

# Insertion d'objets virtuels



GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique, Hiver 2017  
Jean-François Lalonde

Merci à A. Efros et P. Debevec!





Orientation



Éclairage



Ombres





Orientation



Éclairage



Ombres





Orientation



Éclairage



Ombres





Orientation



Éclairage



Ombres





Orientation



Éclairage



Ombres



# Solutions...

## 1. Mauvaise orientation?

- Déterminer l'orientation de la caméra

## 2. Mauvaise illumination sur l'objet?

- Déterminer les conditions d'éclairage de la *scène réelle*

## 3. Mauvaises ombres sur la table

- Déterminer la géométrie de la *table réelle*



# 1. Orientation de la caméra

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & 0 & u_0 \\ 0 & \beta & 0 & v_0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{23} & r_{33} & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Intrinsèques

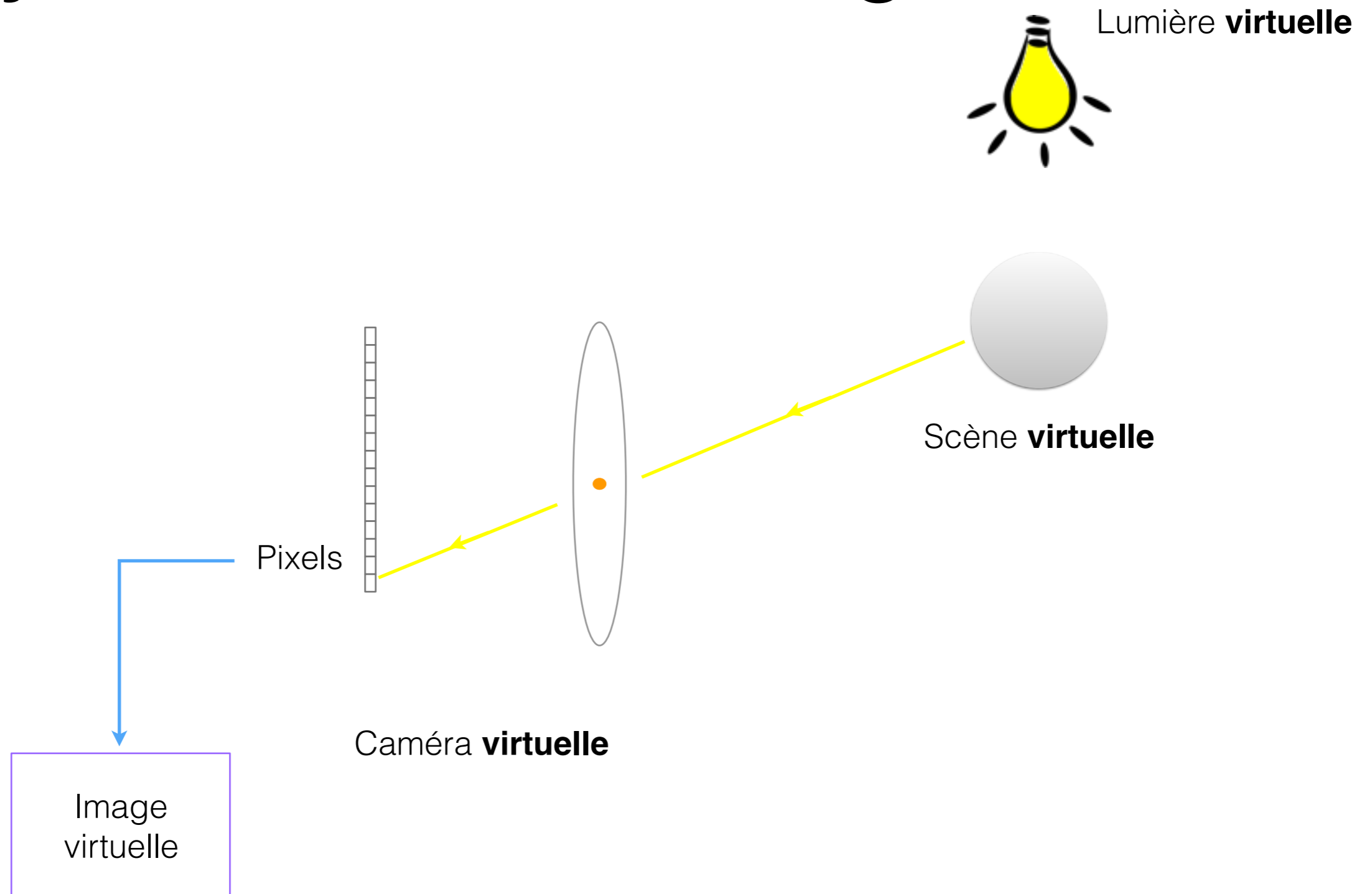
Extrinsèques

$$p' = \mathbf{M}p$$

# 2. Éclairage de la scène réelle

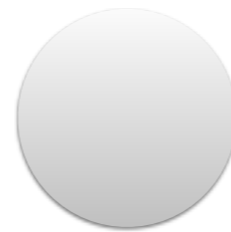
- Estimer la position et l'intensité des sources lumineuses à placer dans l'environnement virtuel
- Que faire si l'illumination est complexe?
  - Sources étendues, inter-réflexions, etc...

# Synthèse d'une image virtuelle



# Synthèse d'une image virtuelle

Lumière ~~virtuelle~~

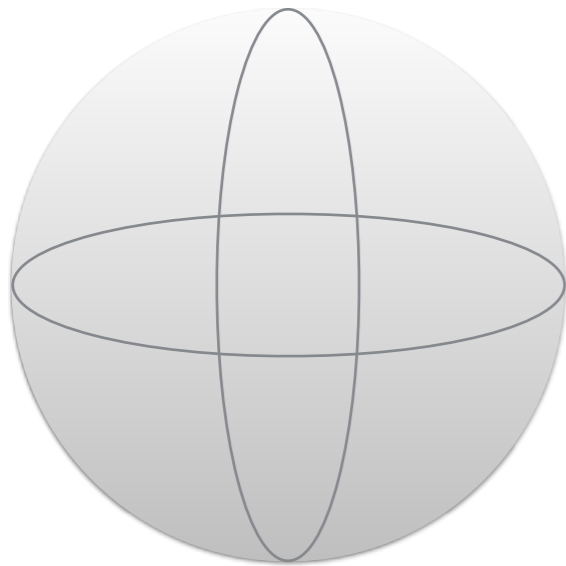


Scène **virtuelle**

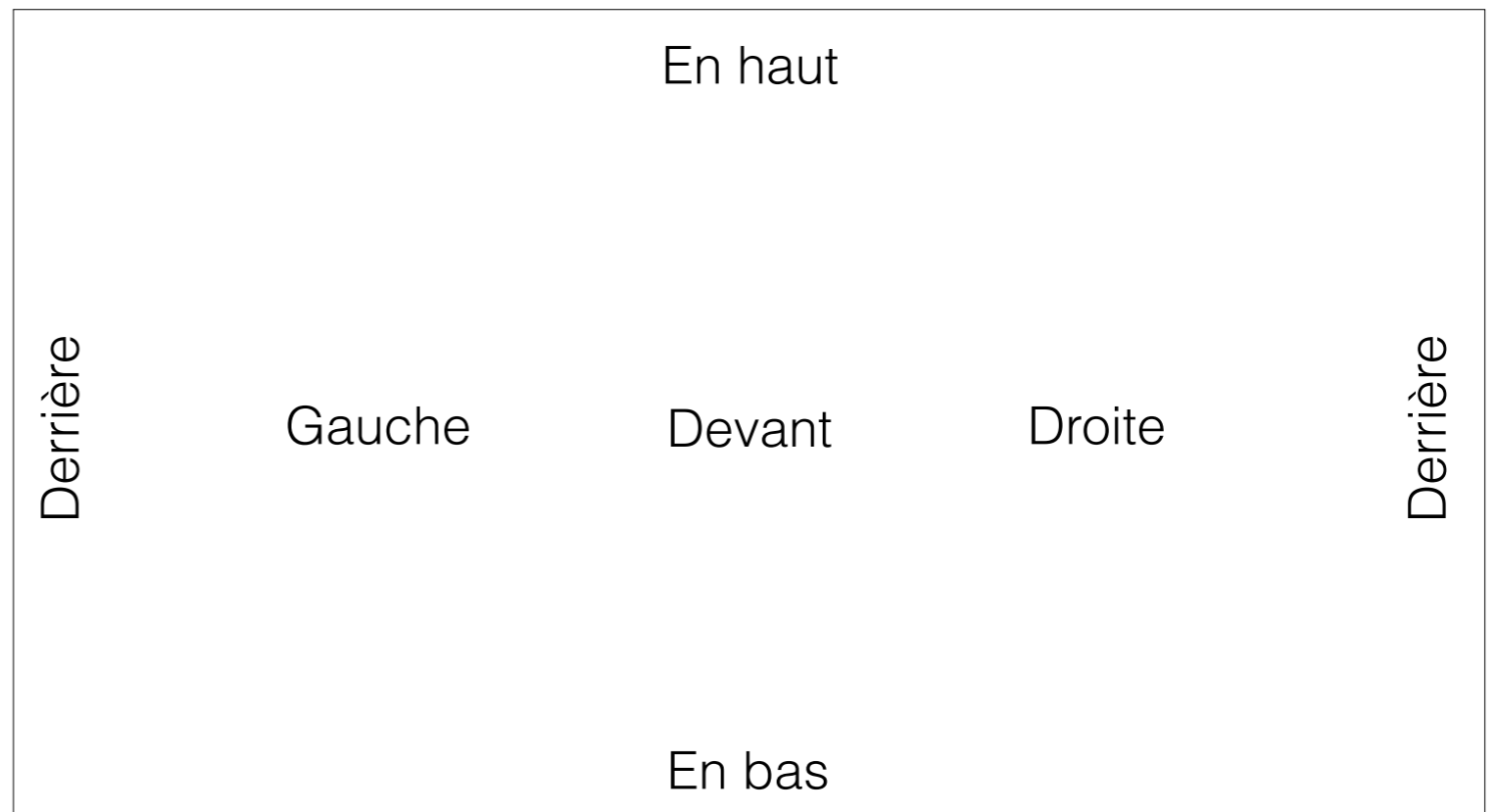
**D'où vient la lumière?**

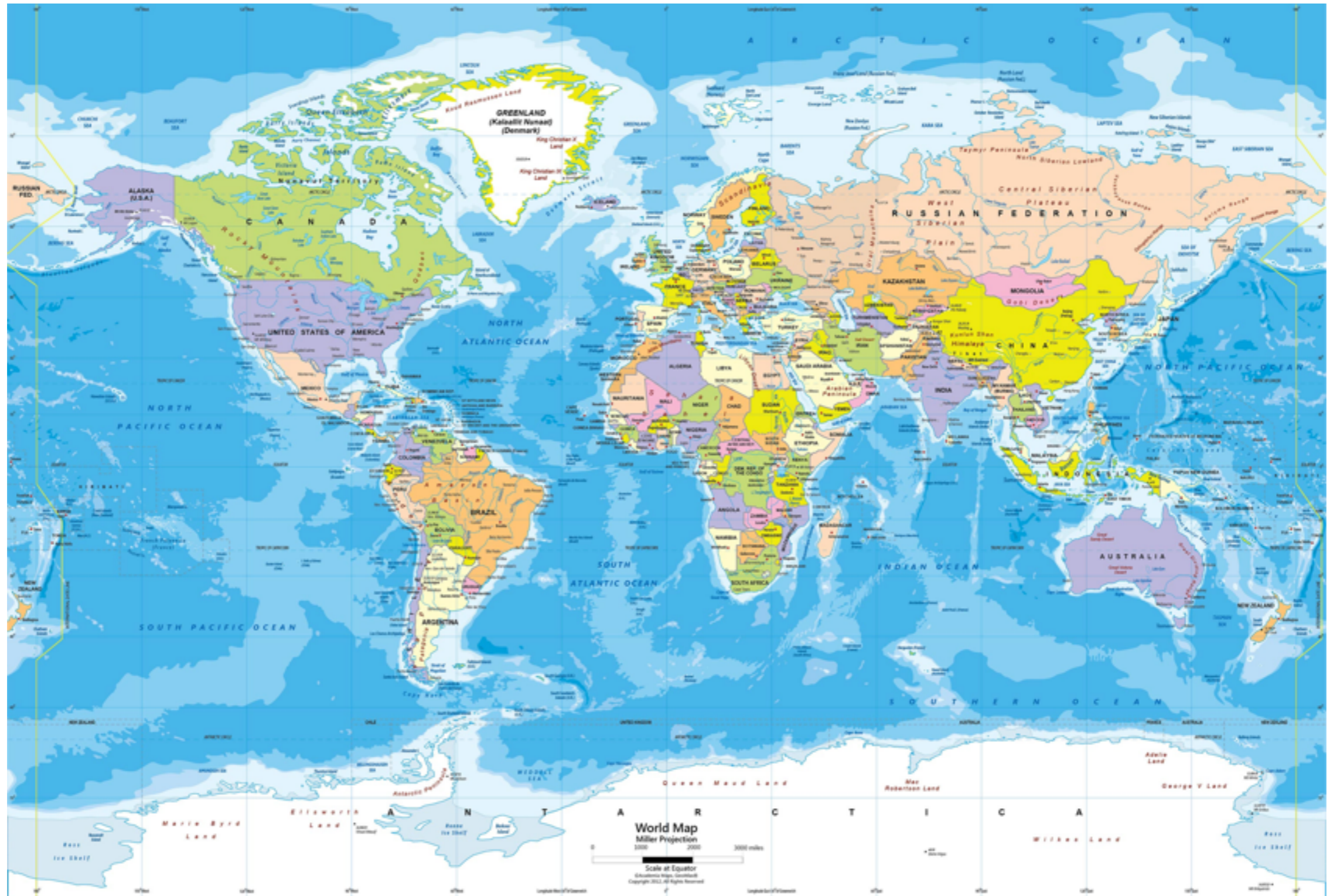
# But: photographier la lumière

Sphère (3D)

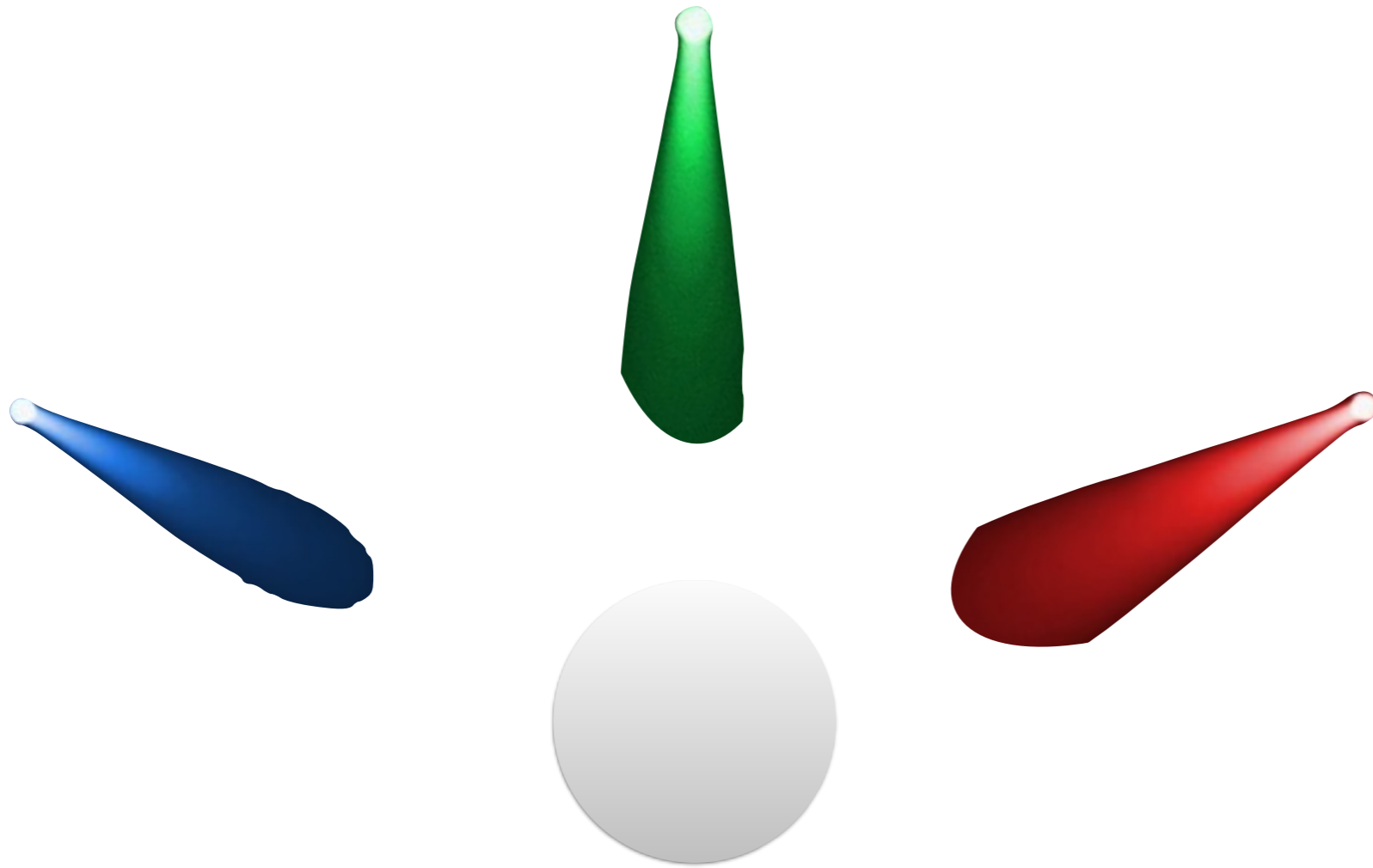


Représentation sphérique (2D)



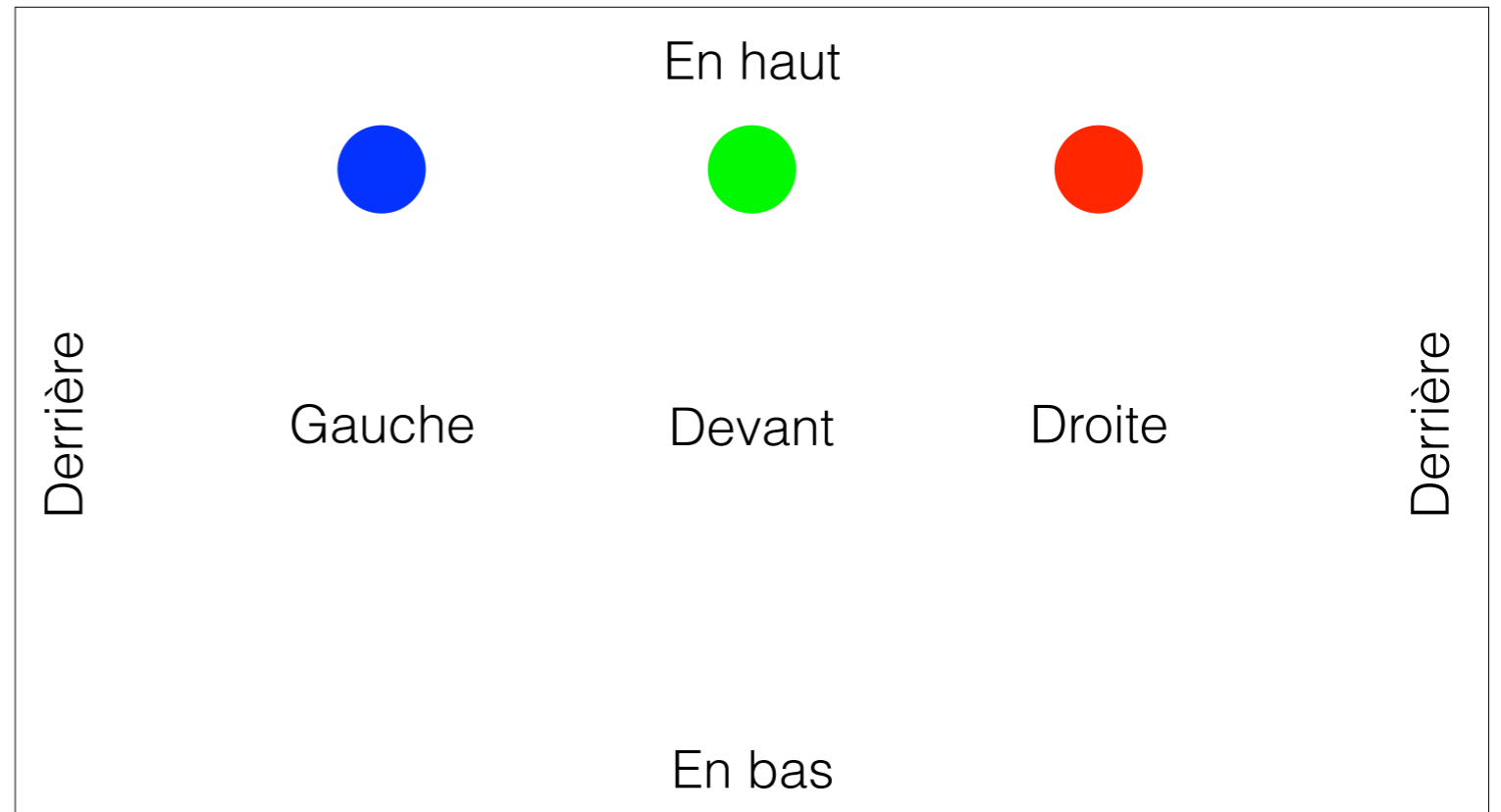
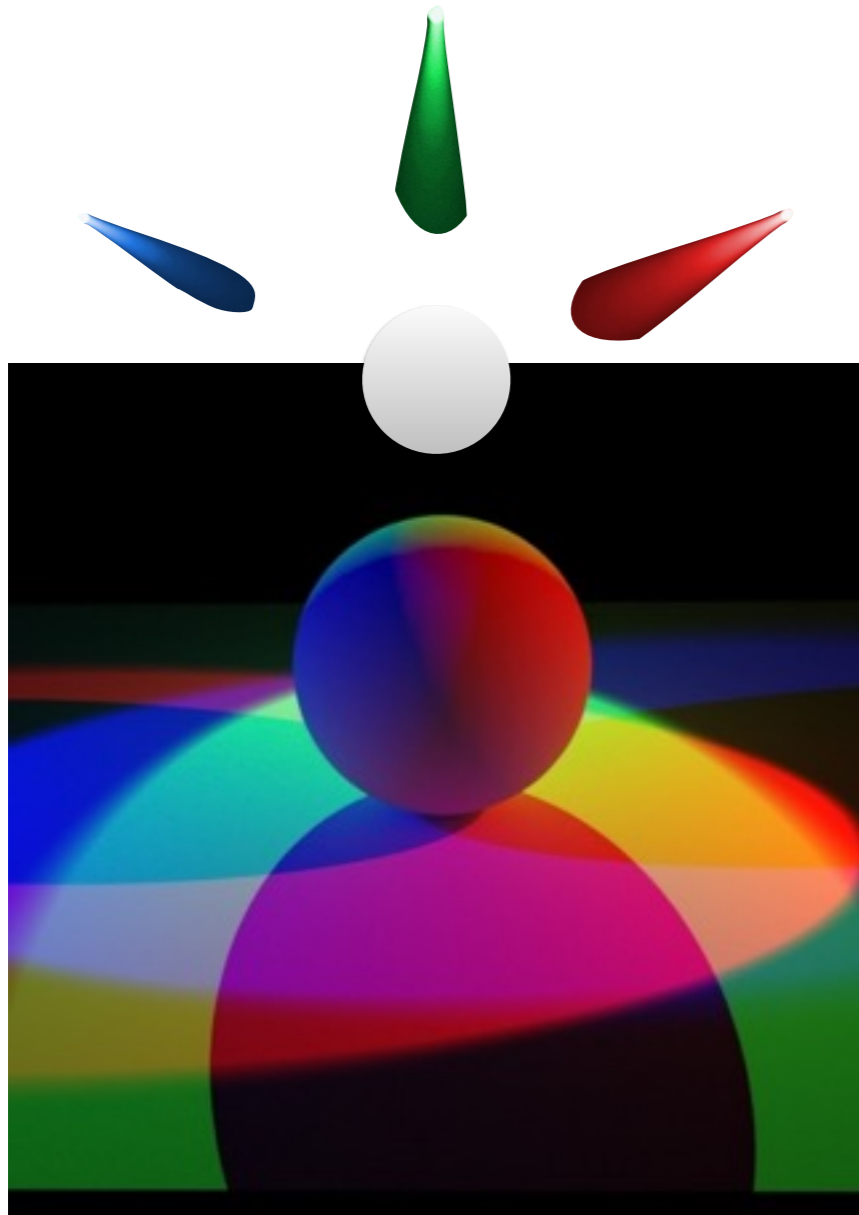


# But: photographier la lumière



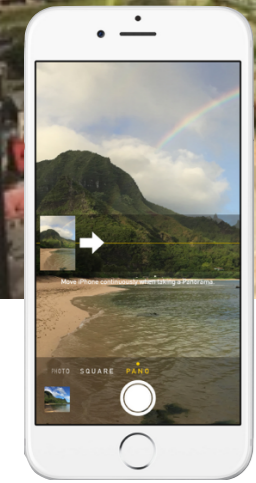


# Quiz: quelle sera la carte d'environnement?



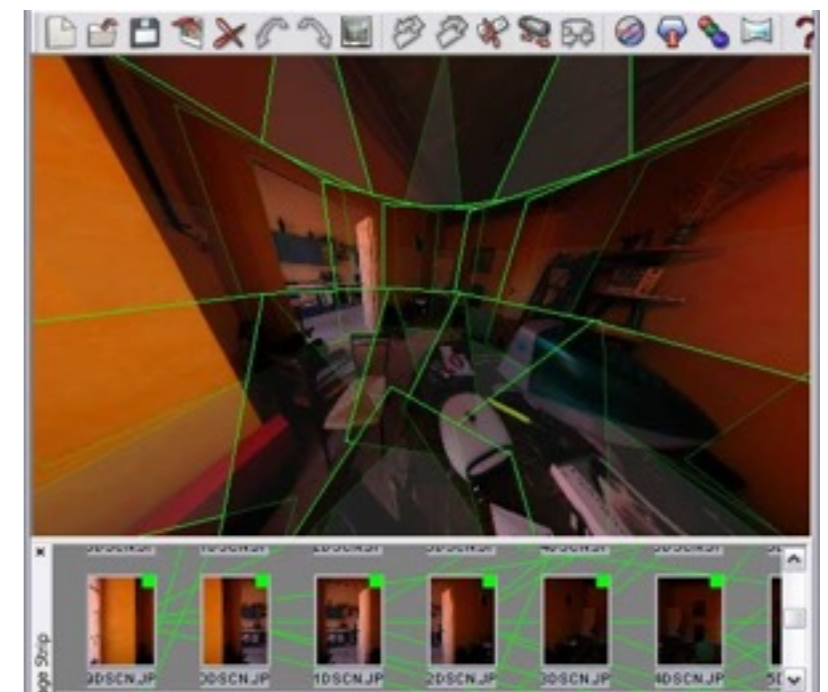
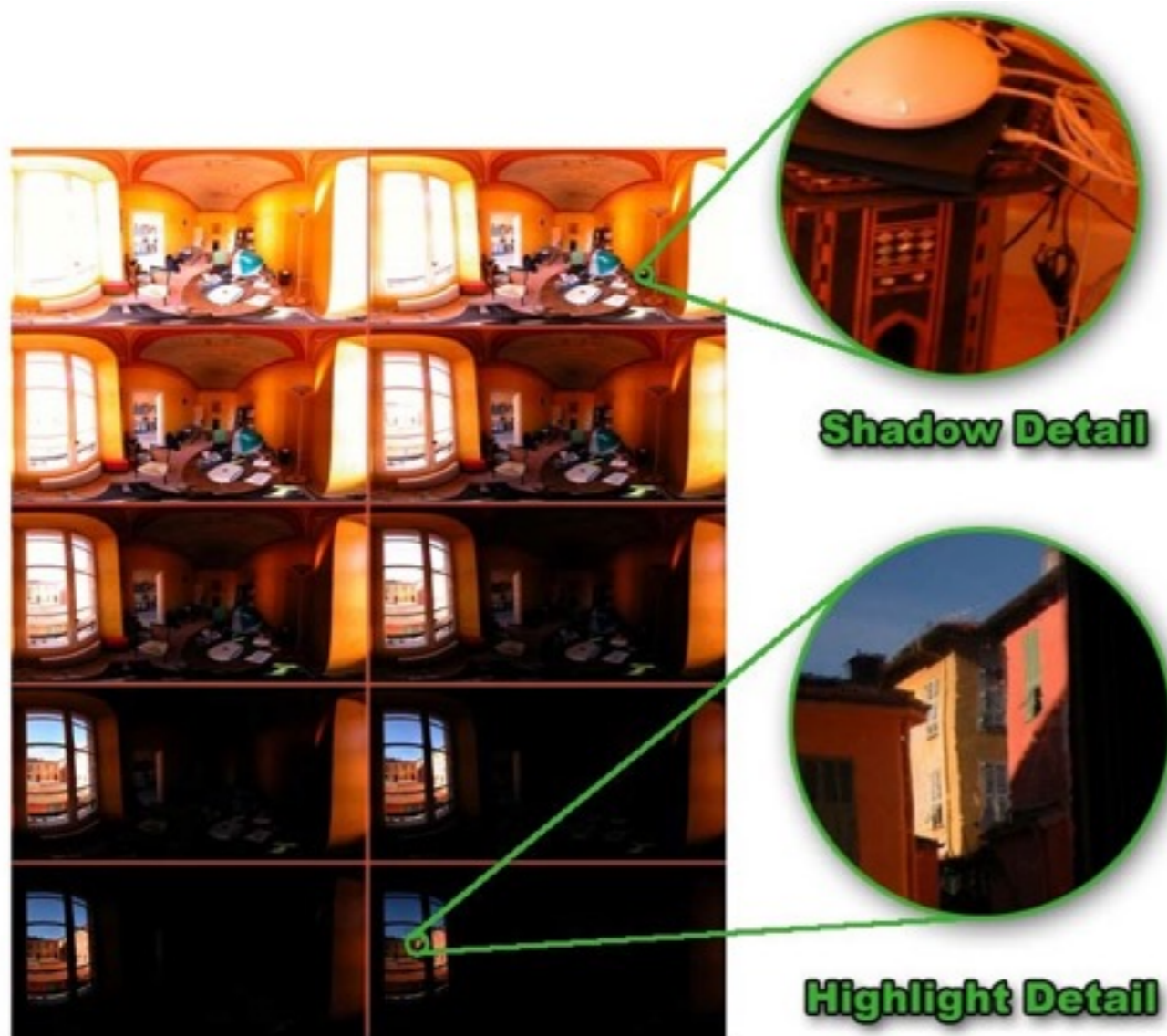
# Option #1





# Panoramas HDR

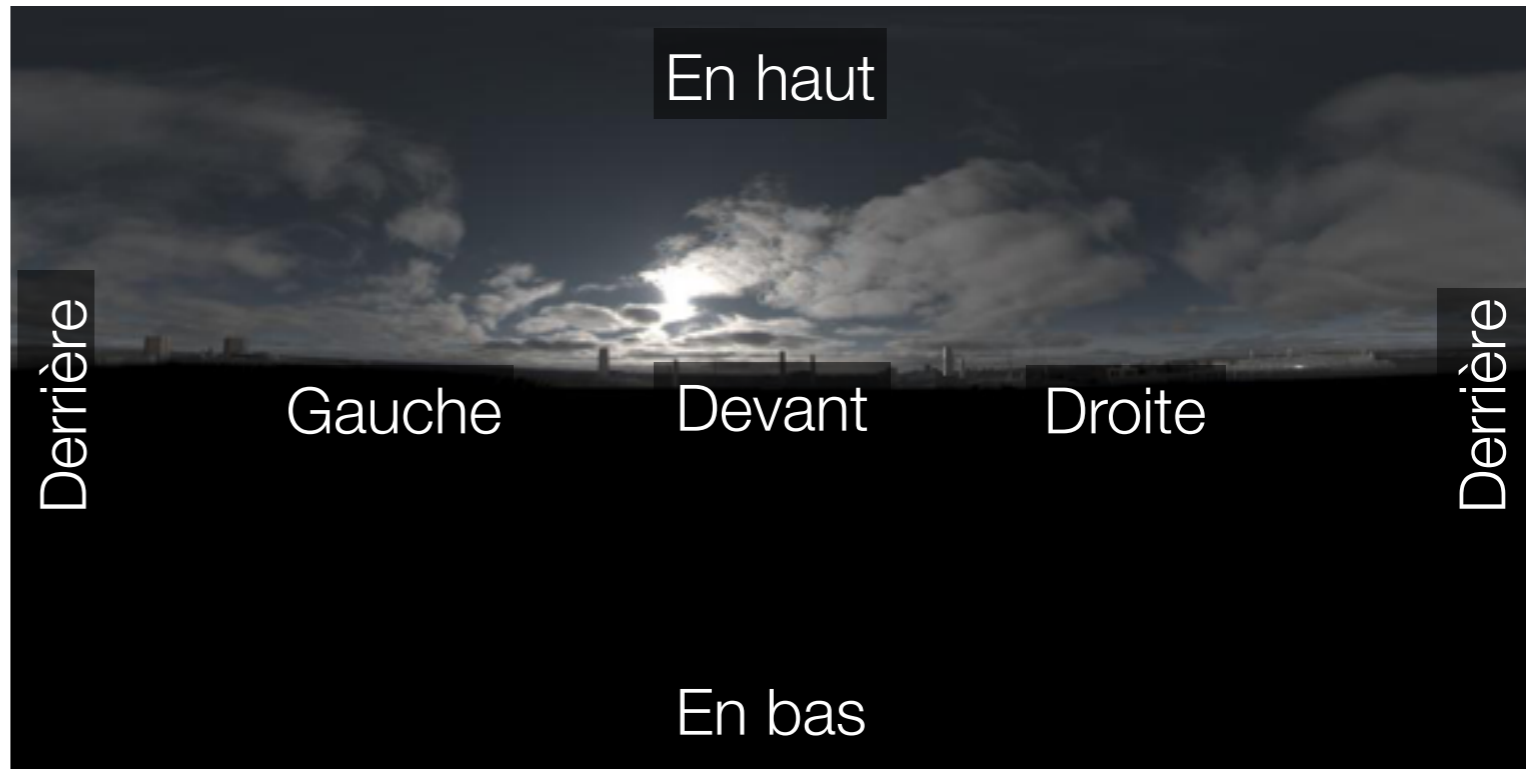
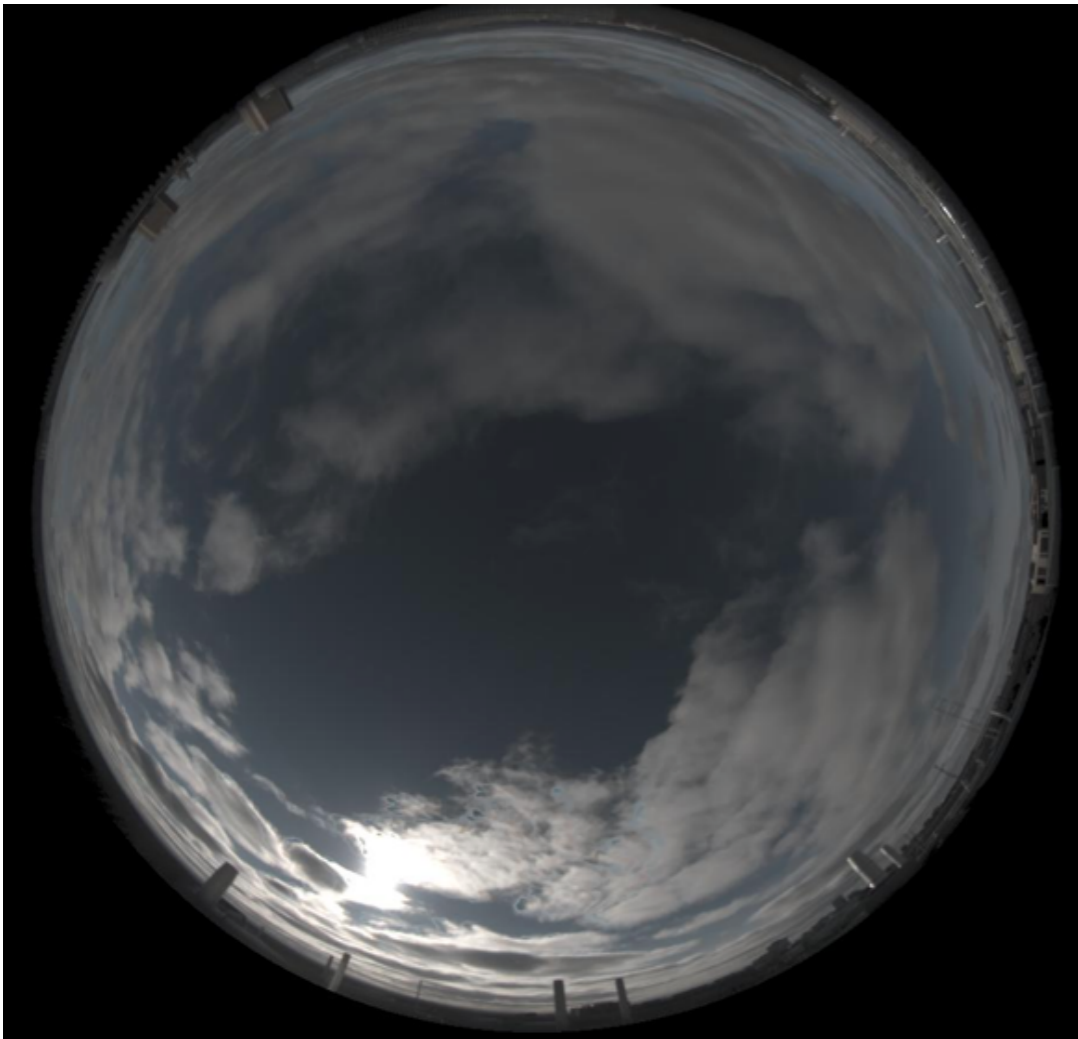
<http://www.gregdowning.com/HDR/stitched/>



# Option #2







# Caméras panoramiques

- Avantages:
  - très haute résolution (10K x 7K+)
  - Pas de mosaïques: sphère automatique
  - Bonne plage dynamique (même HDR)
- Problèmes
  - \$\$\$
  - Long à capturer

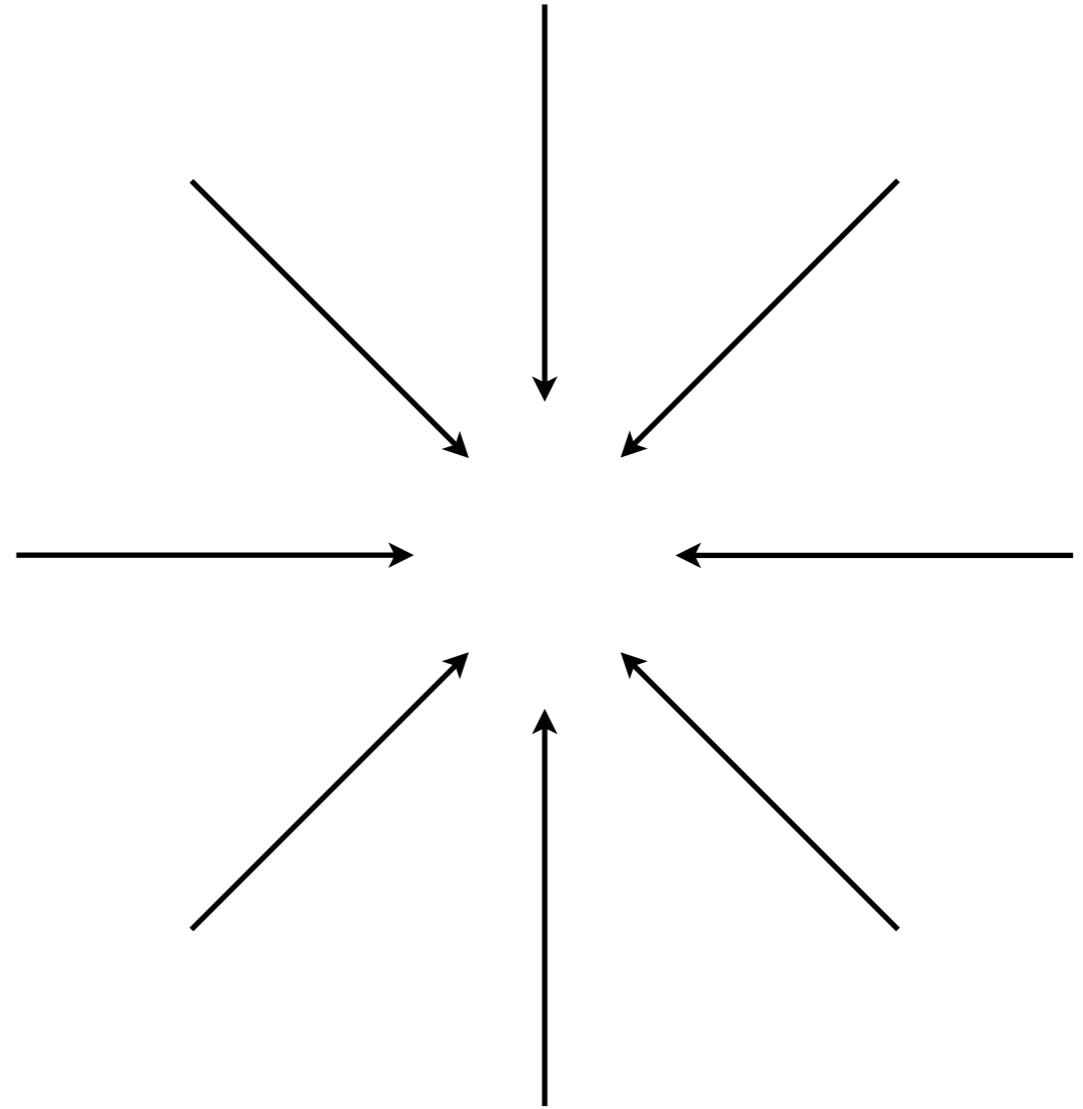




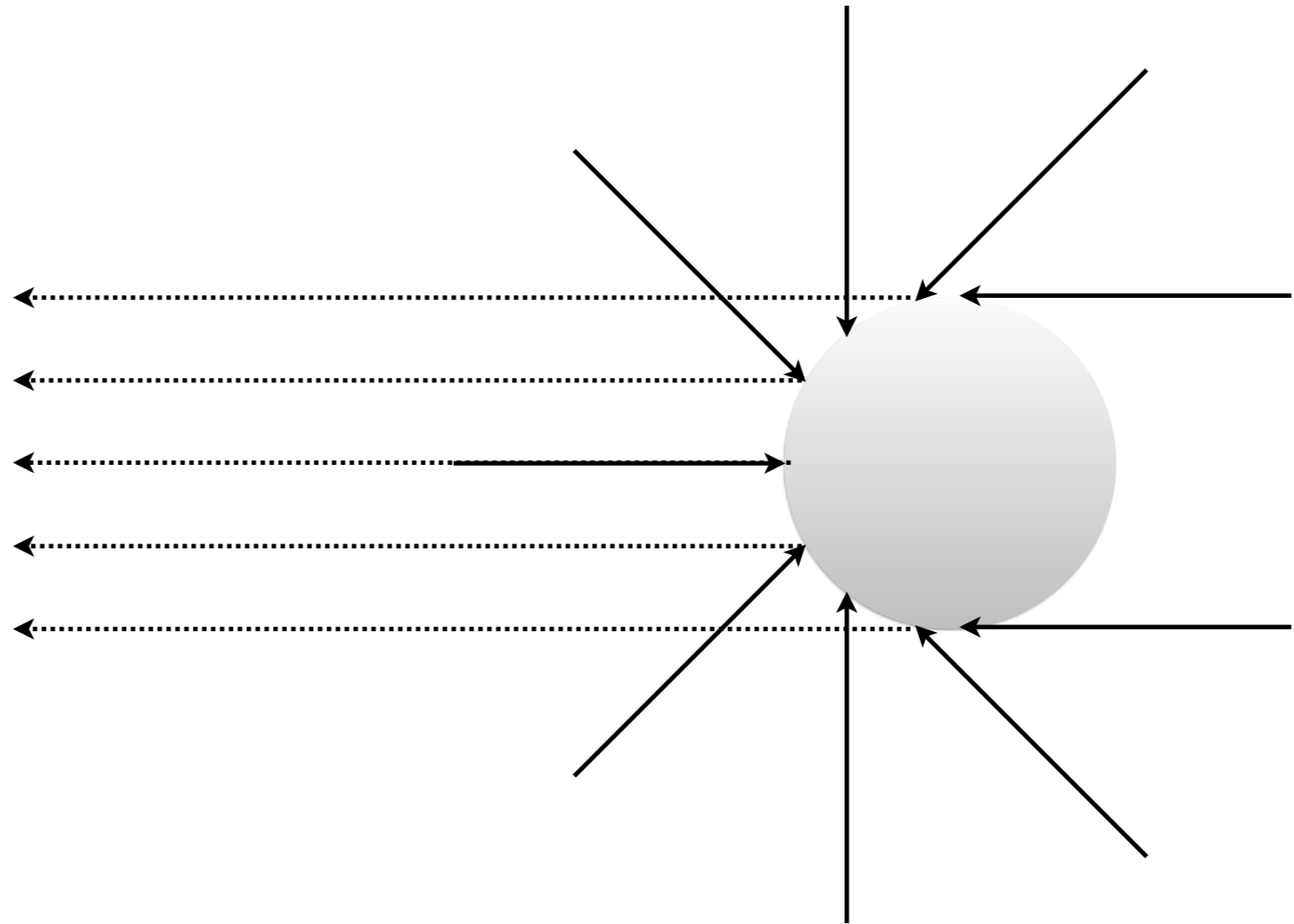
# Option #3

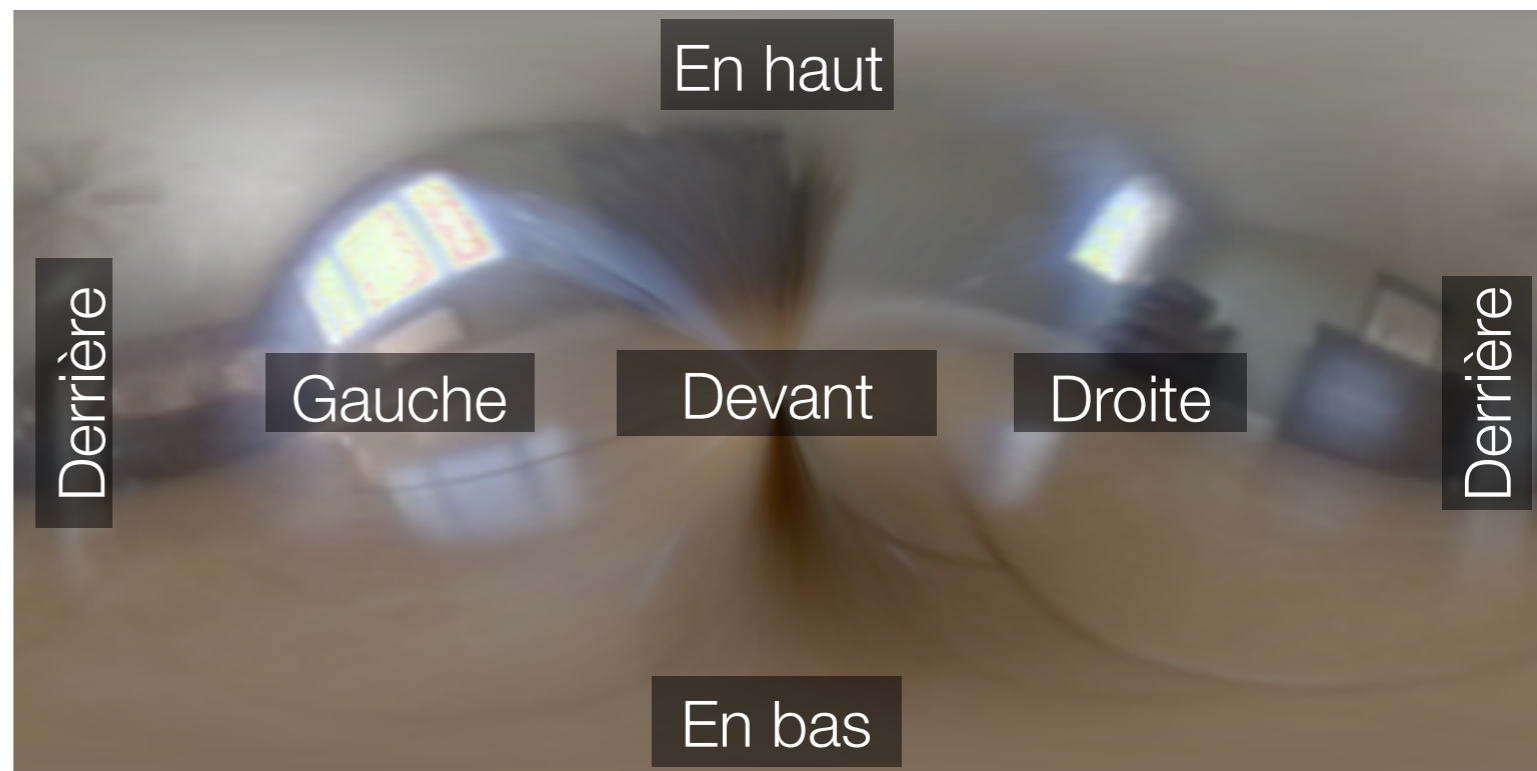


# Capturer la lumière



# Capturer la lumière





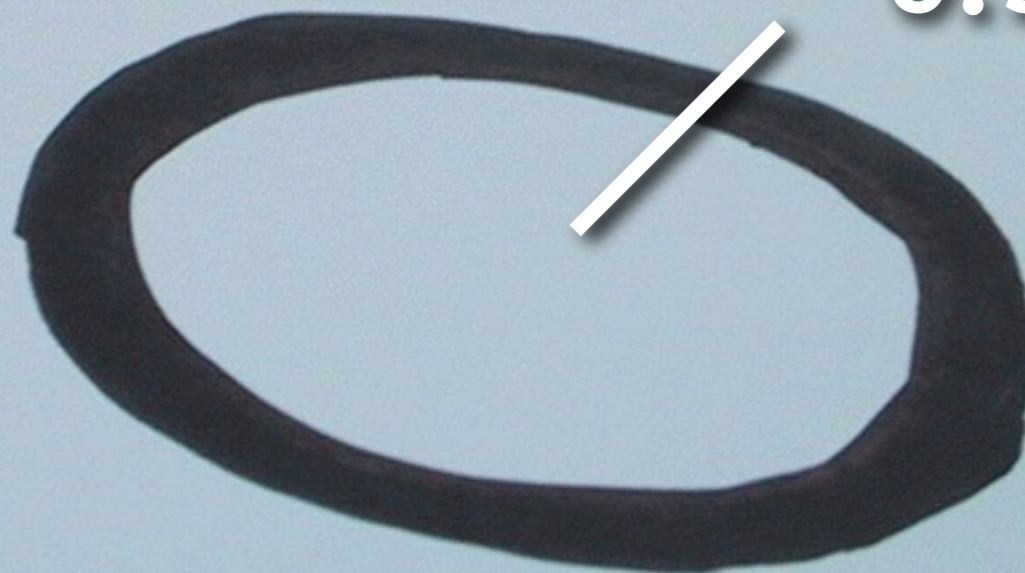


0.34

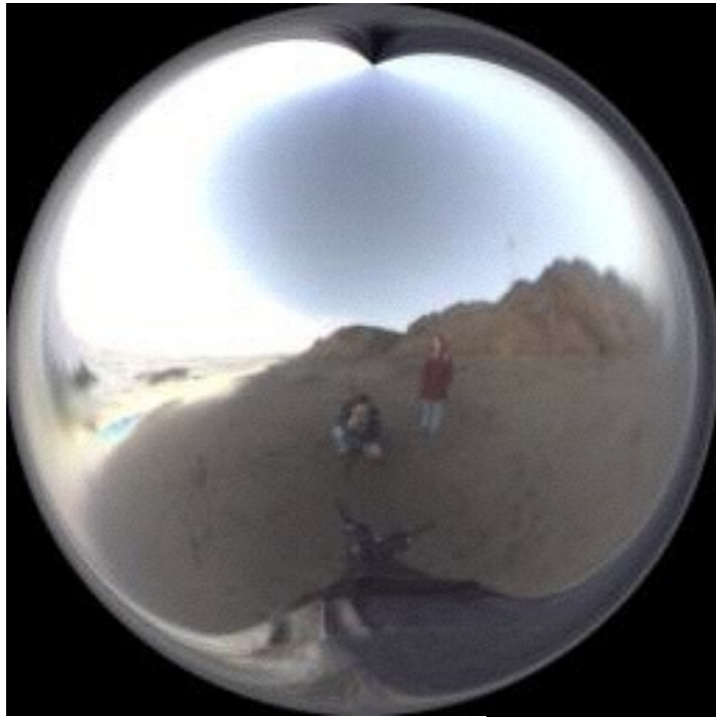
=> 59%  
réflective

Calibrage de la  
réflexivité de la  
sphère

0.58



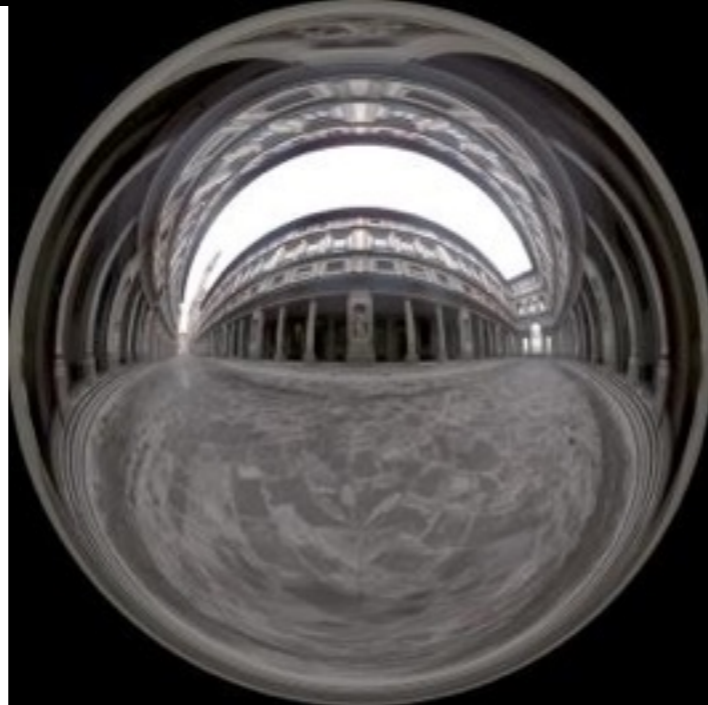
Funston  
Beach



Eucalyptus  
Grove



Uffizi  
Gallery



Grace  
Cathedral



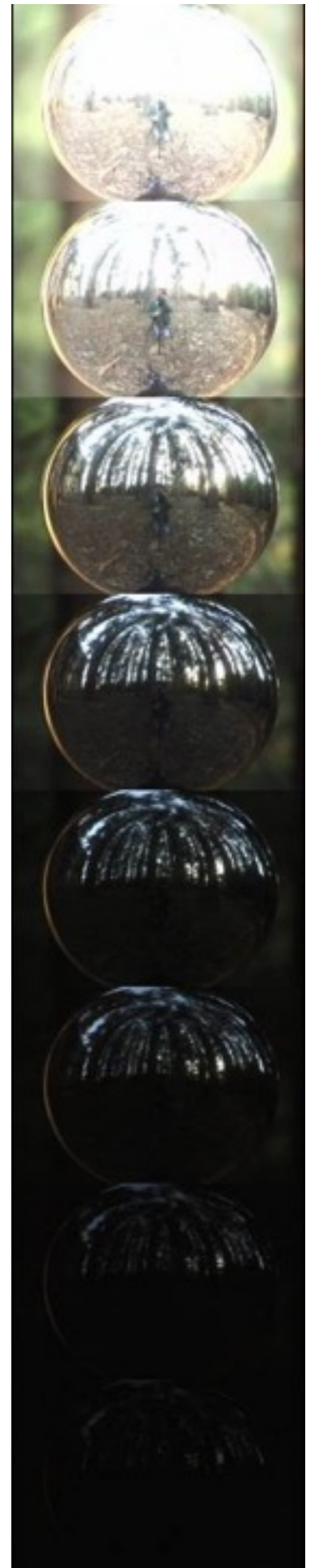
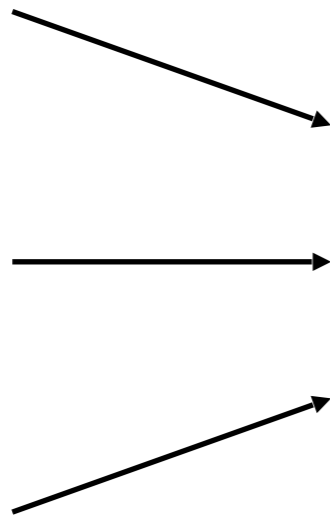
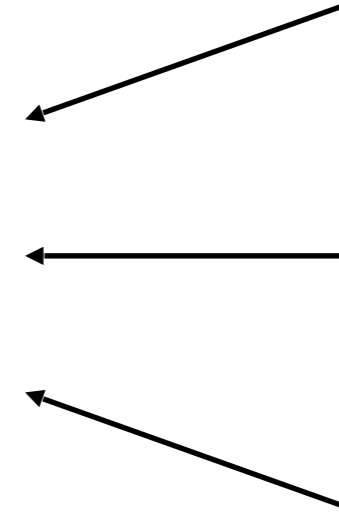
Examples:

<http://www.debevec.org/Probes/>

Avant

Arrière

# Capturer l'environnement

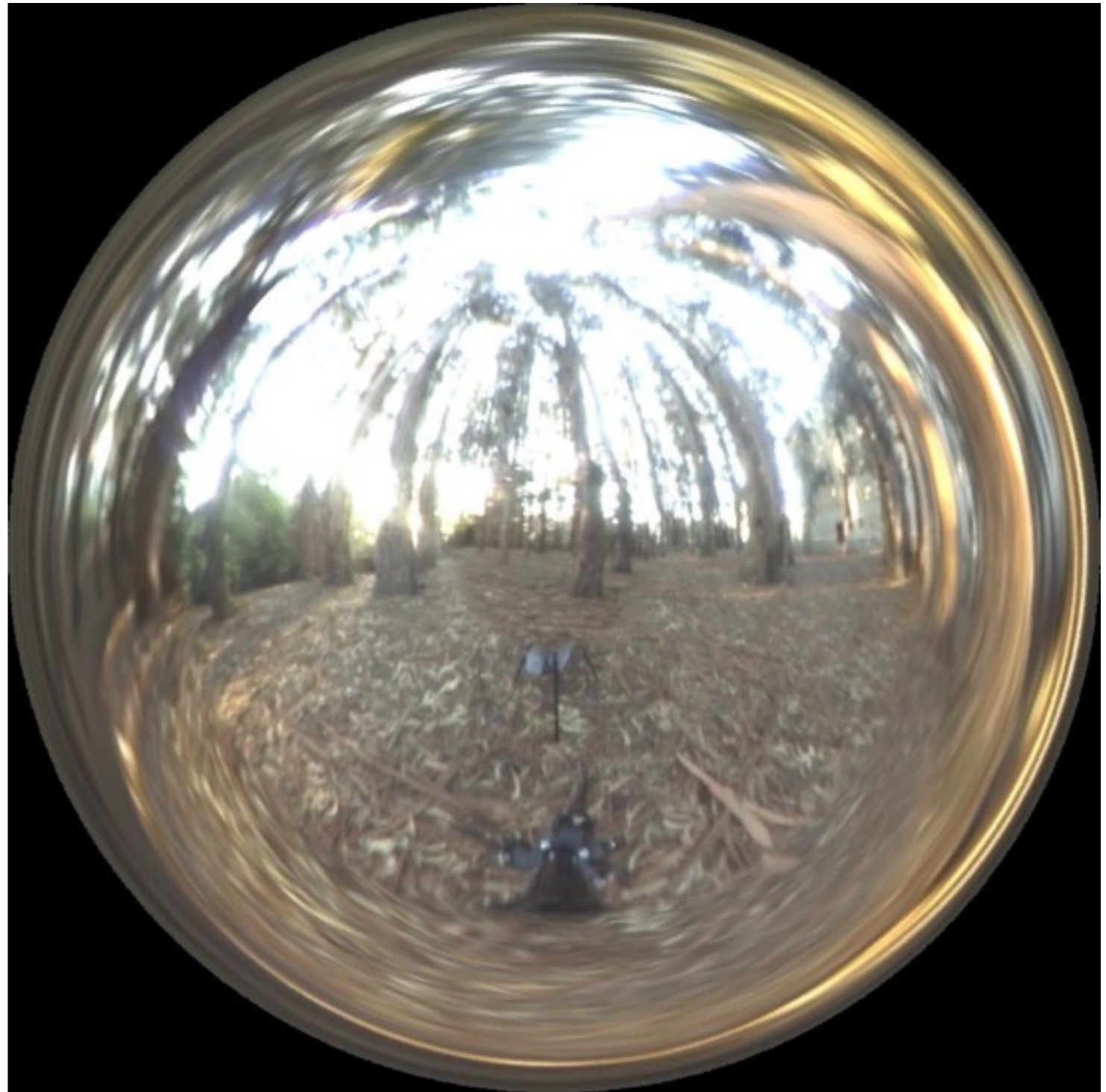


# Composer l'environnement

Avant



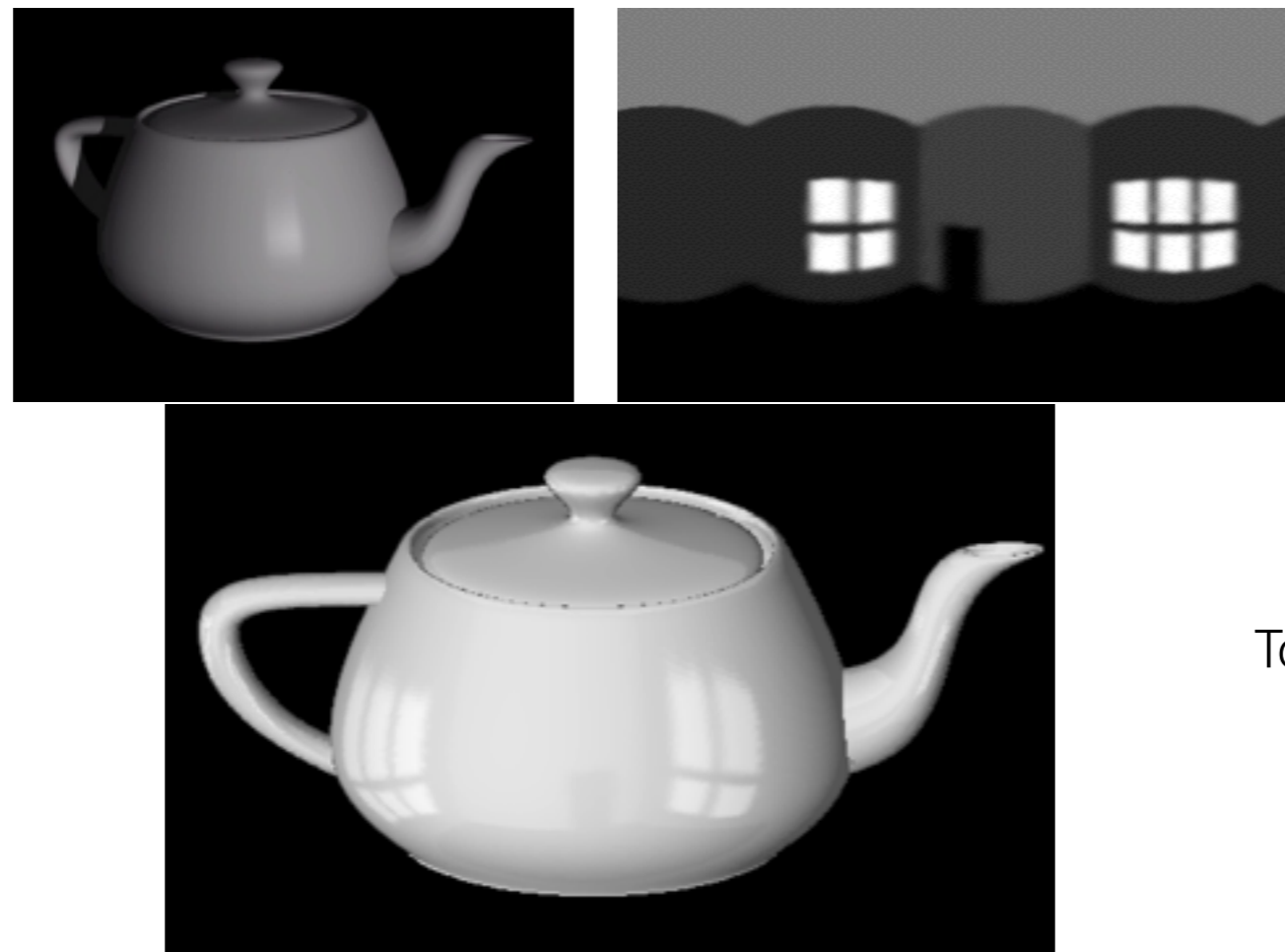
Arrière





# Carte d'environnement (environment map)

- Solution simple pour objets réfléchissants
  - Modélise l'illumination avec une image panoramique
  - i.e. quantité de radiance qui provient de chaque direction

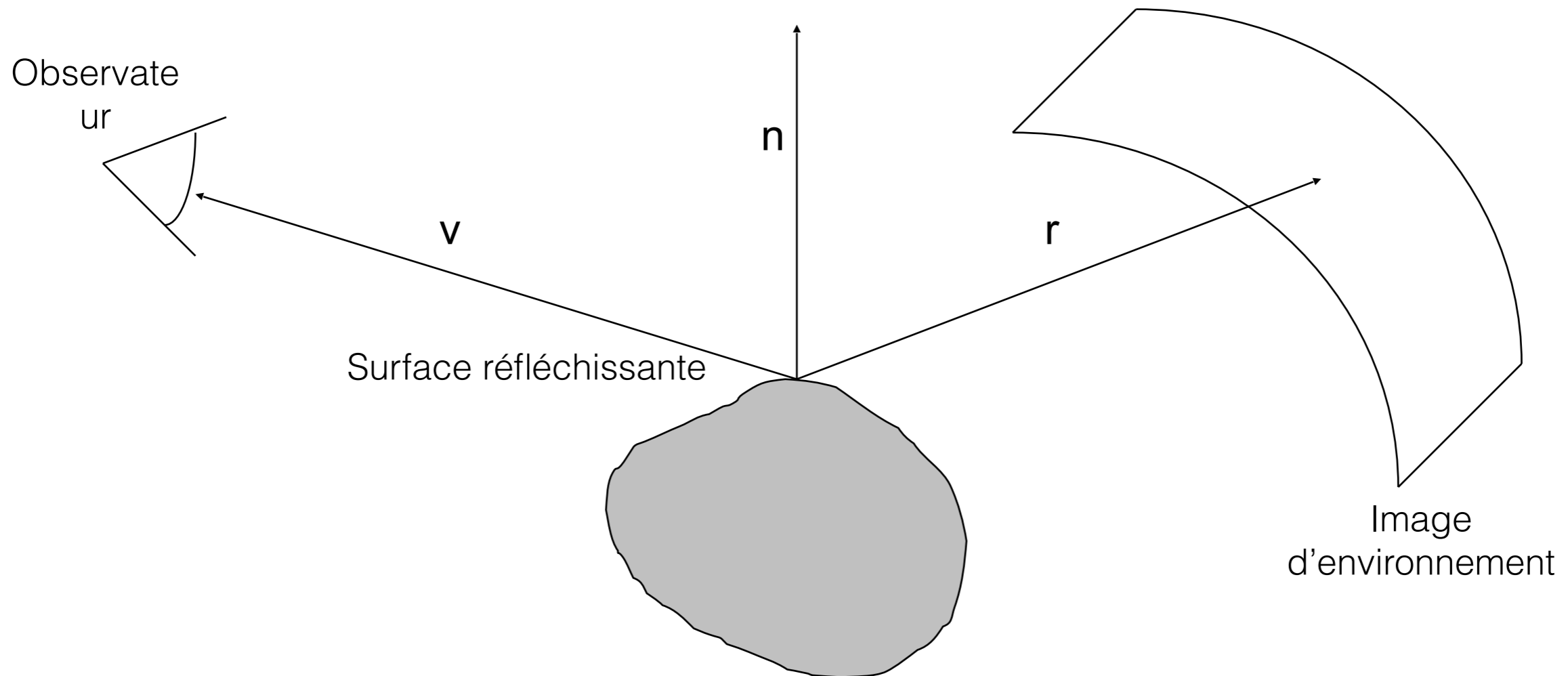


Tout premier résultat!  
(Jim Blinn, 1976)

# Carte d'environnement

Rayon réfléchi:  $r=2(n \cdot v)n-v$

fonction qui convertit le vecteur de réflexion  $(x, y, z)$  en coordonnées image  $(u, v)$



La texture est transférée directement sur l'objet en fonction du vecteur de réflexion et du contenu de l'image d'environnement

# Carte sphérique

- Enregistre la carte en format sphérique ( $\theta$ ,  $\phi$ )
- Pour générer la carte:
  - Effectuer un rendu sphérique à partir de la position de l'objet
- Pour utiliser la carte:
  - Utiliser l'orientation du rayon réfléchi (en coordonnées angulaires), et lire la valeur de couleur correspondantes dans la carte sphérique

# Exemple: carte sphérique



# Exemple

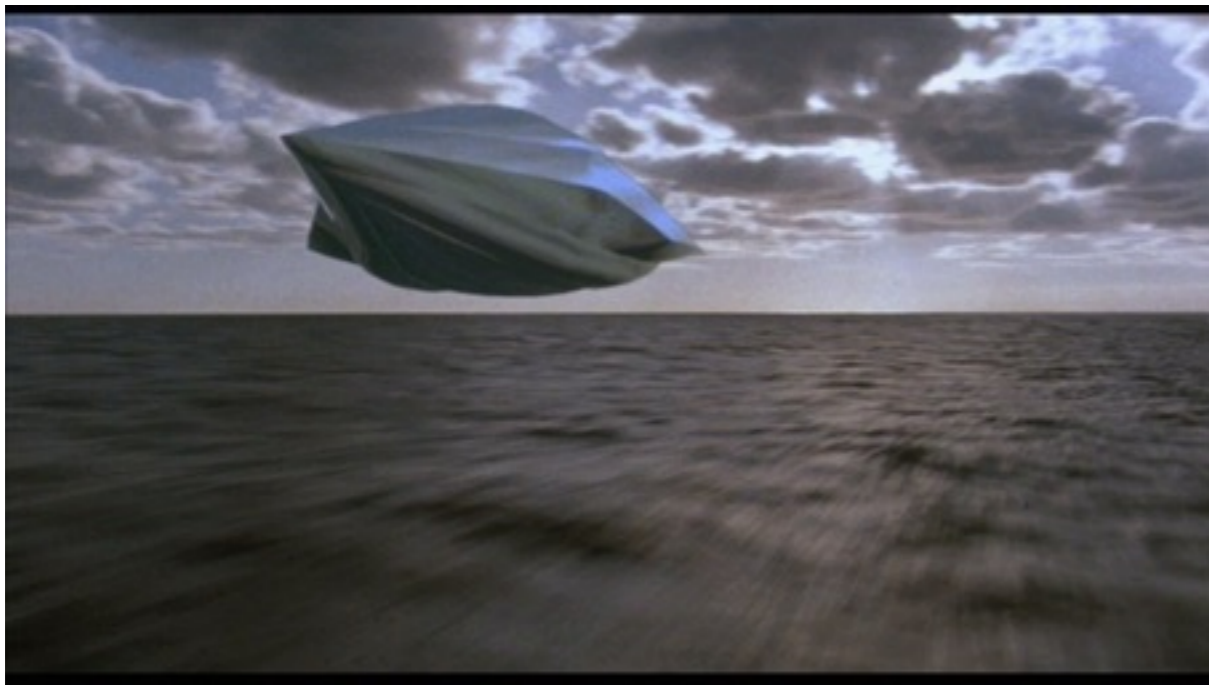
<http://youtu.be/ici8I2foBeQ?t=1m45s>

(source: tchyup sur youtube)

# Approximations

- La carte contient une vue du monde à partir d'un seul point
  - Cette vue change en fonction de la position sur l'objet!
    - Introduit distorsions, mais difficile à remarquer
    - Minimales pour un petit objet dans un grand environnement
- L'objet ne se réfléchit pas lui-même

# Scènes réelles?



Flight of the Navigator (1986), premier film à utiliser cette technologie

# Scènes réelles?



Terminator 2 (1991)



Flight of the navigator

<https://www.youtube.com/watch?v=7pNhdeFPI60>

Terminator II

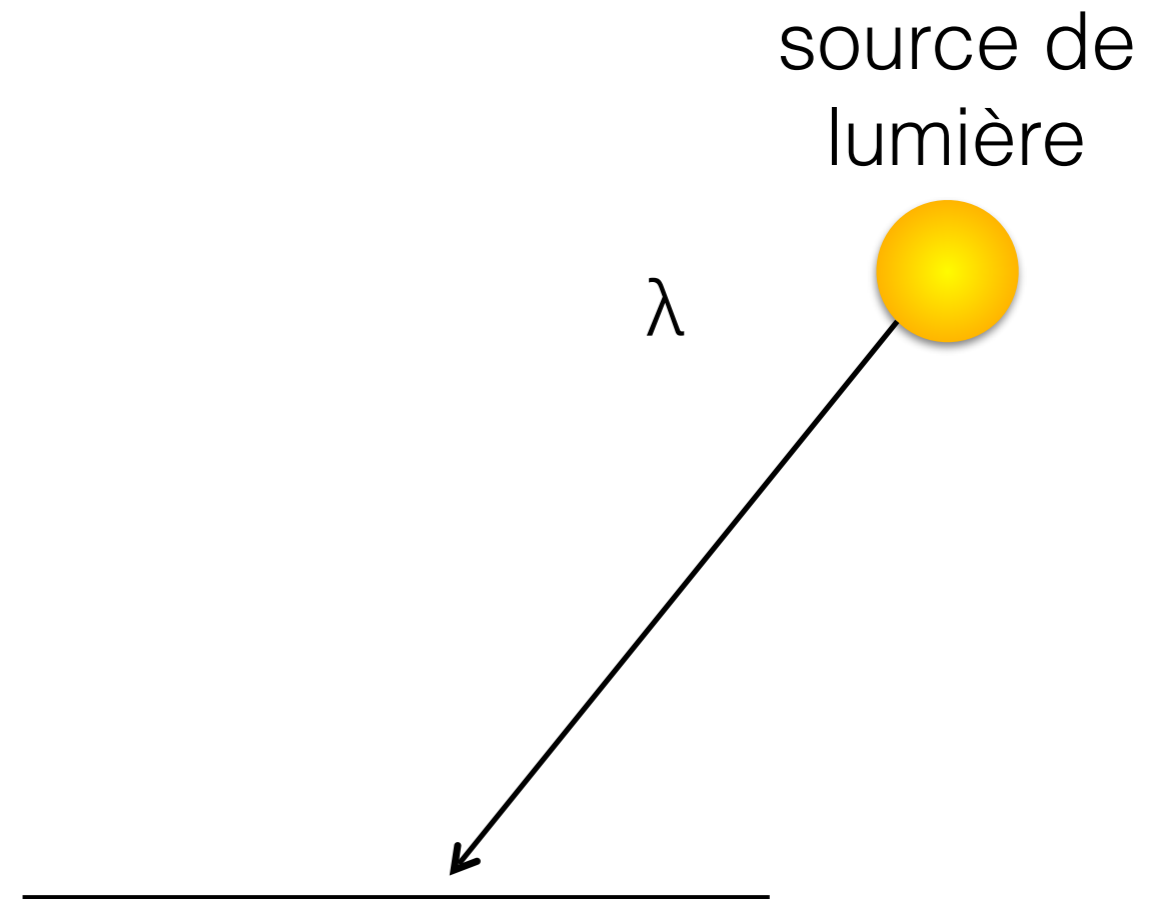
<https://www.youtube.com/watch?v=K5n3p97-tuQ>

# Pas seulement pour les objets réfléchissants

- Nous avons capté une vraie image de radiance
- Nous pouvons
  - la traiter comme une source lumineuse!
  - l'utiliser pour éclairer la scène, en simulant la propagation de la lumière dans l'environnement virtuel
  - Tous les objets peuvent être affichés (pas seulement les objets réfléchissants)!
- Quelle est le problème?

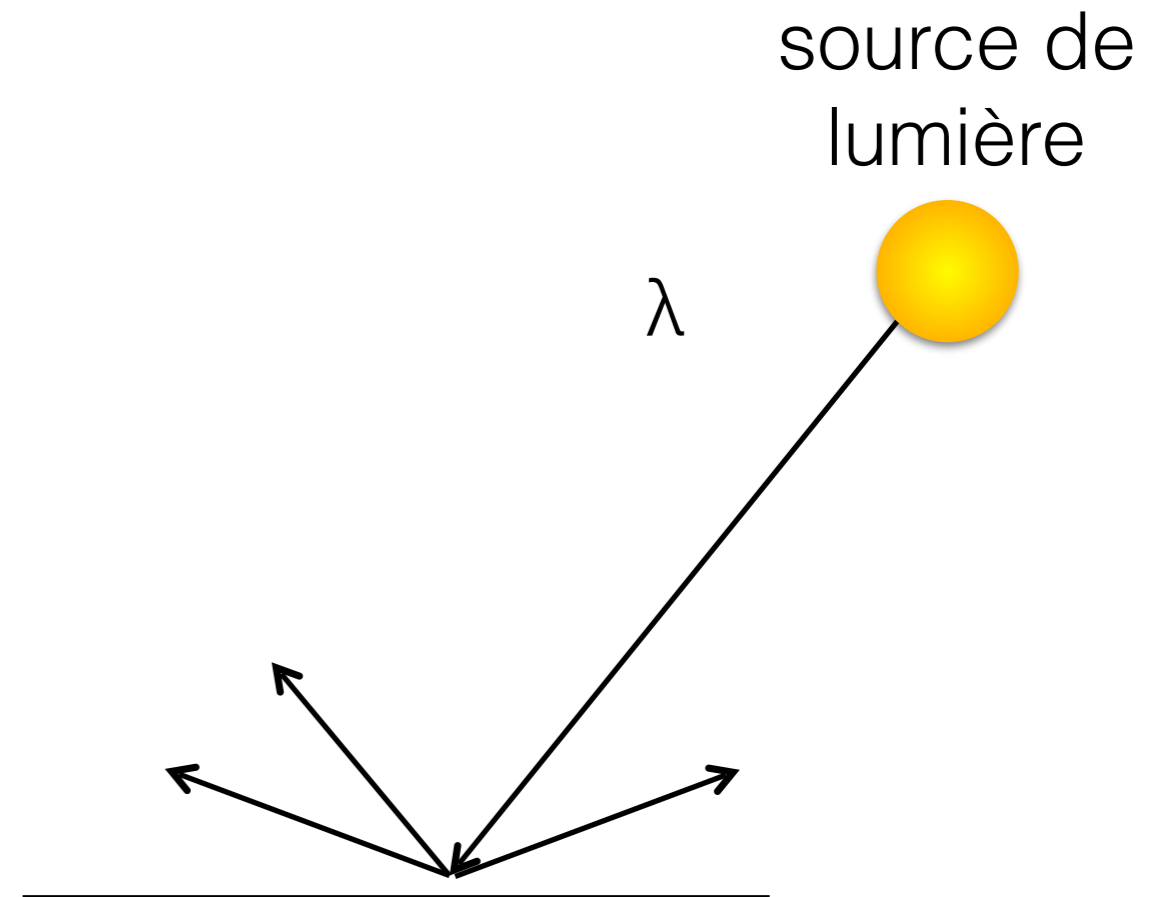
# Une journée dans la vie d'un photon

- **Absorption**



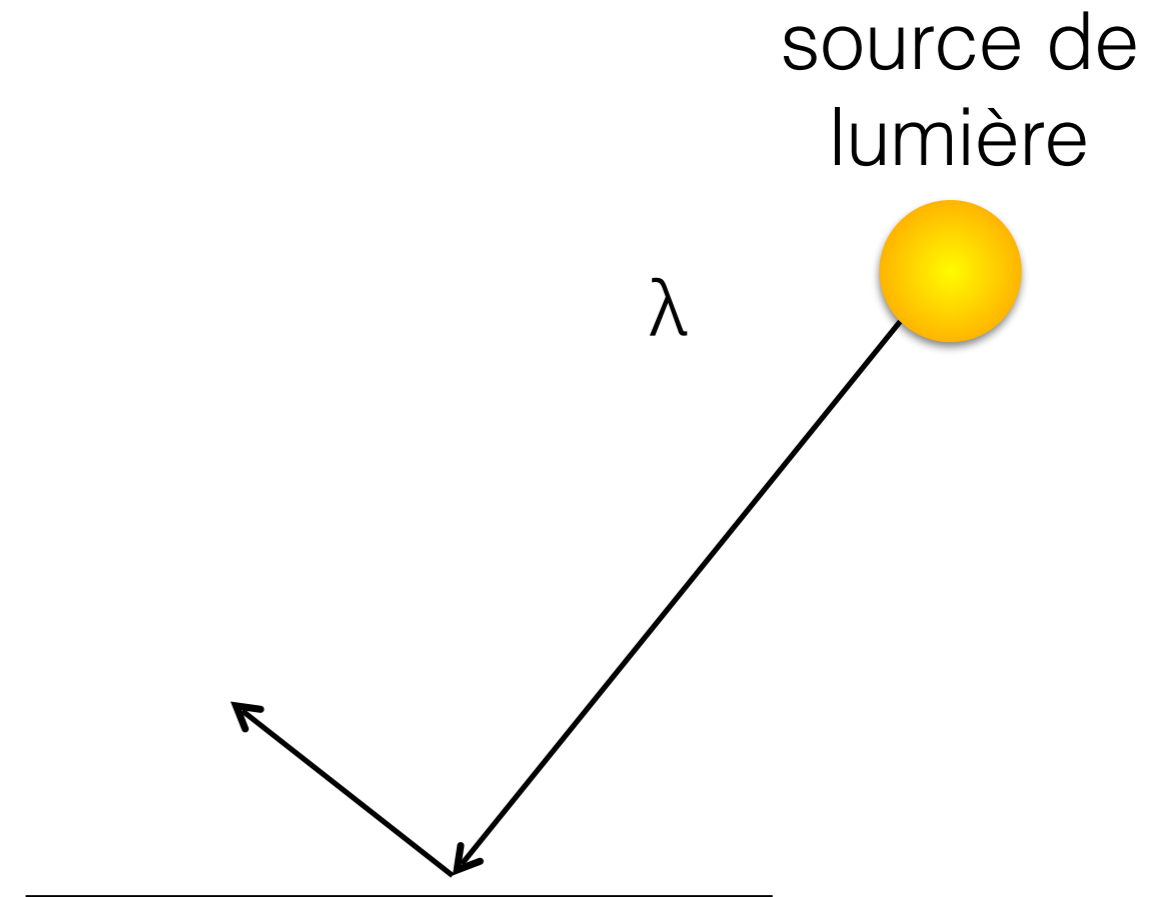
# Une journée dans la vie d'un photon

- Absorption
- **Réflexion diffuse**



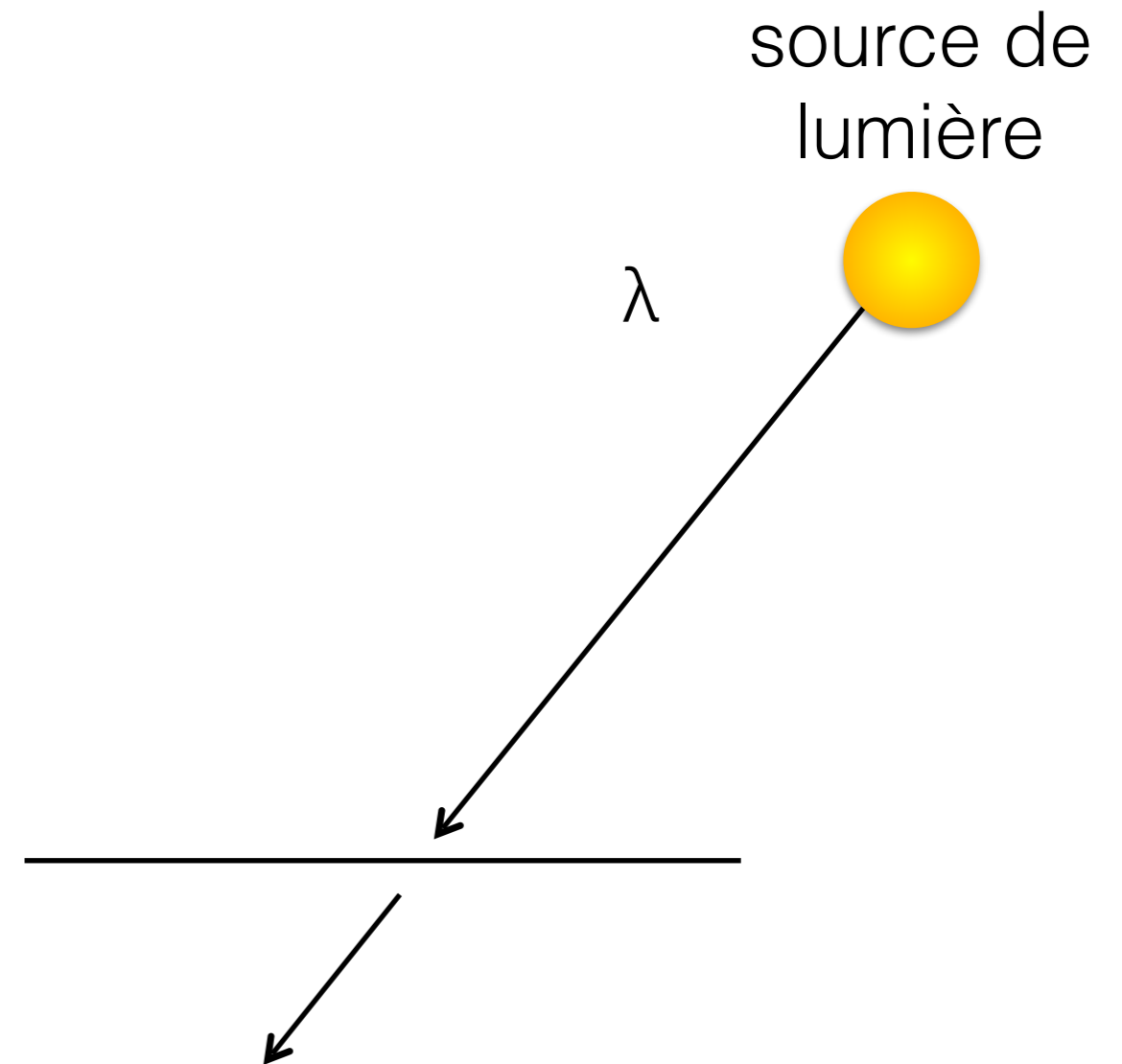
# Une journée dans la vie d'un photon

- Absorption
- Réflexion diffuse
- **Réflexion spéculaire**



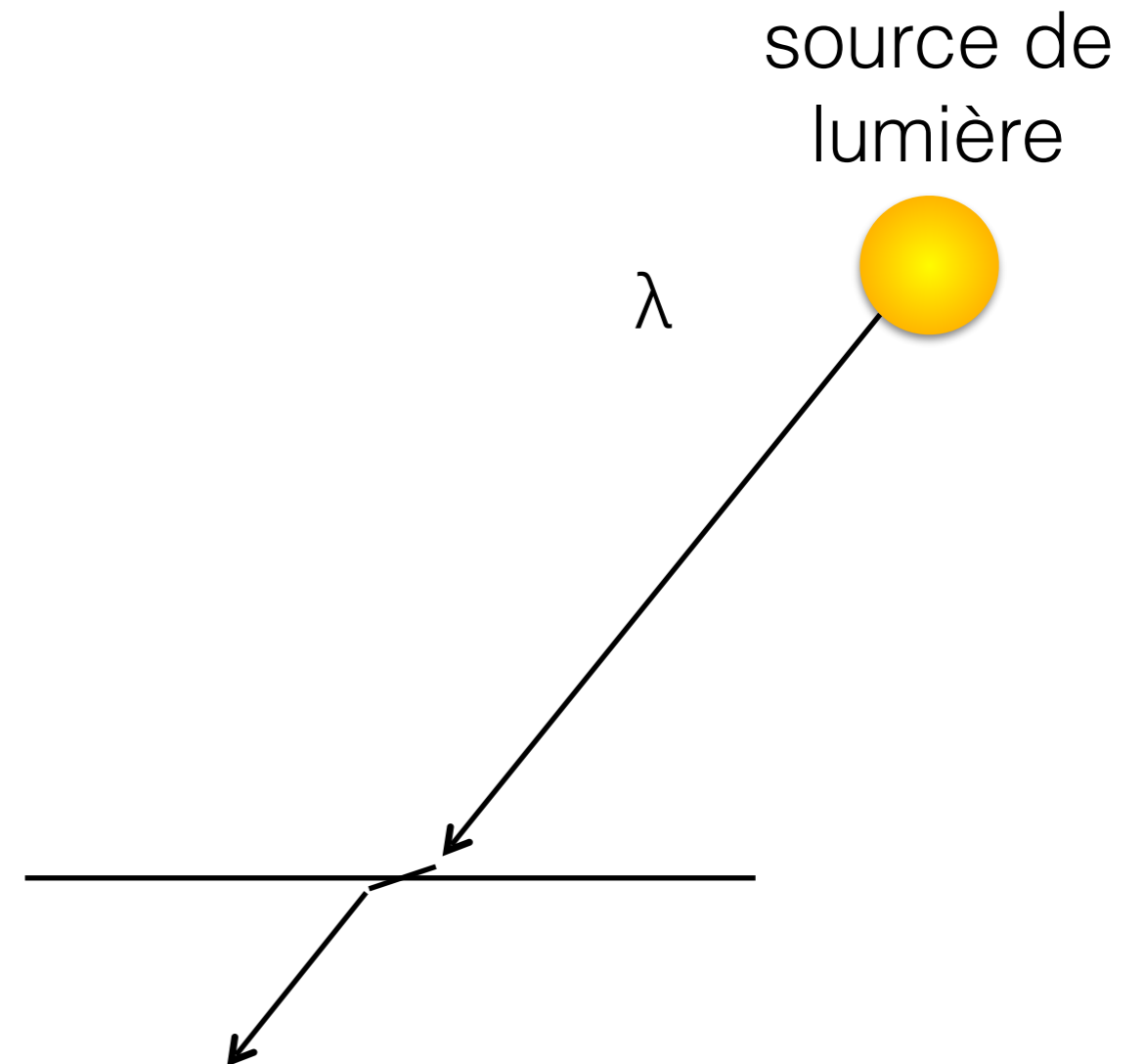
# Une journée dans la vie d'un photon

- Absorption
- Réflexion diffuse
- Réflexion spéculaire
- **Transparence**



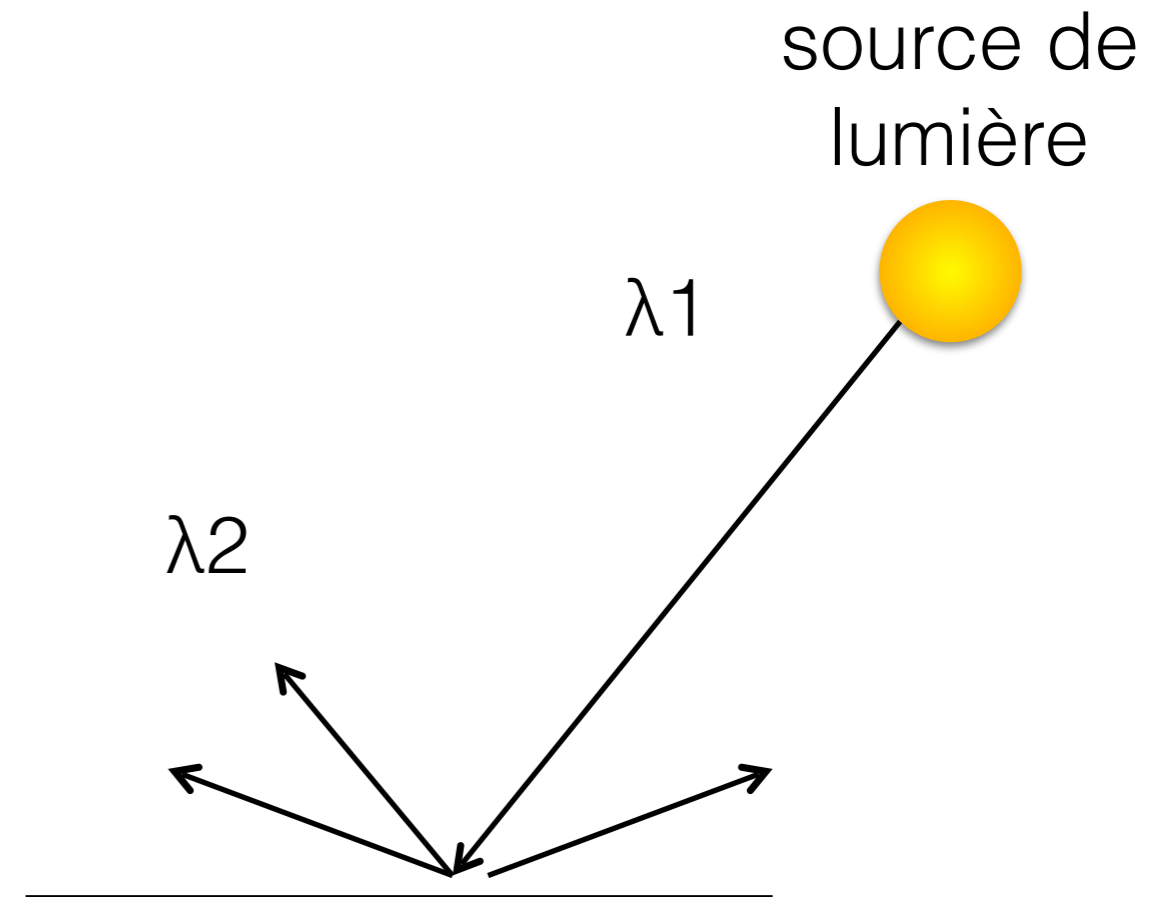
# Une journée dans la vie d'un photon

- Absorption
- Réflexion diffuse
- Réflexion spéculaire
- Transparence
- **Réfraction**



# Une journée dans la vie d'un photon

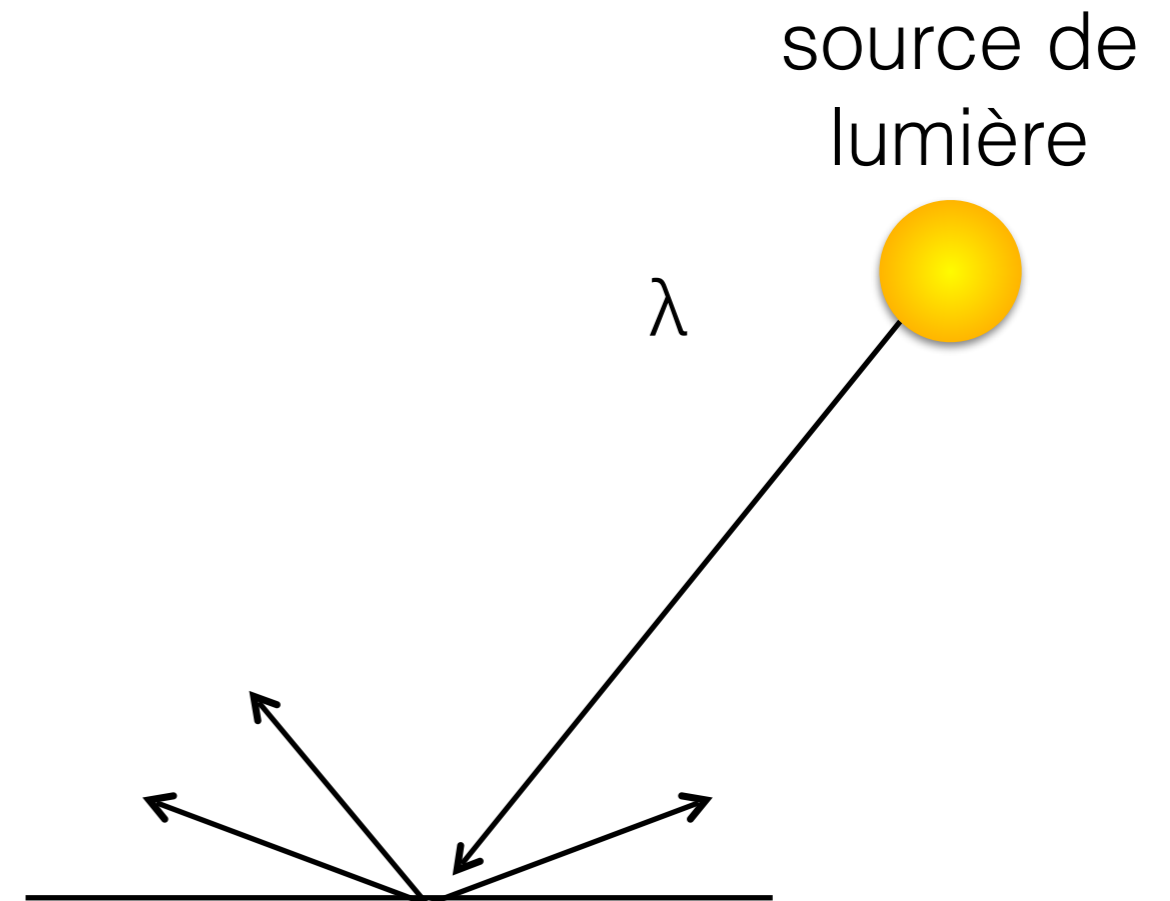
- Absorption
- Réflexion diffuse
- Réflexion spéculaire
- Transparence
- Réfraction
- **Fluorescence**





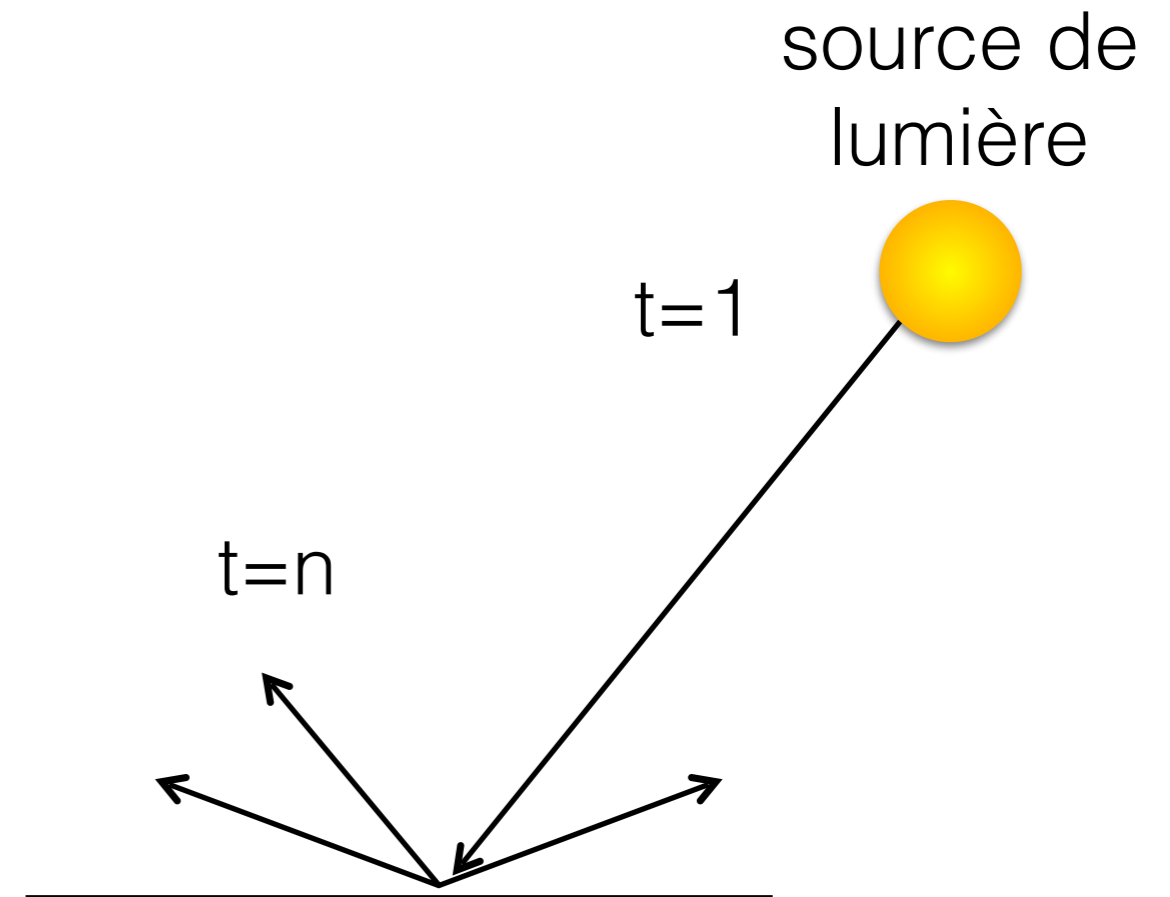
# Une journée dans la vie d'un photon

- Absorption
- Réflexion diffuse
- Réflexion spéculaire
- Transparence
- Réfraction
- Fluorescence
- **Diffusion sous la surface**



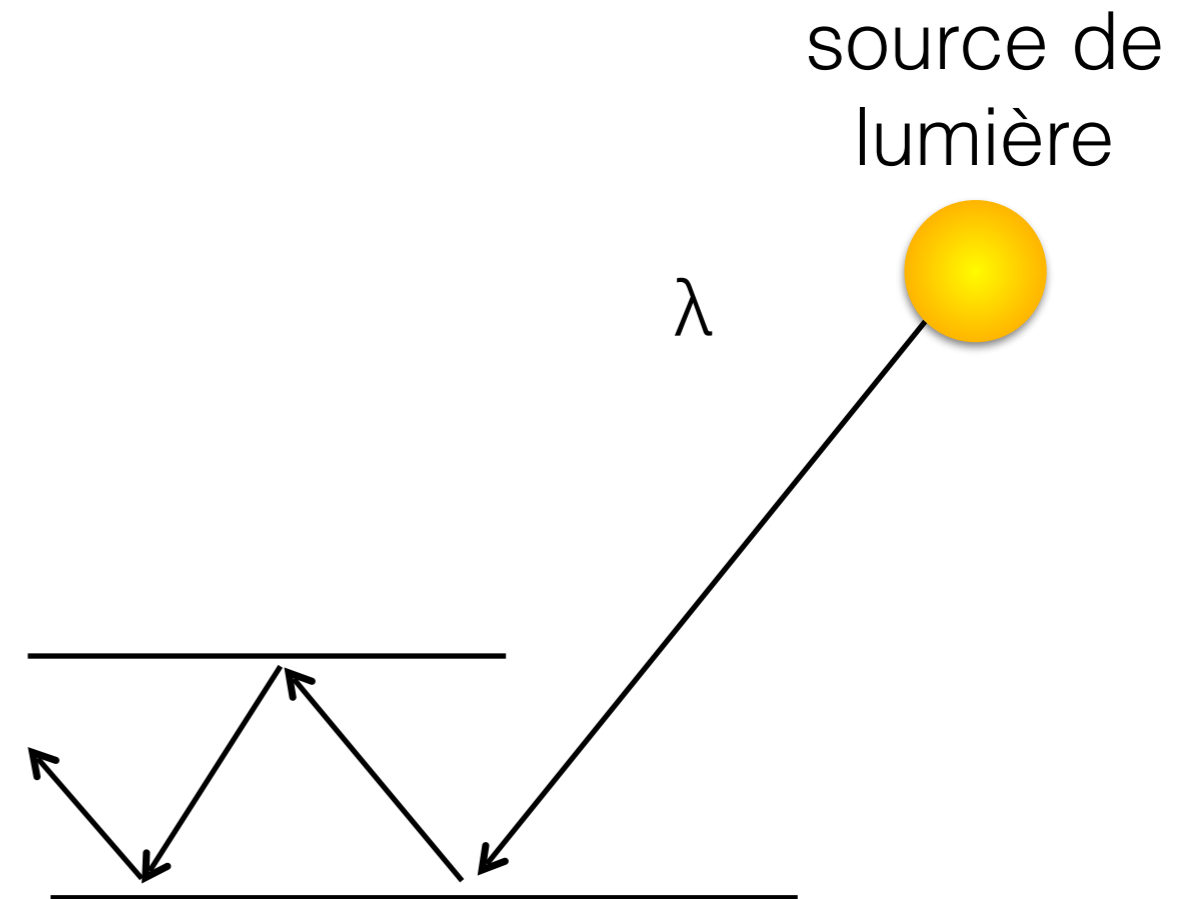
# Une journée dans la vie d'un photon

- Absorption
- Réflexion diffuse
- Réflexion spéculaire
- Transparence
- Réfraction
- Fluorescence
- Diffusion sous la surface
- **Phosphorescence**



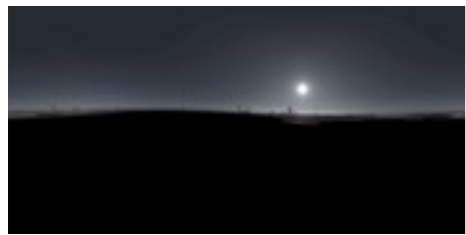
# Une journée dans la vie d'un photon

- Absorption
- Réflexion diffuse
- Réflexion spéculaire
- Transparence
- Réfraction
- Fluorescence
- Diffusion sous la surface
- Phosphorescence
- **Inter-réflexion**

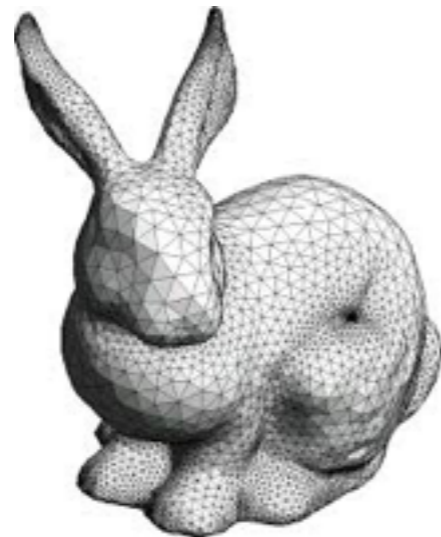


# Exemple: mitsuba

<http://www.mitsuba-renderer.org>



+



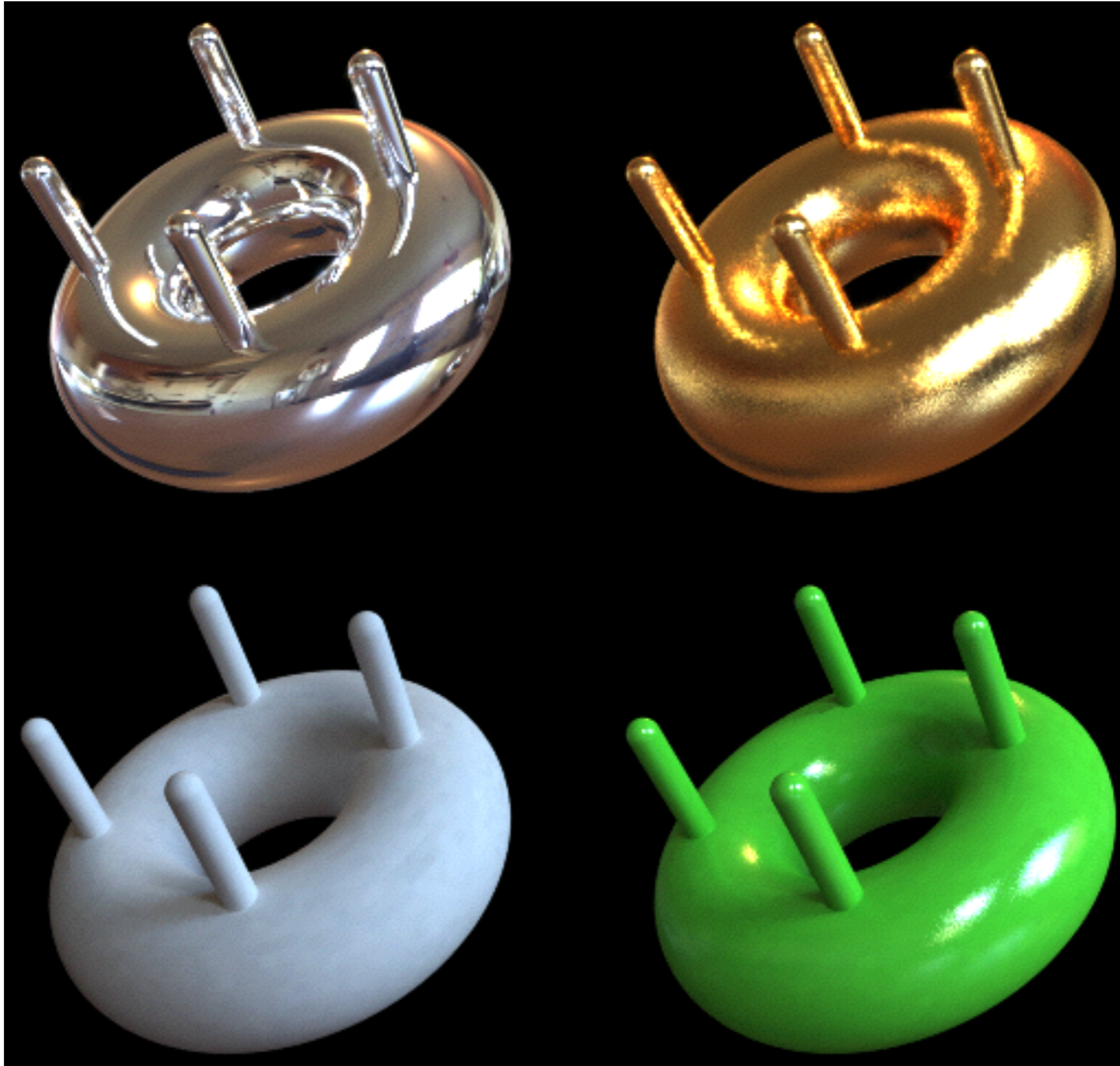
=



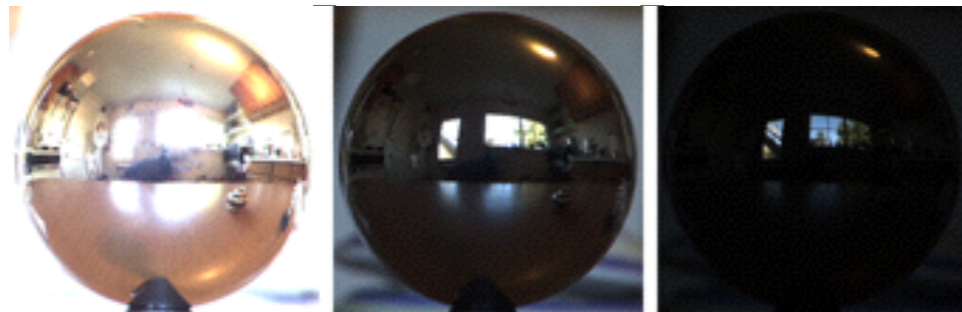
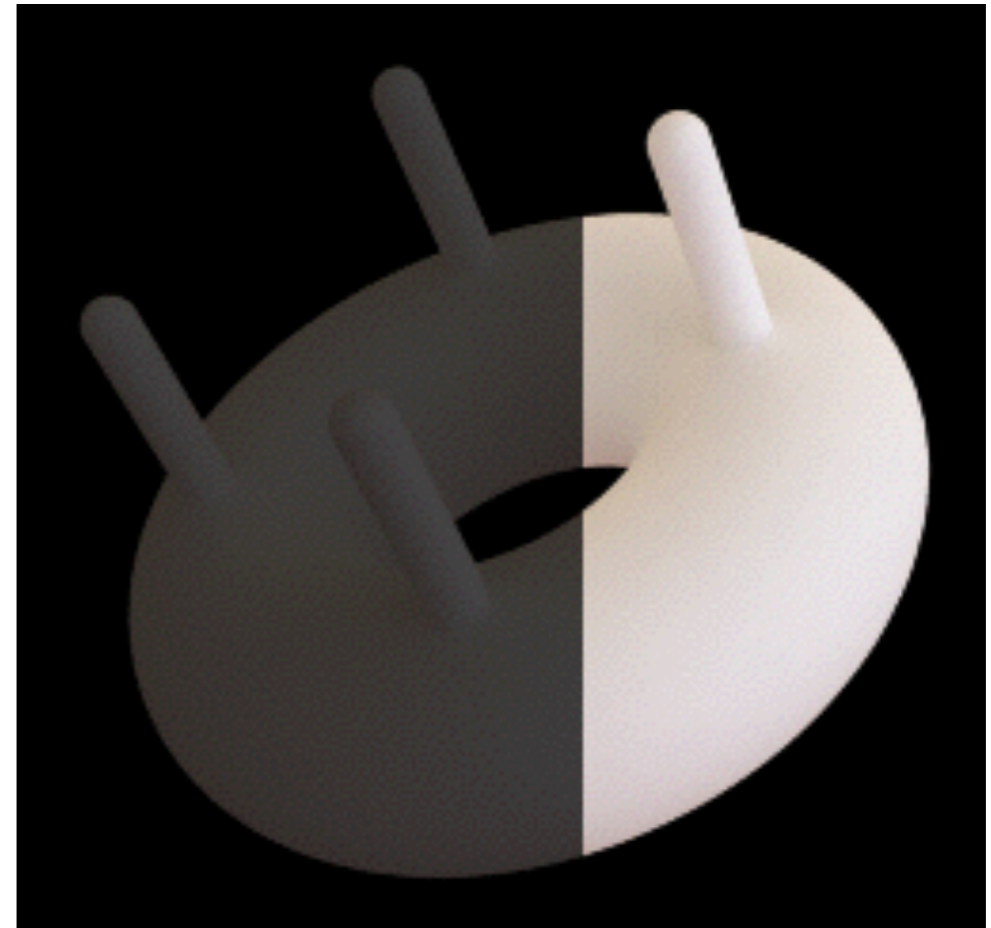
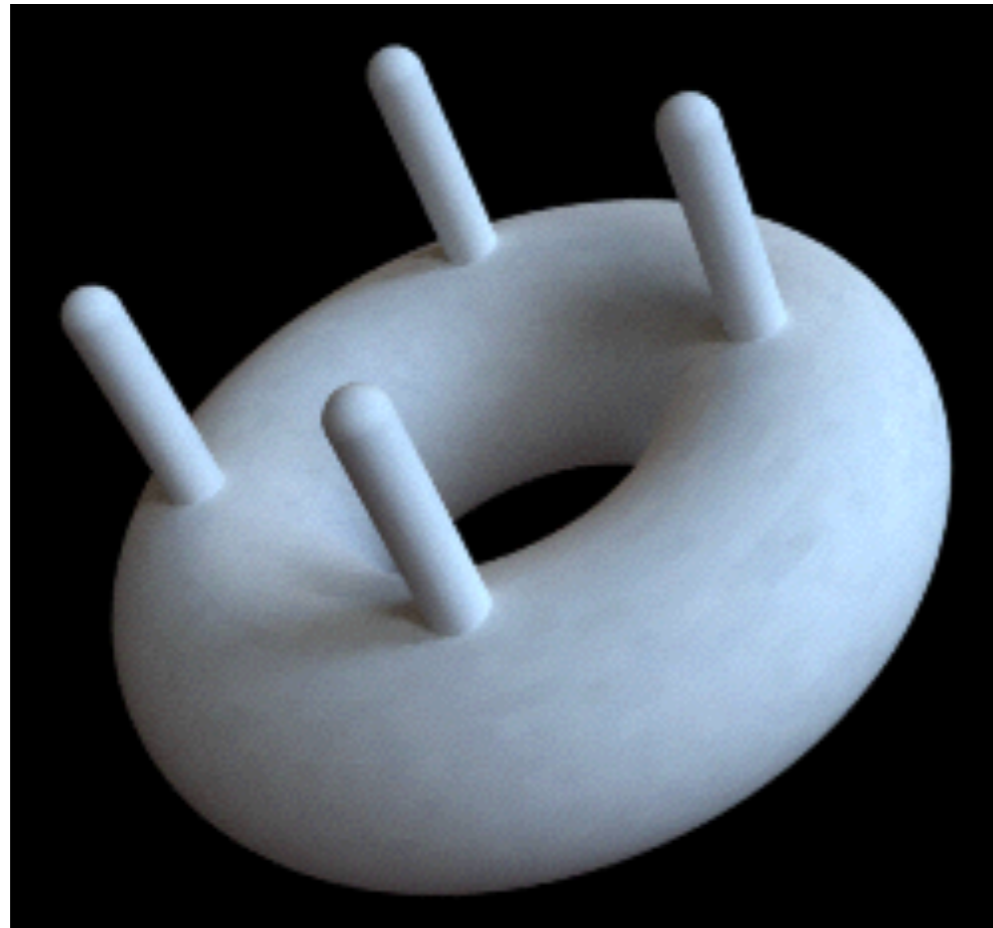
# Mitsuba

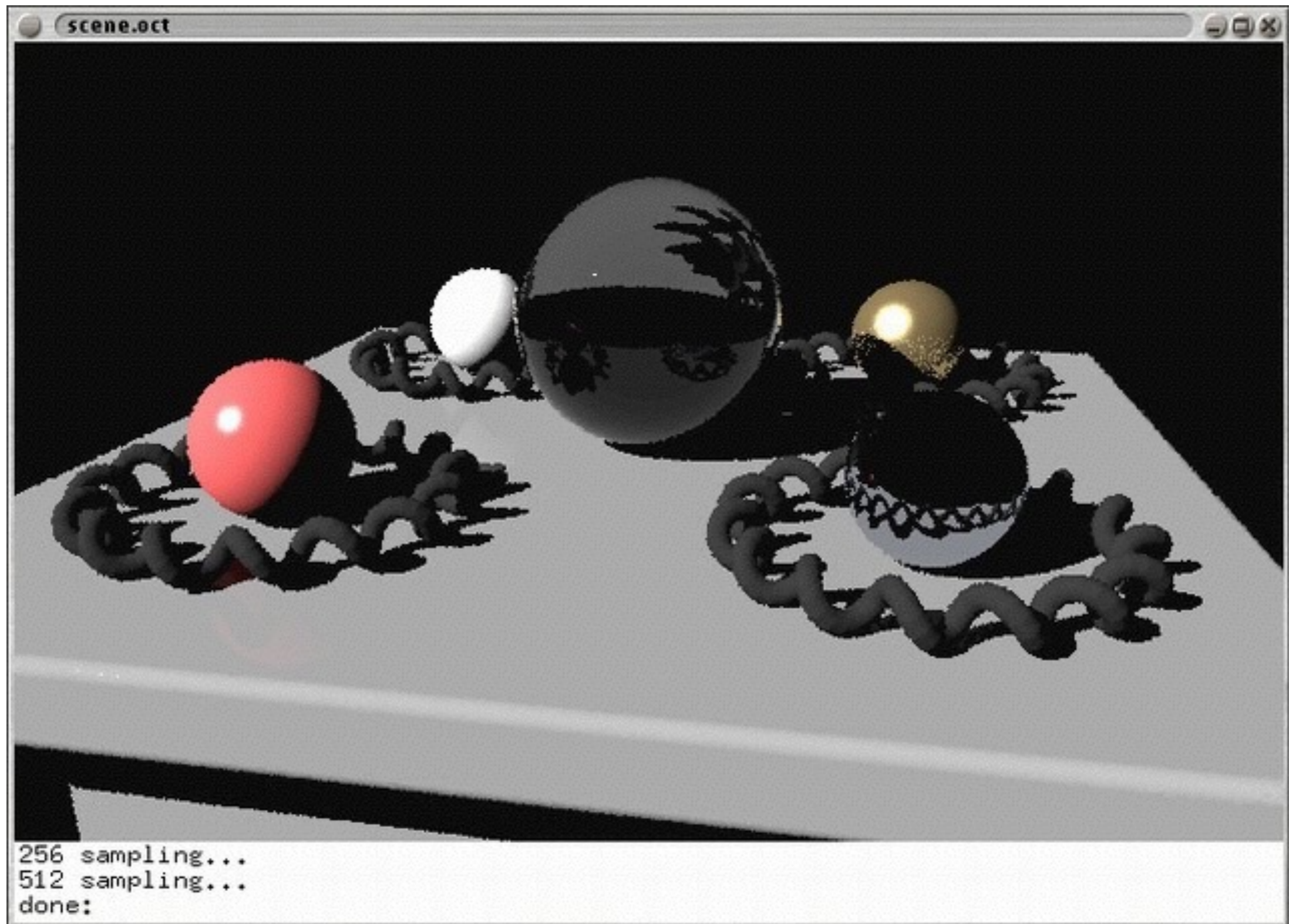


# Résultats



# Comparaison: radiance vs image

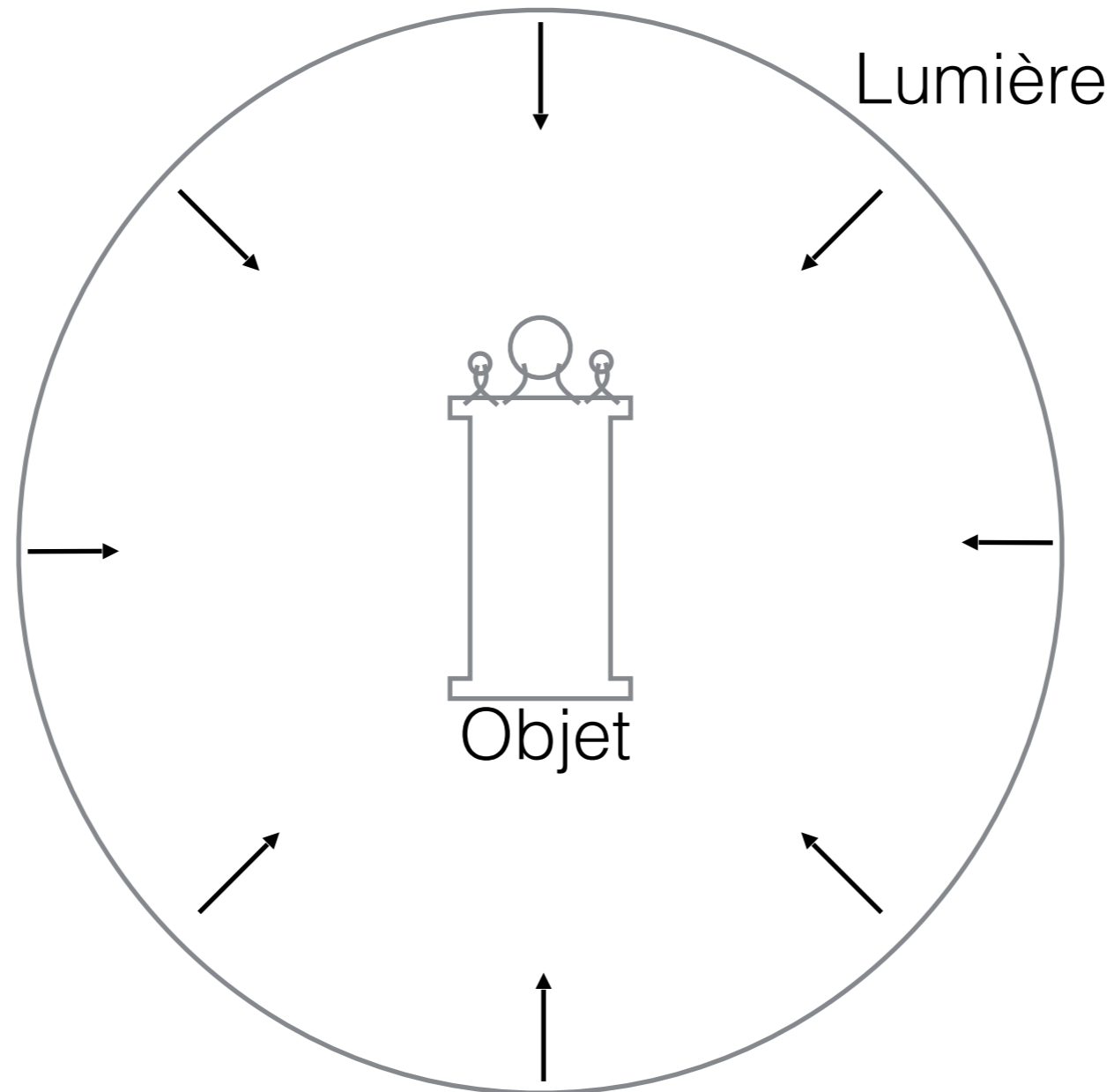


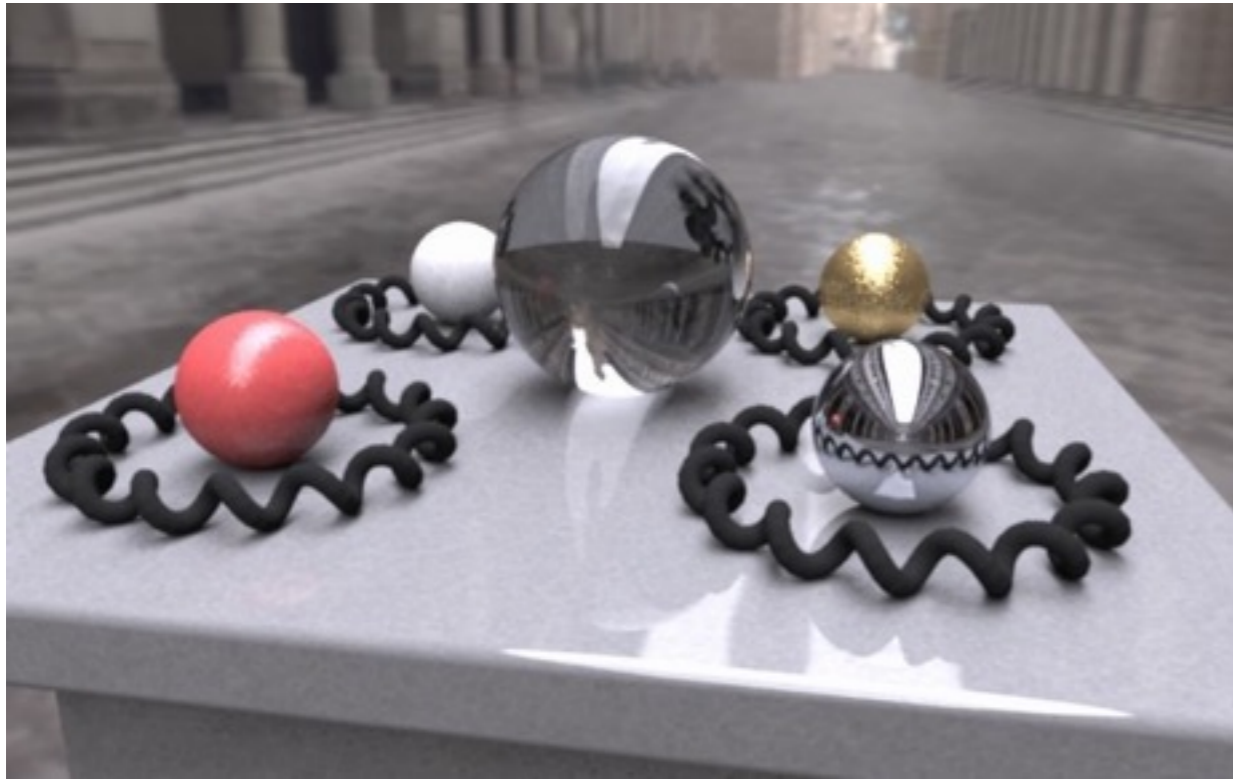
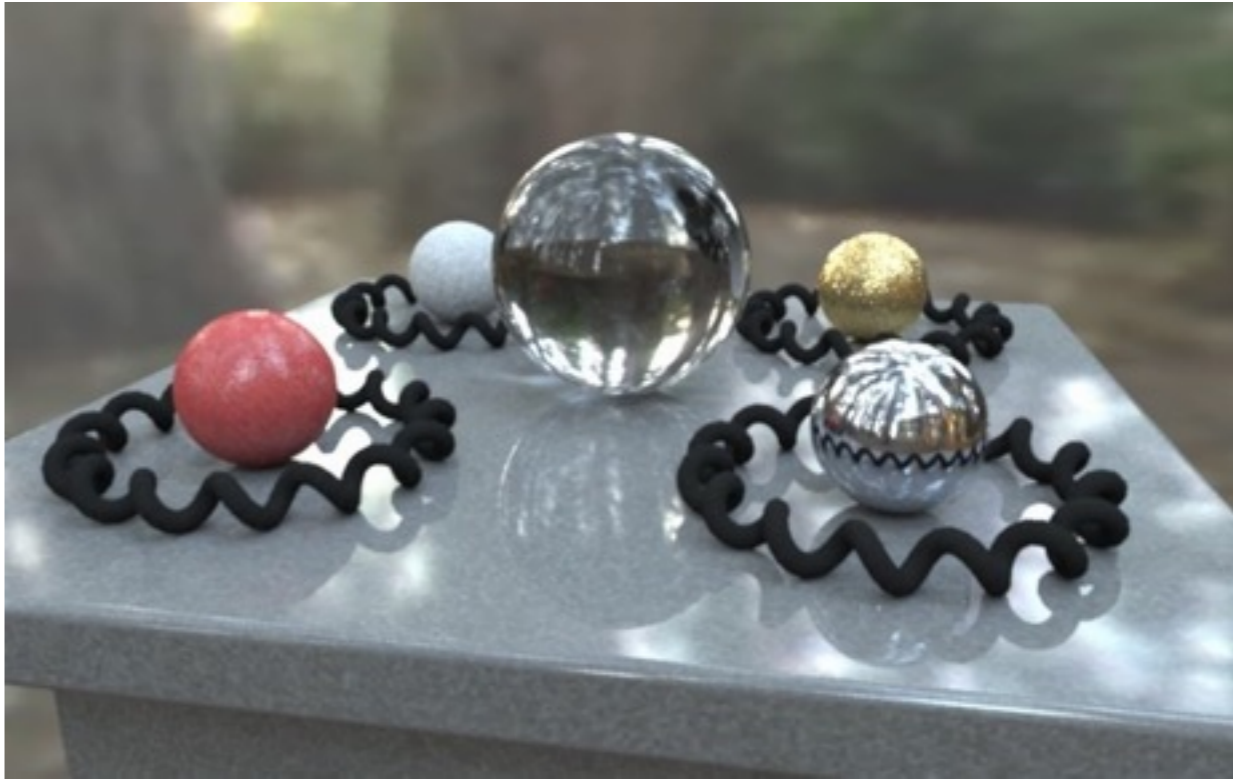
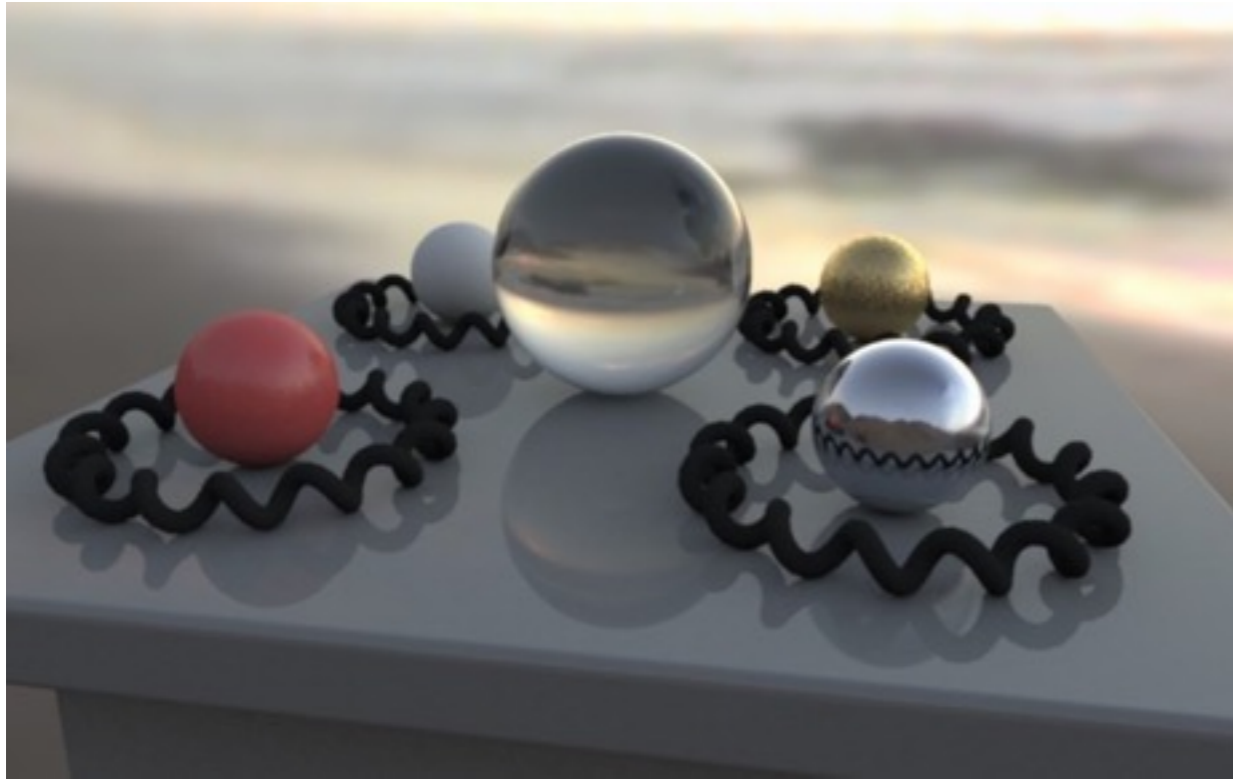


Objets virtuels illuminés par une source virtuelle



# Illuminer les objets virtuels







<http://www.pauldebevec.com/RNL/>

# Combiner le réel et le virtuel

- Nous savons maintenant comment illuminer des objets virtuels avec de la “vraie” lumière
- Comment combiner ces objets virtuels avec de vraies images?



Orientation



Éclairage



Ombres



# Solutions...

## 1. Mauvaise orientation?

- Déterminer l'orientation de la caméra

## 2. Mauvaise illumination sur l'objet?

- Déterminer les conditions d'éclairage de la *scène réelle*

## **3. Mauvaises ombres sur la table**

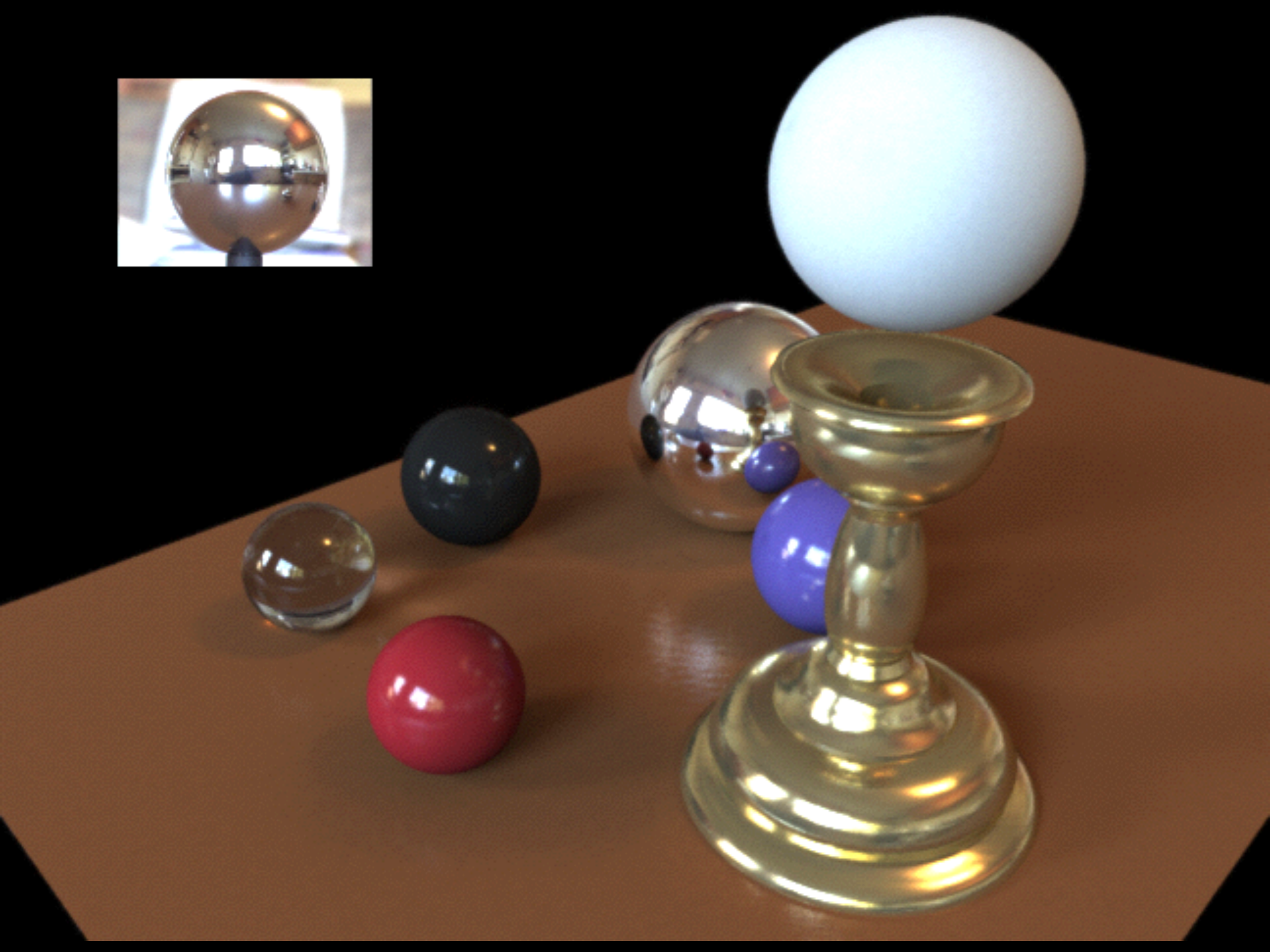
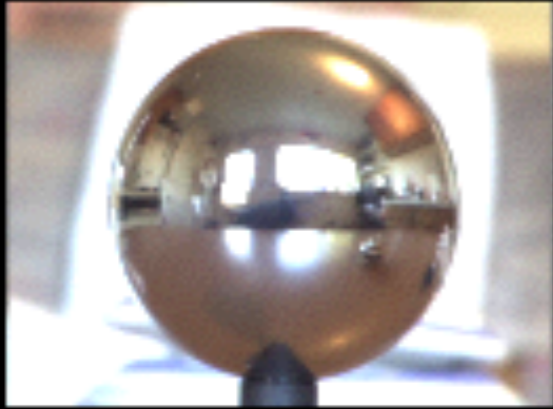
- Déterminer la géométrie de la *table réelle*



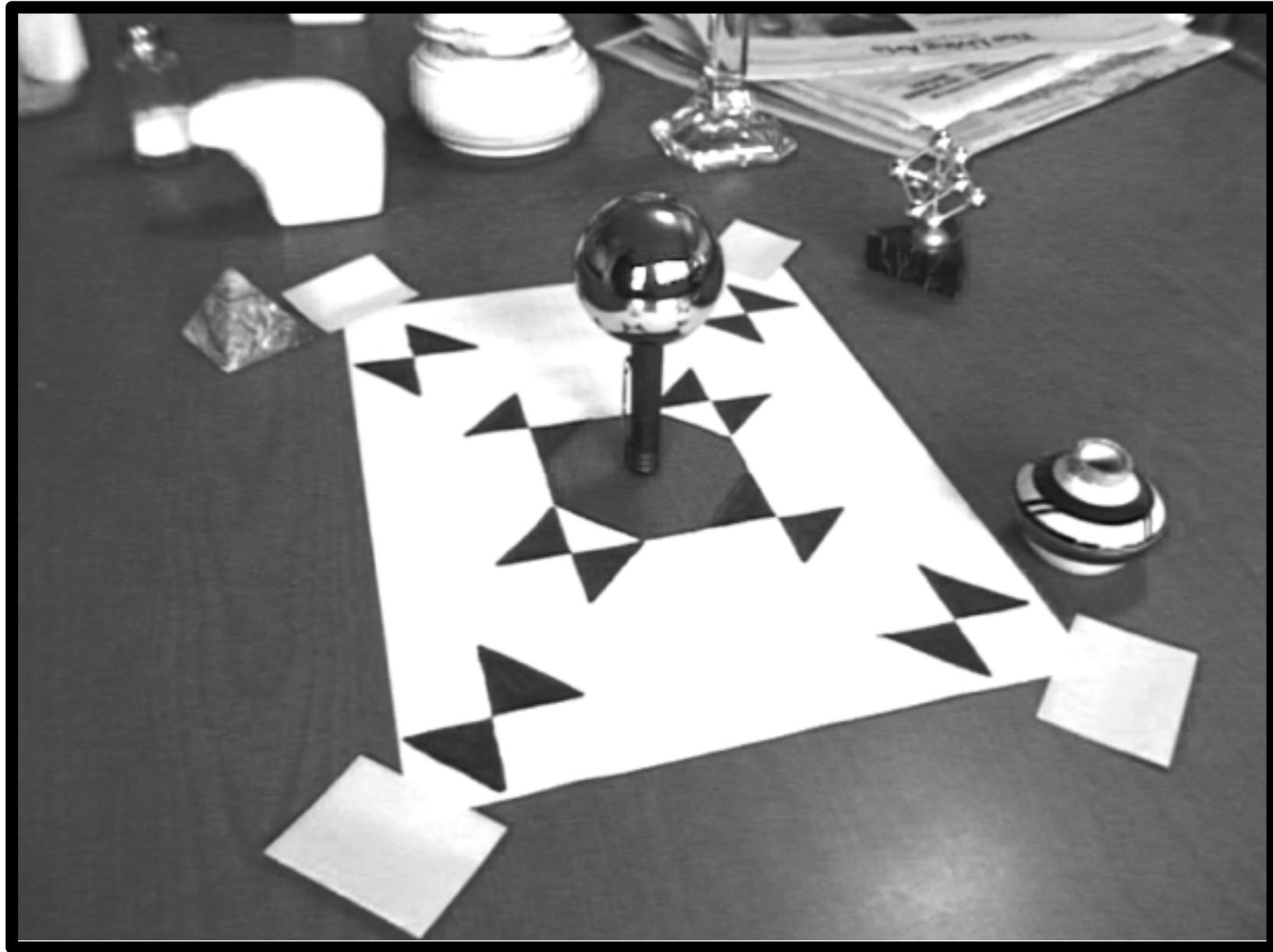
<http://www.nickbertke.com/>



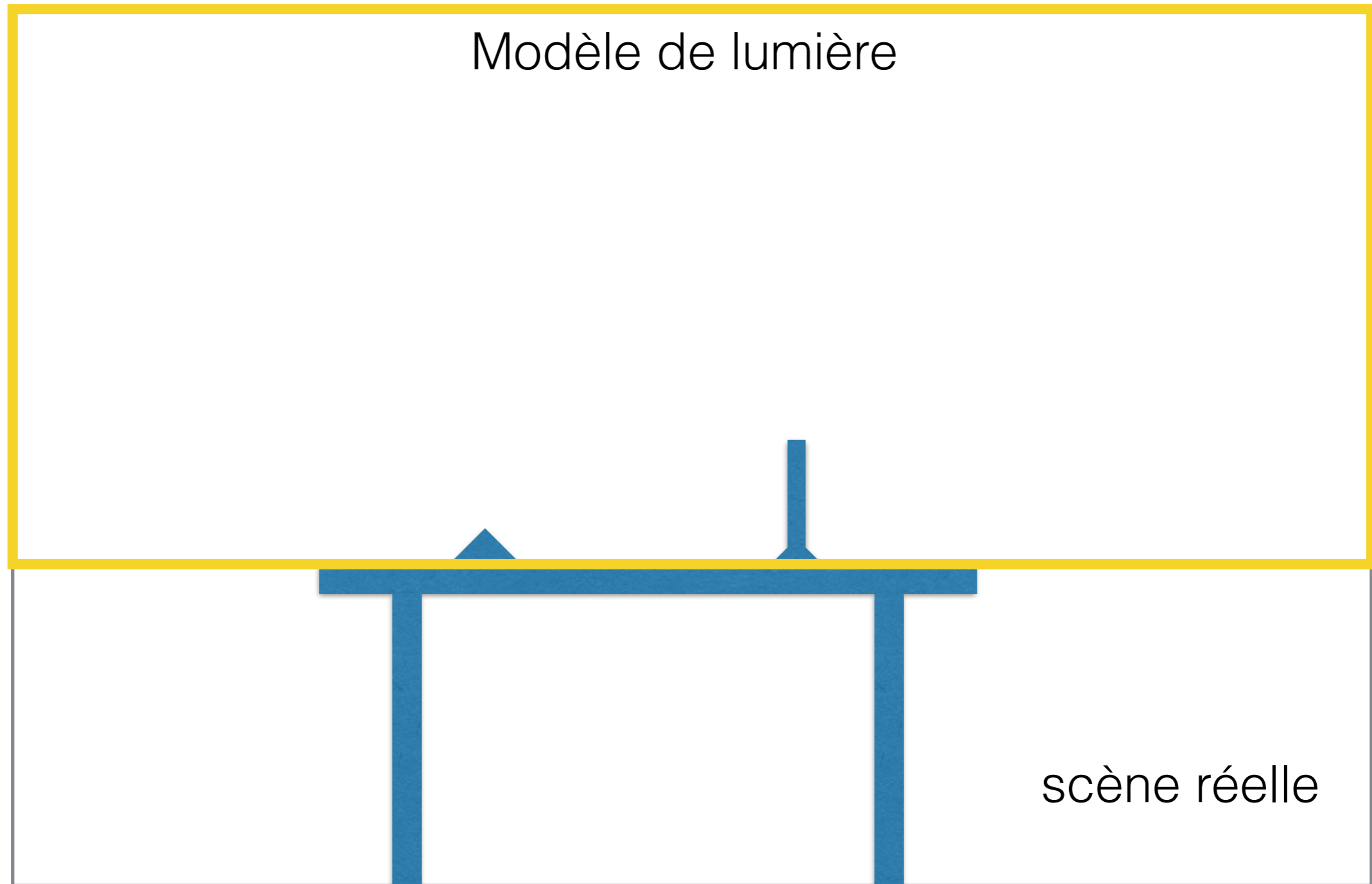


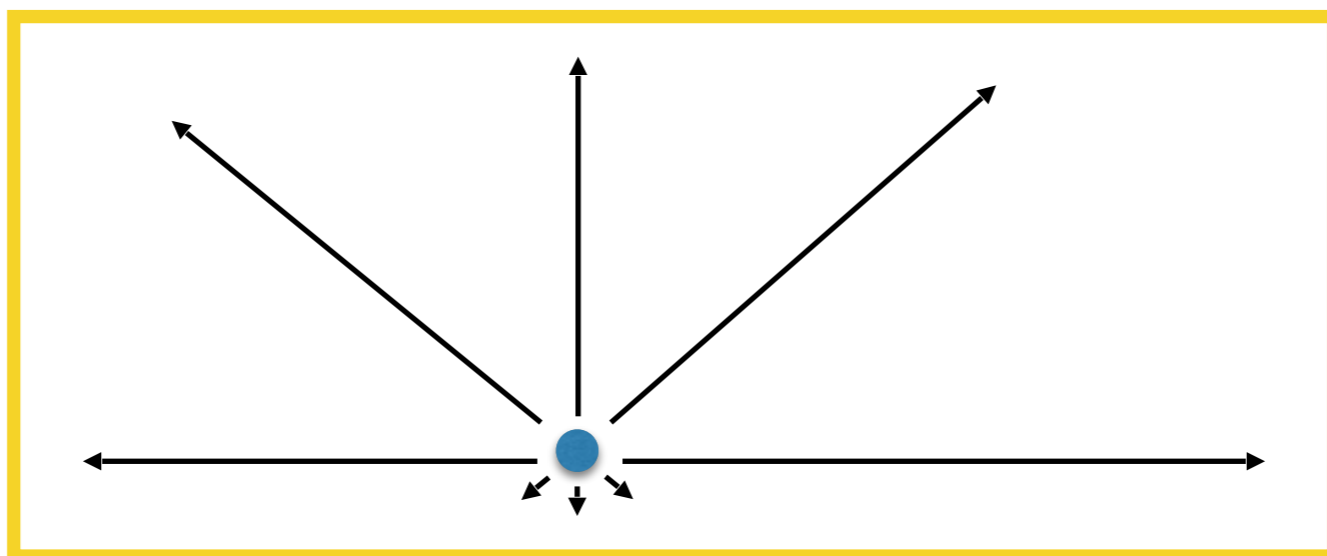
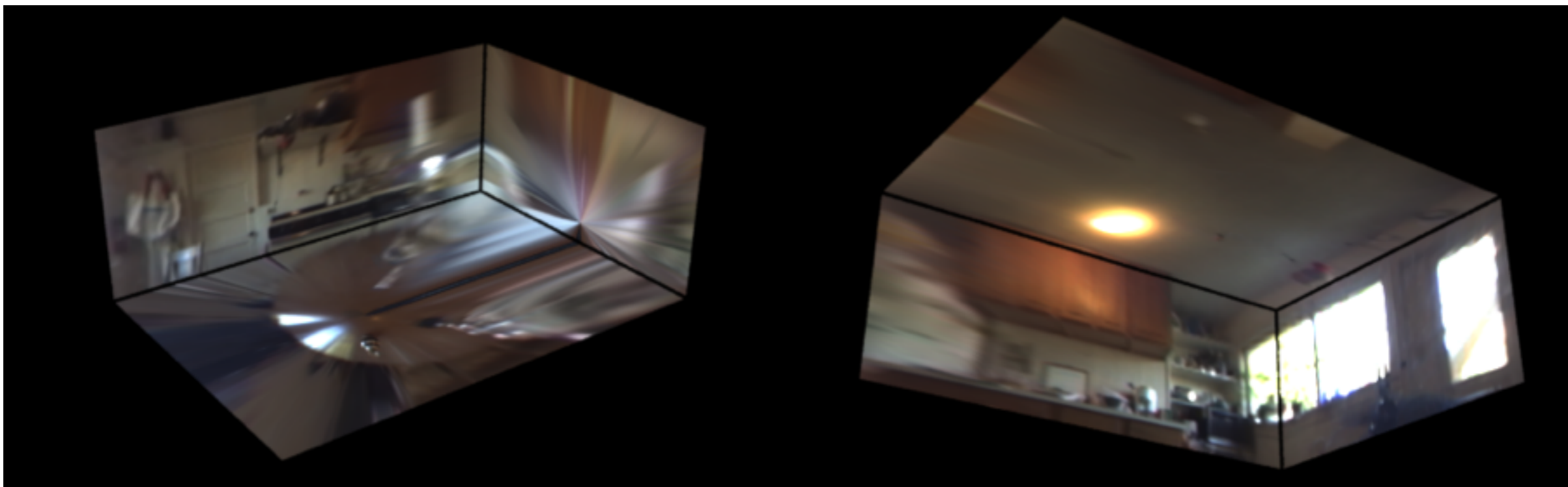




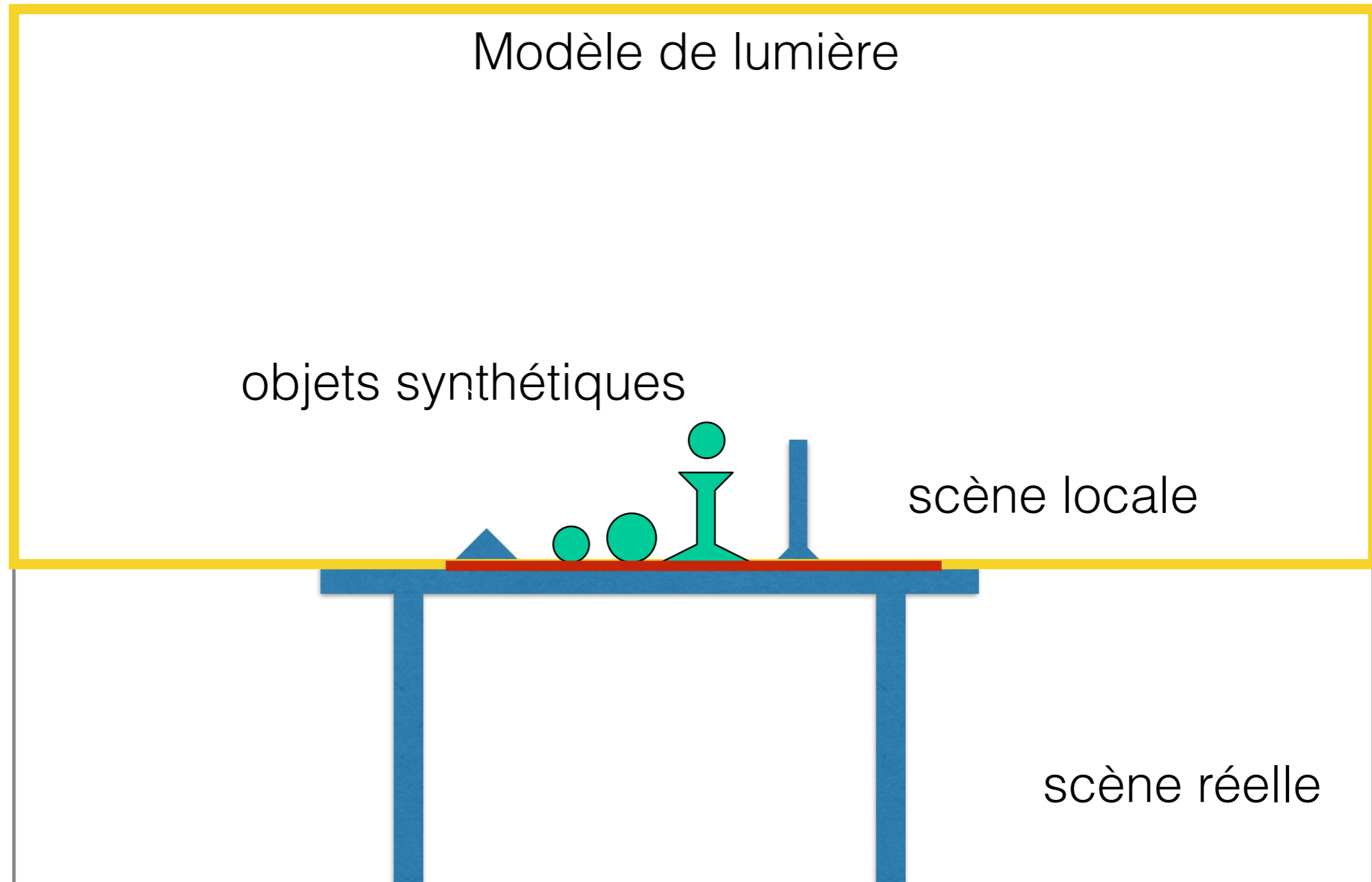


# Modéliser la scène

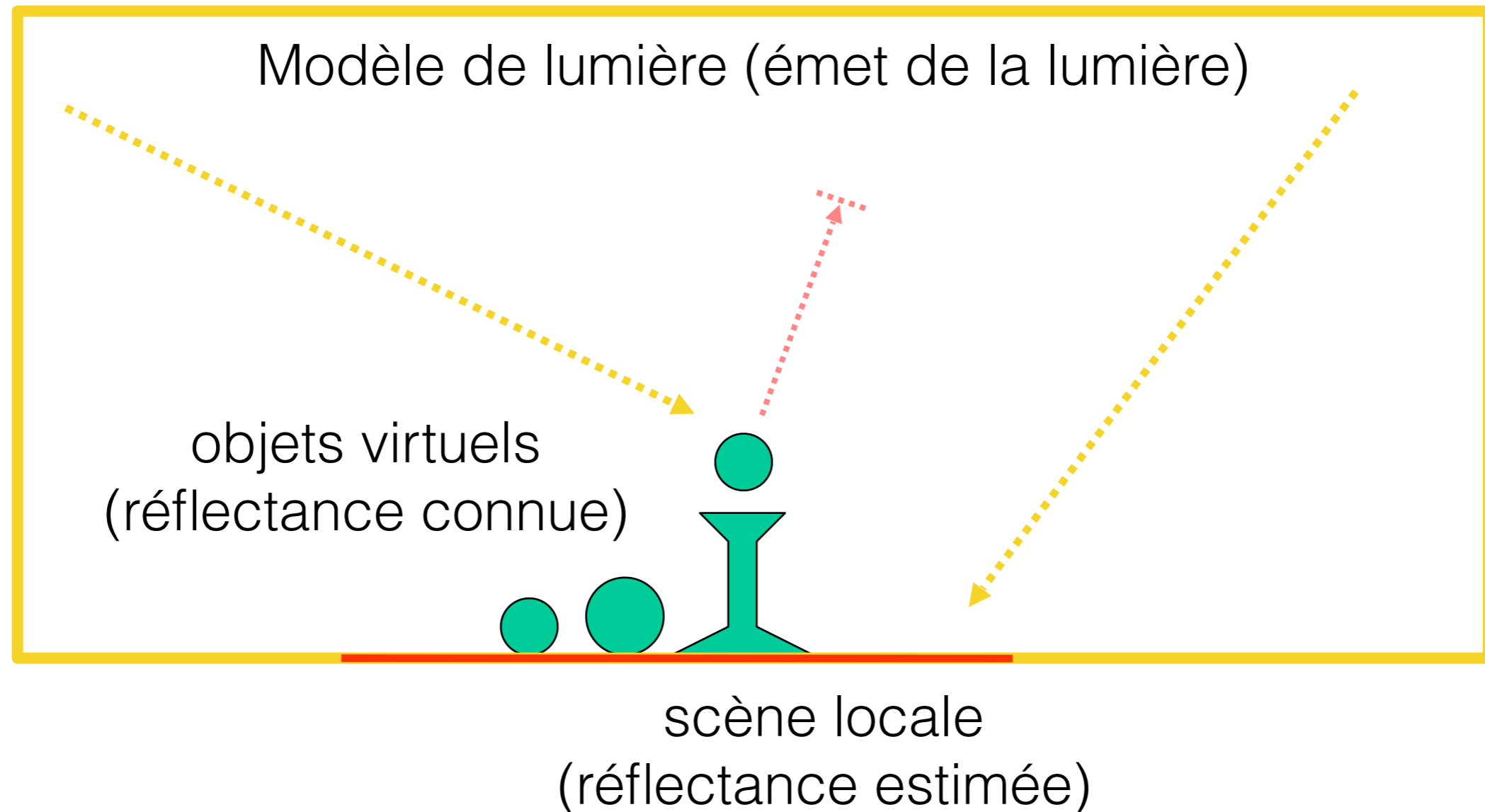




# Rajouter les éléments virtuels



# Éclairer la scène virtuelle

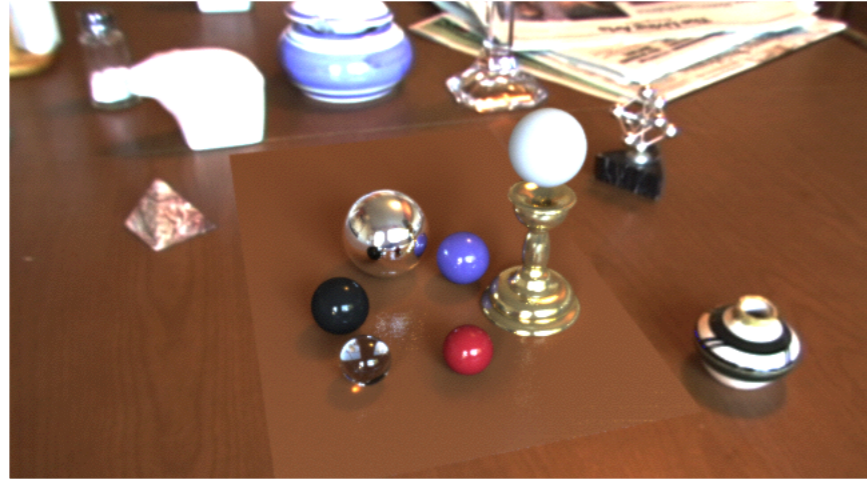












=



=

