Informatique Graphique
Méthodes de Rendu

Guillaume Gilet
Guillaume.Gilet@unilim.fr

2012-2013

Résumé des épisodes précédents

Principe de synthèse d'images

- Evaluation du transport de lumière
- Complexité des phénomènes
- Equation du rendu et simplifications

Modélisation d'objets 3D

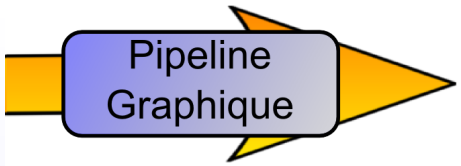
- Découplage géométrie / apparence
- Dans notre cas, une représentation explicite :
  - Tableau de sommets
  - Notion d'adjacence

Le pipeline graphique

Principe

Le pipeline graphique

- Une liste de sommets
- Une liste d'attributs (couleurs, normales...)
- Des relations d'adjacence
- + autres... (caméras, lumières, textures...)



- Une grille 2D de pixels

Méthodes de rendu

Diverses méthodes

- En fonction des objectifs / moyens
- Diverses approximations
- Divers temps de calculs

Comment remplir notre grille de pixels ?

- Determiner quels objets sont visibles par la caméra
- Comment les positionner sur la grille ?

Deux principales méthodes

- Espace image : Lancer de rayons
- Espace objet : Projection/Rasterisation (moteurs 3D)

Méthodes de rendu
Lancer de rayons

Méthode de rendu

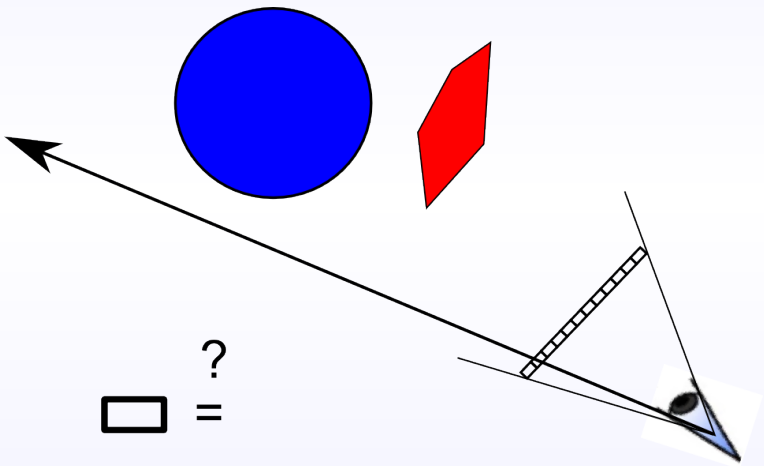
Le lancer de rayons

- Lancer de Rayons
  - Méthode espace image
  - Un rayon pour chaque pixel
  - Permet de simuler des effets complexes
  - *Calcul d'intersection*

Méthode de rendu

Le lancer de rayon

Principes

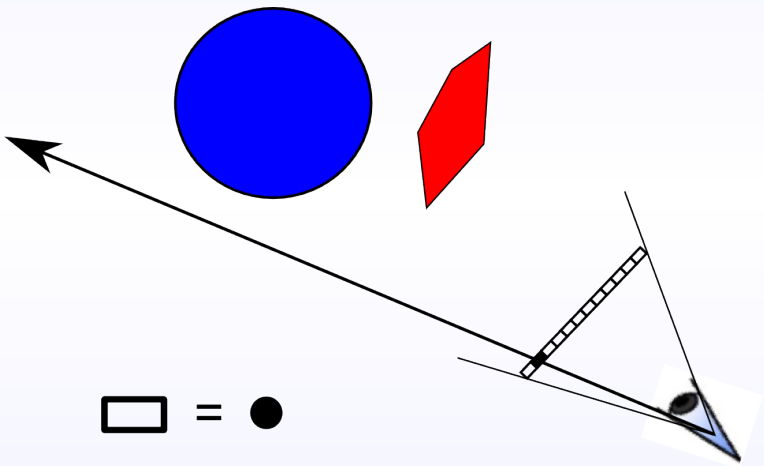


- Pour chaque pixel
- Calculer une couleur
- Portion de la scène visible depuis ce pixel
  - Lancer un rayon dans la scène
  - Rayons **primaires**

Méthode de rendu

Le lancer de rayon

Principes

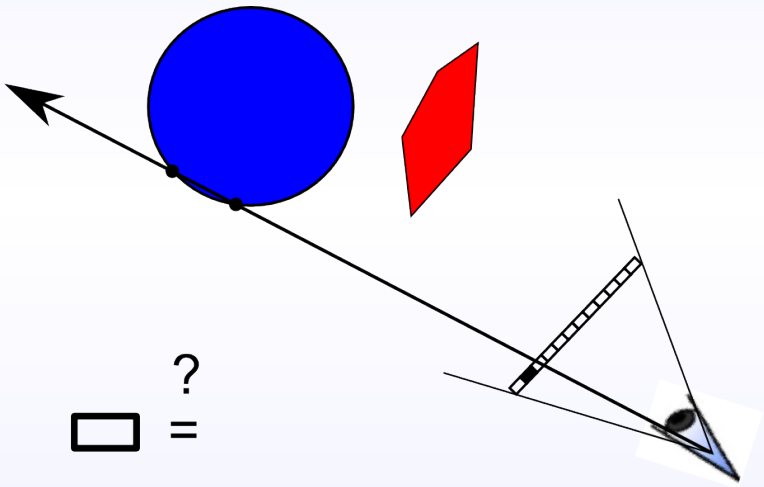


- Pour chaque pixel
- Calculer une couleur
  - Lancer un rayon dans la scène
  - Rayons **primaires**
  - Pas d'intersection : couleur indéfinie

Méthode de rendu

Le lancer de rayon

Principes

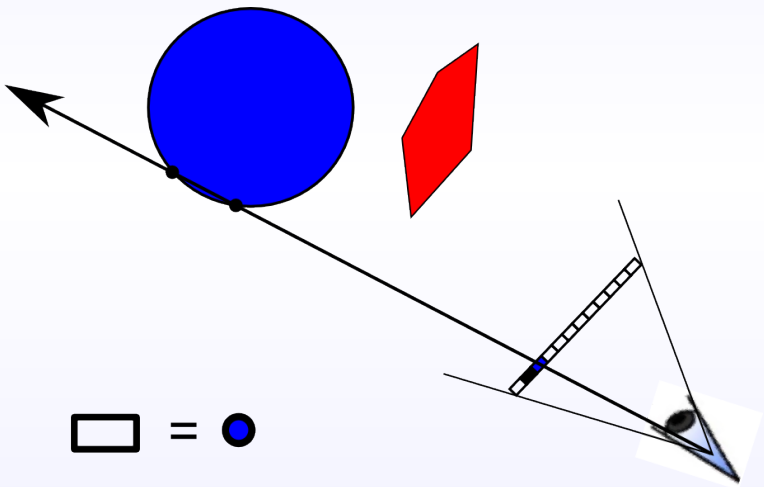


- Plusieurs intersections
- Surface visible depuis le pixel

Méthode de rendu

Le lancer de rayon

Principes

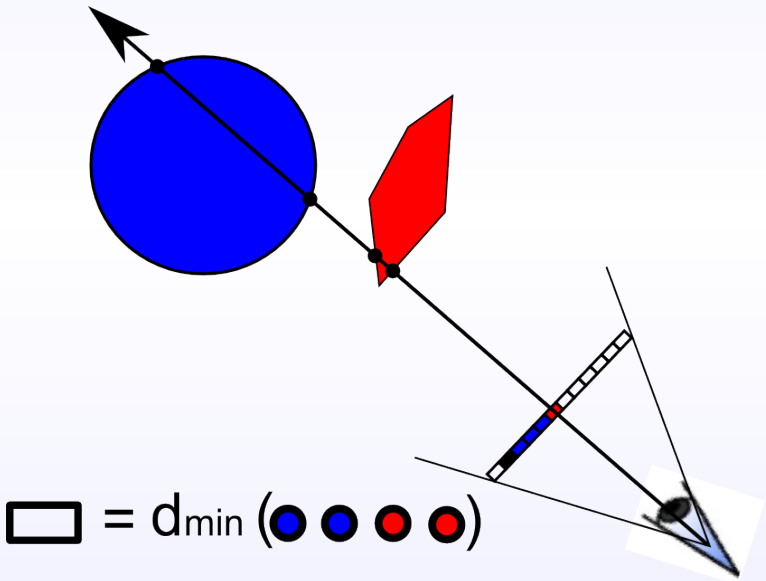


- Evaluer équation du rendu
- Simplification : couleur de l'objet

Méthode de rendu

Le lancer de rayon

Principes



- Plusieurs intersections
- Choix de l'intersection la plus proche
- Il faut tester tous les objets !

Le Lancer de Rayon

On connait l'objet pour 1 pixel

- Evaluer l'équation du rendu
- Pour l'instant : Une constante
- Comment ?

Le Lancer de Rayon

On connait l'objet pour 1 pixel

- Evaluer l'équation du rendu
- Pour l'instant : Une constante
- Comment ?

Lancer de rayons avec lumière

- Intégrer les sources de lumières
- La lumière est elle visible ?

Le Lancer de Rayon

Lancer de rayons simple

- Grosse approximation
- Pas de simulation des effets complexes
- Pas de prise en compte des sources lumineuses
- Uniquement calcul de visibilité

Le Lancer de Rayon

Lancer de rayons simple

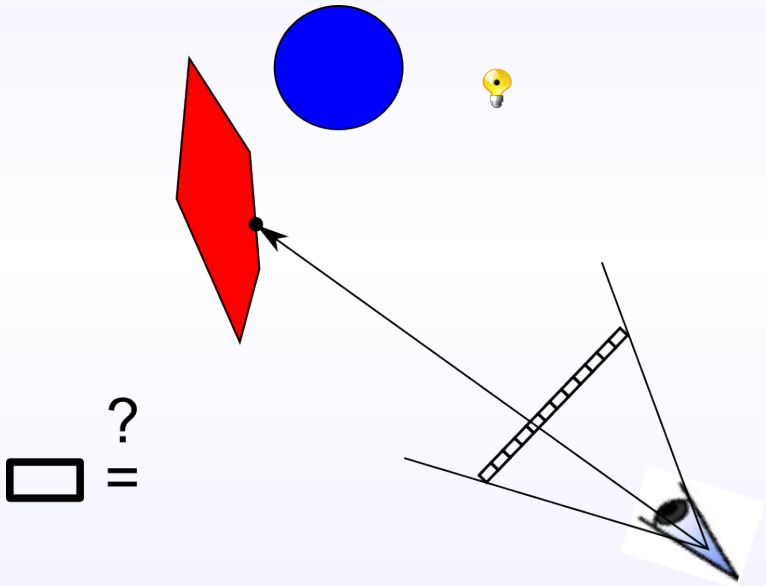
- Grosse approximation
- Pas de simulation des effets complexes
- Pas de prise en compte des sources lumineuses
- Uniquement calcul de visibilité

Lancer de rayons avec lumière

- Rajouter de la lumière

Méthode de rendu

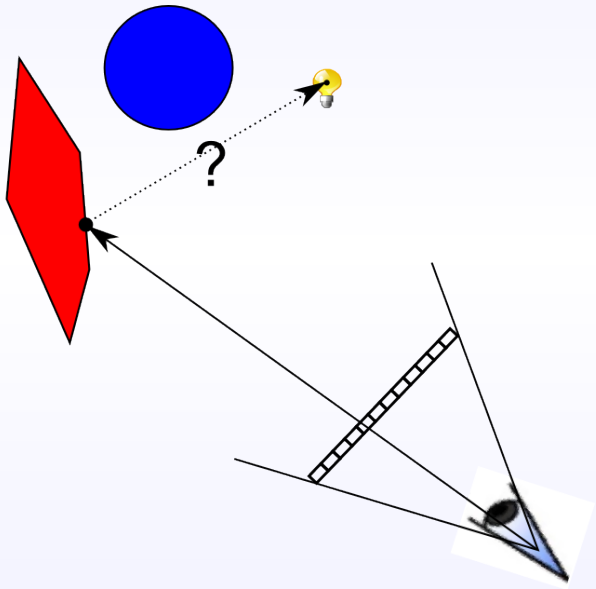
Le lancer de rayons



- Intégration de la lumière
  - Comment intégrer la lumière ?

Méthode de rendu

Le lancer de rayons

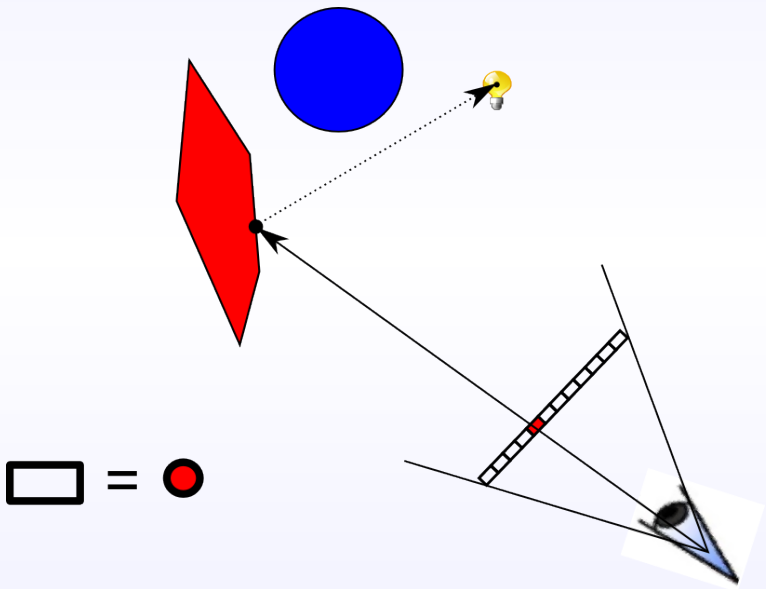


▭ =

- Intégration de la lumière
  - Lancer un rayon vers la lumière
  - *Rayon d'ombre*
  - Notion de visibilité
  - Recherche d'intersections

Méthode de rendu

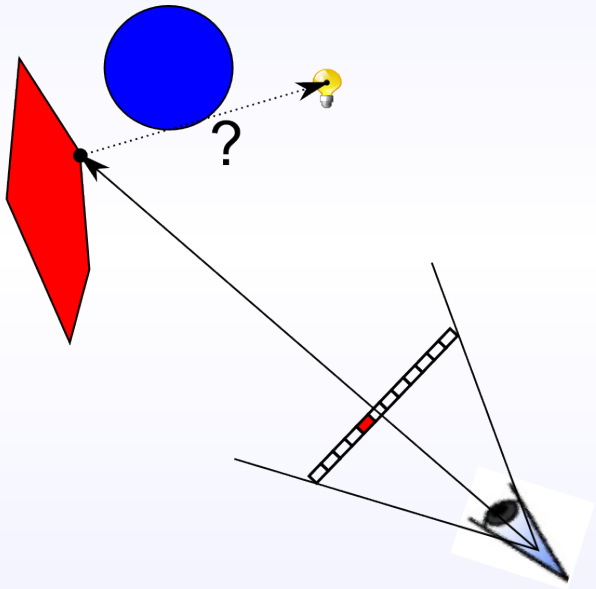
Le lancer de rayons



- Intégration de la lumière
  - Evaluation de l'équation du rendu
  - Evaluation simple
    - Discrète
    - Phong/Gouraud (dans les prochains cours)

Méthode de rendu

Le lancer de rayons

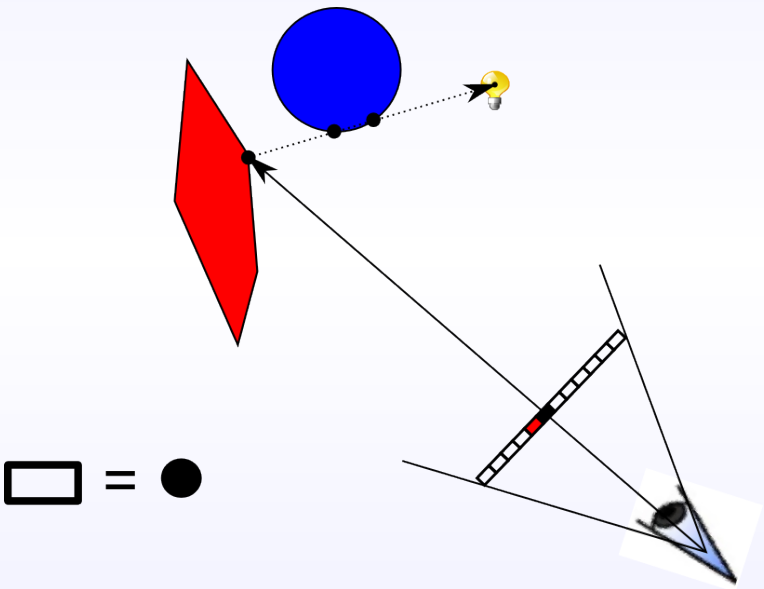


▭ =

- Intégration de la lumière
  - Evaluation de l'équation du rendu
  - Evaluation simple
    - Discrète
    - Phong/Gouraud (dans les prochains cours)

Méthode de rendu

Le lancer de rayons

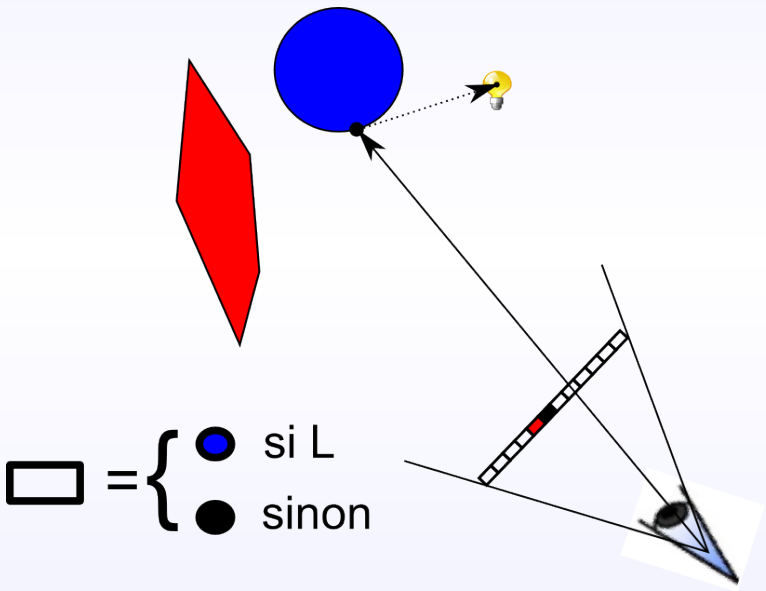


▭ = ●

- Intégration de la lumière
  - Evaluation de l'équation du rendu
  - Evaluation simple
    - Discrète
    - Phong/Gouraud (dans les prochains cours)

Méthode de rendu

Le lancer de rayons



- Intégration de la lumière
  - Evaluation de l'équation du rendu
  - Evaluation simple
    - Discrète
    - Phong/Gouraud (dans les prochains cours)
  - Formulation

Le Lancer de Rayon

Lancer de rayons avec lumière

- Toujours de grosses approximations
- Pas de simulation des effets complexes
- Pas de surface reflechissantes
- Pas de transparence
- Prise en compte de la lumière directe

Le Lancer de Rayon

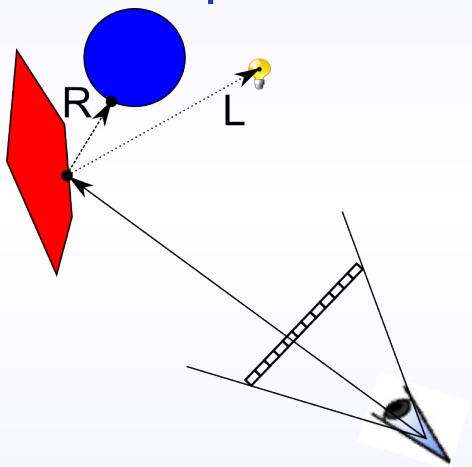
Lancer de rayons avec lumière

- Toujours de grosses approximations
- Pas de simulation des effets complexes
- Pas de surface reflechissantes
- Pas de transparence
- Prise en compte de la lumière directe

- Idée : Simuler le trajet inverse de la lumière

Méthode de rendu

Complexifier le lancer de rayons

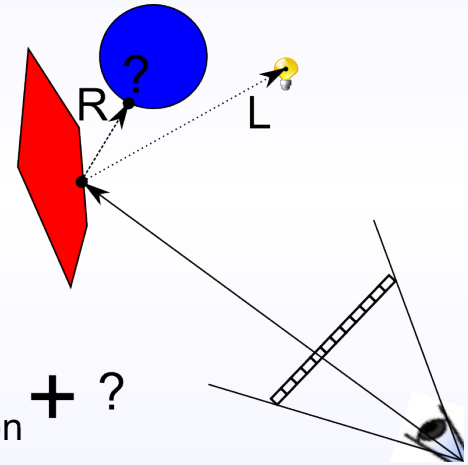


- Rajouter des reflexions

▭ =

Méthode de rendu

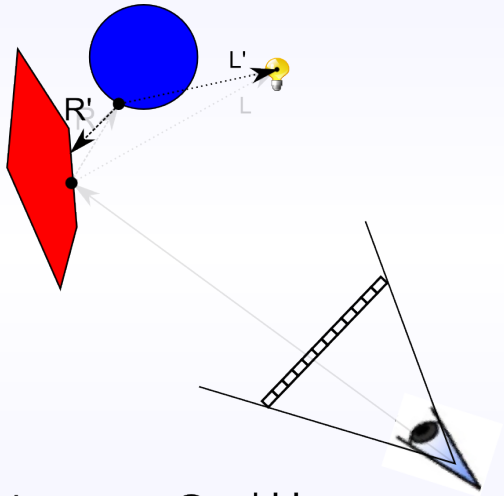
Complexifier le lancer de rayons



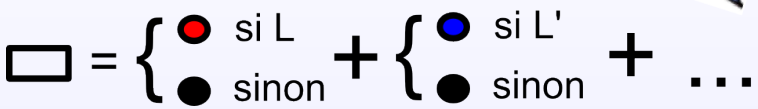
- Lancer un rayon réfléchi
- *Rayon réfléchi*
- Loi de *Fresnel*

Méthode de rendu

Complexifier le lancer de rayons

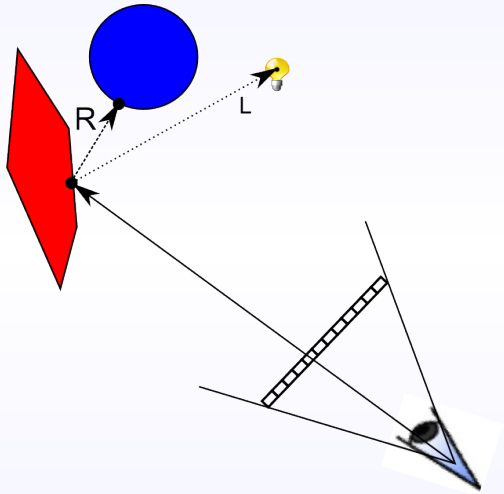


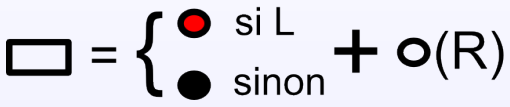
- Evaluation récursive du nouveau rayon
- Nouveau rayon d'ombre, réfléchi



Méthode de rendu

Complexifier le lancer de rayons

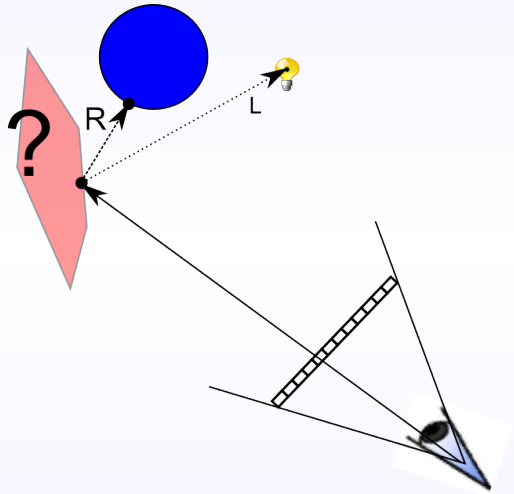




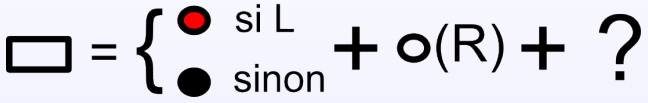
- Evaluation récursive du nouveau rayon
- Nouveau rayon d'ombre, réfléchi
- Formulation recursive du problème

Méthode de rendu

Complexifier le lancer de rayons

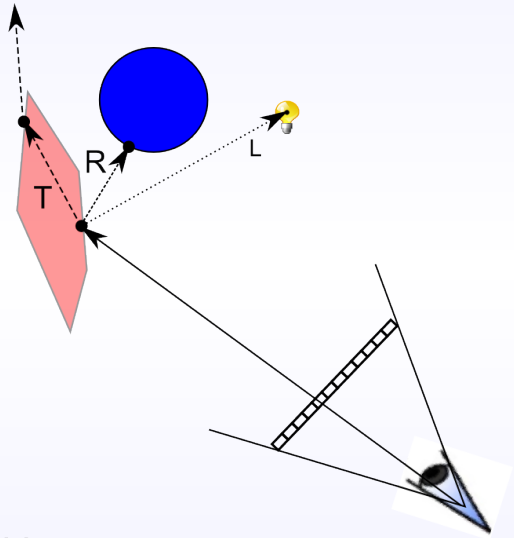


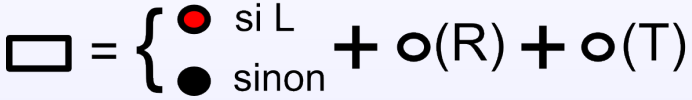
- Et la transparence ?
- Rayon Transmis
- A travers l'objet



Méthode de rendu

Complexifier le lancer de rayons





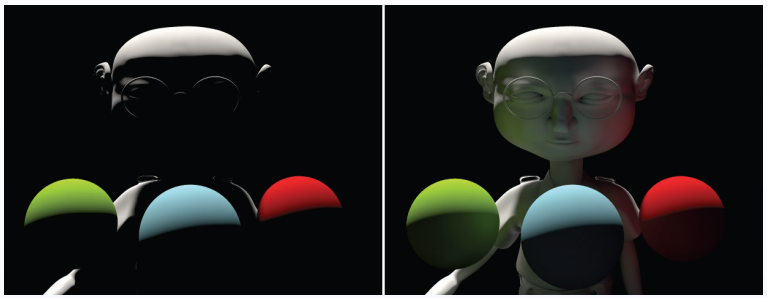
Le Lancer de Rayon

Lancer de rayons avec lumière

- Toujours des approximations
- Pas de simulation des effets complexes
- Pas de lumière indirecte

Le Lancer de Rayon

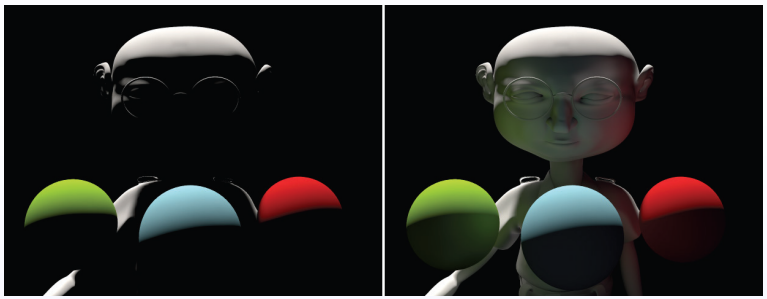
Lancer de rayons avec lumière



- Toujours des approximations
- Pas de simulation des effets complexes
- Pas de lumière indirecte
- Importance de la lumière indirecte
- Besoin d'autres méthodes
  - **Illumination globale**
  - *Path Tracing*, *Photon mapping*...

Le Lancer de Rayon

Lancer de rayons avec lumière



- Toujours des approximations
- Pas de simulation des effets complexes
- Pas de lumière indirecte
- Importance de la lumière indirecte
- Besoin d'autres méthodes
  - **Illumination globale**
  - *Path Tracing*, *Photon mapping*...
  - Exemple (UP)

Le Lancer de Rayon

Avantages et inconvénients

- Parallèlisme
- Qualité d'image
- Effets complexes
- Calcul d'intersection pour chaque objet
- Un rayon pour chaque pixel de l'image
- Performances offline (de moins en moins vrai)

Méthodes de rendu
Projection/Rasterisation

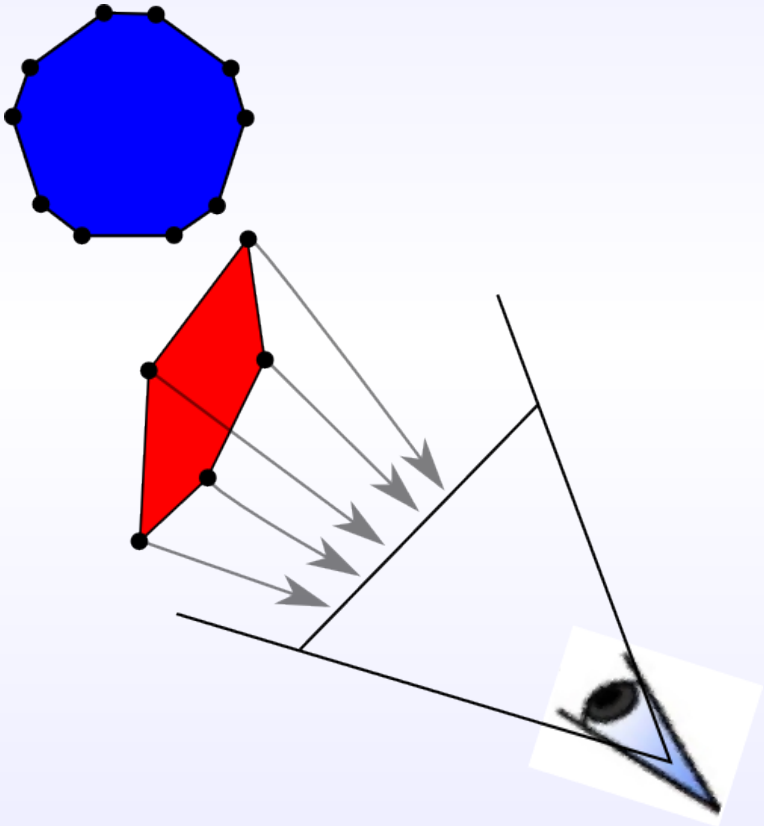
Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

- Projection/Rasterisation
  - Méthode espace objet
  - Modèles polygonaux
  - Projection de chaque objet sur le plan image
  - Projection des sommets
  - Rasterisation : Passage continu/discret

Méthodes de rendu

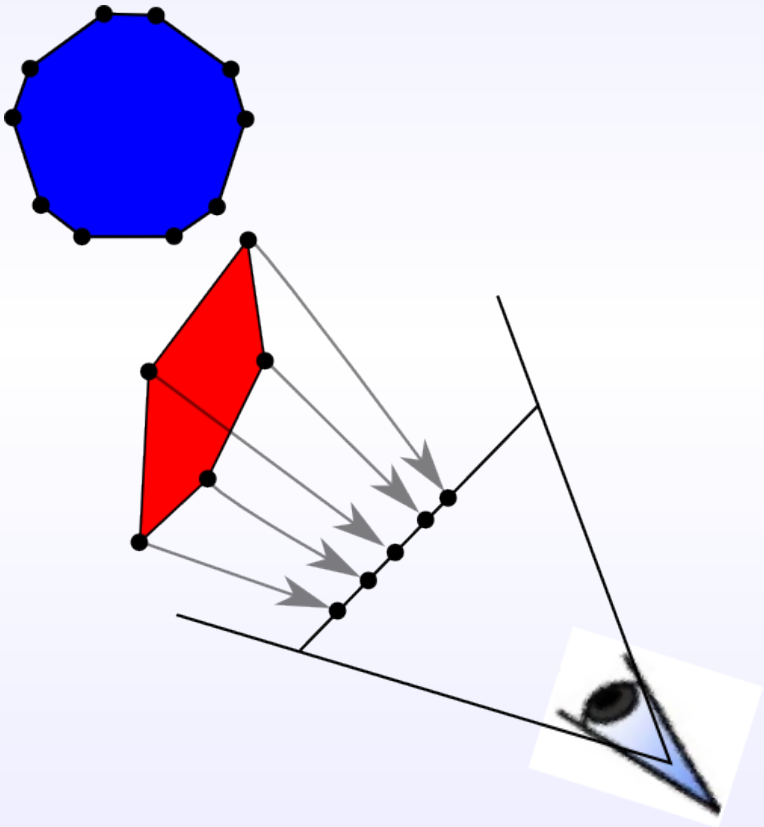
Projection/Rasterisation



- **Projection**
  - Pour chaque objet
  - Projection des sommets dans le plan image (espace ecran)

Méthodes de rendu

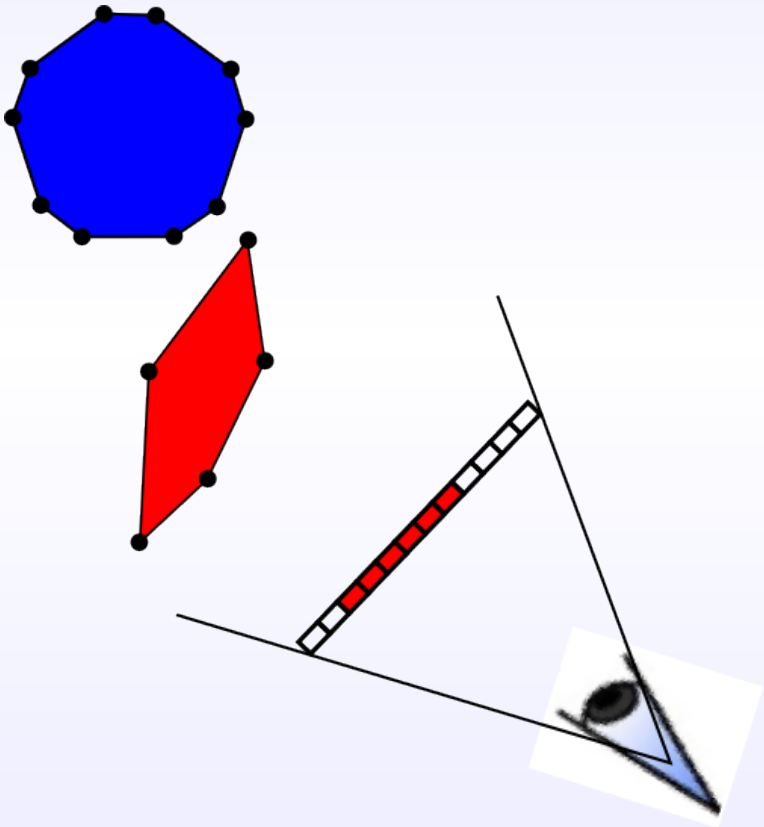
Projection/Rasterisation



- Sommets projetés dans le plan image

Méthodes de rendu

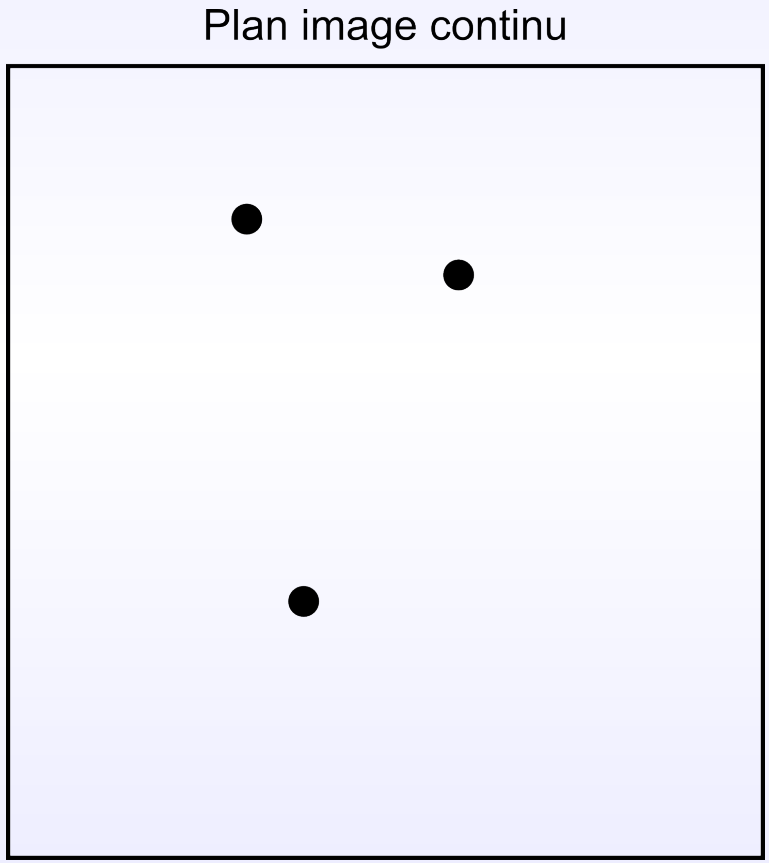
Projection/Rasterisation



- **Rasterisation**
  - Discrétisation du plan image
  - Remplissage des polygones
  - Tracé de droites
  - Production de **Fragments**

Méthodes de rendu

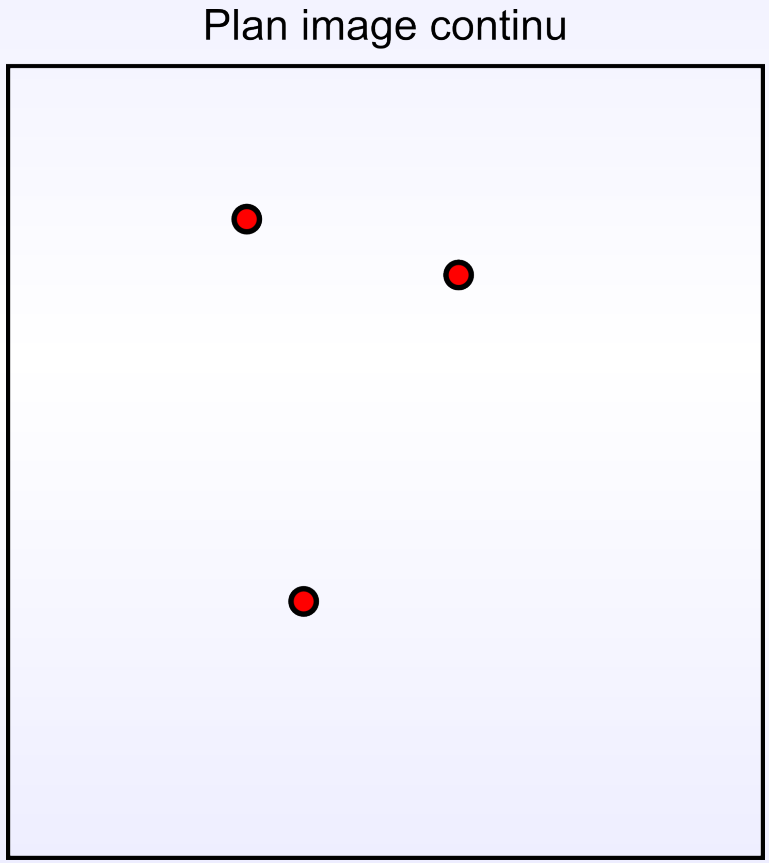
Projection/Rasterisation



- **Exemple pour un triangle**
  - Projection de 3 sommets

Méthodes de rendu

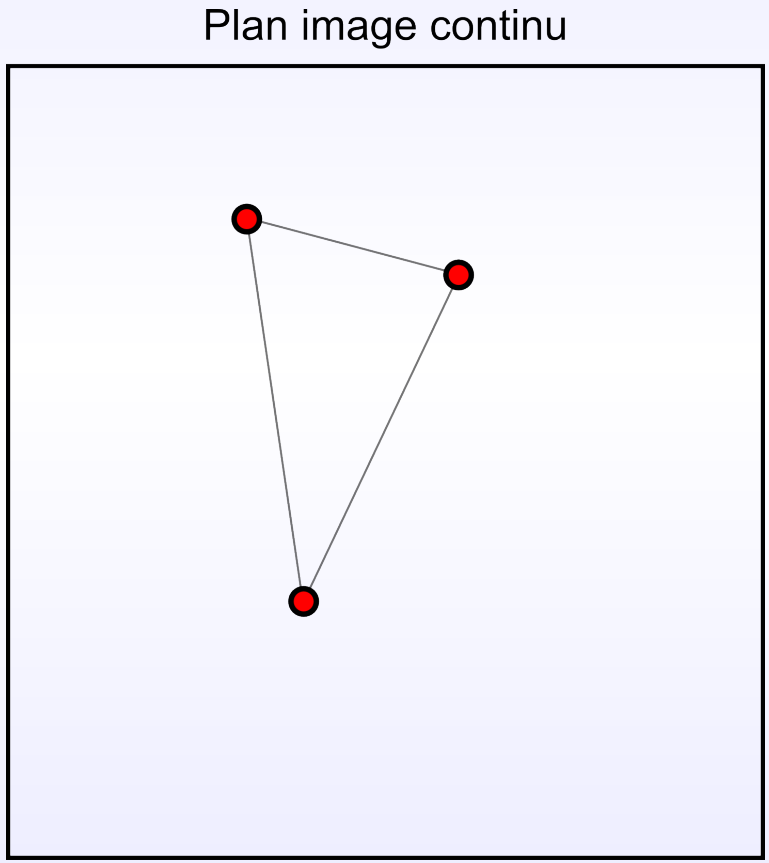
Projection/Rasterisation



- **Exemple pour un triangle**
  - Projection de 3 sommets
  - Avec chacun une couleur

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

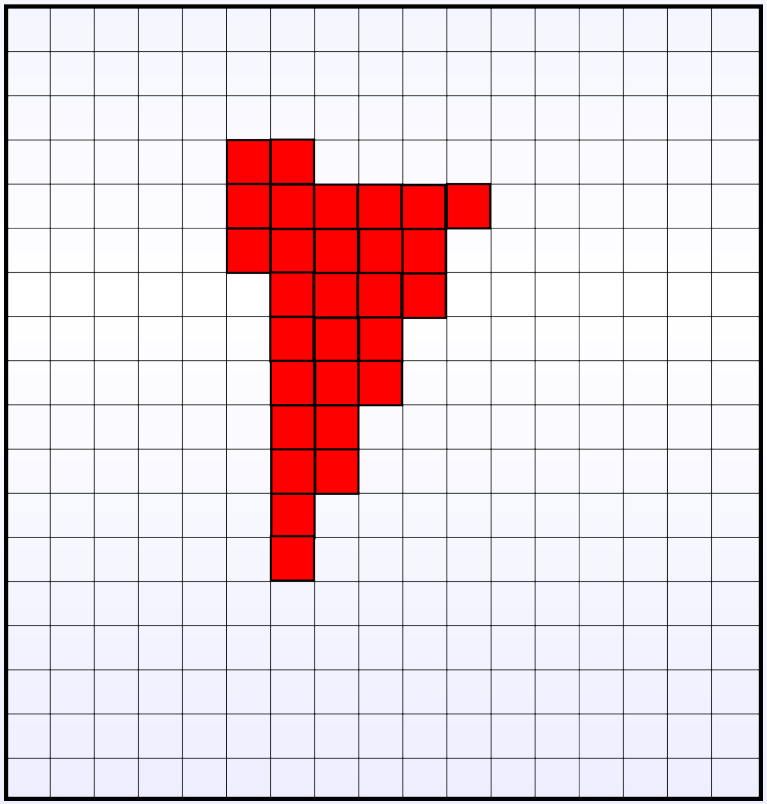


- **Exemple pour un triangle**
  - Projection de 3 sommets
  - Avec chacun une couleur
  - Et une information de connexité
  - Une **primitive**

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Plan image discret

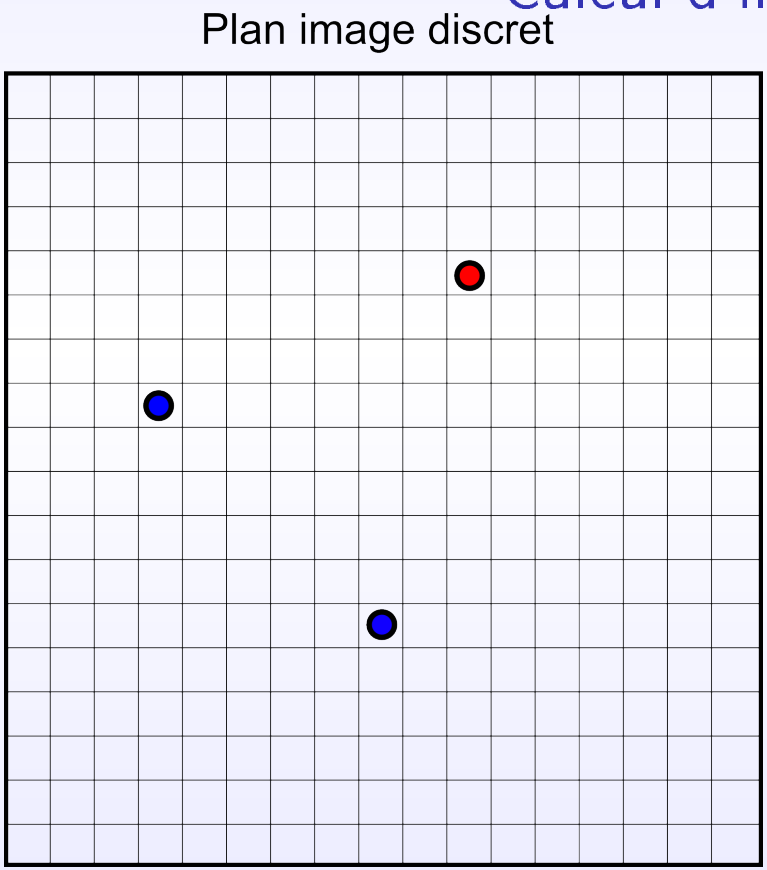


- **Exemple pour un triangle**
  - Rasterisation
  - Algorithme de Bresenham
  - Méthode de remplissage de polygone
  - Utilisation des cartes graphiques

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Calcul d'illumination ?

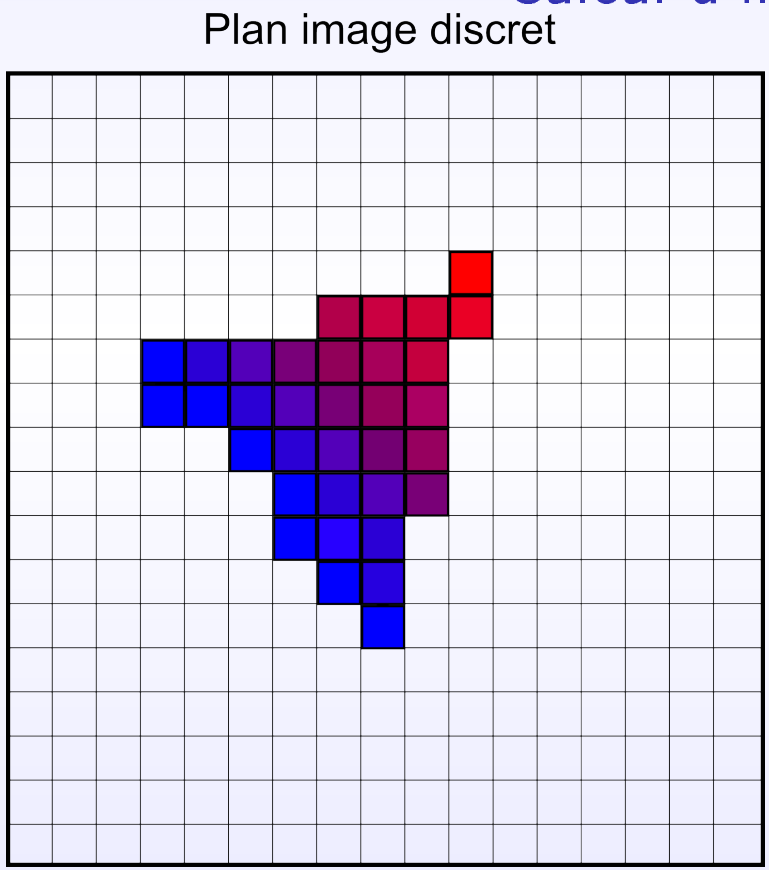


- Domaine discret
- Interpolation des éléments
  - Couleur
  - Position 3D
  - Normale

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Calcul d'illumination ?



- Domaine discret
- Interpolation des éléments
  - Couleur
  - Position 3D
  - Normale

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

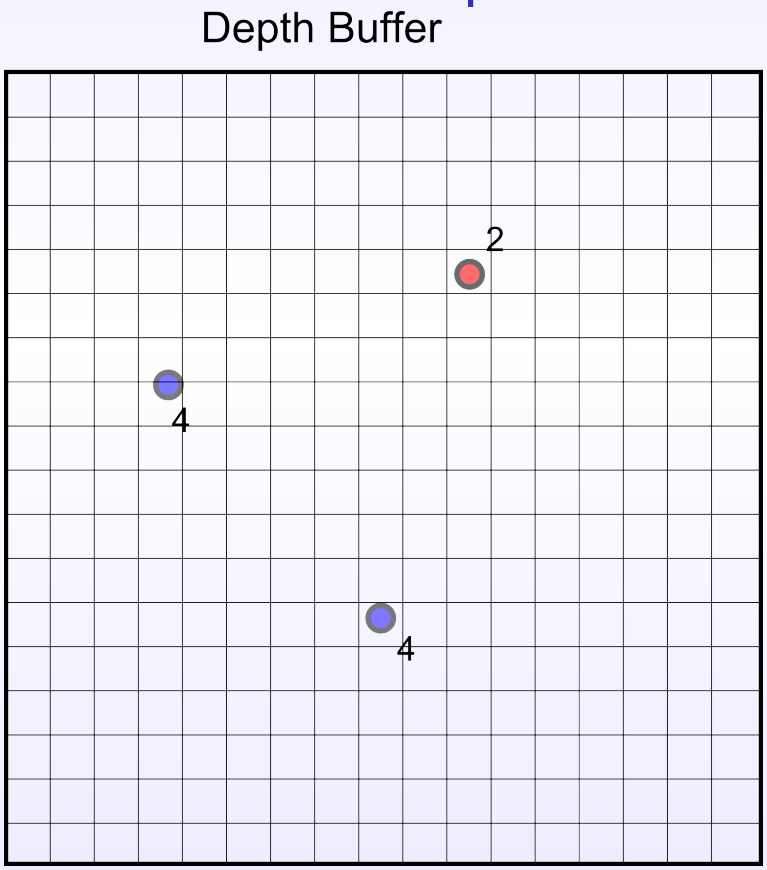
Elimination des parties cachées

- Plusieurs méthodes
  - Algorithme du peintre
  - Division de l'écran
  - Z-Buffer

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Elimination des parties cachées



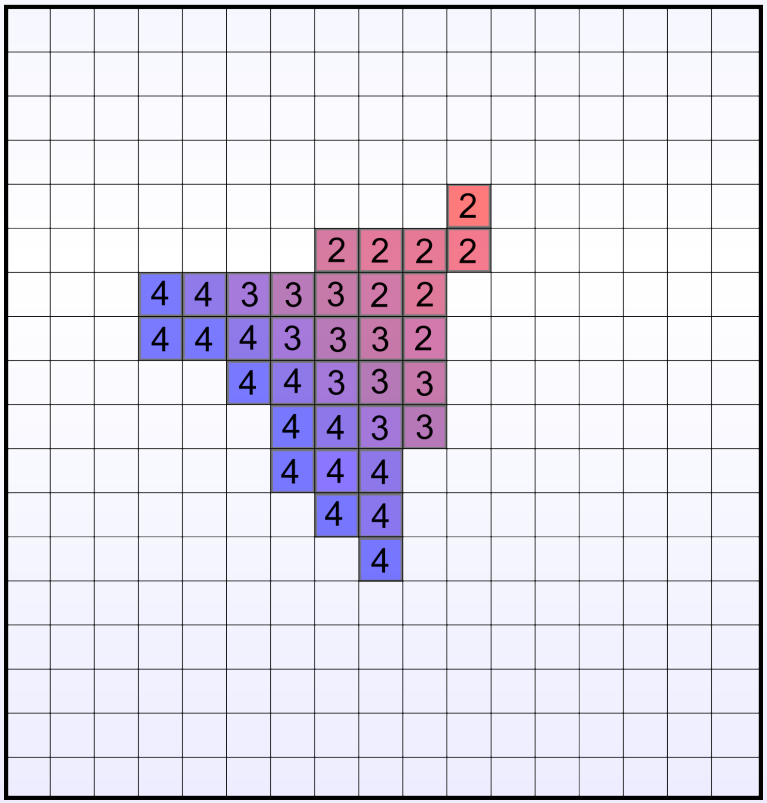
- Idée : stocker pour chaque fragment sa profondeur
  - **Depth Buffer**
- Principe : comparer la profondeur de chaque fragment avec celle stockée

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Elimination des parties cachées

Depth Buffer

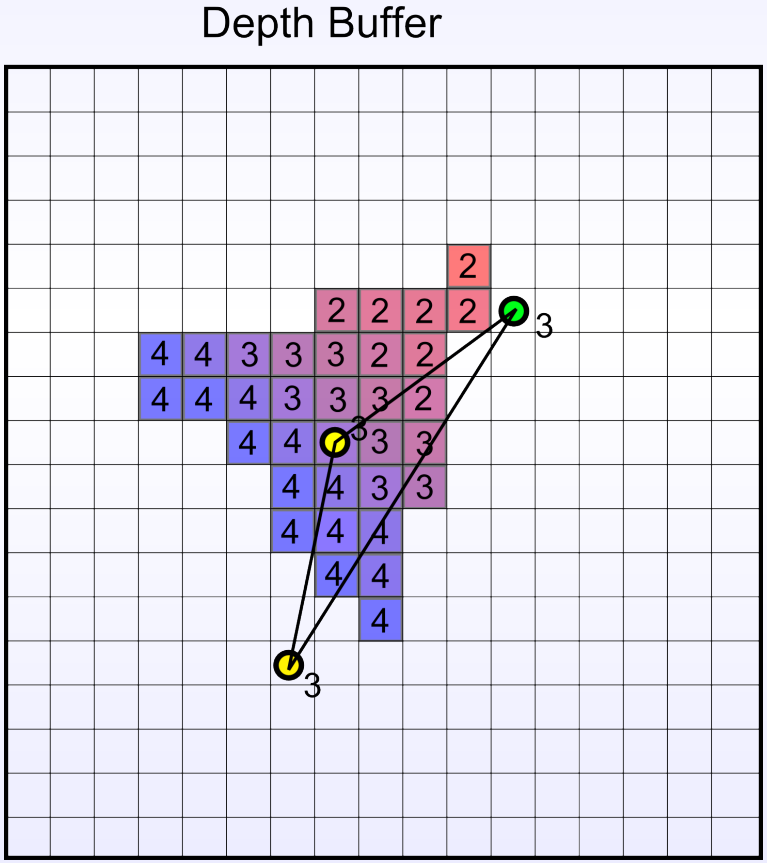


- Idée : stocker pour chaque fragment sa profondeur
  - **Depth Buffer**
- Principe : comparer la profondeur de chaque fragment avec celle stockée

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Elimination des parties cachées



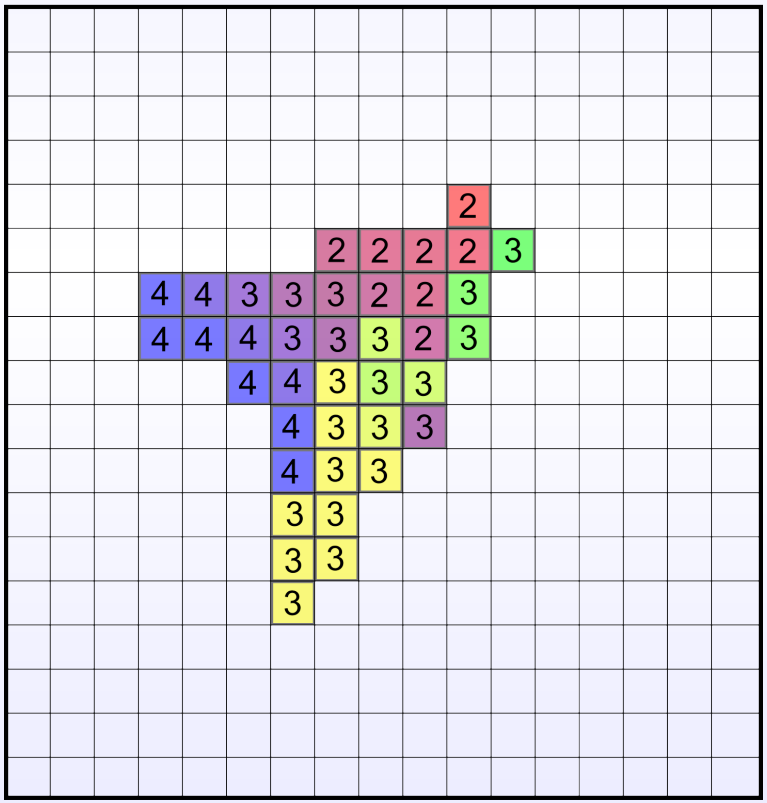
- Idée : stocker pour chaque fragment sa profondeur
  - **Depth Buffer**
- Principe : comparer la profondeur de chaque fragment avec celle stockée

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Elimination des parties cachées

Depth Buffer



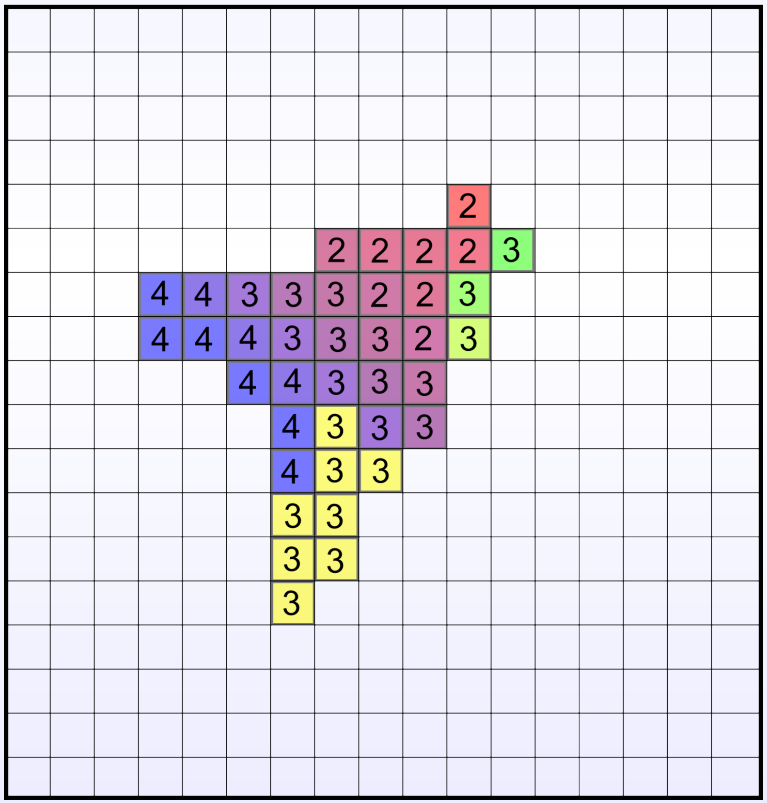
- Idée : stocker pour chaque fragment sa profondeur
  - **Depth Buffer**
- Principe : comparer la profondeur de chaque fragment avec celle stockée
- Pour chaque fragment f_i (GL_LEQUAL)
  - Si $depth(f_i) <= depth(Buffer(f_i))$
  - mettre a jour couleur et profondeur de f_i

Méthodes de rendu

Projection/Rasterisation

Elimination des parties cachées

Depth Buffer



- Idée : stocker pour chaque fragment sa profondeur
  - **Depth Buffer**
- Principe : comparer la profondeur de chaque fragment avec celle stockée
- Pour chaque fragment f_i (GL_LESS)
  - Si $depth(f_i) < depth(Buffer(f_i))$
  - mettre a jour couleur et profondeur de f_i

Méthodes de rendu
En conclusion...

Méthodes de rendu

Lancer de rayons

- Visibilité
- Espace Image
- Complexité
  - Résolution
  - Scène
- Méthode récursive
- Calculs en 3D
- Méthode récursive
- Effets lumineux complexes
- Intersections parfois difficiles
- Parallèlisable

Méthodes de rendu

Lancer de rayons

- Visibilité
- Espace Image
- Complexité
  - Résolution
  - Scène
- Méthode récursive
- Calculs en 3D
- Méthode récursive
- Effets lumineux complexes
- Intersections parfois difficiles
- Parallèlisable

Rastérisation

- Visibilité
- Espace Objet
- Complexité
  - Scène
  - Résolution (aussi)
- Remplissage rapide
- Calculs en 2D (et 1/2)
- Effets lumineux simples
- Simplicité des calculs
- Parallèlisable

Méthodes de rendu

Objectif Qualité

- **Plutôt lancer de rayons**
- Temps de calculs
- Effets lumineux complexes
- Nombreuses optimisations
  - Structures d'accélération
  - Evaluation stochastique
- Gestion mémoire (*Reyes*)
- Algorithme principalement CPU
- Fort intérêt des CPU multicoeurs

Objectif Temps réél

- **Plutôt rastérisation**
- Simplicité des calculs
- Développement dû aux cartes graphiques
  - Calcul matriciel et vectoriel
  - Gestion simple de mémoire
  - Utilisation du cache
  - Parallèlisation massive
- Maintenant quasi-exclusivement GPU

Attention : ça peut changer demain !

- Evolutions matérielles très rapides
- Evolution vers les architectures multicoeurs