




Rendu réaliste en synthèse d'images.

Le lancer de rayons



DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons 




Organisation

Introduction au lancer de rayons

- Principe
- Modèle d'illumination associé
- Algorithme récursif
- Limitations

Le lancer de faisceaux

- Principe
- Algorithme
- Résultats et limitations

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons 




Organisation

Lancer de rayons distribués

- Modèle d'illumination
- Intégration de Monte Carlo
- Résultats et limitations

Accélération du lancer de rayons

- Objectifs
 - Hiérarchie de volumes englobants
 - Subdivision spatiale régulière et irrégulière
 - Accélération matérielle
- 



Introduction au lancer de rayons

Objectifs

Élimination des parties cachées [Appel 68]

- Travail dans l'espace objet.
- Indépendant de la géométrie.

Détermination de l'éclairage [Witted 80]

- Fondé sur les lois d'optique géométrique
- Ombres propres et ombres portées.
- Inter-réflexions lumineuses.

DESS I2N

- 1999-2000

- Lancer de rayons

Principe géométrique

Ligne œil-pixel

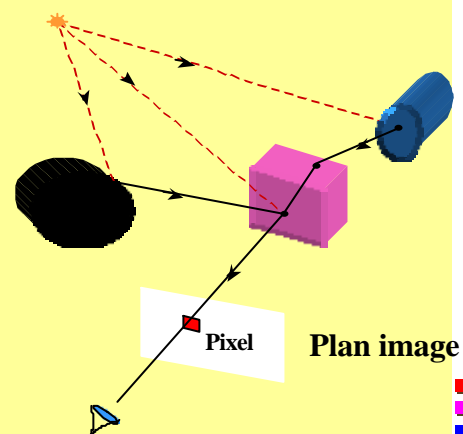
- Objet visible

Rayons lumineux

- Couleur du pixel

Impossible de suivre tous les rayons lumineux

Trajet inverse des rayons lumineux



DESS I2N

- 1999-2000

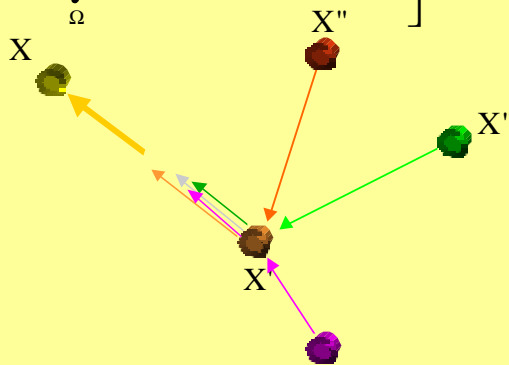
- Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

Equation du rendu

$$L(x, x') = g(x, x') \left[\varepsilon(x, x') + \int_{\Omega} \rho(x, x', x'') L(x', x'') dx'' \right]$$

Permet de déterminer
la luminance incidente
en X



DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

Simplification directionnelle

$$I(x') = \varepsilon(x') + \int_{\Omega} \rho(x, x', x'') g(x', x'') I(x'') dx''$$

Pour simuler l'ombrage sur les objets

Prise en compte des sources lumineuses

$$S = \{d_i / L(d_i) \neq 0\}$$

•Prise en compte des réflexions et transmissions

$$S' = S \cup \{d_i / d_i = R \vee d_i = T\} \quad \Omega' = \Omega - S$$

DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

- Prise en compte des autres direction

$$\text{Nouveau terme ambiant : } A'(x') = \int_{\Omega'} \rho(x, x', x'') g(x', x'') I(x'') dx''$$

$$\text{Par définition de } \Omega' : A'(x') = 0$$

$$\text{On pose alors : } A(x') \approx \bar{\rho}(x') I_a$$

Modèle d'éclairage

Expression du modèle :

$$I(x') = \varepsilon(x') + \sum_{s'} \rho(x, x', d_i) g(x', p_i) I(p_i) + A'(x')$$

$$p_i = x' + td_i$$

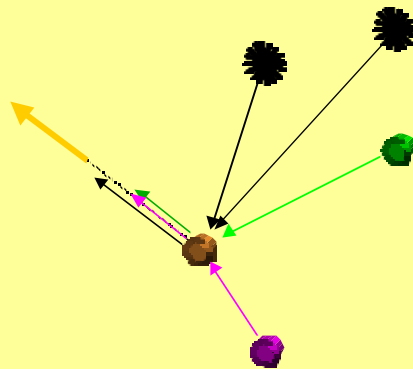
$$g(x', p_i) = \frac{\partial(x, p_i)}{d(x, p_i)^2}$$

Modèle d'éclairage

Intensité lumineuse sur un rayon

- Modèle local
- Reflets spéculaires

$$I_R = I_{\text{Local}} + k_s I_{\text{Refl}} + k_t I_{\text{Trans}}$$



DESS I2N

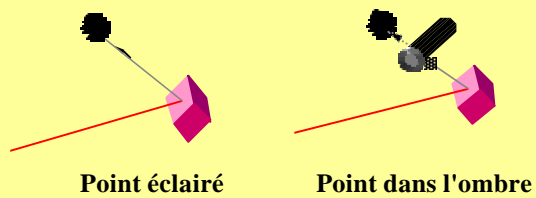
1999-2000

Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

Modèle Local :

Calcul des ombres portées



DESS I2N

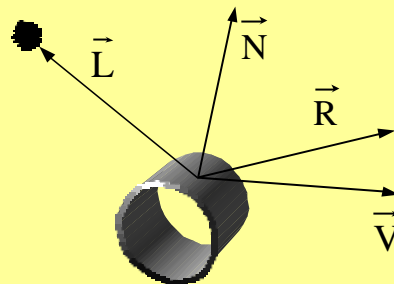
1999-2000

Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

Modèle Local :

$$I_{\text{local}} = \sum_{i=0}^{\text{nbLum}} I_i \times \frac{\text{vis}(i)}{d_i^2} \times \left(\rho_d (\vec{N} \cdot \vec{L}) + \rho_s (\vec{R} \cdot \vec{V})^n \right)$$



DESS I2N

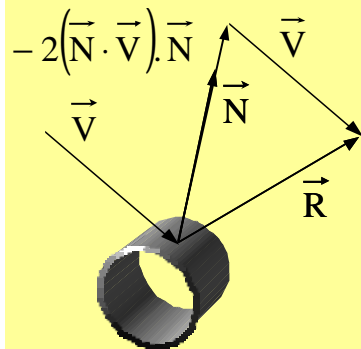
1999-2000

Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

Reflets spéculaires :

Calcul du rayon réfléchi



$$\vec{R} = -2(\vec{N} \cdot \vec{V}) \cdot \vec{N} + \vec{V}$$

DESS I2N

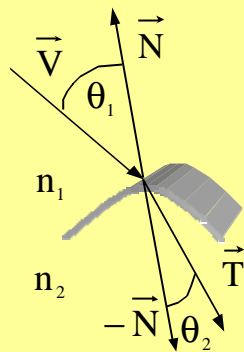
1999-2000

Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

Reflets spéculaires :

Calcul du rayon réfracté



Utilisation de la loi de Descartes :

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

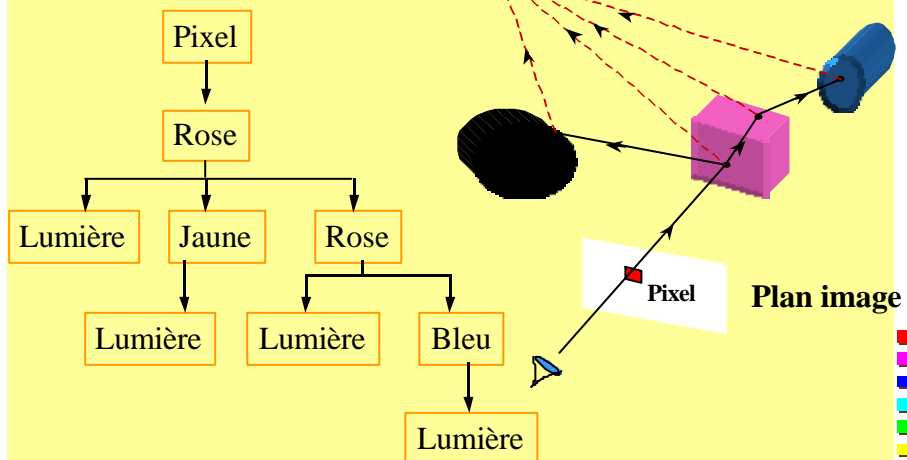
DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

Modèle d'éclairage

Arbre de rayons



DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

Algorithme

```
Couleur LR(origine,direction,profondeur)
// origine et direction sont des vecteurs de R3
Si profondeur>Max_Prof Alors
  couleur=Noir; // choix discutable mais que mettre ?
Sinon
  --Calcul et tri des intersections
  Si intersection Alors
    Calcul du Ilocal (C_locale);
    Calcul du rayon réfléchi (D_réfléchi);
    Calcul du rayon réfracté (D_réfracté);
    C_réfléchi = LR(Pt-inter, D_réfléchi,profondeur+1);
    C_réfracté = LR(Pt-inter, D_réfracté,profondeur+1);
    couleur = Somme des 3 composantes couleurs;
  Sinon
    couleur = couleur de fond;
```

Résultat



Critiques du Lancer de Rayons

Pas d'éclairage indirect

- Les sources sont visées explicitement

Miroir

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Critiques du Lancer de Rayons

Eclairage diffus mal représenté

- Seules deux directions sont prises en compte

Platre

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Critiques du Lancer de Rayons

Aliassage et disparition de petits objets

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Critiques du Lancer de Rayons

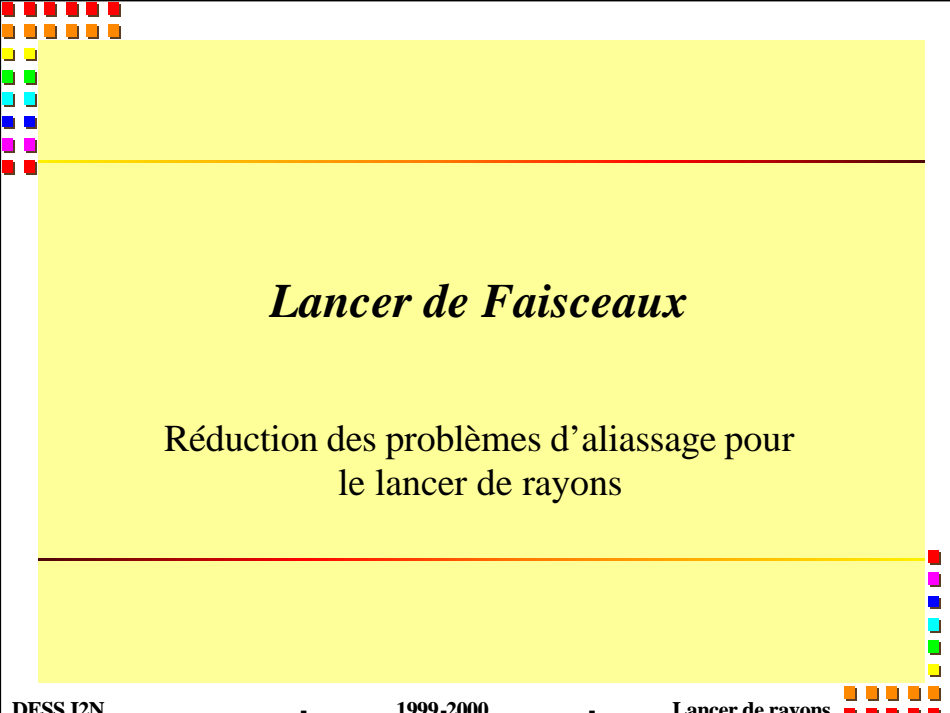
Temps de calcul important

- Intersections
- Nombre de rayons

Illumination calculée dans l'espace image

- Stockage au niveau du pixel
- Recalculée pour chaque image

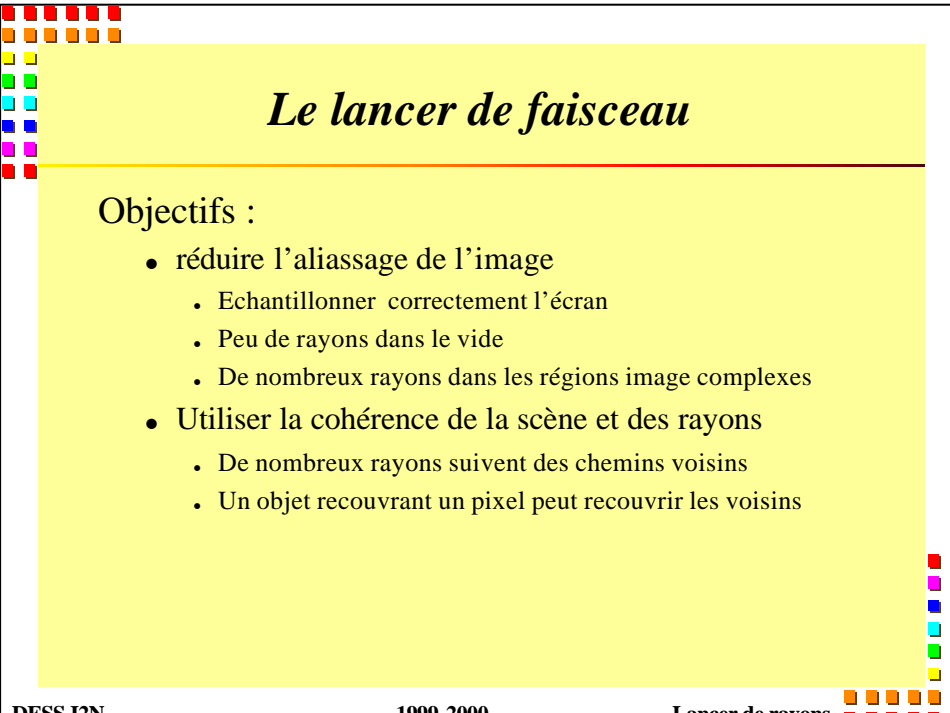
DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons



Lancer de Faisceaux

Réduction des problèmes d'aliasage pour
le lancer de rayons

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons



Le lancer de faisceau

Objectifs :

- réduire l'aliasage de l'image
 - Echantillonner correctement l'écran
 - Peu de rayons dans le vide
 - De nombreux rayons dans les régions image complexes
- Utiliser la cohérence de la scène et des rayons
 - De nombreux rayons suivent des chemins voisins
 - Un objet recouvrant un pixel peut recouvrir les voisins

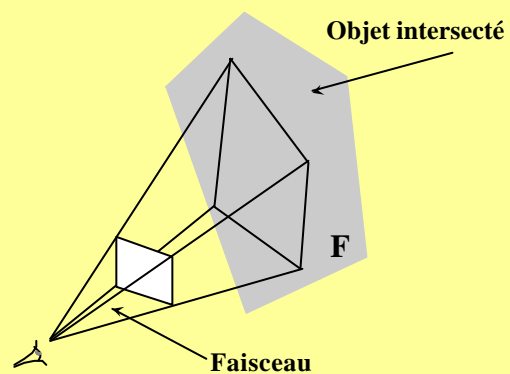
DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Le lancer de faisceau

Familles de solutions :

- Ensemble de rayons d'épaisseur infinitésimale [Sinya 87]
- Algorithmes fondés sur des rayons volumiques
 - Cônes [Amanatides 84]
 - Pyramides [Heckbert 84]
- Algorithmes hybrides (1) + (2) [Marks 88], [Ghanzanfarpour 92]

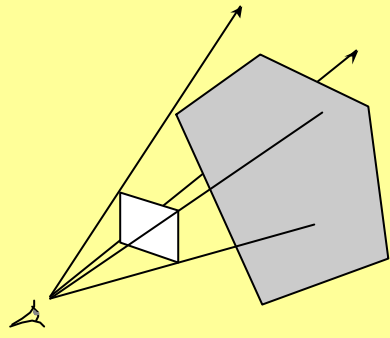
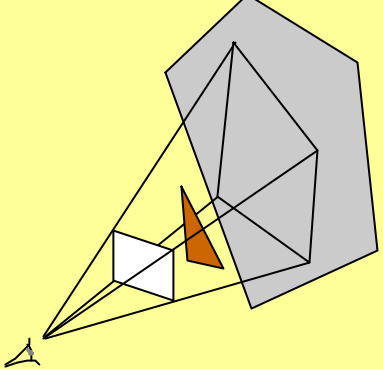
Le lancer de faisceau



**Le faisceau primaire
rencontre un seul polygone**

**La couleur des pixels est
celle de l'objet**

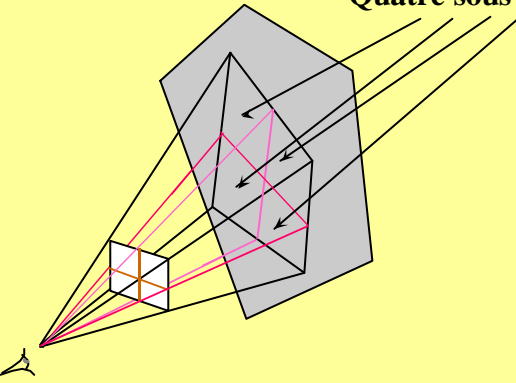
Le lancer de faisceau

Le faisceau primaire rencontre un ou plusieurs polygones partiellement **Couleur des pixels de l'écran ?**

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Le lancer de faisceau



Quatre sous faisceaux

Deux solutions :

- Subdivision de l'écran
- Utilisation d'un L.R

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Le lancer de faisceau

Critère de choix entre une subdivision et un LR :

$$C = F \frac{16 * F_w - D}{E_w^2 D}$$

F nombre total de polygones dans la scène

D profondeur de la scène

F_w nombre de polygones dans le faisceau

E_w largeur de l'écran en pixels

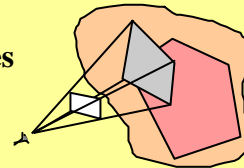
Intersection scène-faisceau

Positionnement d'un objet par rapport au faisceau

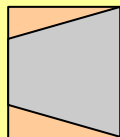
Intersection arêtes faisceau-plan polygones

+

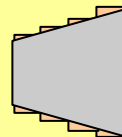
intersections 2D entre polygones



Subdivision spatiale régulière



Subdivision régulière de la
boite englobante

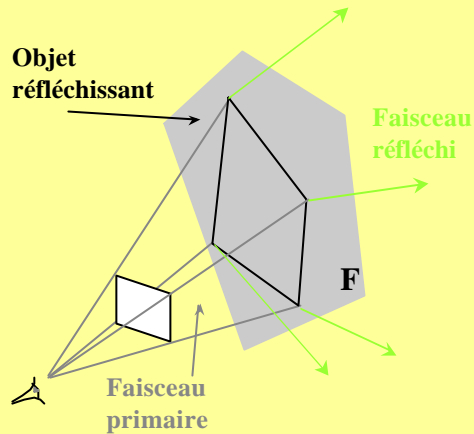


Optimisation

Traitement de la réflexion

La réflexion est une transformation linéaire

Calcul et traitement du faisceau réfléchi



DESS I2N

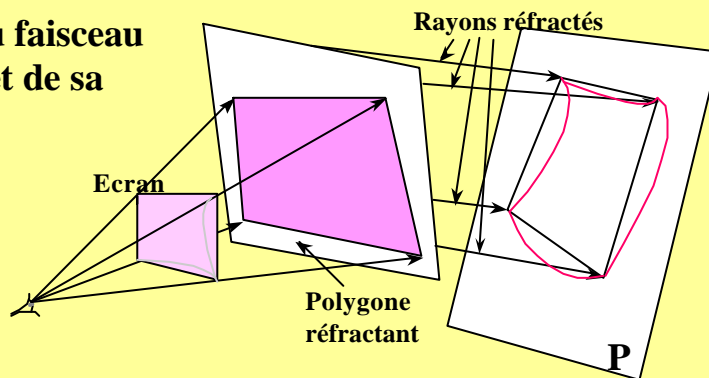
1999-2000

Lancer de rayons

Traitement de la réfraction

La réfraction n'est pas une transformation linéaire

Calcul du faisceau réfracté et de sa courbure



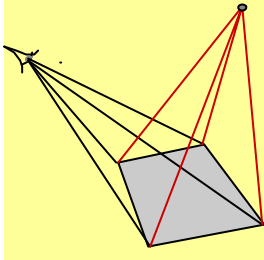
DESS I2N

1999-2000

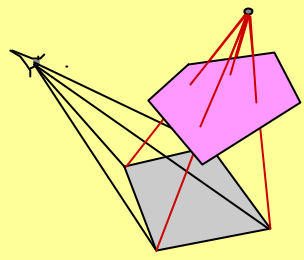
Lancer de rayons

Traitement des ombres portées

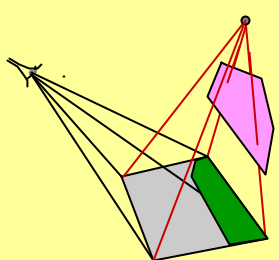
Traitées par un LR conventionnel ou par LF



Faisceau d'ombre vide



Faisceau d'ombre totalement bloqué

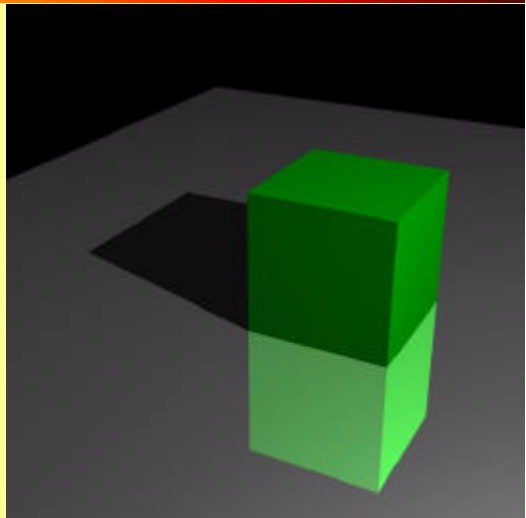


Faisceau d'ombre partiellement bloqué

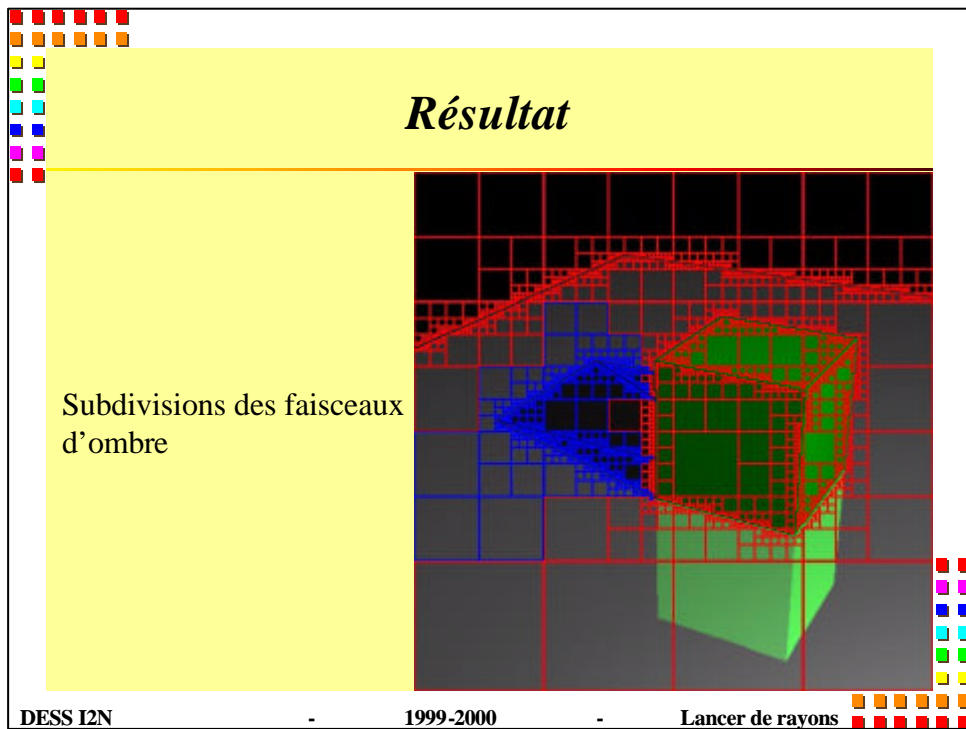
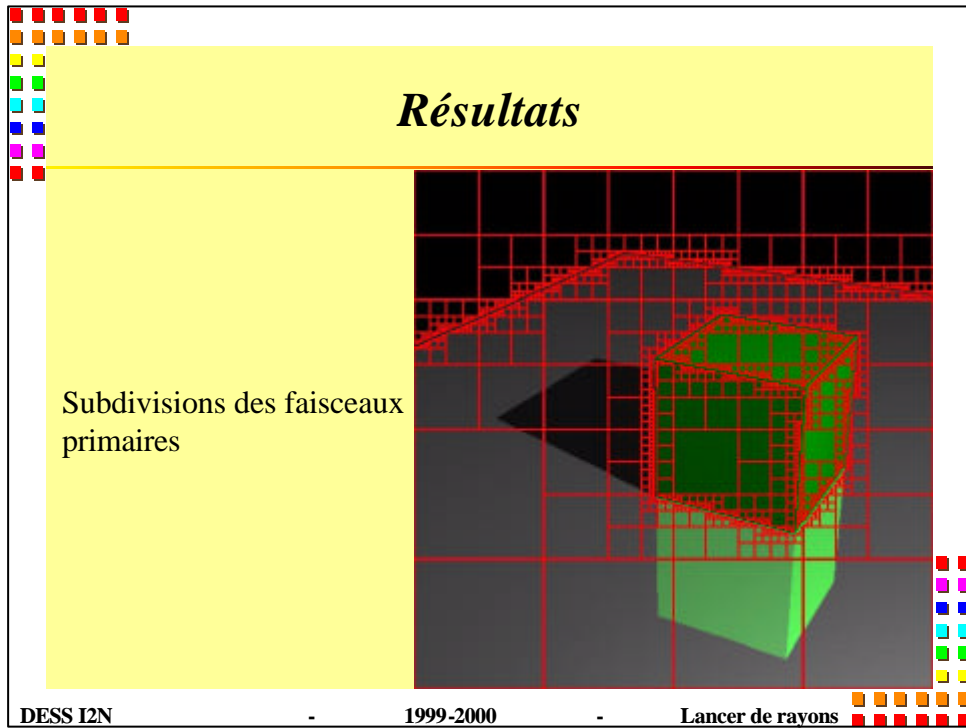
DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Résultats

Image calculée par lancer de faisceau



DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons



Résultat

Subdivisions des faisceaux réfléchis

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Analyse

Lancer de rayons distribués : pénombre bruitée.

Lancer de faisceaux : pénombre correcte.

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Analyse

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

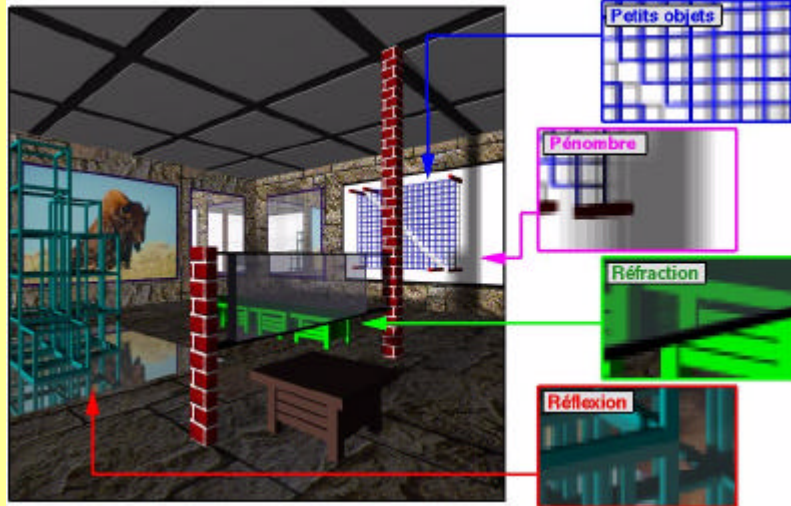
Analyse

Lancer de rayons :
Disparition de petits objets.

Lancer de faisceaux :
pas de perte de précision.

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

Bilan



DESS I2N

-

1999-2000

-

Lancer de rayons