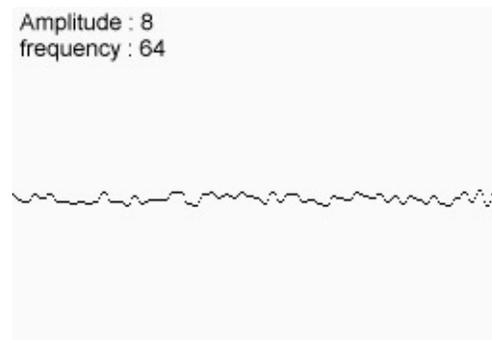
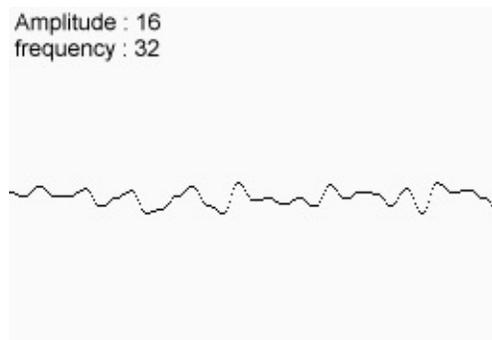
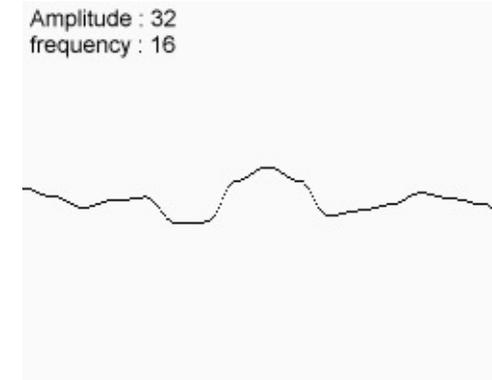
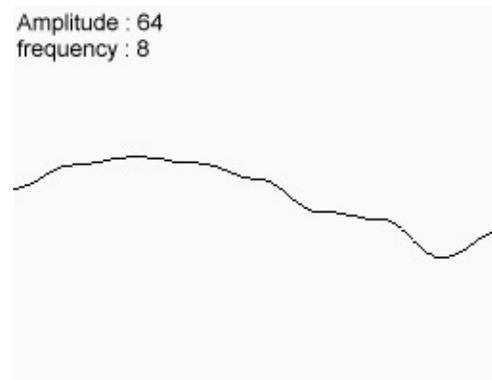
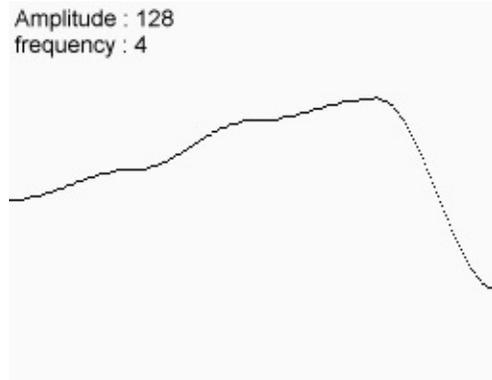
DEMOSCENE

- Une sous-culture de l'art numérique
- Créer une petite démo (e.g. <64k)
- Montrer les compétences en programmation
- Typiquement les démos dépendent *fortement* des algorithmes de bruit et des textures procédurales

BRUIT DE PERLIN: LA TURBULENCE

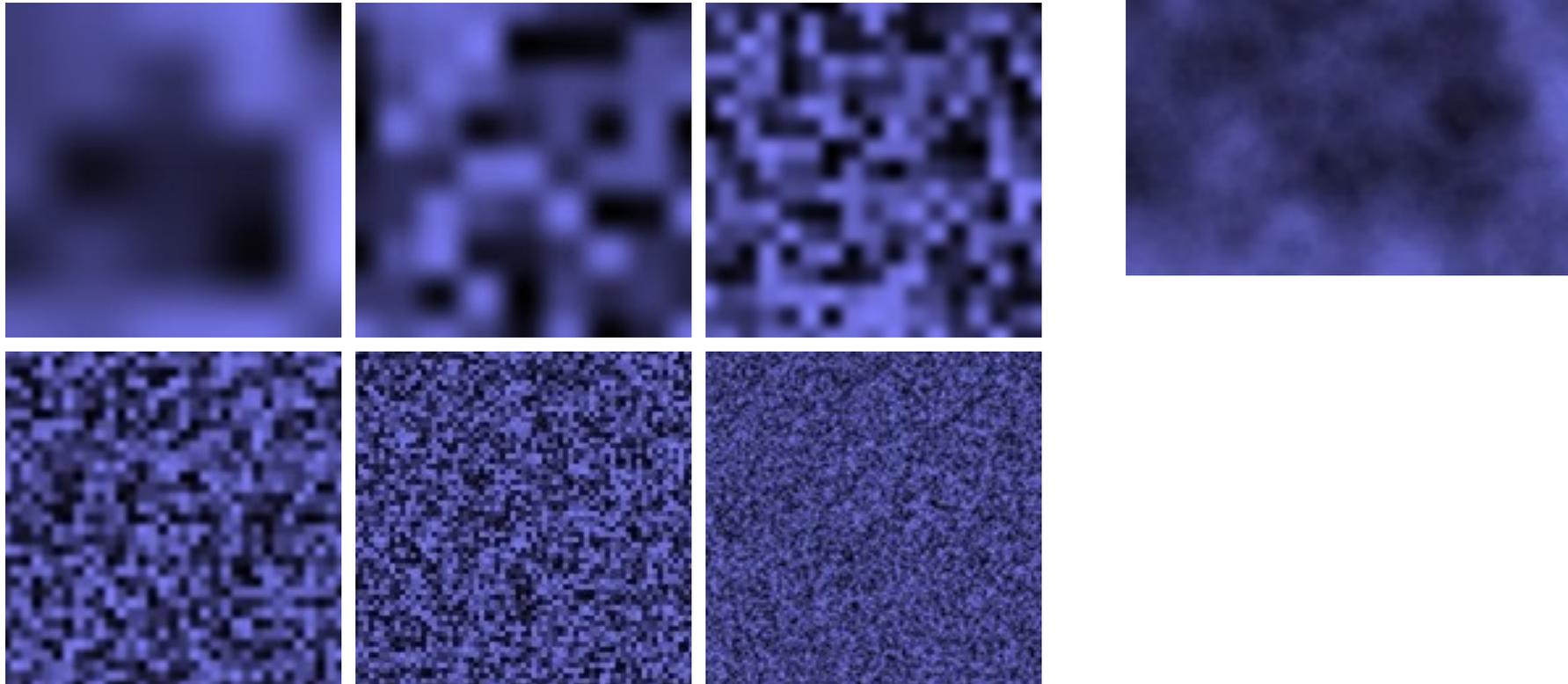
- Ajouter plusieurs échelles

Sum of Noise Functions = (Perlin Noise)

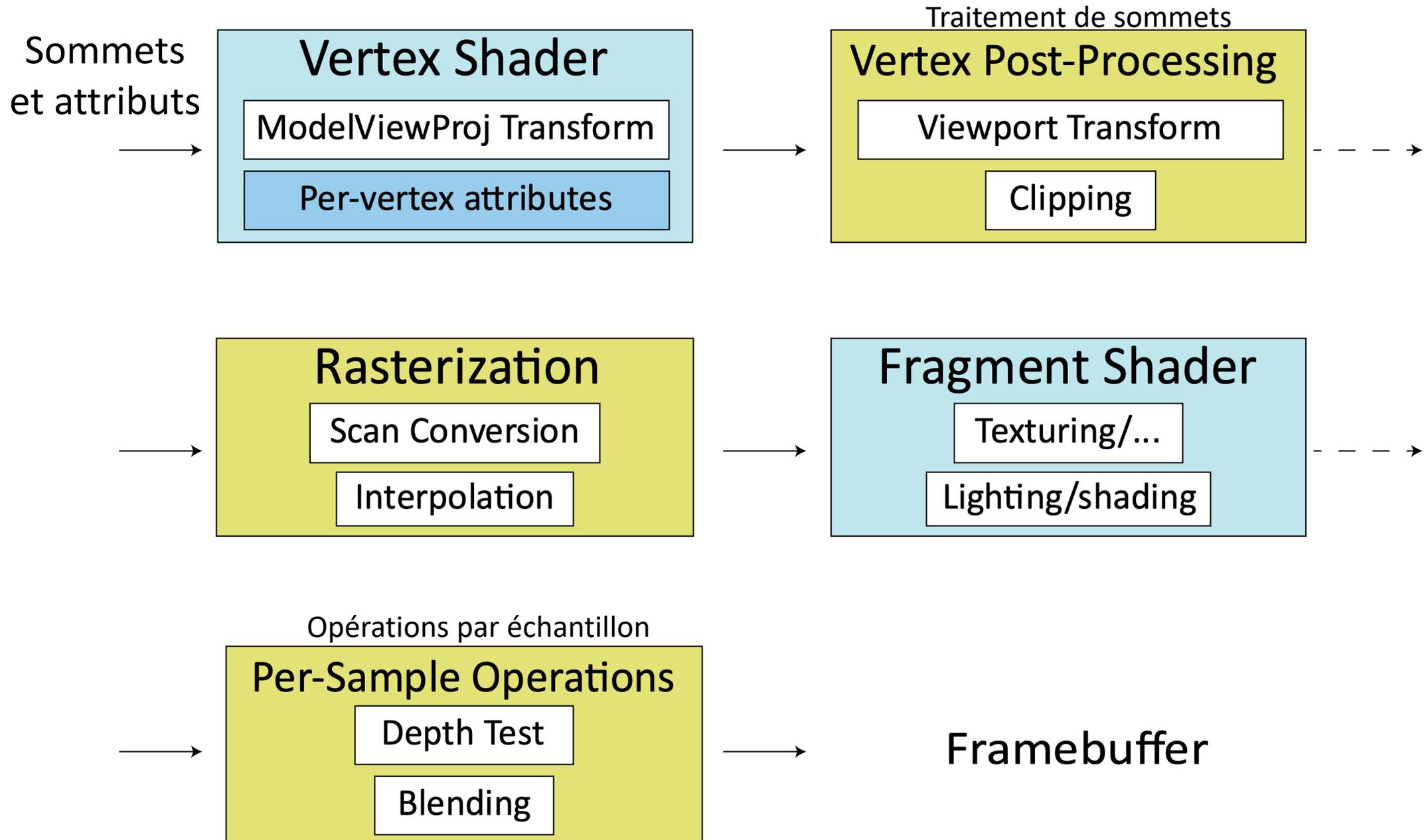


BRUIT DE PERLIN: LA TURBULENCE

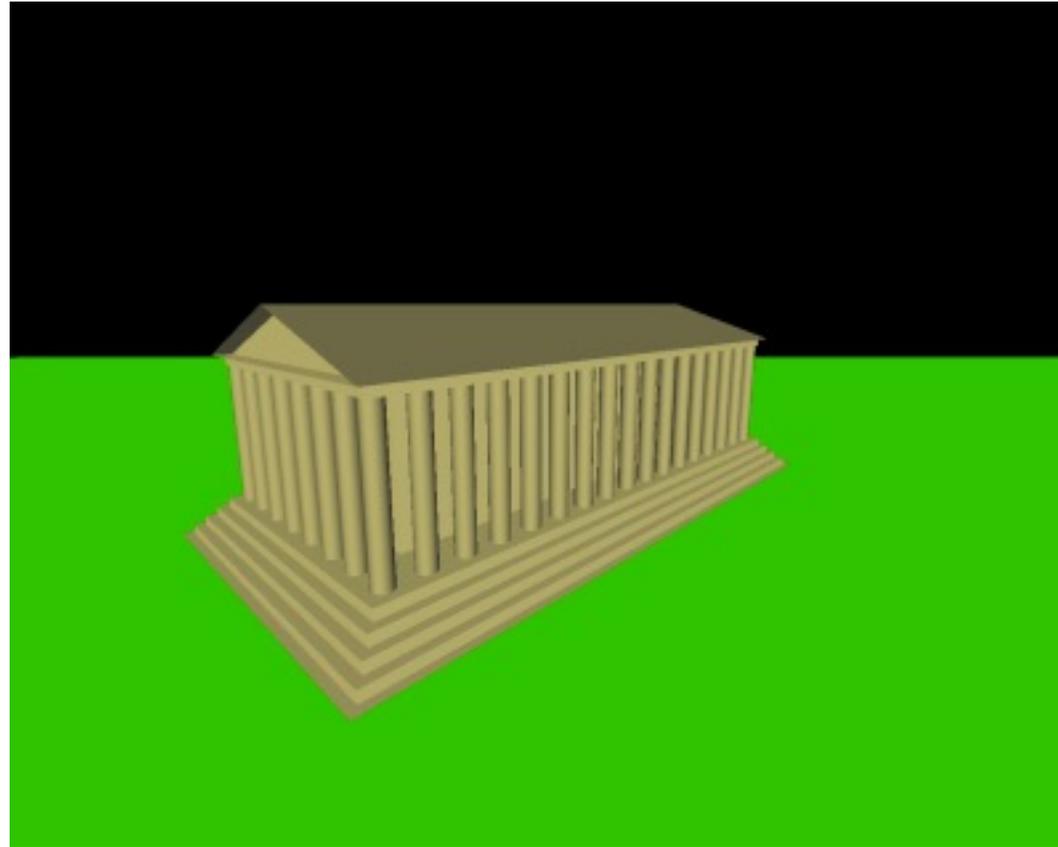
- Ajouter plusieurs échelles



PIPELINE: PLUS DE DÉTAILS



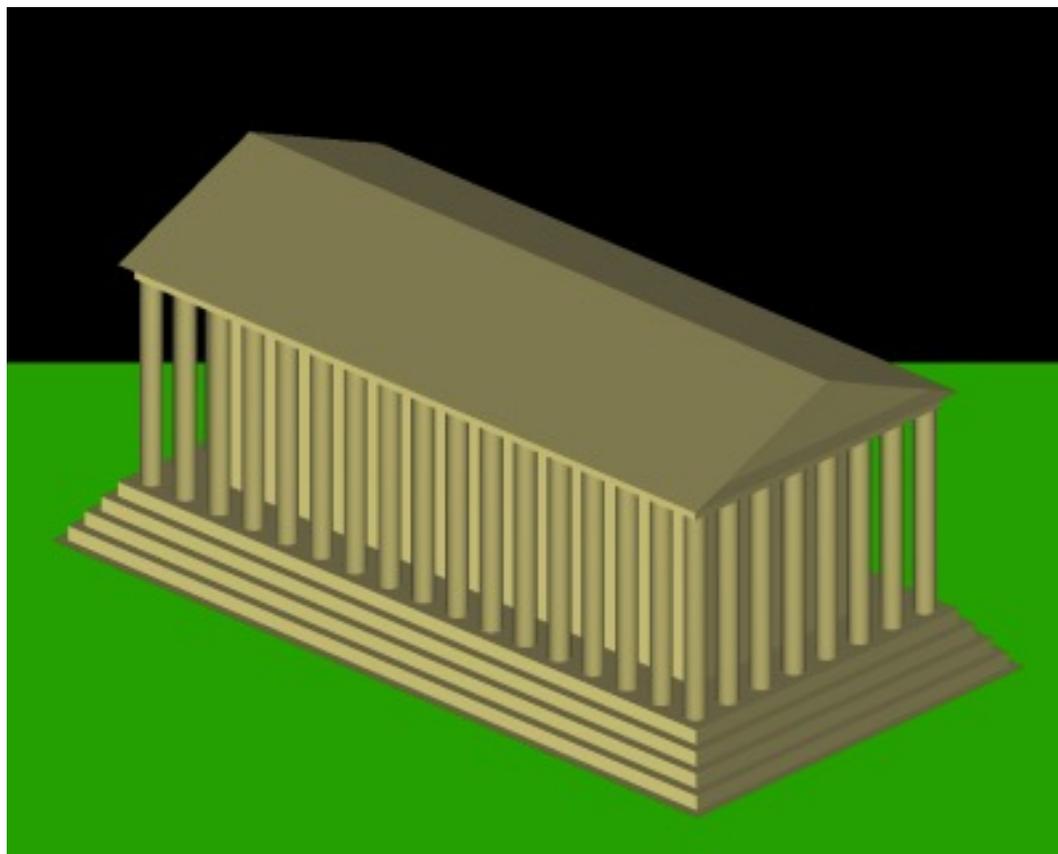
LES OMBRES



LES OMBRES

On a besoin d'au moins 2 passes de *shaders*:

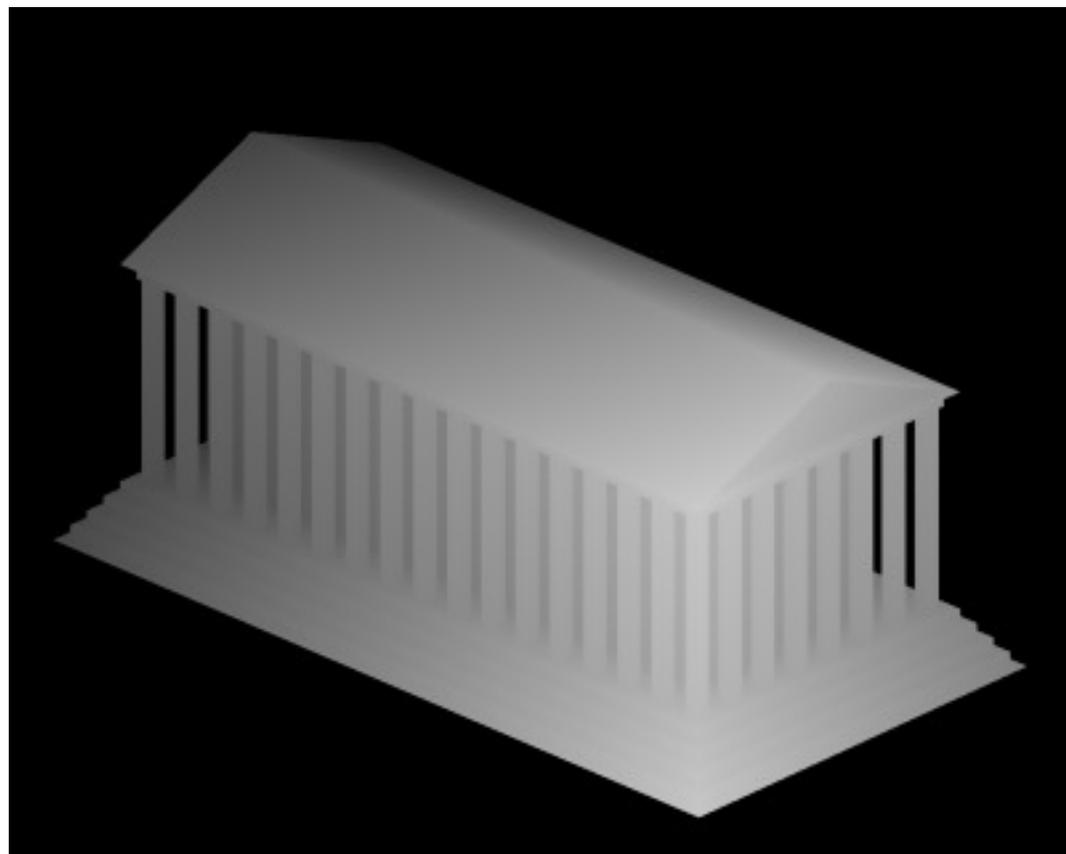
1. Rendre tout comme vu depuis la lumière



LES OMBRES

On a besoin d'au moins 2 passes de *shaders*:

1. Rendre tout comme vu depuis la lumière
Enregistrer la profondeur (tampon de profondeur, '*depth map*')

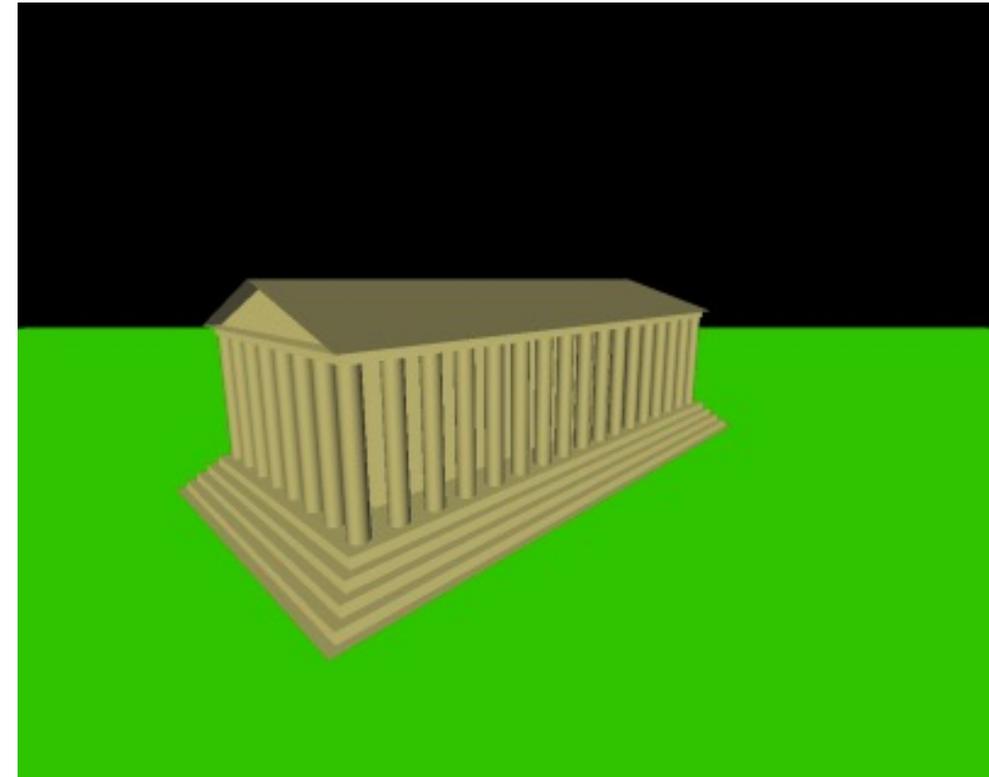


LES OMBRES (IDÉE)

On a besoin d'au moins 2 passes de *shaders*:

1. Rendre tout comme vu depuis la lumière
Enregistrer la profondeur (tampon de profondeur/ombre, '*shadow map*')
2. Maintenant, rendre tout depuis la CAMÉRA
Quand on calcule la couleur d'un fragment:

- Convertir les coordonnées dans l'espace de la lumière (x_l, y_l, z_l)
 - Prendre la profondeur $D(x_l, y_l)$
- Est-ce $z_l > D(x_l, y_l)$?
 - Oui: je suis dans l'ombre
 - Non: je suis éclairé

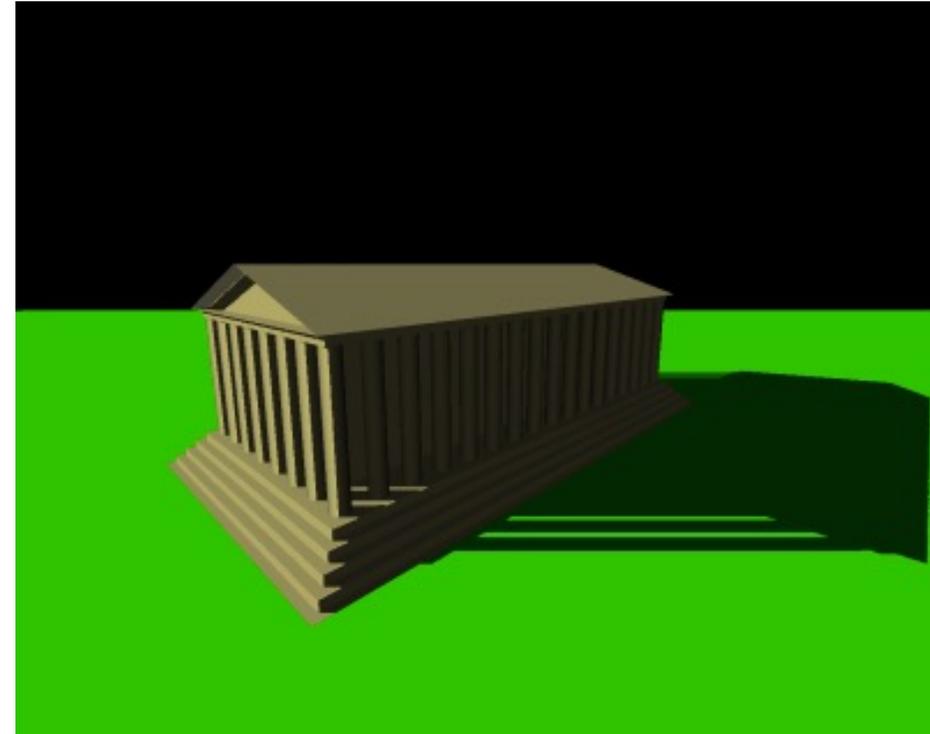


LES OMBRES (IDÉE)

On a besoin d'au moins 2 passes de *shaders*:

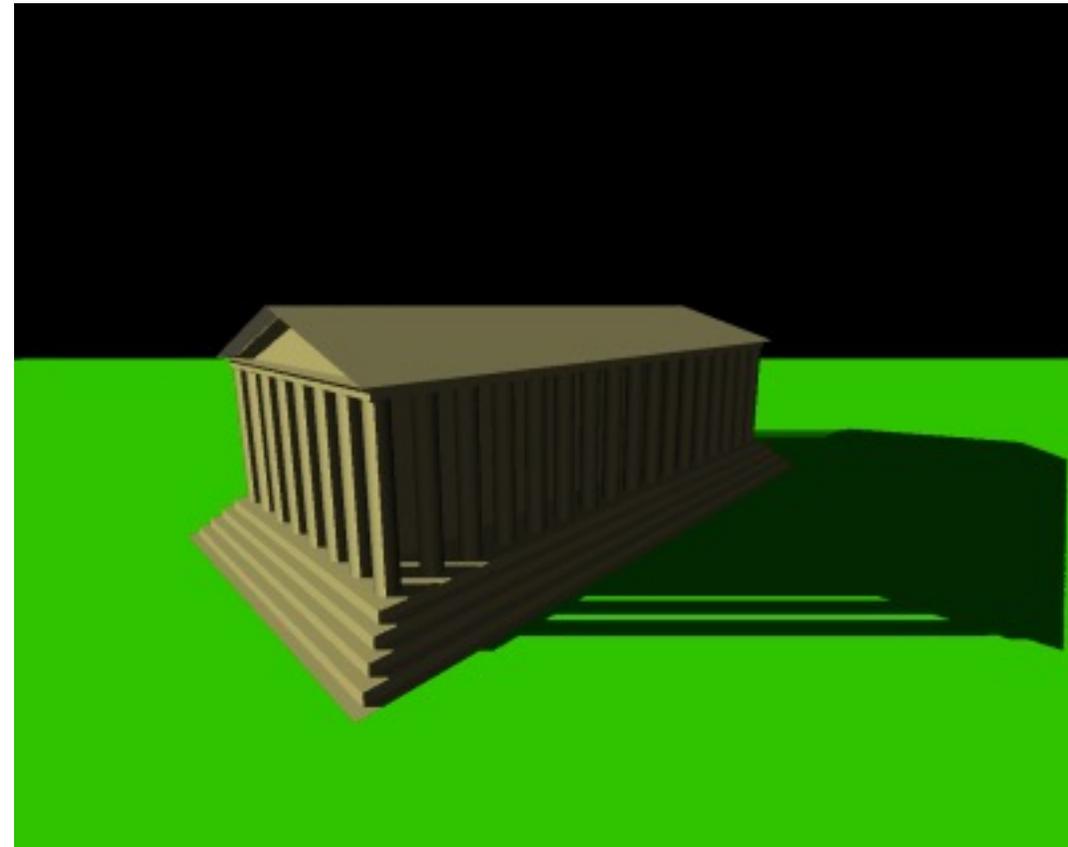
1. Rendre tout comme vu depuis la lumière
Enregistrer la profondeur (tampon de profondeur/ombre, '*shadow map*')
2. Maintenant, rendre tout depuis la CAMÉRA
Quand on calcule la couleur d'un fragment:

- Convertir les coordonnées dans l'espace de la lumière (x_l, y_l, z_l)
 - Prendre la profondeur $D(x_l, y_l)$
- Est-ce $z_l > D(x_l, y_l)$?
 - Oui: je suis dans l'ombre
 - Non: je suis éclairé



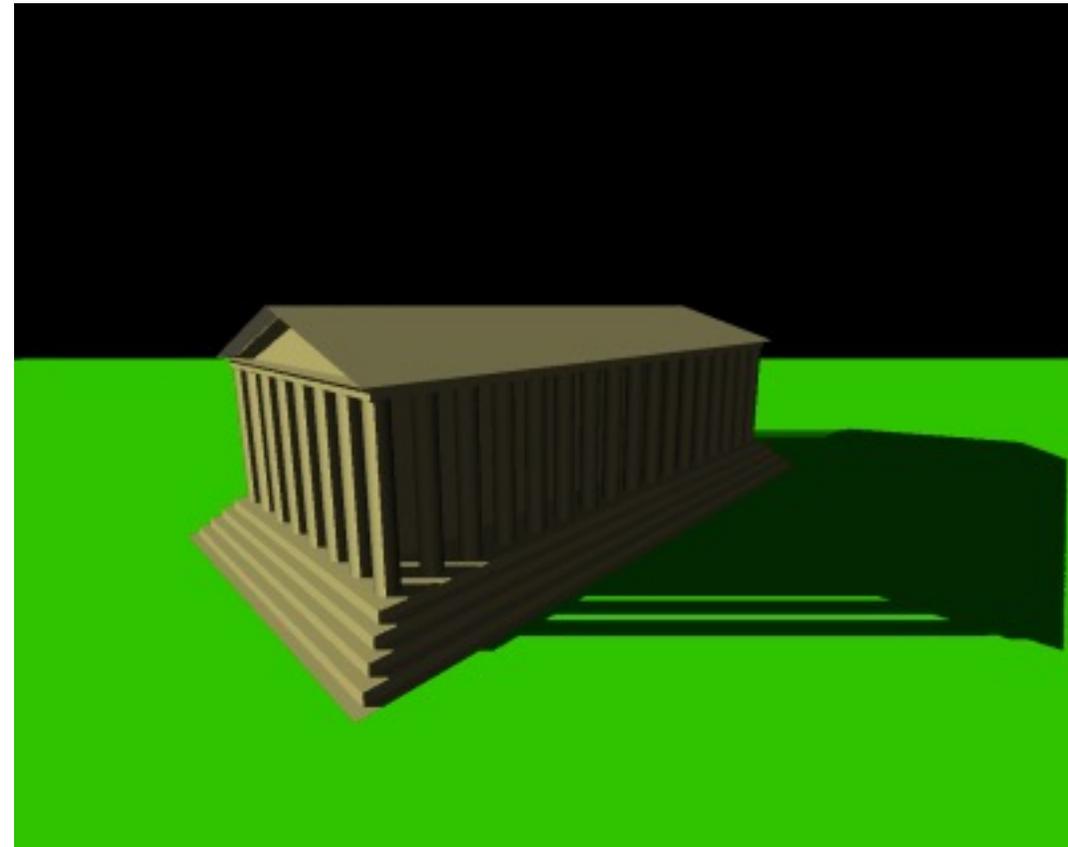
LES PROBLÈMES DE SHADOW MAPPING

- Bords d'ombre durs
 - Peut être résolu par plusieurs accès dans le shadow mapping



LES PROBLÈMES DE SHADOW MAPPING

- Bords d'ombre durs
 - Plusieurs recherches dans le *shadow mapping*
- L'aliassage d'ombre
 - Augmenter la résolution
- Acné/biais
 - Une profondeur per texel de *shadow map* + epsilon
- Plusieurs variations de *shadow mapping* essayent de résoudre ces problèmes



LES PROBLÈMES DE SHADOW MAPPING

- **Bords d'ombre durs**
 - Plusieurs recherches dans le *shadow mapping*
- **L'aliassage d'ombre**
 - Augmenter la résolution
- **Acné/biais**
 - Une profondeur per texel de *shadow map* + epsilon

