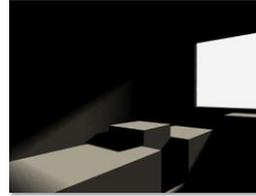


Illumination gloable

Éclairage direct vs. indirect



Direct :
propriétés locales



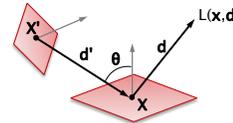
Indirect :
problème global

Illumination globale

- › Interactions entre objets
- › Transport de la lumière
- › Réflexions, réfraction, diffusion
- › Conservation de l'énergie lumineuse



Équation de l'éclairage



$$L(x, d) = E(x, d) + \int_S \rho(x, d, d') v(x, x') \cos(\theta) dL(x, d')$$

Radiance **Émittance** **Réfectance** **Visibilité**
Watt/m²/sr

- › Énergie lumineuse en un point =
énergie émise + énergie réfléchie

Solution formelle : impossible !!!

Trois approximations

- › **Lancé de rayon**
 - Lois de l'optique
 - Tous les objets sont spéculaires
- › **Radiosité**
 - Transferts d'énergie entre tous les objets
 - Tous les objets sont diffus
- › **Monte Carlo**
 - Approche probabiliste



Lancer de rayon

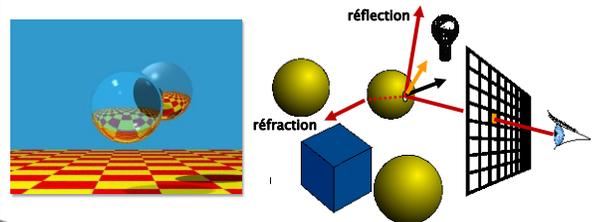
Lancer de rayon

- ▶ **Ray casting, ray tracing** : rayons imaginaires du point d'observation vers la scène.
- ▶ Un rayon est lancé pour chaque pixel de l'image.
- ▶ La couleur du pixel est déterminée à partir de l'illumination du point de la surface intersectée par le rayon.
- ▶ On peut pour cela utiliser les modèles d'illumination locale (Gouraud, Phong).

7

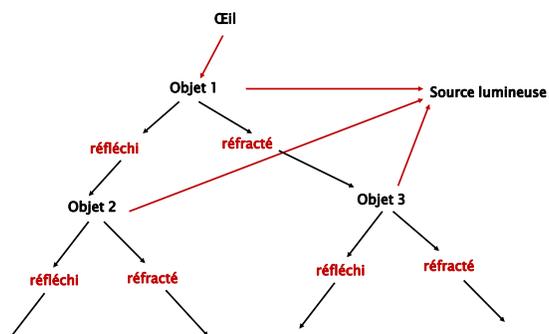
Extension du modèle

- ▶ Trois nouveaux rayons sont générés : un rayon **réfracté**, un rayon **réfléchi**, un rayon **d'ombre**



8

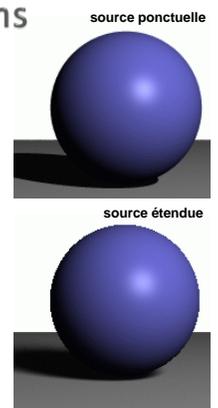
L'arbre des rayons



9

Encore plus de rayons

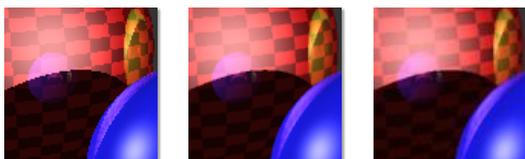
- ▶ Ombres douces
 - plusieurs rayons par source de lumière étendue



10

Encore plus de rayons

- ▶ Ombres douces
 - plusieurs rayons par source de lumière étendue
- ▶ Anti-aliasing
 - plusieurs rayons par pixel



1 rayon

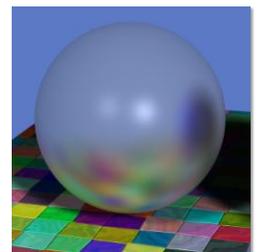
2 rayons

3 rayons

11

Encore plus de rayons

- ▶ Ombres douces
 - plusieurs rayons par source de lumière étendue
- ▶ Anti-aliasing
 - plusieurs rayons par pixel
- ▶ Réflexion « glossy »
 - plusieurs rayons réfléchis



12

Encore plus de rayons

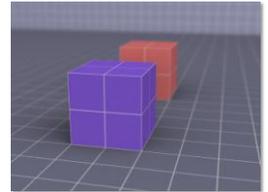
- Ombres douces
 - plusieurs rayons par source de lumière étendue
- Anti-aliasing
 - plusieurs rayons par pixel
- Réflexion « glossy »
 - plusieurs rayons réfléchis
- Flou cinétique
 - plusieurs rayons au cours du temps



13

Encore plus de rayons

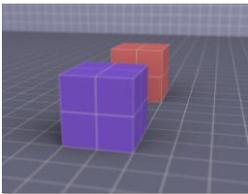
- Ombres douces
 - plusieurs rayons par source de lumière étendue
- Anti-aliasing
 - plusieurs rayons par pixel
- Réflexion « glossy »
 - plusieurs rayons réfléchis
- Flou cinétique
 - plusieurs rayons au cours du temps
- Profondeur de champ
 - plusieurs rayons par pixel en considérant une lentille



14

Encore plus de rayons

- Ombres douces
 - plusieurs rayons par source de lumière étendue
- Anti-aliasing
 - plusieurs rayons par pixel
- Réflexion « glossy »
 - plusieurs rayons réfléchis
- Flou cinétique
 - plusieurs rayons au cours du temps
- Profondeur de champ
 - plusieurs rayons par pixel en considérant une lentille



15

Intersection rayon-scène

- Rayon-Sphère : distance point-ligne
- Rayon-Cylindre : distance ligne-ligne
- Rayon-Plan : intersection ligne-plan
- Rayon-Polygone :
 - intersection ligne-plan
 - test si l'intersection est dans le polygone

16

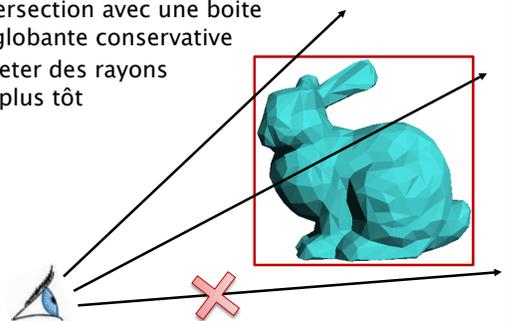
Intersection rayon-scène

- 99 % du temps est utilisé pour les intersections
- ⇒ Accélération : réduire le nombre d'intersection
 - Boîtes englobantes
 - Grilles uniformes (voxels)
 - Grille adaptative : octrees

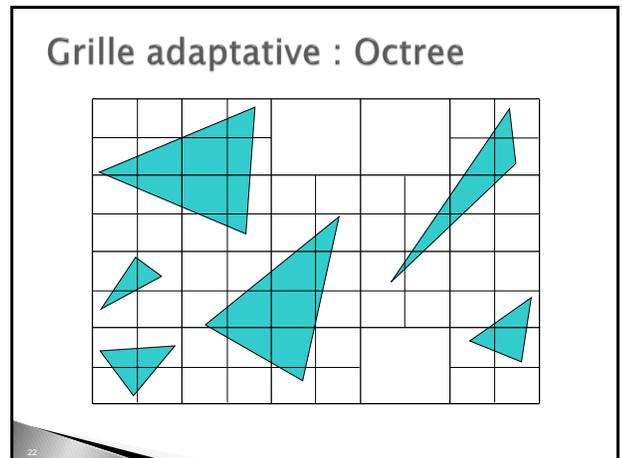
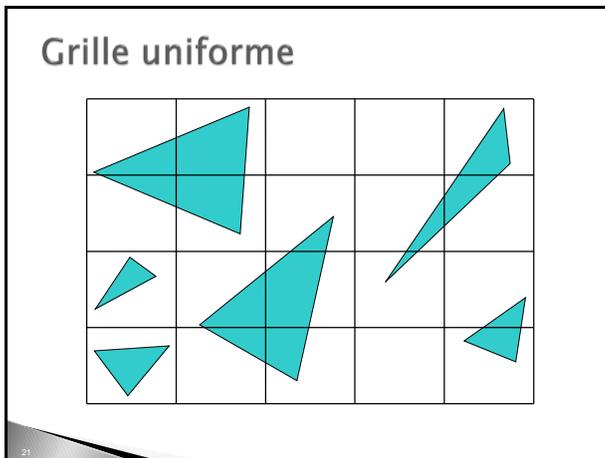
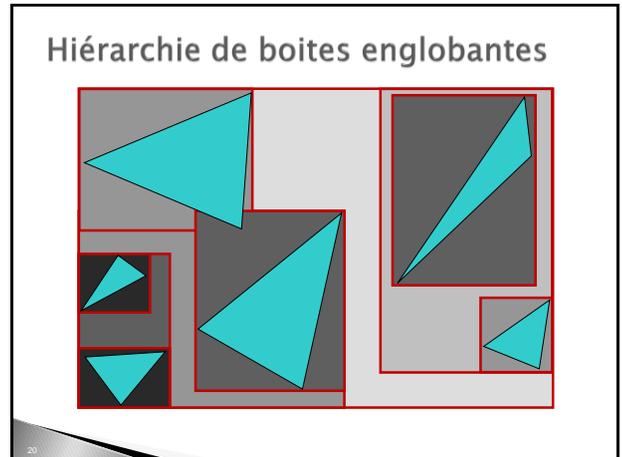
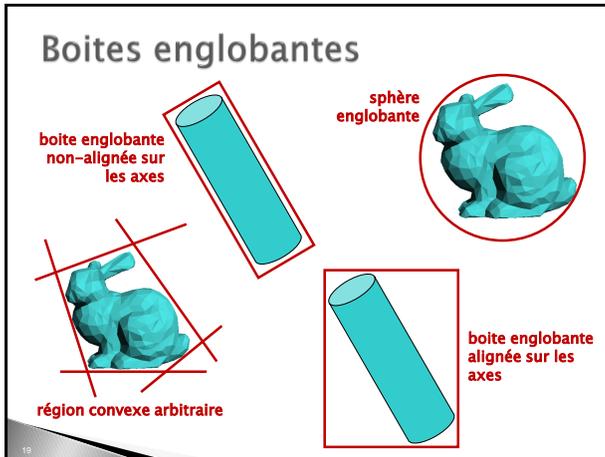
17

Boîtes englobantes

- Intersection avec une boîte englobante conservative
- Rejeter des rayons au plus tôt



18



Question – 3 mn avec vos voisins

- ▶ Comparer les 3 accélérations :
 - Boîtes englobantes
 - Grille uniforme
 - Grille adaptative : Octree



23

Comparaison

- ▶ Boîtes englobantes:
 - longue initialisation, requêtes rapides.
- ▶ Grille uniforme :
 - Initialisation rapide, requêtes rapides... si résolution bien choisie.
- ▶ Octrees :
 - Initialisation rapide, requêtes plus longues.

24

Lancé de rayons : avantages

- Lent, mais pas de calculs supplémentaires pour :
 - élimination des parties cachées
 - ombres
 - transparence
 - plaquage de textures (y compris procédurales)
- Inter-réflexions spéculaires entre objets
- Primitives graphiques quelconques

Lancé de rayon : problèmes

- L'arbre est limité à une certaine profondeur
 - Les objets complexes peuvent avoir un problème (diamant, cristal...)
- Limité à Snell-Descartes
 - Tous les objets sont métalliques
 - Pas d'inter-réflexion entre objets diffus