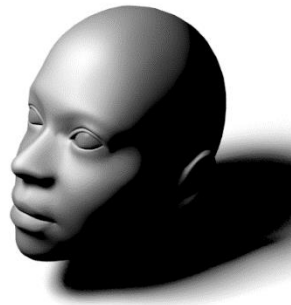


Informatique Graphique 3D & Réalité Virtuelle
Synthèse d'Images
Ombrage

Tamy Boubekour

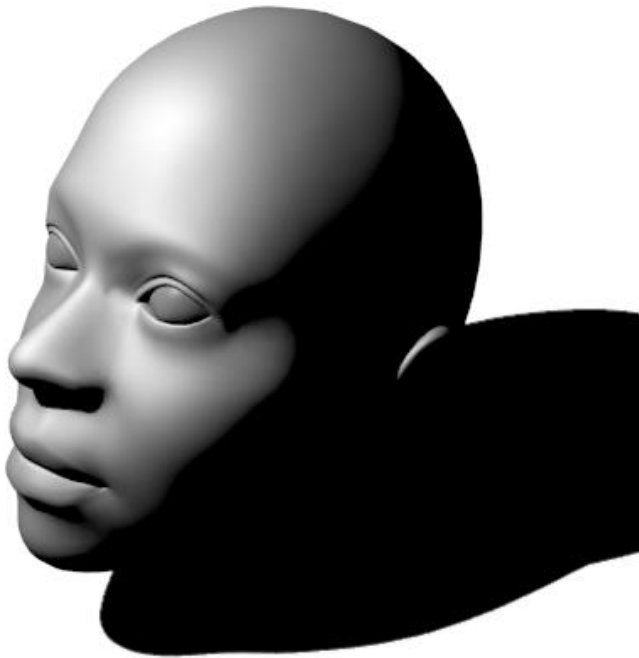


Ombres

Pour tout point/pixel, déterminer

- s'il est éclairé par une source lumineuse (ombres dures)
- si oui, dans quelle proportion (ombres douces, pénombre produite par les sources étendues)

Dures

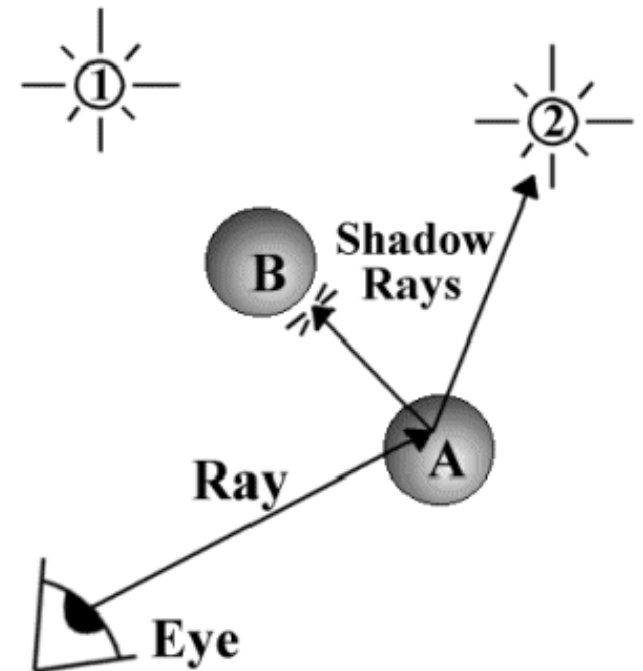


Douces



Ombre par lancer de rayon

1. Tracer un rayon entre le point p et la source l
 2. Si aucune intersection avec une autre objet:
ajouter la contribution de l à p
- simple mais lent
 - Ombre douce: tracer n rayons entre p et un ensemble de points distribué sur la surface de source (étendue)



Ombre en Temps-réel

Deux méthodes principales :

- Cartes d'Ombres (Shadow Maps)
- Volumes d'Ombres (Volume Shadow)



Carte d'Ombres (Shadow Mapping)

- **Passe d'ombre** : générer une carte de profondeur (eq. Z-Buffer) $SM[I]$ depuis la source lumineuse I (eq. caméra)
- **Passe principale** :
 - Calculer les coordonnées (x,y,z) de chaque point de l'image dans le repère de la source lumineuse
 - Si $SM[I](x,y) < z$ alors le point est dans l'ombre et I ne contribue pas à son éclairage
 - Sinon, calculer l'éclairage en x,y pour I .

- Permet de calculer un ombrage:

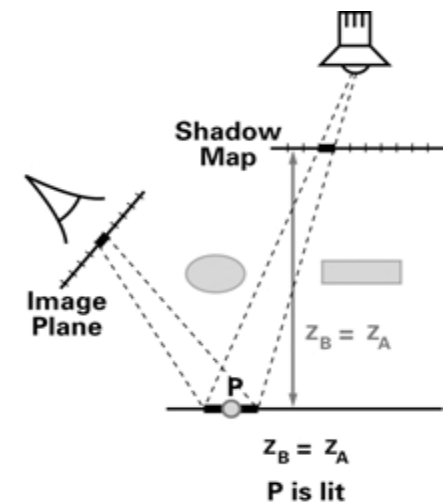
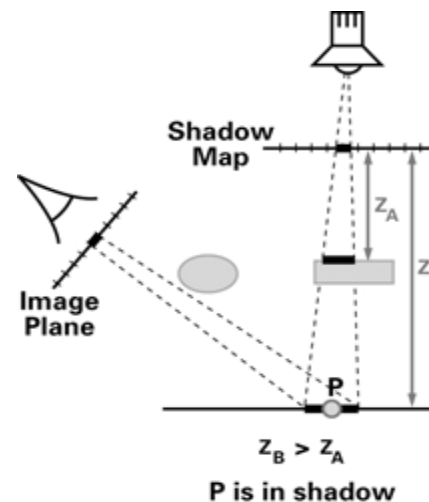
- Dur
- Pour une source de type « spot »
- A une précision fixée



Carte d'Ombre

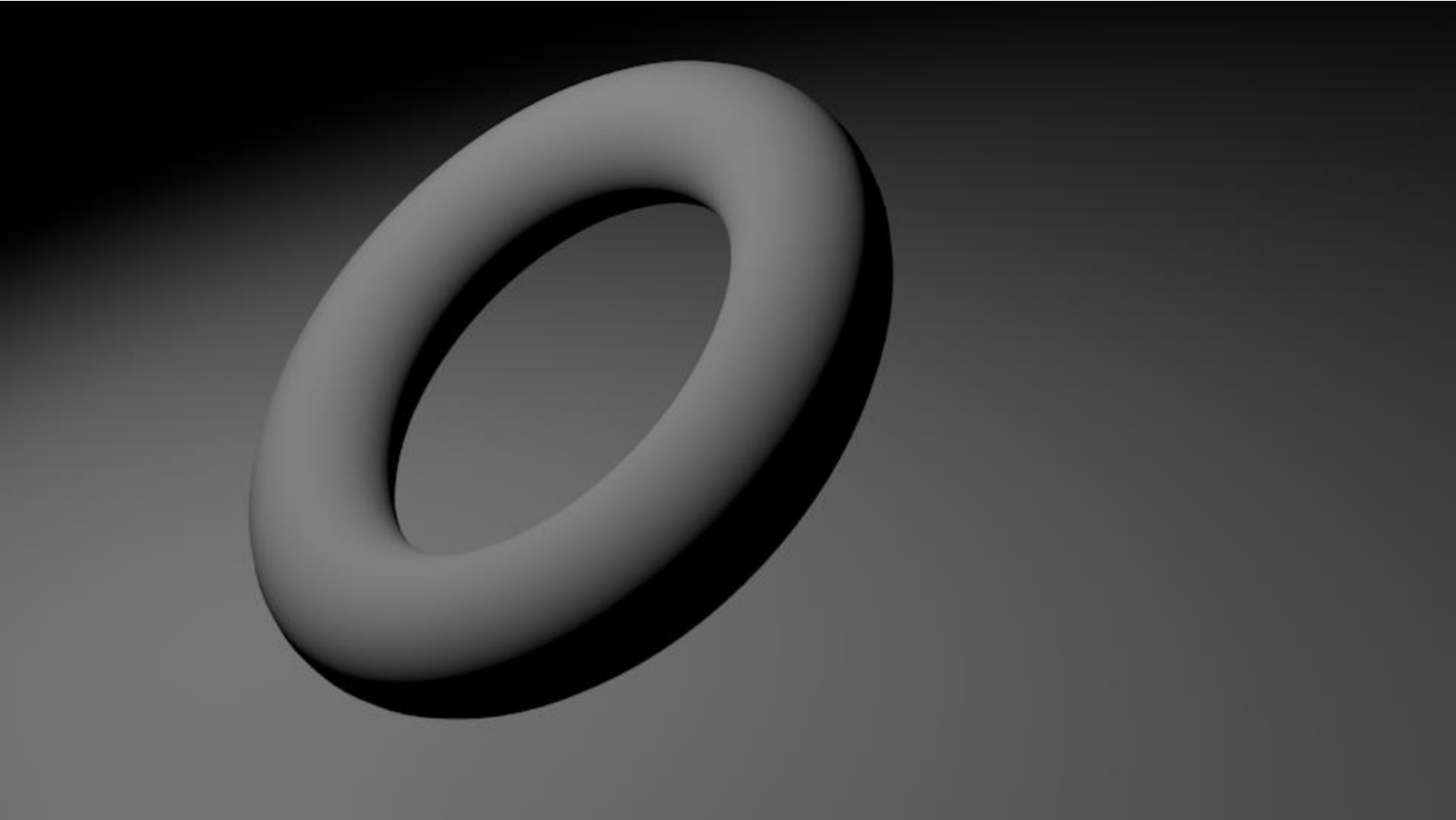


Rendu Ombré

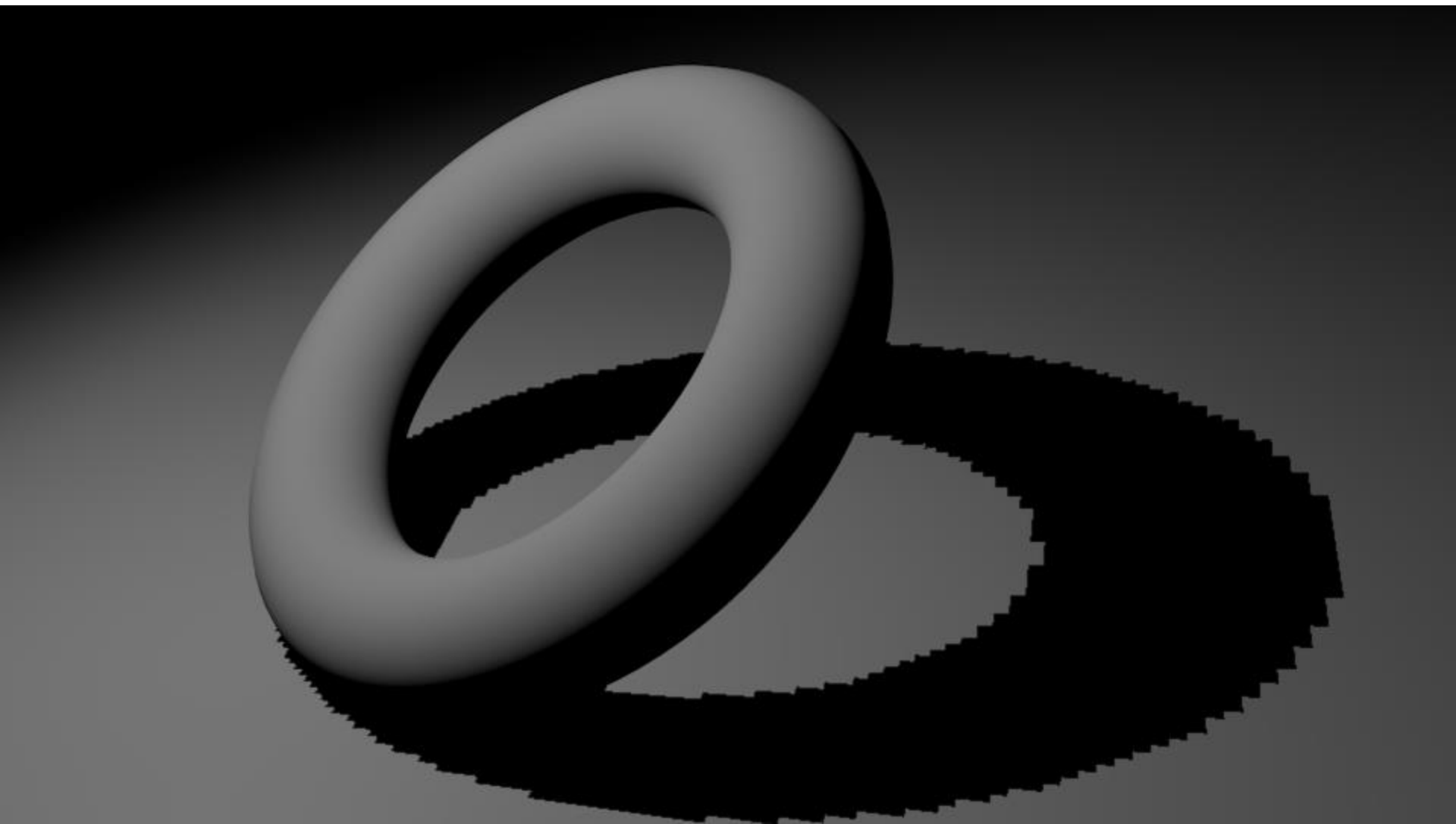


Carte d'Ombres Améliorées

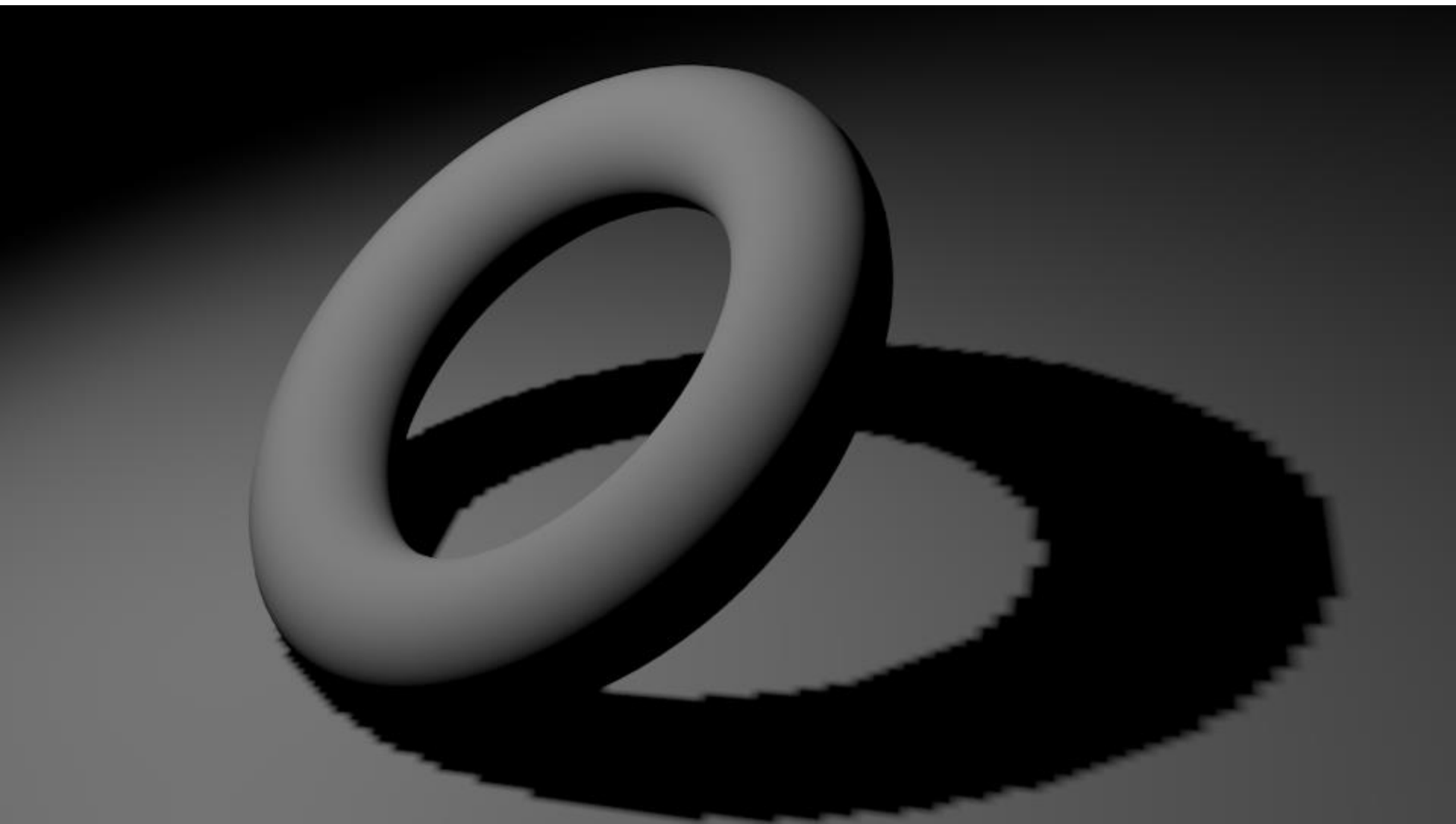
- Filtrage :
 - Interpolation linéaire de la carte d'ombre
 - *Percentage-Closer Filtering* (PCF) : similaire à l'interpolation, sur un patch 5x5 texel dans l'espace de la carte d'Ombre
 - *Variance Shadow Mapping*
- Ombre douce (*Soft Shadow Maps*) :
 - Donne virtuellement une aire à la source lumineuse
 - Approximée via un filtrage dynamique de la carte d'ombre et une estimation de la pénombre basée sur la distance
 - Exemple : *Percentage-Closer Soft Shadows* (PCSS)



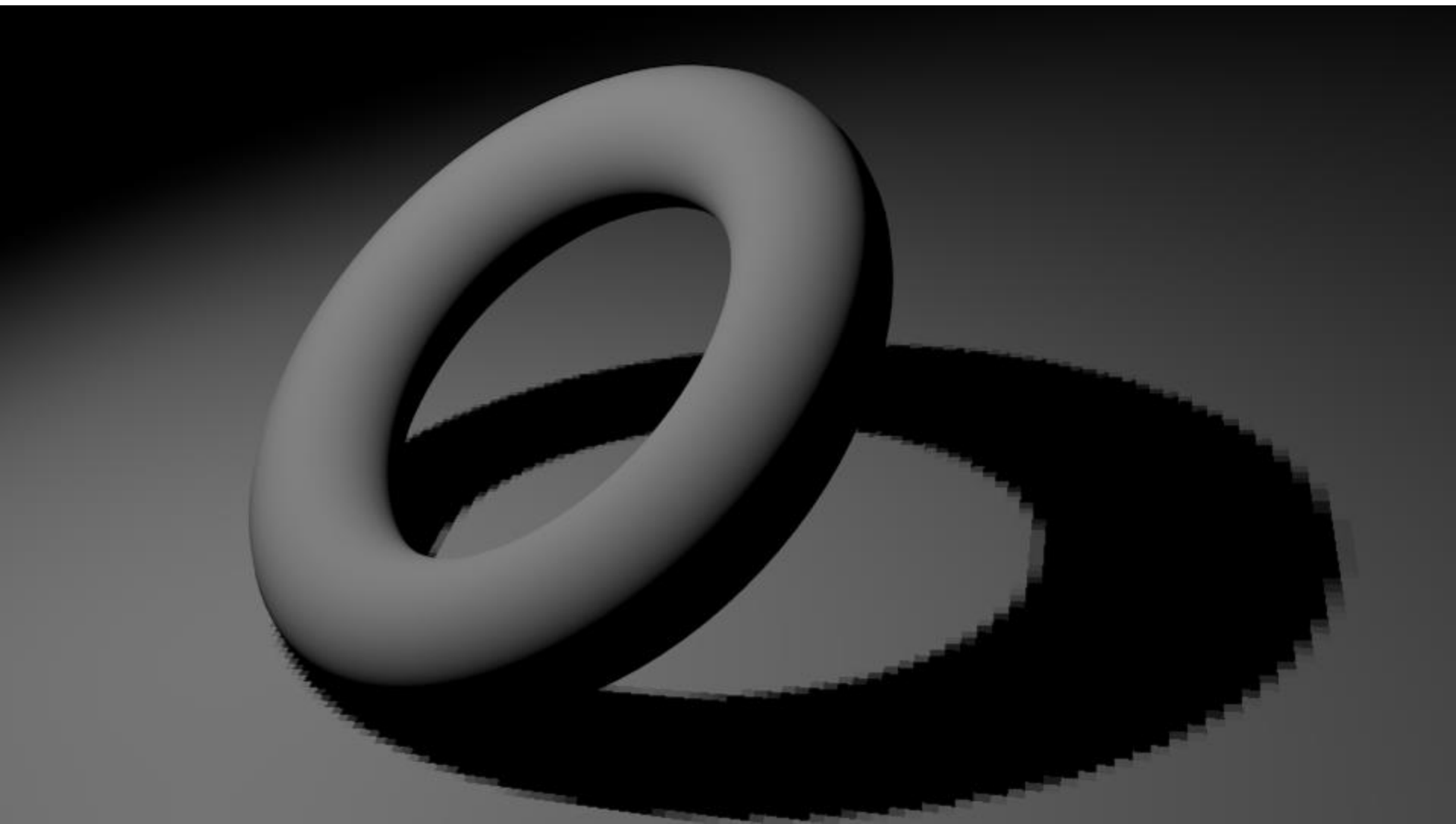
Sans carte d'ombre.



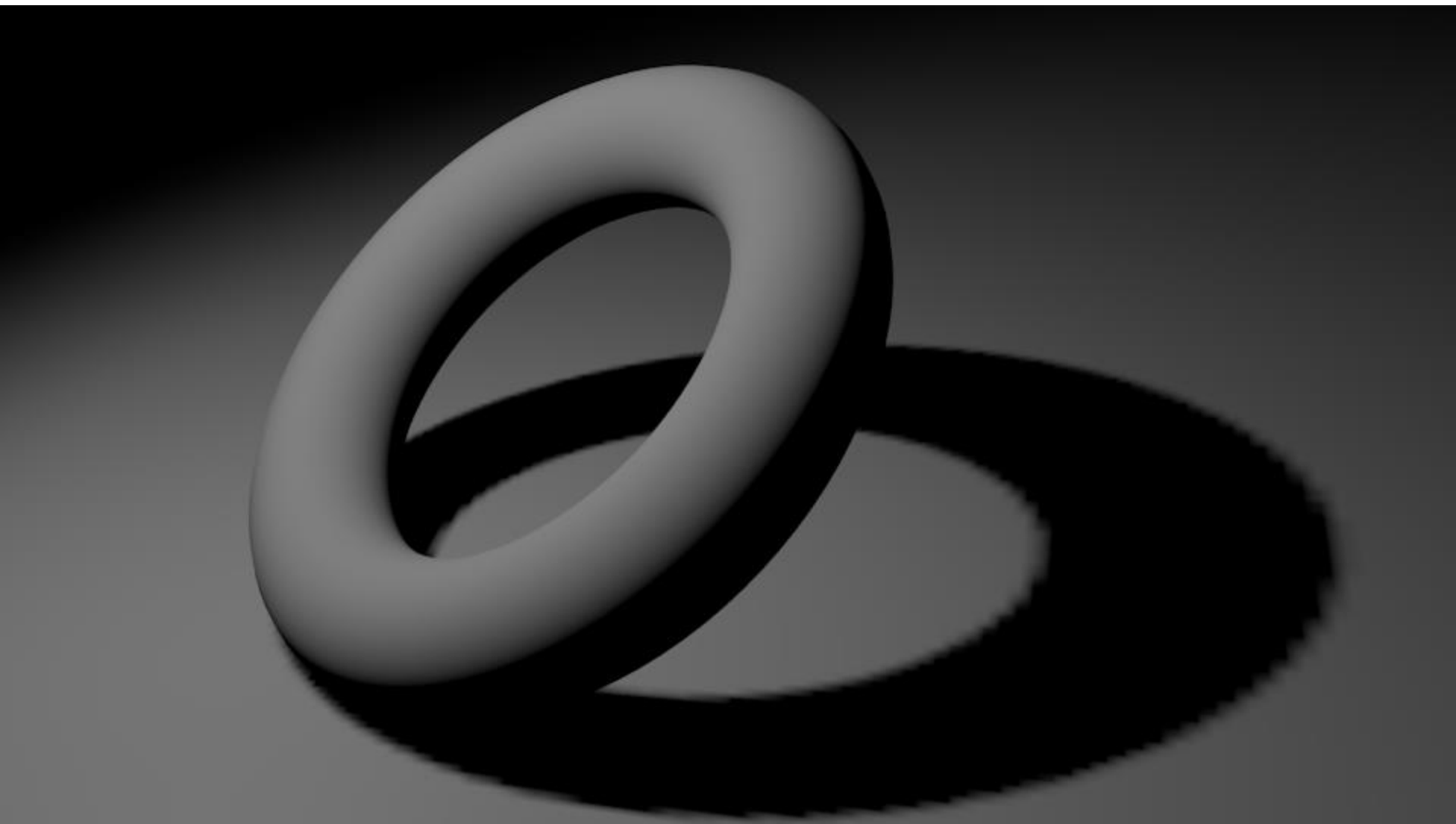
Carte d'ombre 128x128.



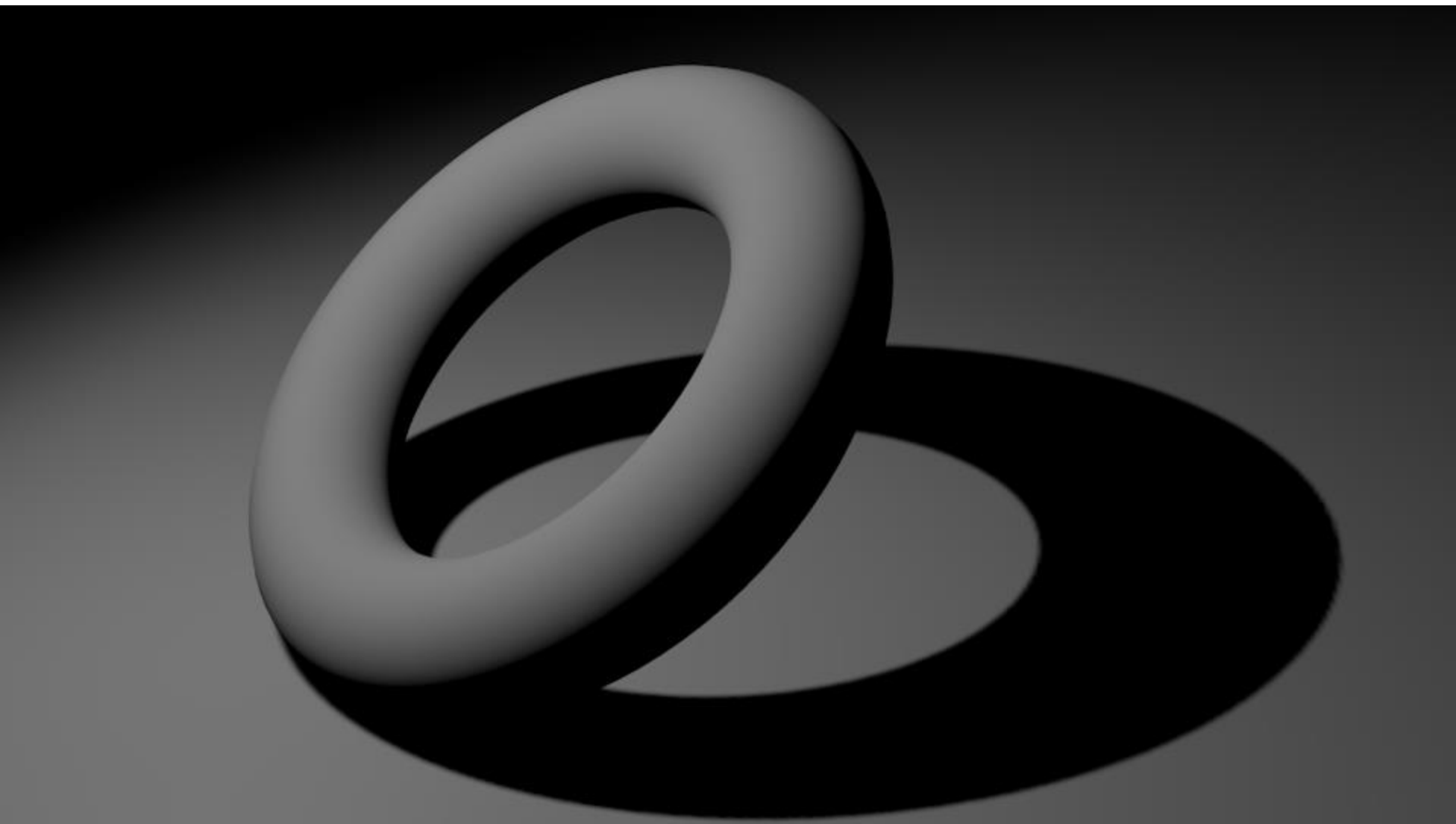
Carte d'ombre 128x128 interpolée.



Carte d'ombre 128x128 PCF.



Carte d'ombre 128x128 Interpolée PCF.



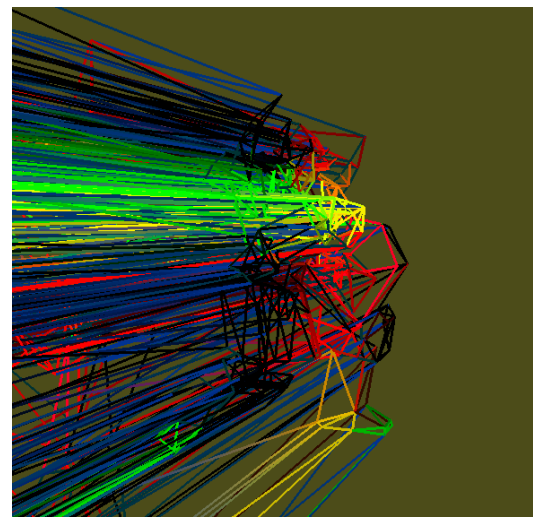
Carte d'ombre 4096x4096 Interpolée PCF.



Carte d'ombre 4096x409 6PCSS.

Volumes d'Ombres

- Calculer les silhouettes des objets 3D depuis le point de vue de la source lumineuse I
- Générer un volume d'ombre $VS[I]$ par extrusion de la silhouette le long de la direction d'éclairage
- Pour chaque pixel p
 - tester si p intersecte $VS[I]$ avant d'ajouter la contribution de I à l'éclairage de p
- Ombres douces possible via les Volumes de Pénombre (*Penumbra wedges*)



**Volumes
d'ombre**

Shadow Maps vs Shadow Volumes

	+	-
Shadow Maps	<ul style="list-style-type: none">•Rapide•Peu dépendent de la taille de la scène•Ombre douces simple•Support GPU (1 pass + 1 textures)	<ul style="list-style-type: none">•Robustesse•Perspective•Grandes zones
Shadow Volumes	<ul style="list-style-type: none">•Robuste	<ul style="list-style-type: none">•Lent•Ombres douces plus difficile

Ambient Occlusion

- *Ambient Occlusion (AO)*
- Approxime un sous-ensemble des effets produits par l'éclairage global
 - **Ombrage** indirect
- Idée:
 - ajouter une facteur *d'obscurité* à chaque point
 - Calculé en évaluant la proportion d'objets occulteurs dans un voisinage proche
 - « bloquage » de la lumière par l'environnement proche



Sans AO

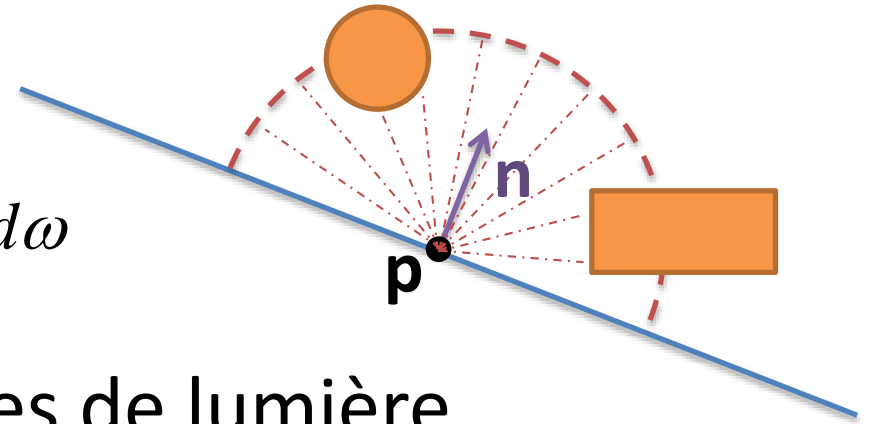


Avec AO

AO: Principe

- Quantité de lumière “bloquée” par les objets voisins

$$A(p, n) = \frac{1}{\pi} \int_{\omega \in \Omega} V(p, \omega) \langle \omega, n \rangle d\omega$$



- Independent des sources de lumière
- Habituellement évaluée par lancer de rayon

$$\dot{A}(p, n) = \frac{1}{m\pi} \sum_{\omega_i \in \{\omega_1, \omega_m\}} V_{d_{\max}} (p, \omega) \langle \omega, n \rangle$$

Position et normale en 1 point (under p)
rayons (under ω_i)
Produit scalaire (above $\langle \omega, n \rangle$)
0 si intersection, 1 sinon (below $V_{d_{\max}}$)

Rendu avec AO

- Cas d'une surface diffuse (BRDF de Lambert)

$$- L_o(\omega_o) = \frac{k_d}{\pi} \left(\pi \cdot AO(p, n) + \sum_{i=1}^n L_i(\omega_i) \langle n, \omega_i \rangle \right)$$

Inclus le test de visibilité/ombre

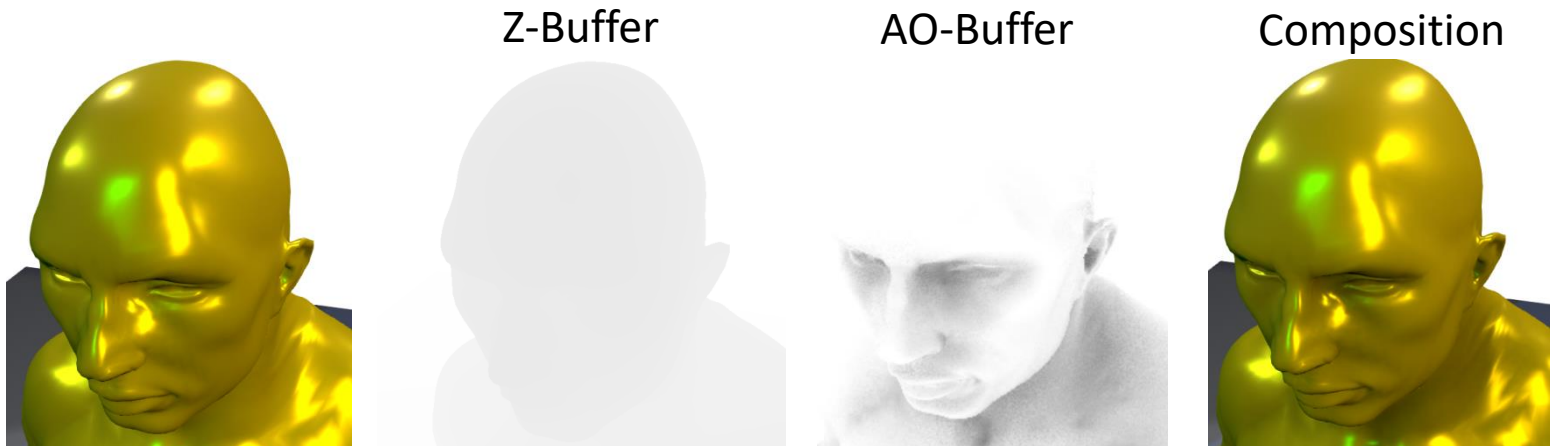
- Cas d'une BRDF spéculaire

$$- L_o(\omega_o) = \frac{k_a}{\pi} \left(\pi \cdot AO(p, n) + \sum_{i=1}^n L_i(\omega_i) f_s(\omega_i, \omega_o) \langle n, \omega_i \rangle \right)$$

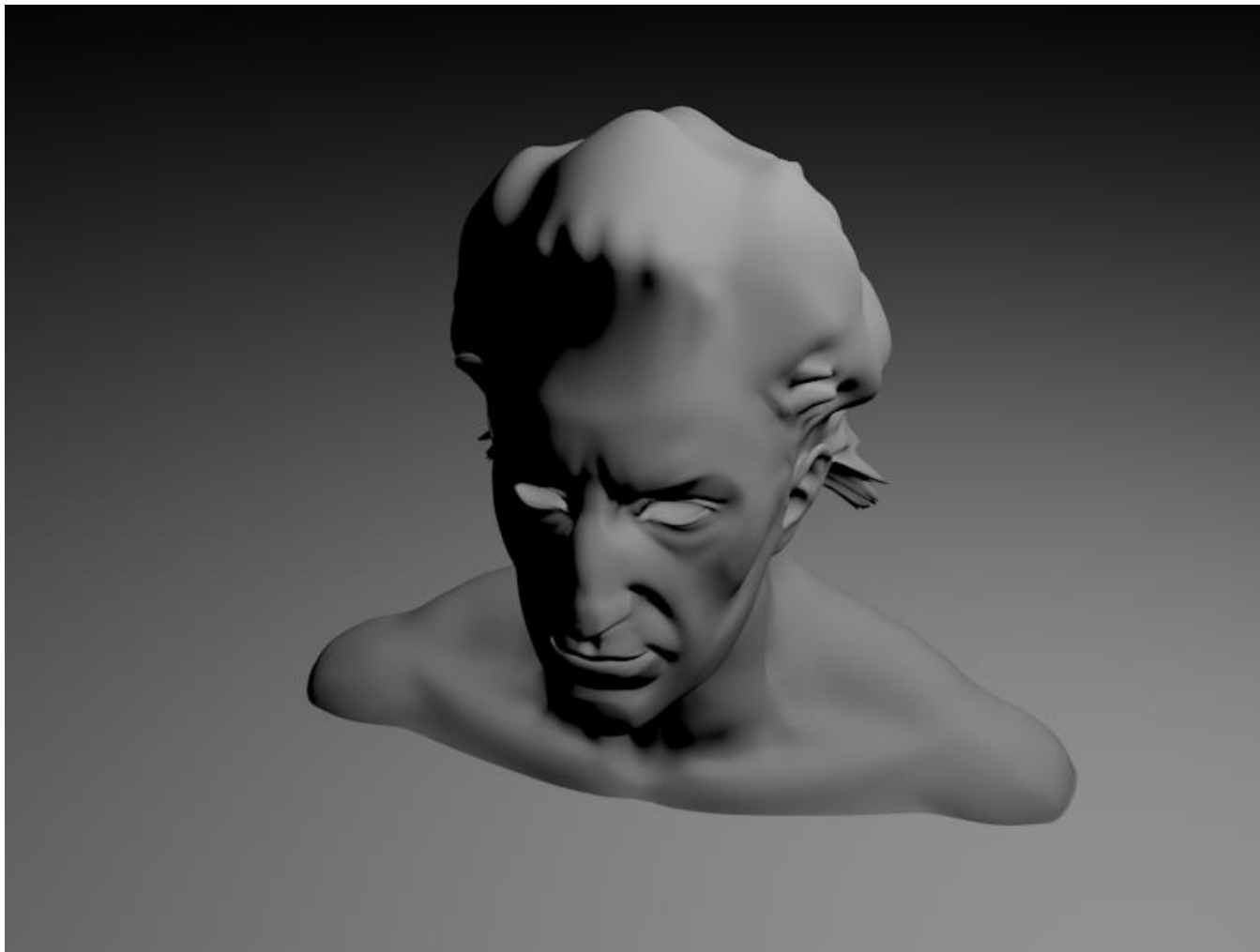
Couleur de l'éclairage ambiant

AO: Temps-réel

- Recherche exhaustive de bloqueurs couteuse
- Approximation : substituer le Z-Buffer à la géométrie de la scène (*Screen-Space Ambient Occlusion / SSAO*)
 - Modèle géométrique *random-accessible*
 - Parcours cohérent facile – le Z-Buffer est une simple image de profondeur
 - Déjà calculé par ailleurs pour résoudre la visibilité caméra

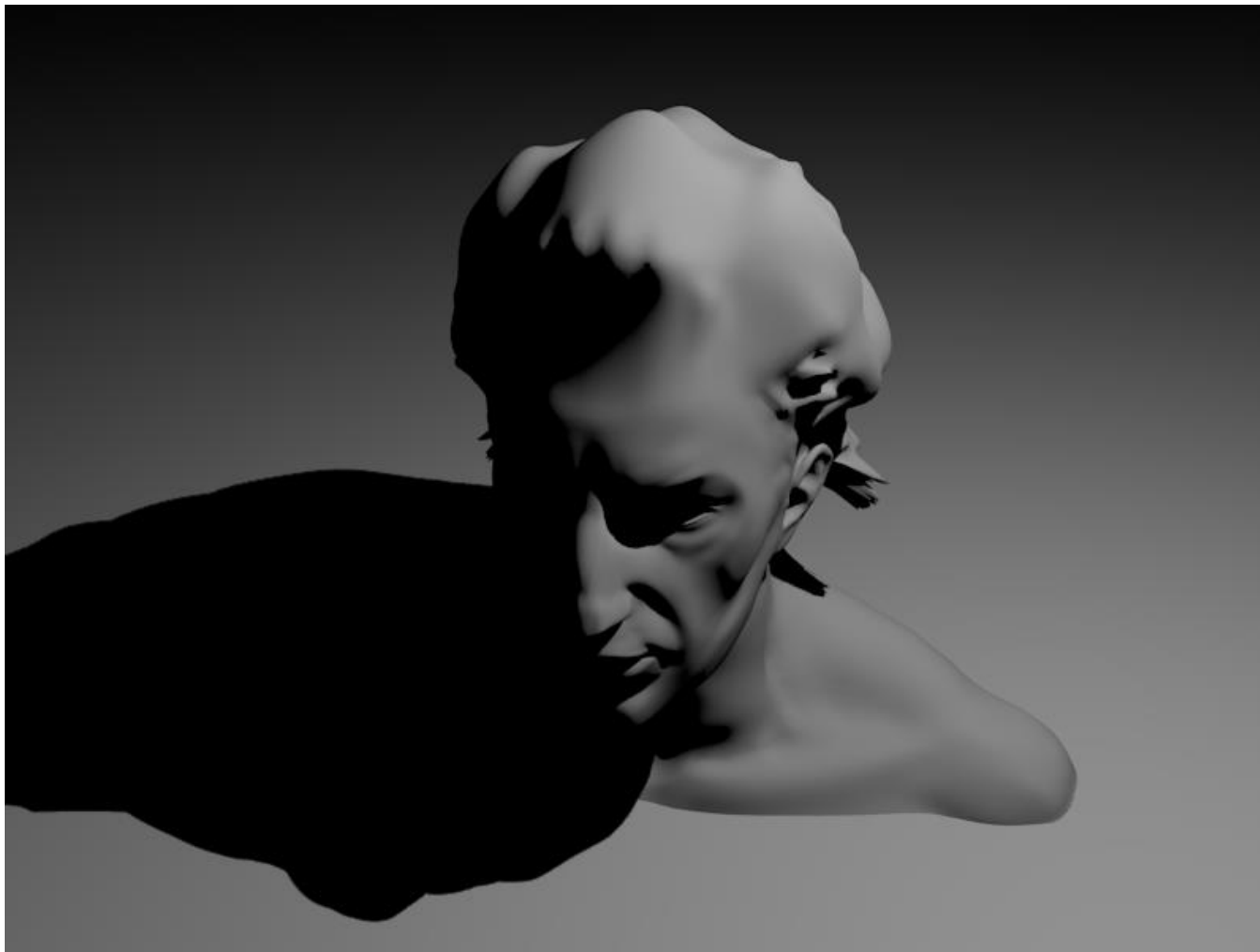


AO: Exemple



Eclairage Direct

AO: Exemple



Eclairage Direct

Cartes d'Ombre

AO: Example



Ambient Occlusion

AO: Exemple

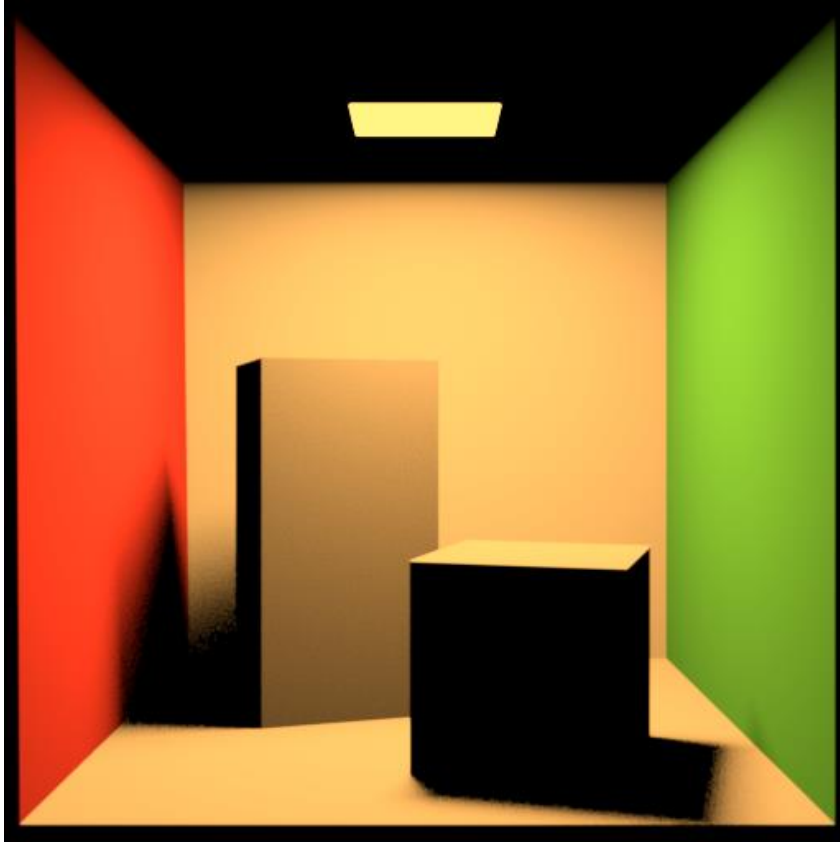


Eclairage Direct

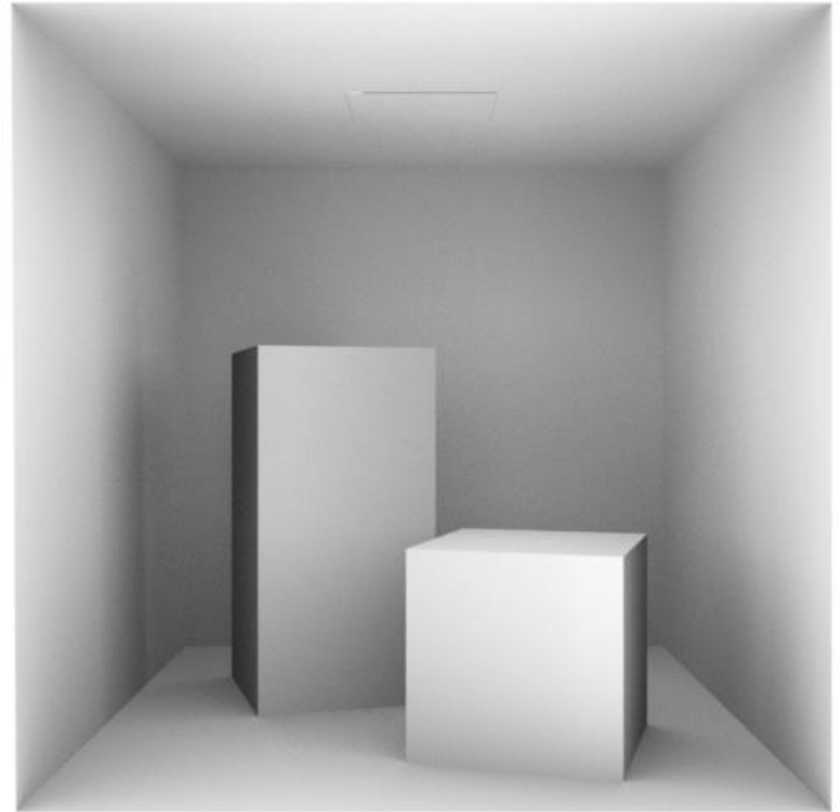
Cartes d'Ombre

Ambient Occlusion

Terme AO



Eclairage direct



Ambient Occlusion

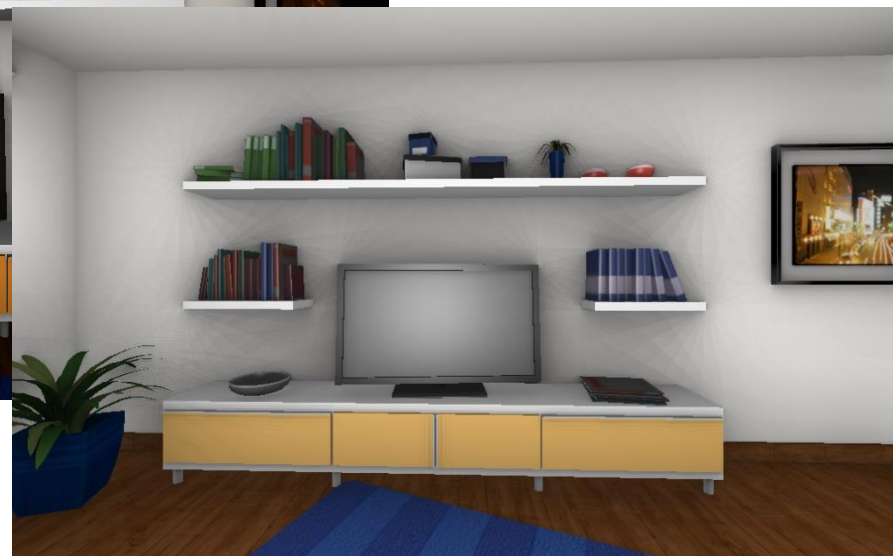
AO & Tone Mapping



Sans AO
Sans Tone Mapping



AvecAO
Sans Tone Mapping



*Avec AO
Avec Tone Mapping*