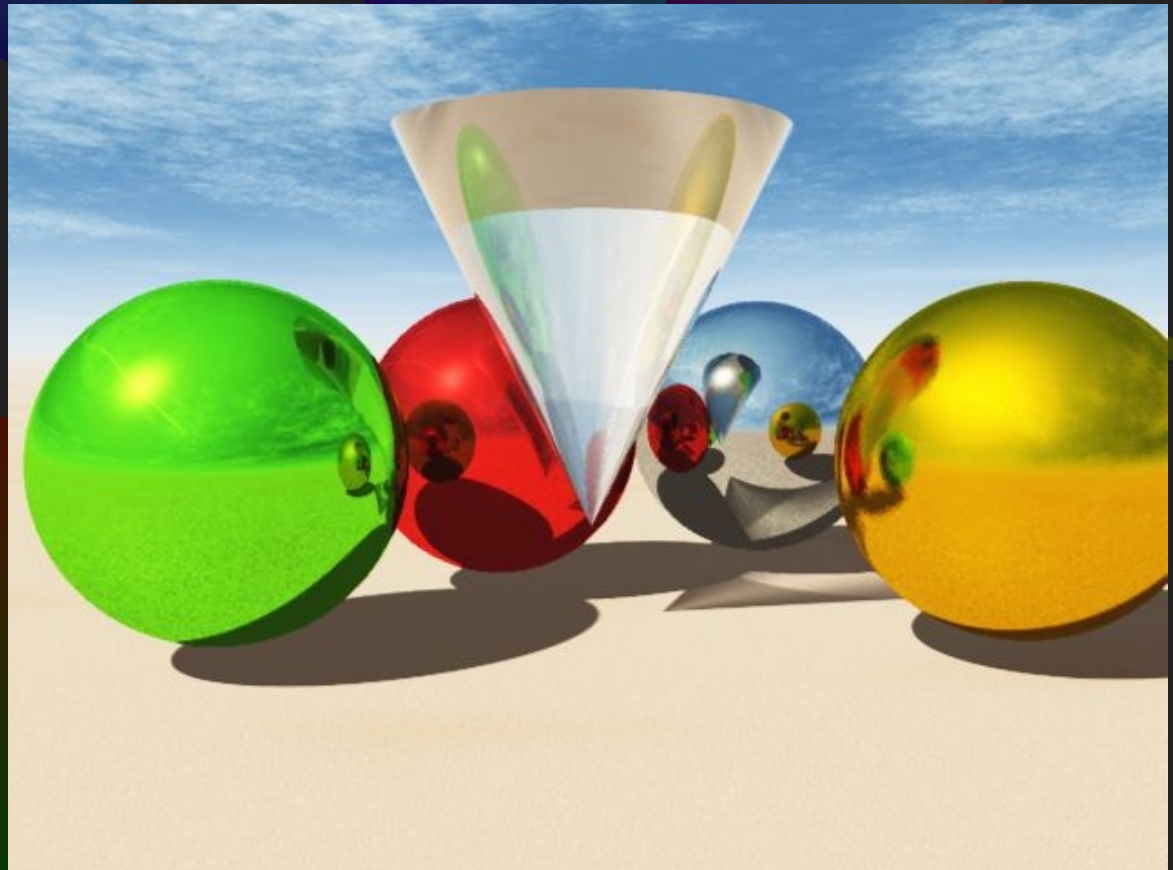


Partie 1 : Rendu photoréaliste

- **Lancer de rayons**
 - CM, TD et TP
- **Radiosité**
 - Uniquement CM

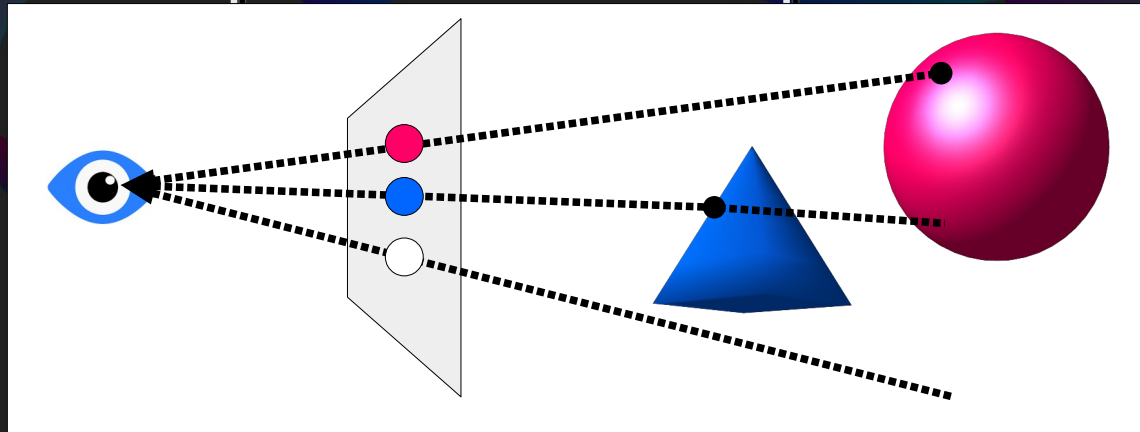
1.1 – Lancer de rayons

- Technique pas encore temps réel pour dessiner selon les lois de l'optique : ombres, reflets, transparences
- Les cartes graphiques récentes permettent d'accélérer les calculs



Principe général

- On calcule les trajectoires des photons, mais seulement de ceux qui arrivent dans l'œil
 - Les autres photons ne sont pas « vus »



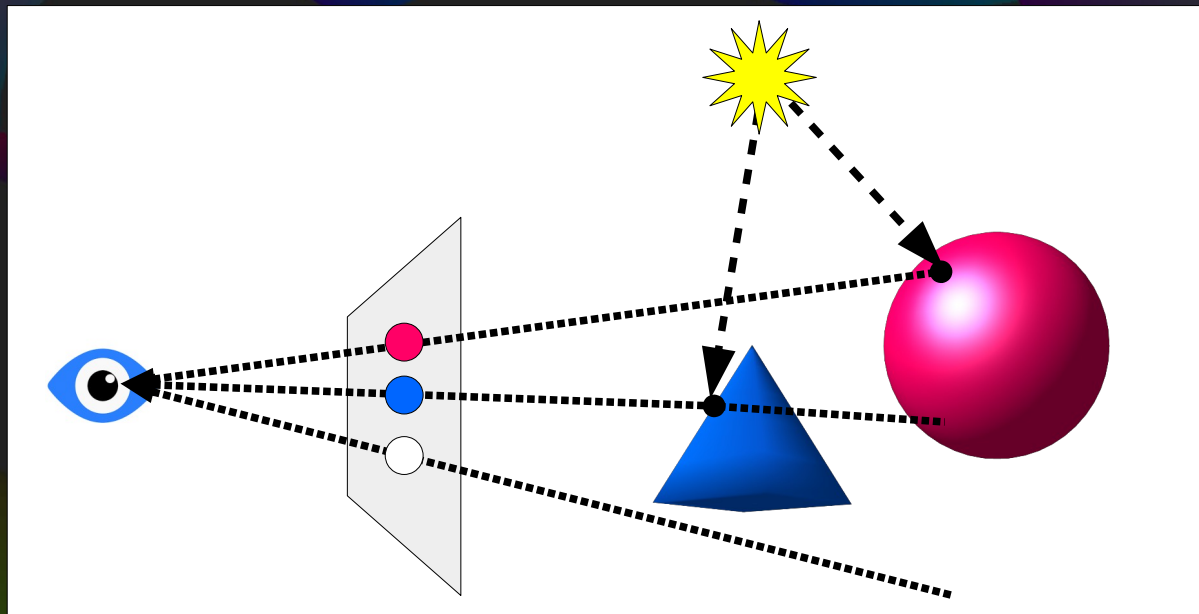
- En fait, on va à l'envers de la réalité : on part de l'œil, on passe par les pixels de l'écran, et on remonte jusqu'aux objets et aux lampes
 - Le pixel reçoit la couleur de l'objet le plus proche

Premiers constats

- On lance des demi-droites partant de l'œil et traversant chaque pixel (boucle 2D sur tout l'écran)
 - ⇒ Ce calcul effectue la « projection écran »
- On doit s'intéresser à l'objet le plus proche :
 - ⇒ Test sur la distance du point de contact
 - ⇒ Sa couleur donne celle du pixel
- **Simplification : couleur = teinte * luminosité**
 - pixels codés par (rouge, vert, bleu) chacun 0..255
 - pbs de saturation (trop clair, trop foncé...)

Éclairage diffus

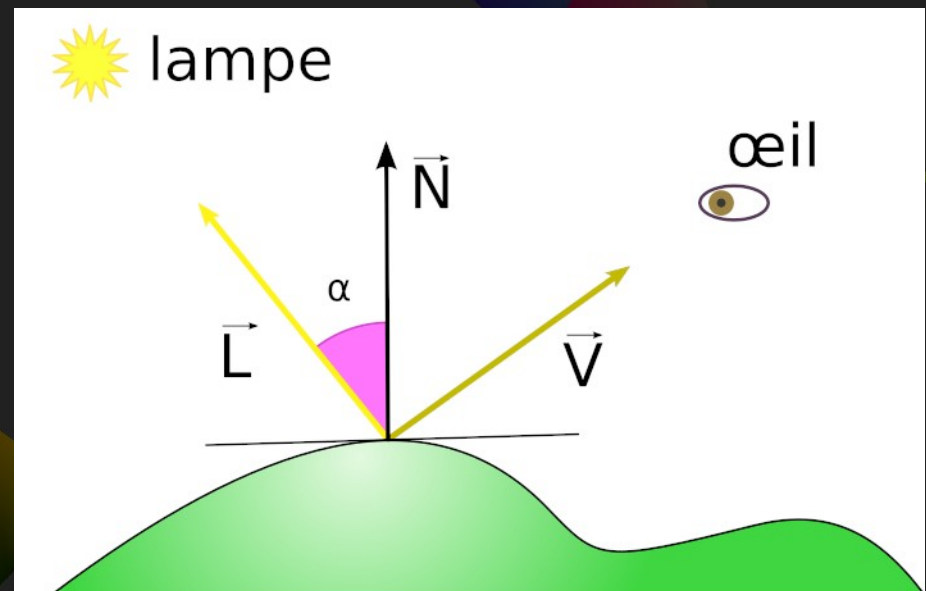
- En fait, ce n'est pas la couleur de l'objet directement, mais ce que sa surface renvoie des lampes



- Modélisation de Lambert pour l'éclairage d'une surface mate

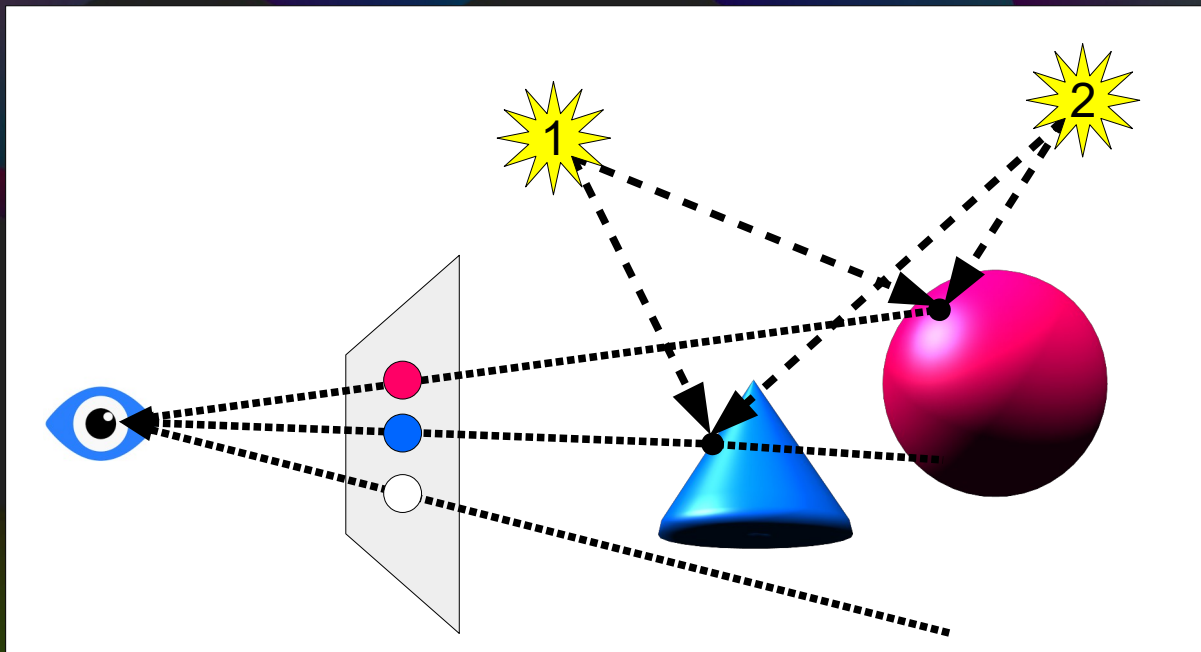
Modèle d'éclairage de Lambert

- La lumière qui rebondit vers l'œil est fonction de α : l'angle entre \vec{L} et \vec{N} , ainsi que de la couleur (et intensité) de la lumière K_L et celle de la surface K_d (couleur diffuse)
- \vec{L} = vecteur vers la lampe, \vec{N} = normale, vecteur perpendiculaire à la surface, \vec{V} = vecteur vers l'œil (n'intervient pas)
- Résultat = $\cos(\alpha) * K_L * K_d$
or $\cos(\alpha) = \vec{N} \cdot \vec{L}$
(produit scalaire)



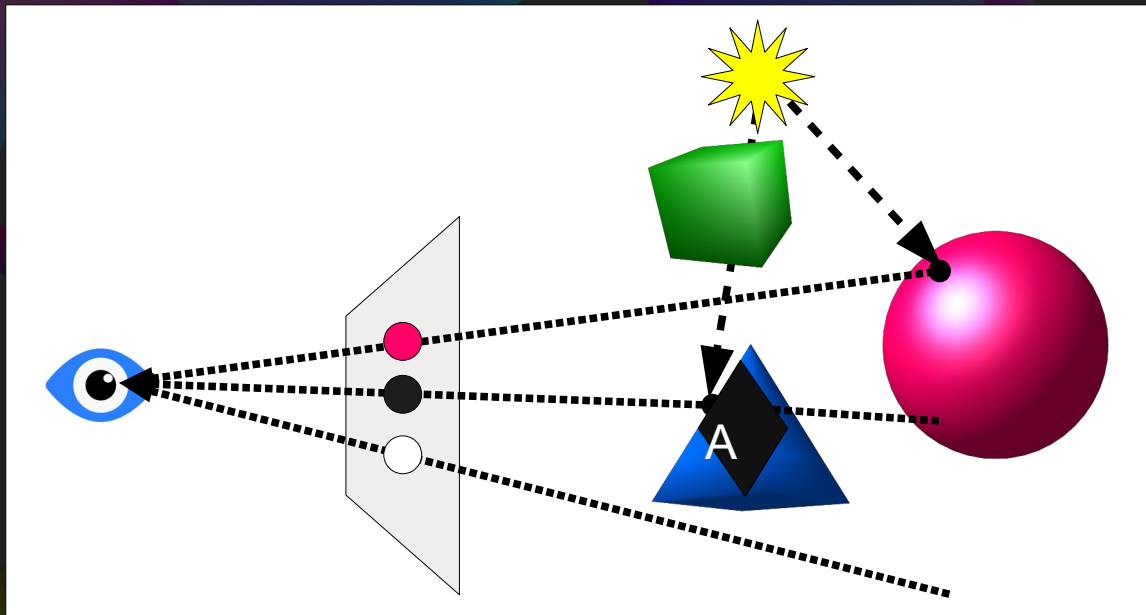
Addition des éclairagements

- Les contributions de chaque lampe s'ajoutent



Ombres portées

C'est à cette occasion qu'on détermine les ombres portées :

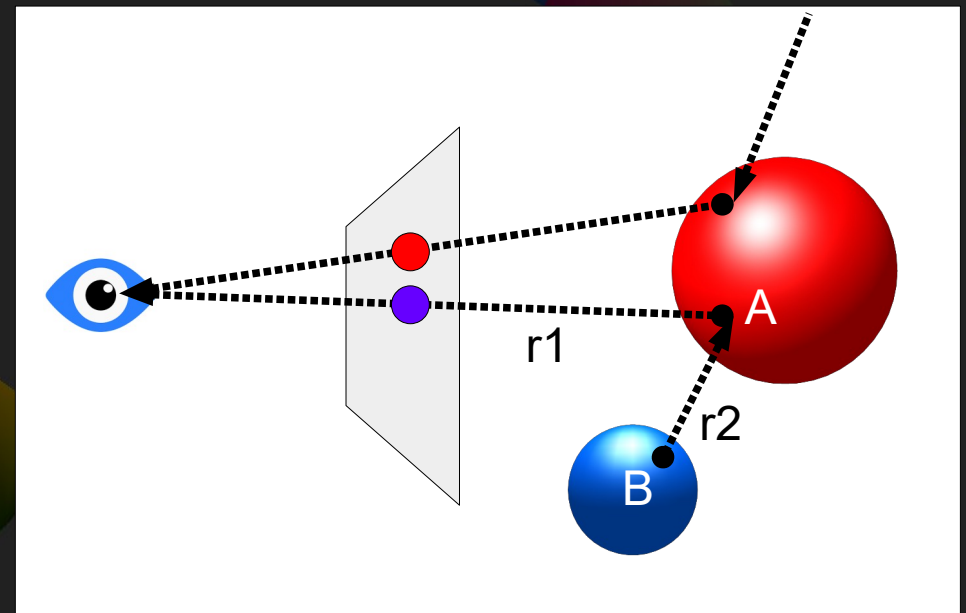


Si un autre objet se trouve entre A et la lampe, alors le point A est à l'ombre (pour cette lampe)

Reflets

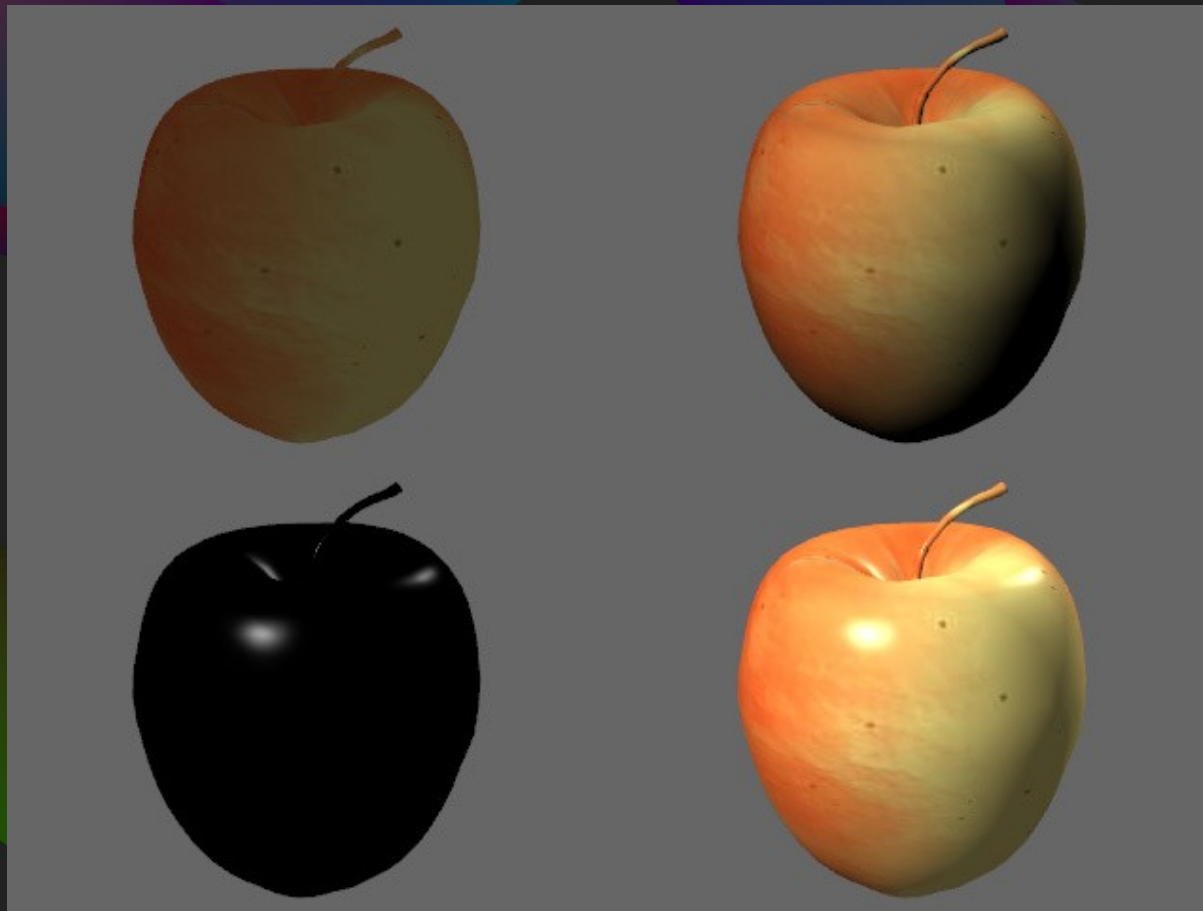
On calcule également les reflets des autres objets sur des surfaces polies :

- En un point A sur un objet réfléchissant (rouge), on lance un nouveau rayon r2 dans la direction miroir de r1 par rapport à la normale en A
- On mélange les deux teintes :
 $k * \text{bleu} + (1-k) * \text{rouge}$
 $k = \text{réflectivité de l'objet, entre 0 et 1}$



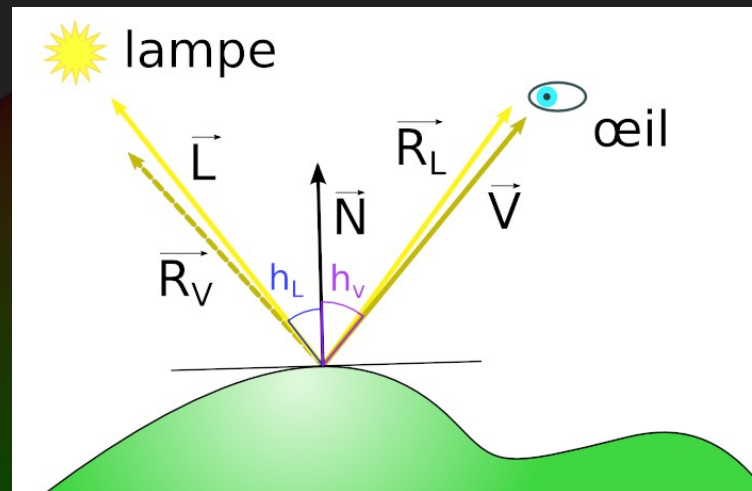
Reflets spéculaires

Il existe une simplification pour les reflets des lampes : les reflets spéculaires



Calcul des reflets spéculaires

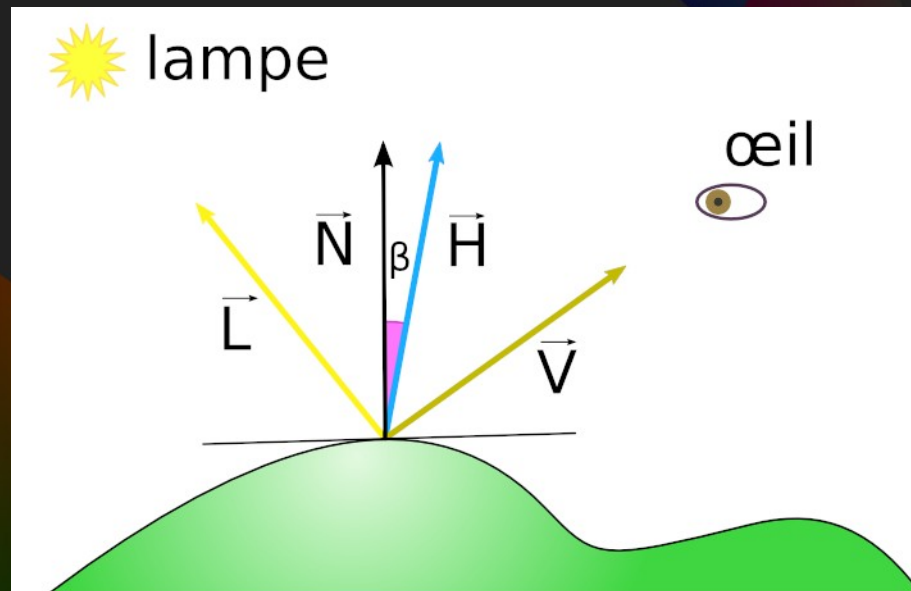
- Il faut préalablement calculer soit le vecteur \vec{R}_L (miroir de $\vec{L} \% \vec{N}$), soit \vec{R}_V (miroir de $\vec{V} \% \vec{N}$)
 - $h_L = \text{angle entre } \vec{L} \text{ et } \vec{N}$, $h_V = \text{angle } \vec{V} \text{ et } \vec{N}$
- Le reflet apparaît quand $h_L \approx h_V$ c'est à dire quand $\cos(\vec{R}_L, \vec{V}) \approx 1$ ou $\cos(\vec{R}_V, \vec{L}) \approx 1$



Calcul, suite

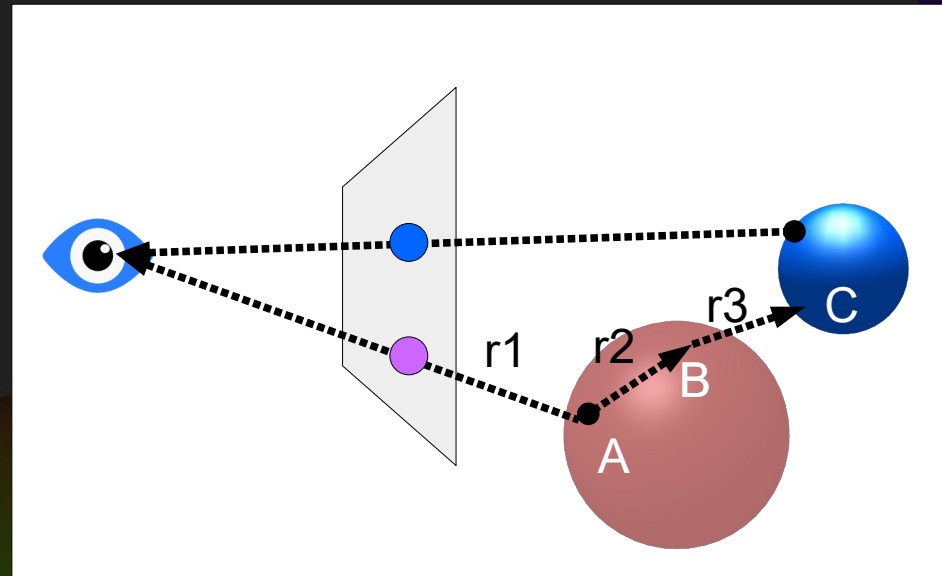
Deux méthodes :

- Phong : résultat = $(\vec{R}_v \cdot \vec{L})^{n_s} * K_L * K_s$
- Blinn : résultat = $(\vec{H} \cdot \vec{N})^{n_s} * K_L * K_s$ avec $\vec{H} = (\vec{L} + \vec{V})$ normalisé



Réfraction

- Lorsque l'objet rencontré est transparent, on peut lancer un rayon à l'intérieur puis un 3^e à la sortie, selon les applications de la loi de Snell (Descartes) :



Voir le sujet du TD et le TP

Calcul des intersections

- **Ce qui est crucial, c'est de calculer rapidement l'intersection entre un rayon et un objet**
 - Rayon = demi-droite, représentée par une équation vectorielle paramétrique
 - Objet = équation de surface cartésienne
 - => Le point recherché est la plus petite solution du système de ces équations
- **Ensuite, il faut pouvoir calculer \vec{N} en ce point**
 - Dérivée en 3D... ou astuce de calcul

Suite...

- Suite du cours avec le TP1 : on passe à l'action



1.2 – Radiosité

- **Technique non temps réel pour calculer l'éclairage ambiant (indirect)**
 - Le lancer de rayons produit ceci (lumière directe) :



Résultat de la radiosité

- L'éclairage correct est plus proche de ceci :

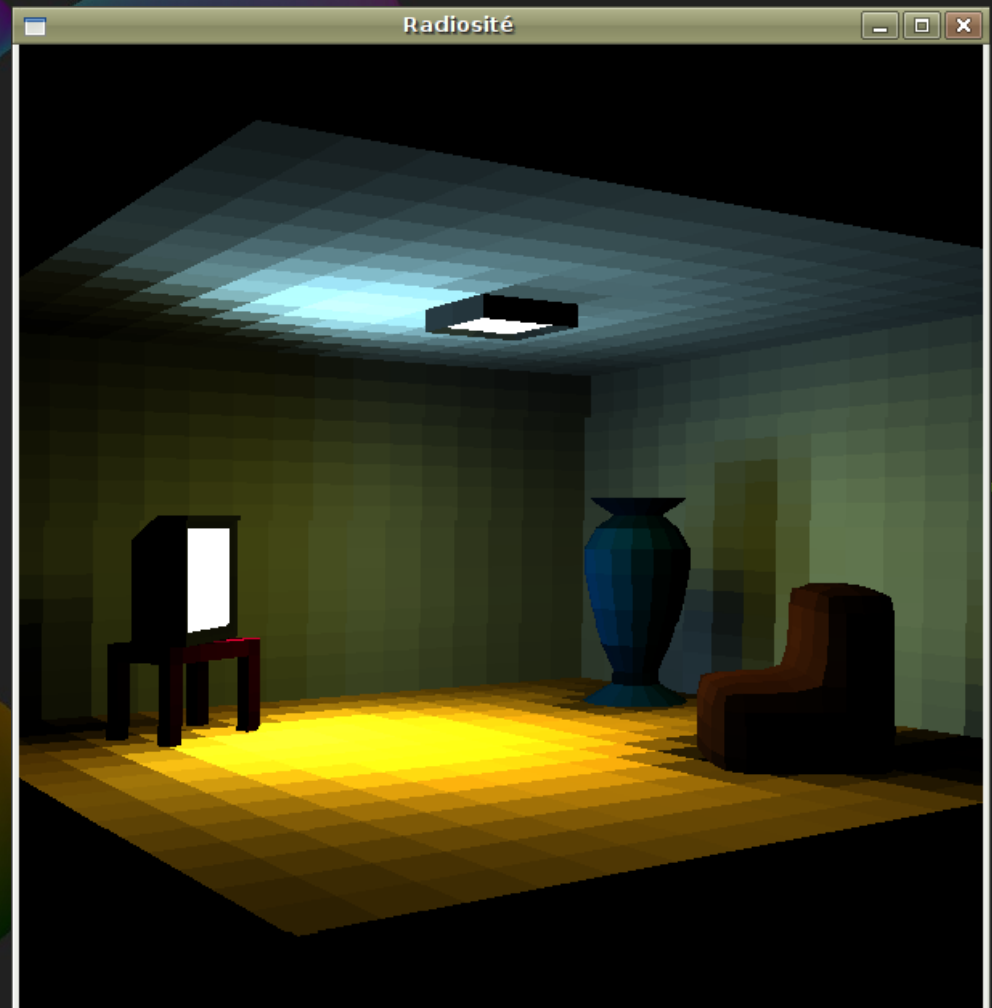
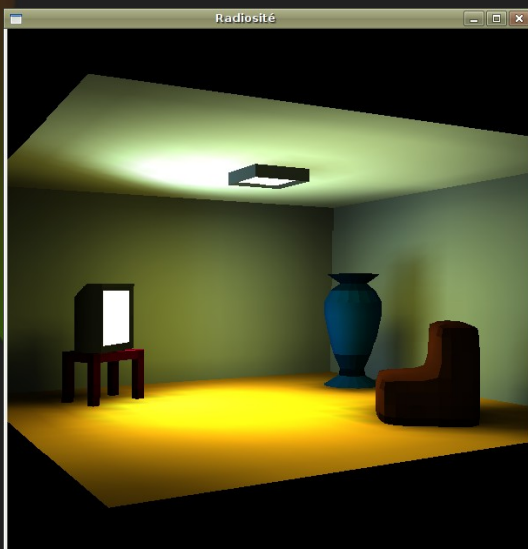


Dessiné avec Vue d'Esprit

Principes

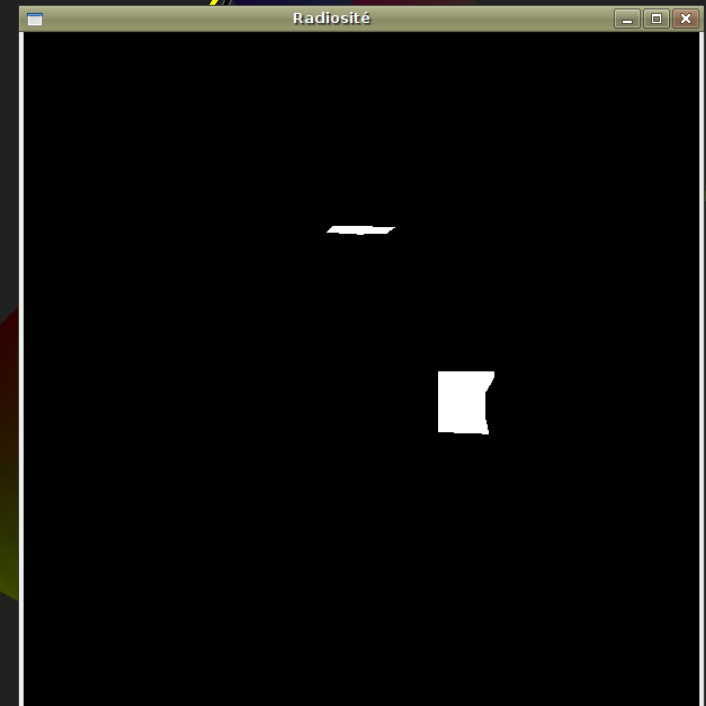
- Découper la scène en minuscules polygones (facettes)
 - Ni trop, ni trop peu...

Lissage de Gouraud pour l'affichage



Principes (suite)

- Chaque facette est soit émettrice de lumière, soit plus ou moins réfléchissante
- Au début, seules les facettes émettrices sont éclairées (possèdent de la lumière)
 - Les autres ne contiennent pas de lumière
- Les facettes qui possèdent de la lumière l'envoient aux autres en fonction de leur visibilité relative

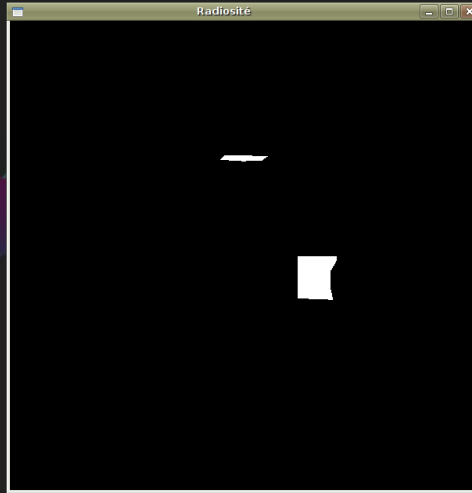


Principes (fin)

- **On fait ensuite le calcul en boucle :**
 - Pour chaque facette, que voit-elle des autres qui ont de la lumière ?
 - Son orientation relative : de face, de côté... ?
 - Est-elle masquée par les autres facettes ?
 - Redistribuer la lumière de celles qui en ont vers celles qui n'en ont pas encore
- **On boucle jusqu'à un point fixe : équilibre entre émission et absorption de lumière**

Premières étapes du calcul

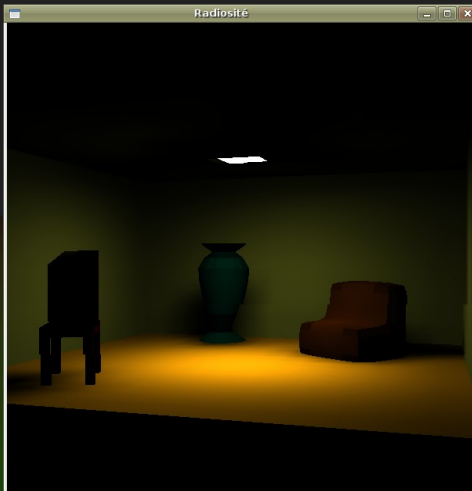
- Début



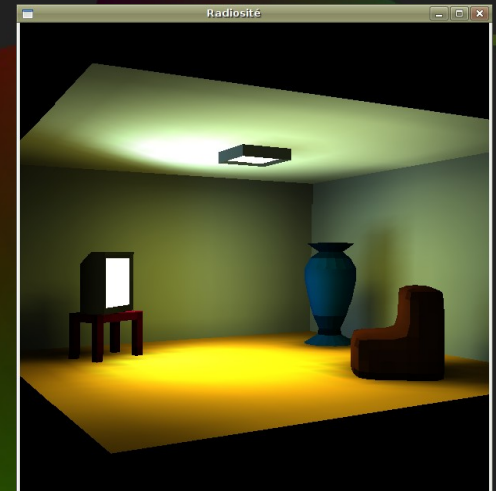
- Étape 1



- Étape 4



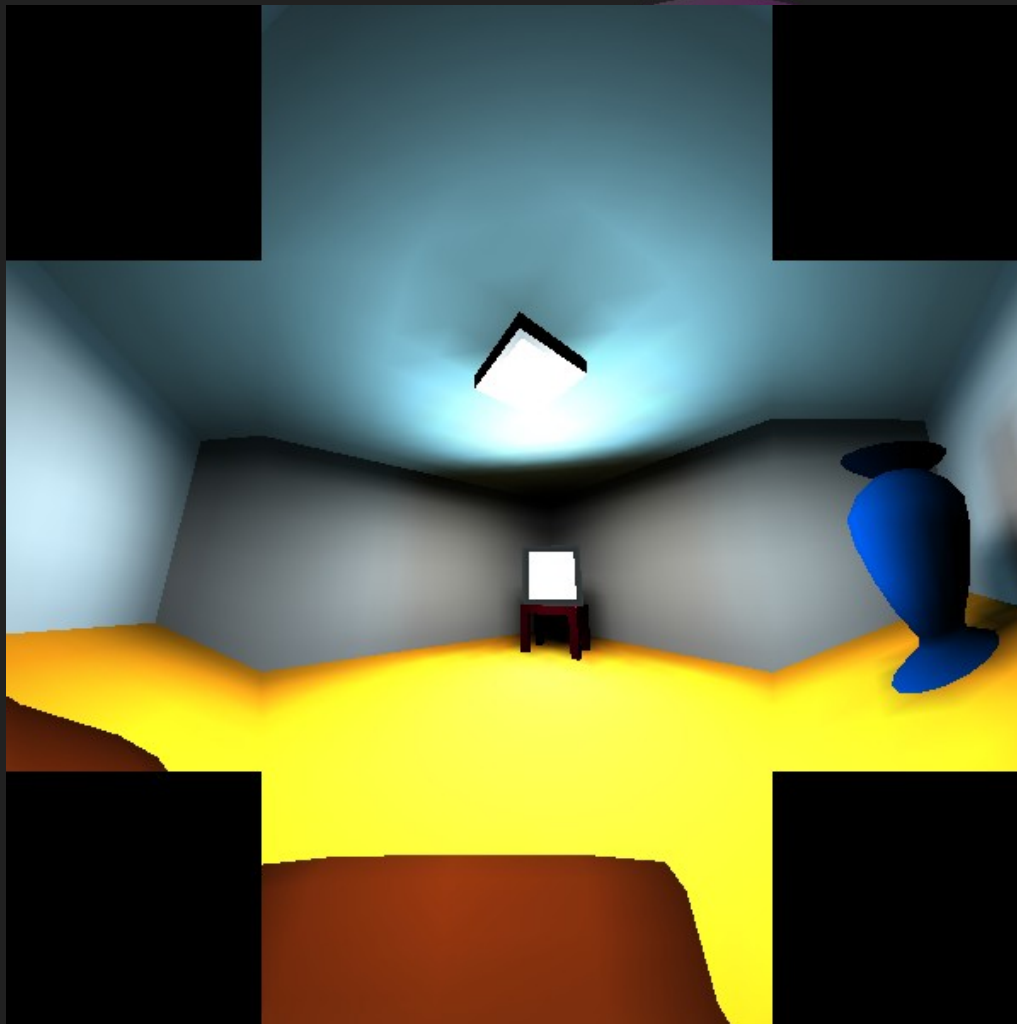
- Étape N



Réalisation

- **Modélisation des facettes de la scène :**
 - liste de triangles avec couleur et luminosité
 - On classe cette liste par ordre de luminosité décroissante
- **Dessin de la scène vue d'une des facettes :**
 - Simulation d'un objectif « fish eye » à 180° pour estimer la visibilité des autres facettes
 - En fait, ce qui est dessiné n'est pas la couleur des facettes mais une couleur spéciale codant le numéro de la facette

Vue d'une facette



- Simulation de la vue d'un objectif *fish eye*, à 180° (2π sr)
- Il y a 5 dessins de la scène, avec des cadrages différents
- Les distorsions sont à prendre en compte

Numéros des facettes



- Les nuances codent le numéro de la facette (mais mal rendu à l'écran à cause de la représentation interne)
- Ça permet de calculer la visibilité des autres facettes, afin de savoir combien de lumière elles vont recevoir

Fin des calculs

- Cette image spéciale est parcourue pixel par pixel :
 - La couleur donne le numéro de la facette visible
 - Un coefficient corrige la distorsion de l'image afin que chaque pixel représente le même angle solide
 - Partage de l'énergie de la facette où se trouve la caméra vers les autres facettes, en fonction de la surface visible
- On reprend le calcul pour chacune des autres facettes, et ce jusqu'à ce que l'énergie redistribuée soit négligeable.