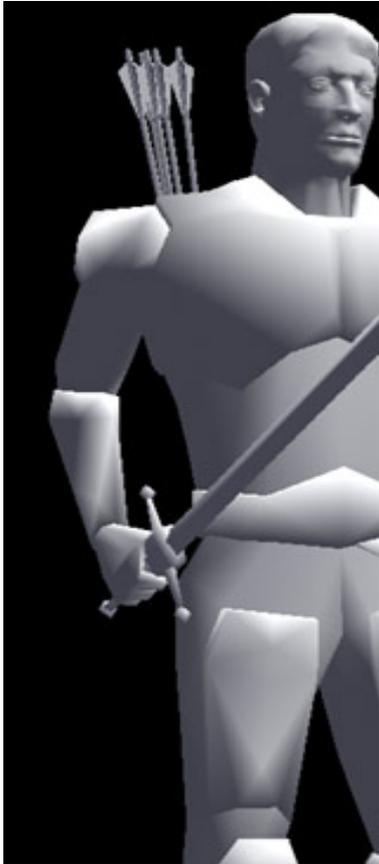
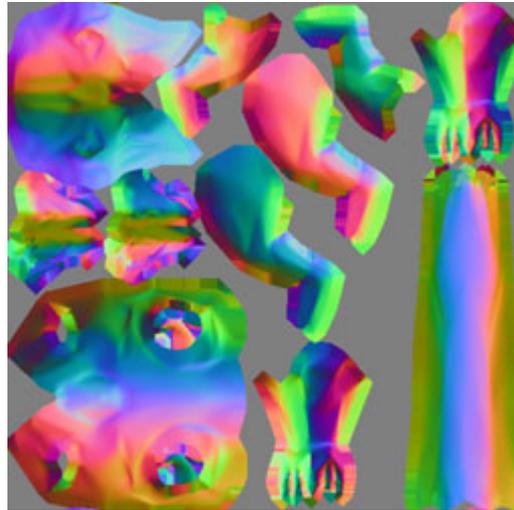


Normal mapping



+



=



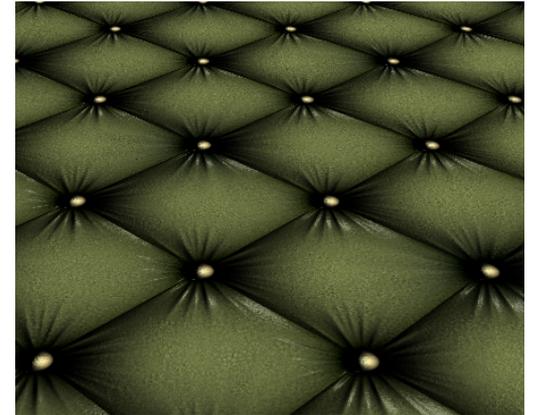
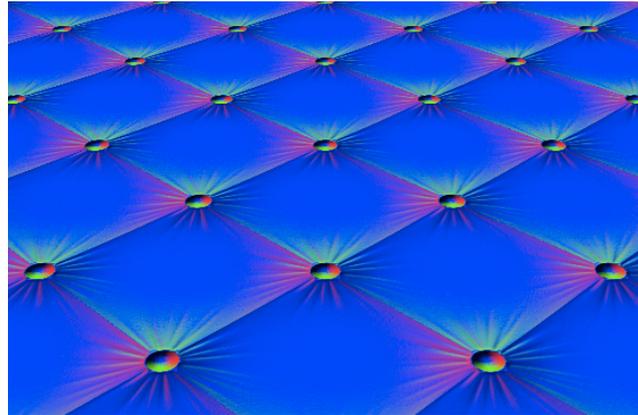
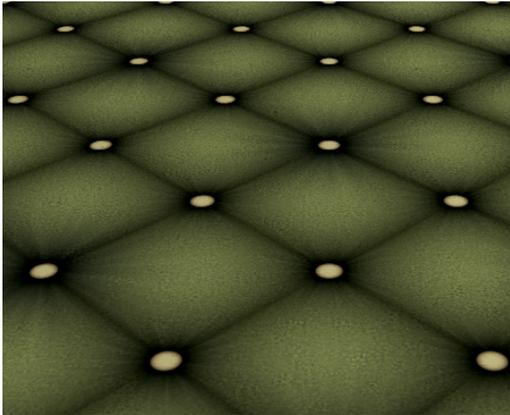
Crédits :

Gaël Guennebaud, Joëlle Thollot, Marco Salvi,
Akenine-Möller, Haines & Hoffman (« *Real-Time Rendering* », AK Peters)

Normal mapping

Idée générale

- représenter les **micro-détails** sous forme d'une **texture de normales** représentant les variations de la surface détaillée
- utiliser un maillage de basse résolution pour la rasterisation
- utiliser la carte de normales lors du *shading* **par fragment**

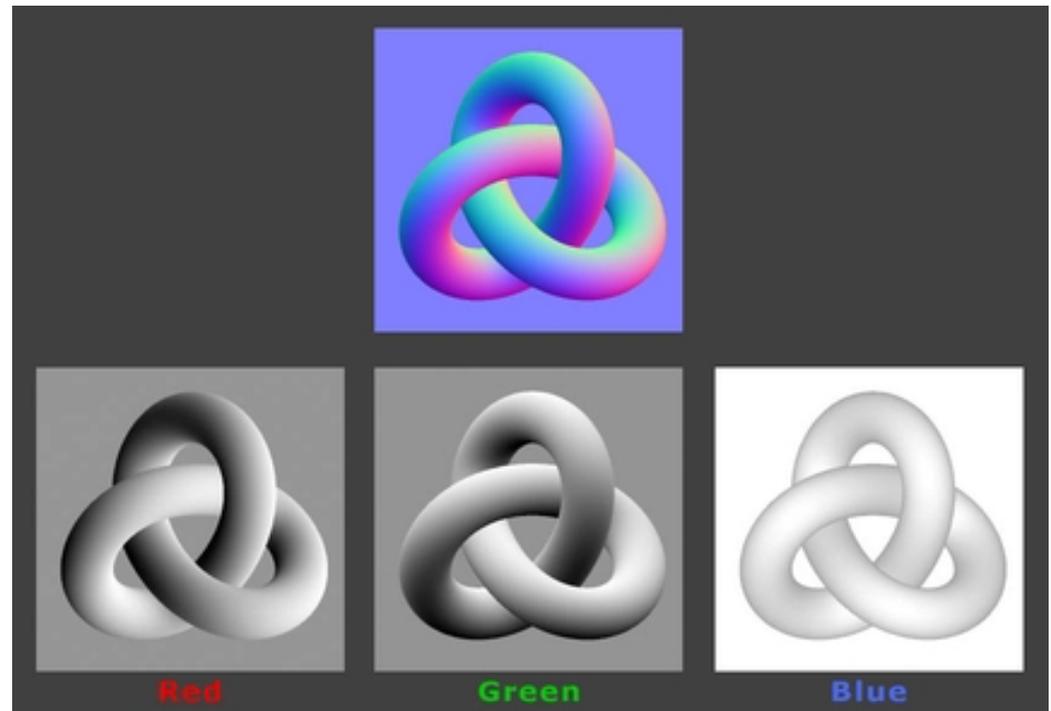


Stockage

Dans une **image RGB**

$$R = N_x, G = N_y, B = N_z$$

Mapping de $[-1,1] \rightarrow [0,1]$

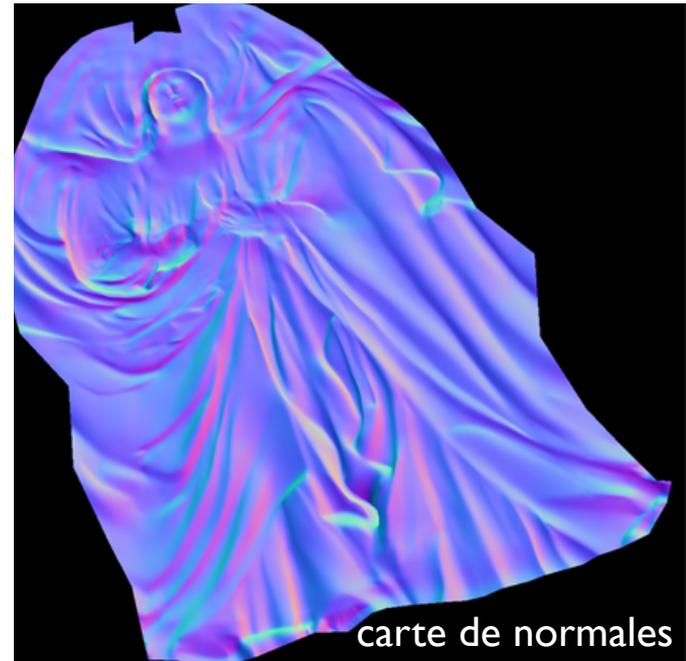
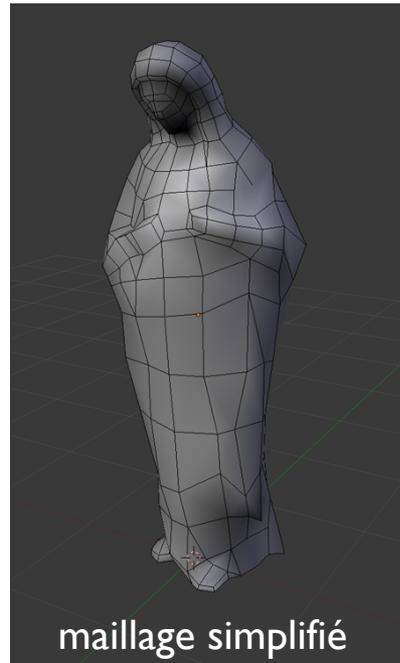
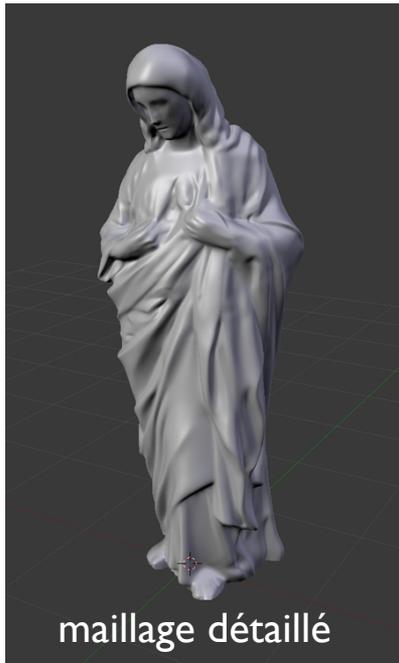


Images par Eric Chadwick

Calcul d'une carte de normales

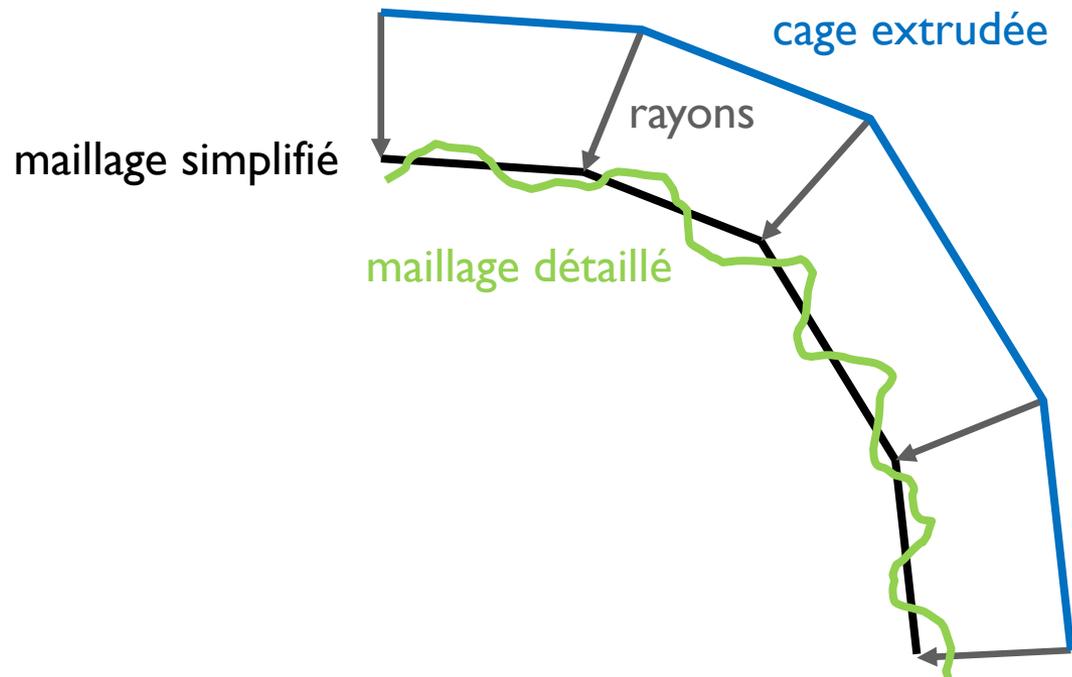
À partir d'un **maillage** 3D très détaillé

1. projeter et rasteriser le maillage simplifié dans la texture
2. pour chaque *texel*, lancer un rayon en direction du maillage détaillé
3. calculer et stocker la normale en **espace objet** ou **tangent**



Calcul d'une carte de normales

Rayon lancé depuis une **cage extrudée** à partir du maillage simplifié



http://http.developer.nvidia.com/GPUGems3/gpugems3_ch22.html

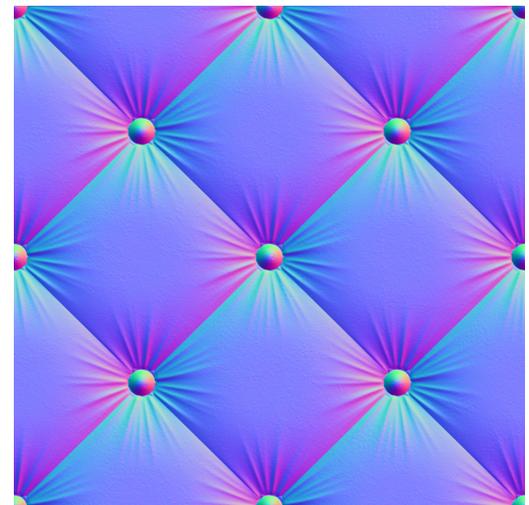
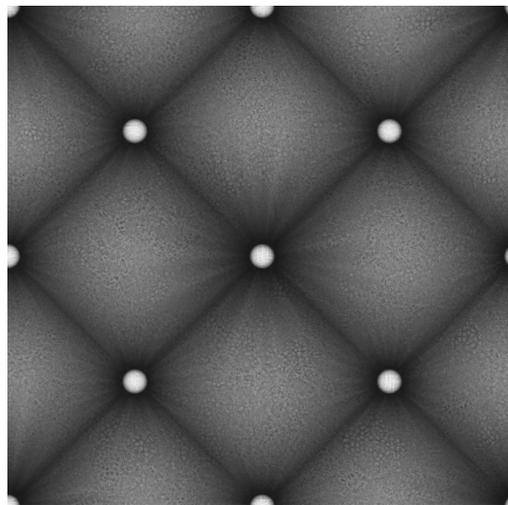
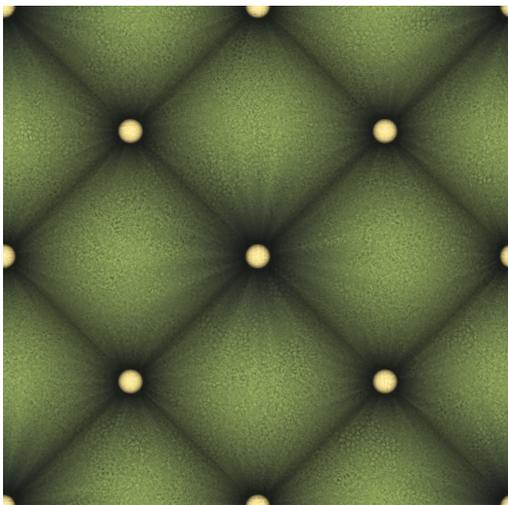
Calcul d'une carte de normales

À partir d'une **image**

1. convertir l'image en champ d'élévation (niveaux de gris)
2. calculer les normales du champ d'élévation (gradient)

Attention : les normales sont représentées dans l'espace de la texture, c.-à-d. dans l'**espace tangent**

⇒ **transformation des normales dans le repère de l'objet avant de réaliser les calculs d'éclairage !**



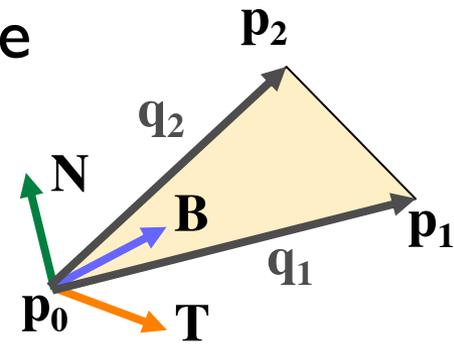
Calcul du repère tangent

Pour **un triangle**, **repère tangent** défini par :

T : tangente, **B** : cotangente, **N** : normale

Un point $\mathbf{q}(s,t)$ du triangle $\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2$ peut être définie comme : $\mathbf{q} = (s-s_0) \mathbf{T} + (t-t_0) \mathbf{B}$

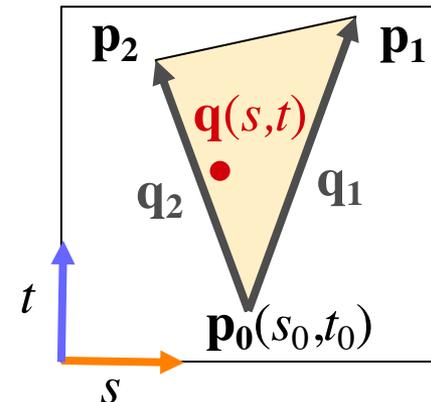
Soient $\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2$ tels que : $\mathbf{q}_1 = \mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_0$
 $\mathbf{q}_2 = \mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_0$



On veut **T, B, N** tels que : $\mathbf{q}_1 = (s_1-s_0) \mathbf{T} + (t_1-t_0) \mathbf{B}$
 $\mathbf{q}_2 = (s_2-s_0) \mathbf{T} + (t_2-t_0) \mathbf{B}$

\Rightarrow 6 équations, 6 inconnues (3 pour **T** et **B**) :

$$\begin{pmatrix} \mathbf{q}_1 & \mathbf{q}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{T} & \mathbf{B} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 - s_0 & s_2 - s_0 \\ t_1 - t_0 & t_2 - t_0 \end{pmatrix}$$



Calcul du repère tangent

$$(\mathbf{q}_1 \quad \mathbf{q}_2) = (\mathbf{T} \quad \mathbf{B}) \begin{pmatrix} s_1 - s_0 & s_2 - s_0 \\ t_1 - t_0 & t_2 - t_0 \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow (\mathbf{T} \quad \mathbf{B}) = (\mathbf{q}_1 \quad \mathbf{q}_2) \begin{pmatrix} s_1 - s_0 & s_2 - s_0 \\ t_1 - t_0 & t_2 - t_0 \end{pmatrix}^{-1}$$

$$\Leftrightarrow (\mathbf{T} \quad \mathbf{B}) = \frac{1}{s_1 t_2 - s_2 t_1} (\mathbf{q}_1 \quad \mathbf{q}_2) \begin{pmatrix} t_2 - t_0 & s_0 - s_2 \\ t_0 - t_1 & s_1 - s_0 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{(ad - bc)} \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix}$$

Calcul du repère tangent

Pour **un** sommet, **moyenne** des repères tangents des faces adjacentes (comme pour les normales)

⇒ **Ortho-normalisation** du repère en négligeant les déformations anisotropes (Gram-Schmidt)

$$\mathbf{T}' = \mathbf{T} - (\mathbf{N} \cdot \mathbf{T}) \mathbf{N}$$

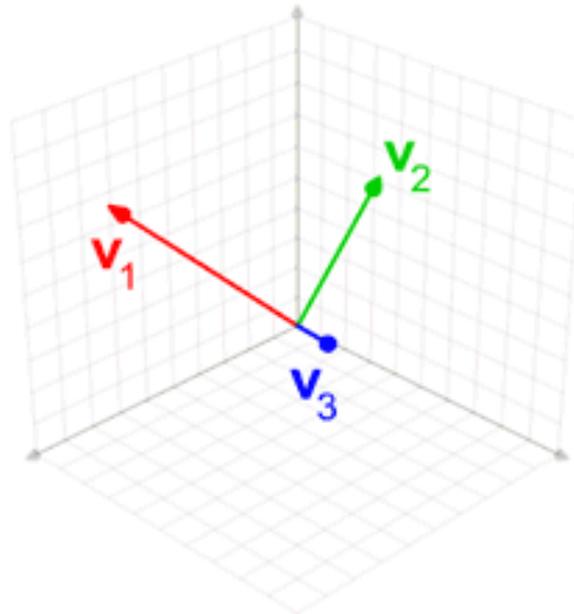
$$\mathbf{B}' = \mathbf{B} - (\mathbf{N} \cdot \mathbf{B}) \mathbf{N} - (\mathbf{T}' \cdot \mathbf{B}) \mathbf{T}' / \|\mathbf{T}'\|$$

...puis re-normaliser

Remarque : attention aux discontinuités des coordonnées de texture

Calcul du repère tangent

Ortho-normalisation de Gram-Schmidt



Calcul du repère tangent

Passage du repère tangent au repère local de l'objet :

$$\begin{pmatrix} x & y & z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{T}' & \mathbf{B}' & \mathbf{N} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s \\ t \\ r \end{pmatrix}$$

Utilisation du repère tangent

Au chargement de l'objet :

calcul des repères tangents \mathbf{N} , \mathbf{T}' , \mathbf{B}' par sommet

Optimisation :

on peut ne stocker que les vecteur \mathbf{N} , \mathbf{T}' et l'entier m ,
tel que: $\mathbf{B}' = m (\mathbf{N} \times \mathbf{T}')$ avec $m = \pm 1 = \det(\mathbf{T}' \mathbf{B}' \mathbf{N})$

Utilisation du repère tangent

Au moment du rendu :

1. envoi des repères tangents (\mathbf{N} , \mathbf{T}' , \mathbf{B}') au vertex shader
2. interpolation des vecteurs par le *rasterizer*
3. re-normalisation des vecteurs dans le fragment shader
4. lecture de la carte des normales
5. *remapping* de la normale de $[0,1] \rightarrow [-1,1]$
6. transformation de la normale du repère tangent vers le repère local, puis vers celui de la vue
7. calcul de l'éclairement

Bump vs. Normal Map

Bump mapping

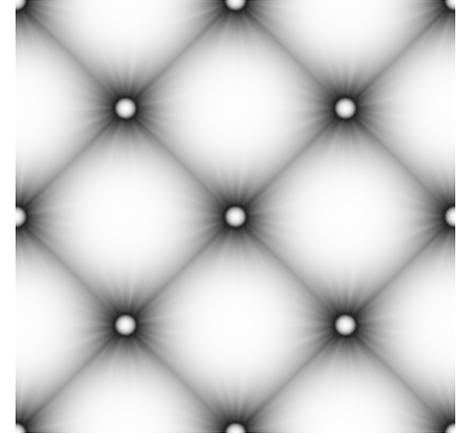
- Stockage de la **hauteur de la surface**
- Calcul du gradient à la volée pour obtenir le déplacement dans le plan tangent

Normal mapping

- Stockage direct des **normales perturbées**

Extensions

- *Parallax mapping* : déplacement des coordonnées de texture
- *Displacement mapping* : déplacement de la géométrie



Texture diffuse



Normal mapping



Parallax mapping



Displacement mapping

