

Plage Dynamique



GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique, Hiver 2016

Jean-François Lalonde

Merci à P. Debevec et A. Efros!

La plage dynamique



Plage dynamique



1



1500



25,000



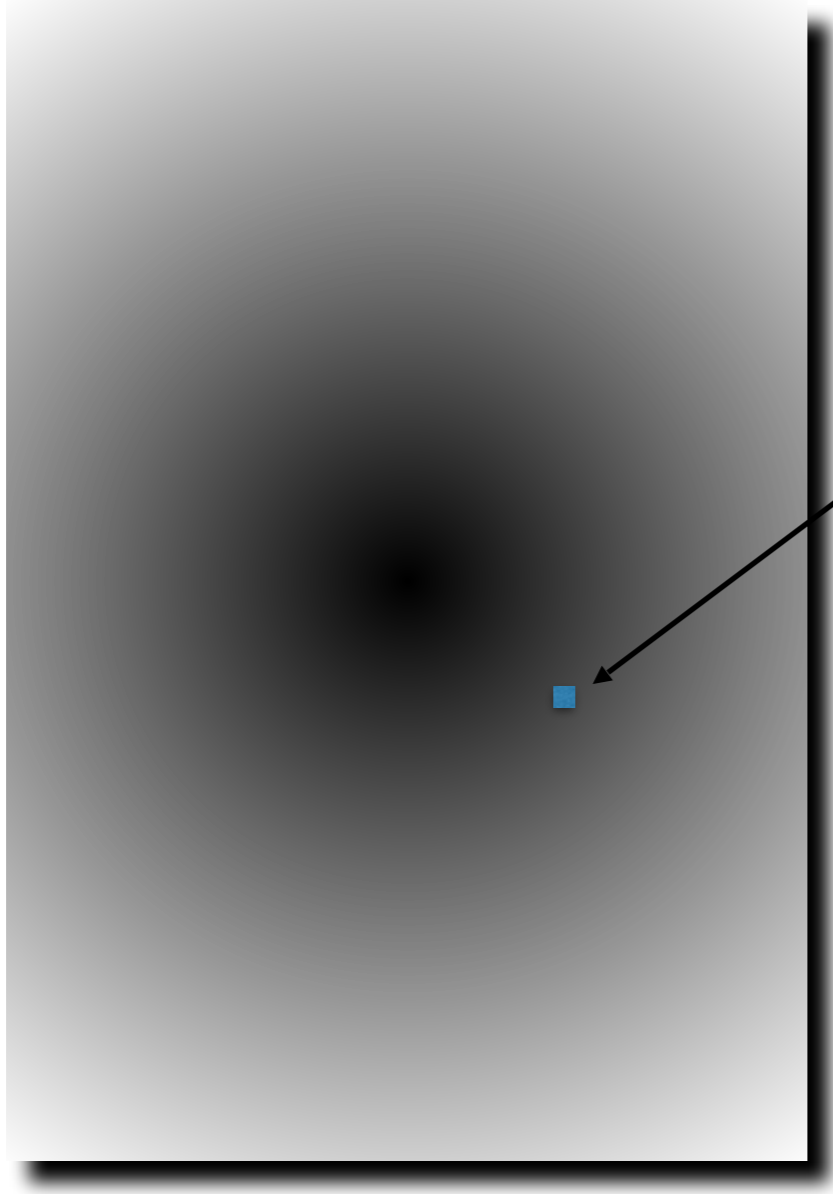
400,000



2,000,000,000

Le monde a une haute plage dynamique!

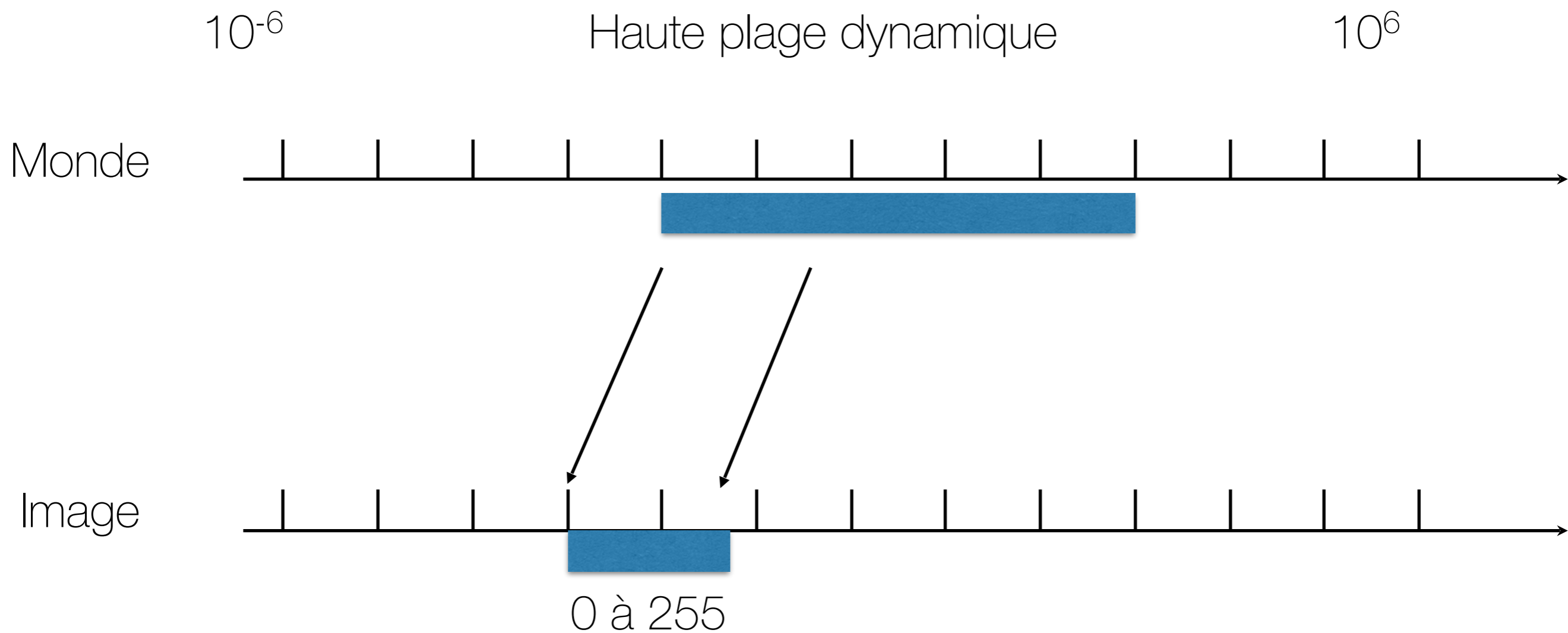
Image



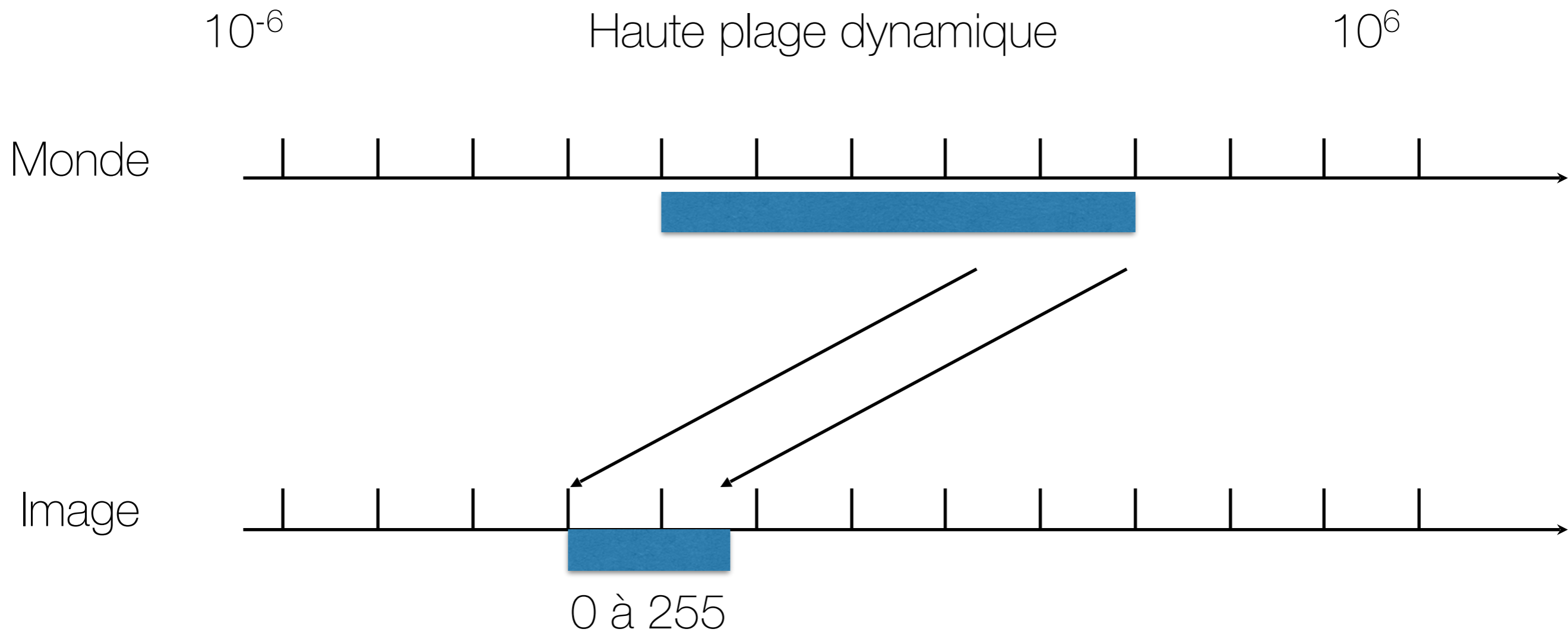
pixel (312, 284) = 42

42 photons?

Exposition longue



Exposition courte

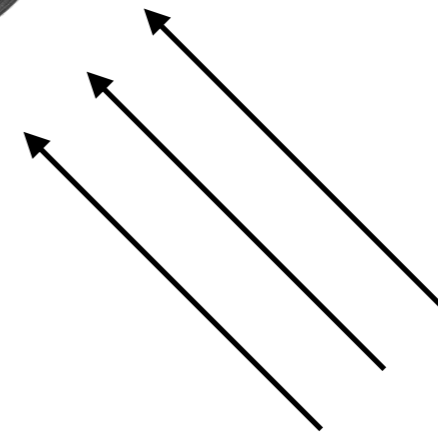


Calibrage

- Géométrie
 - Relation entre les coordonnées en pixel et les points dans le monde
- Photométrie
 - Relation entre les valeurs d'intensité des pixels et la radiance du monde

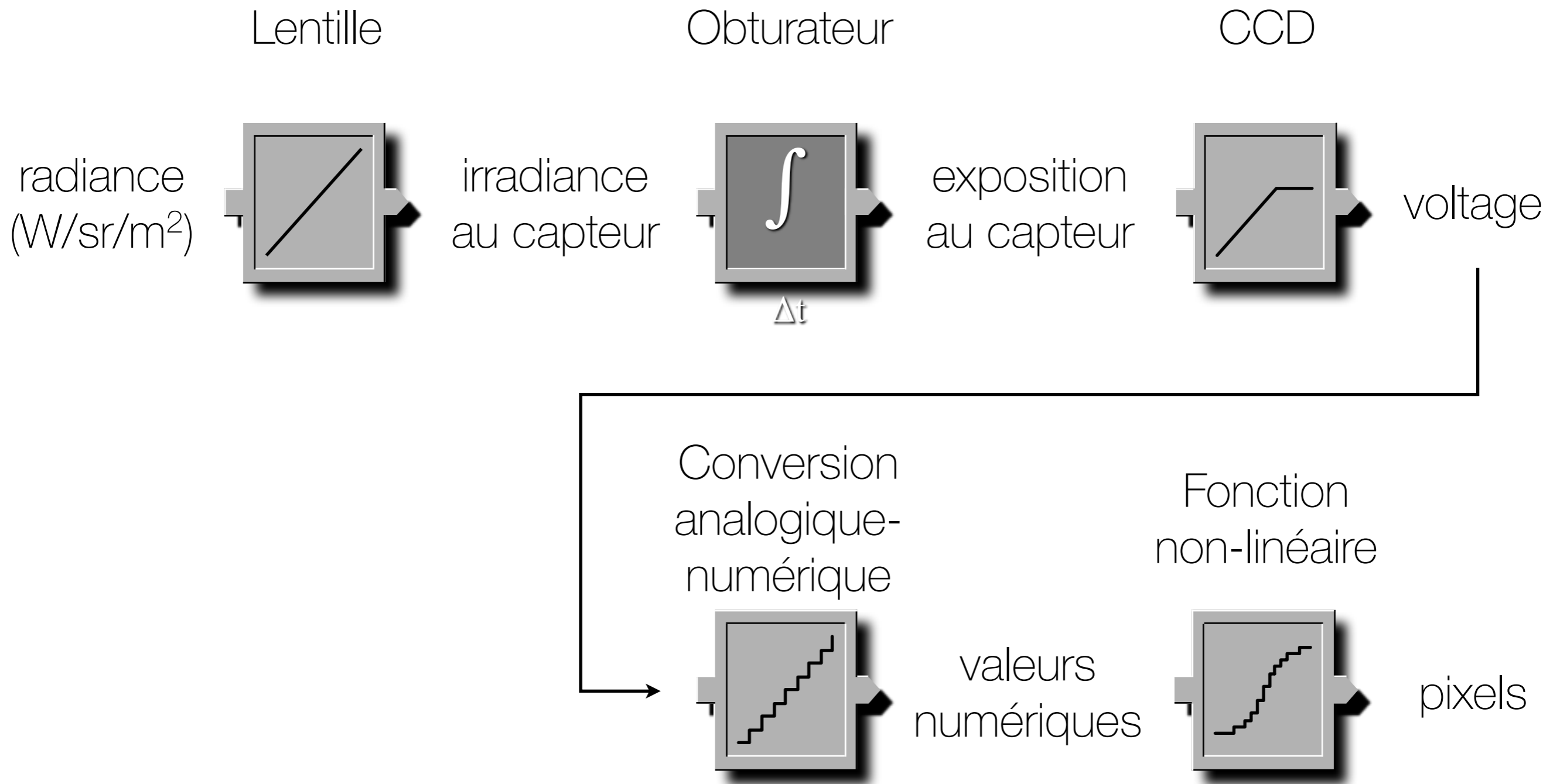
Caméra

Image

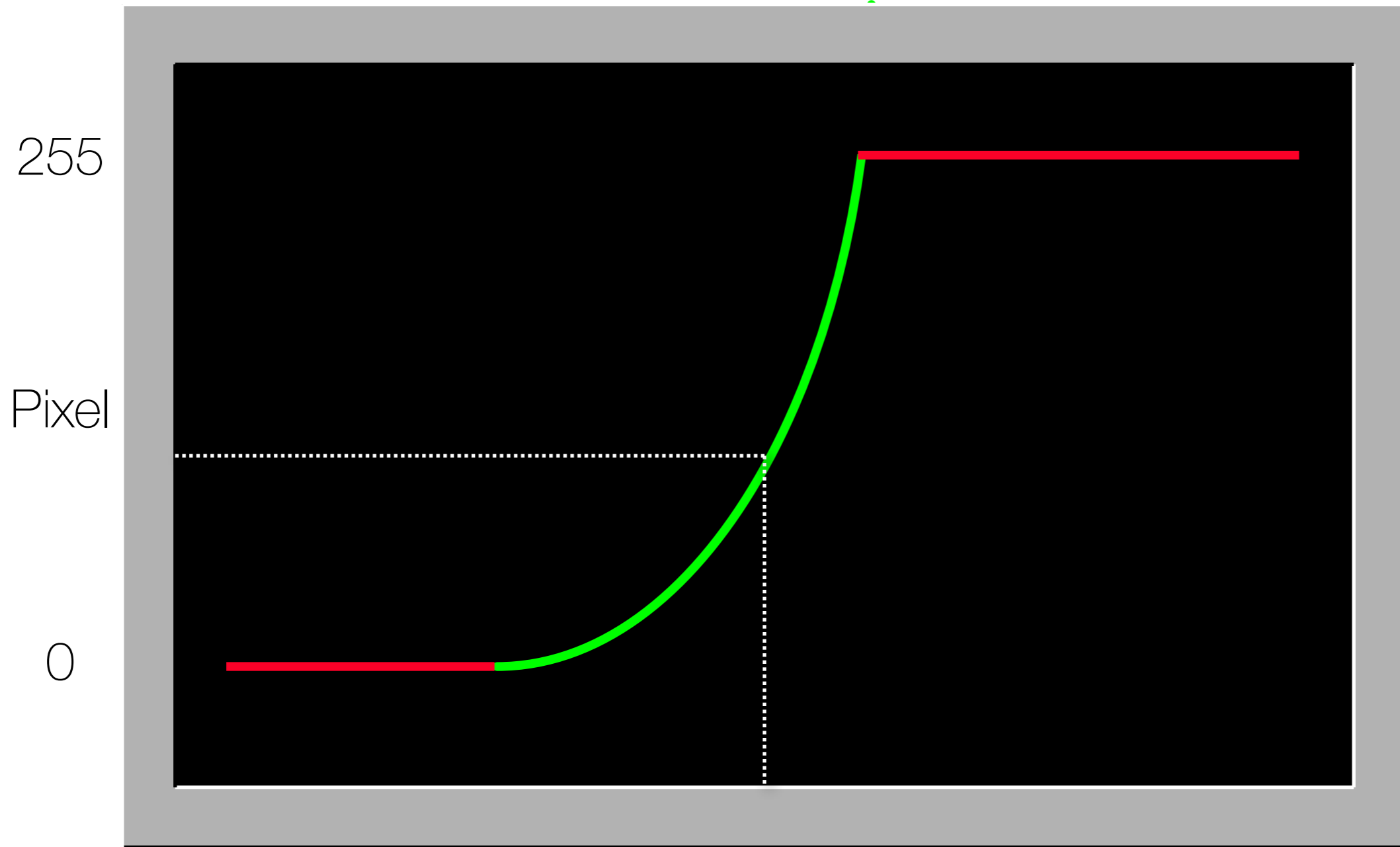


Lumière

Modèle radiométrique

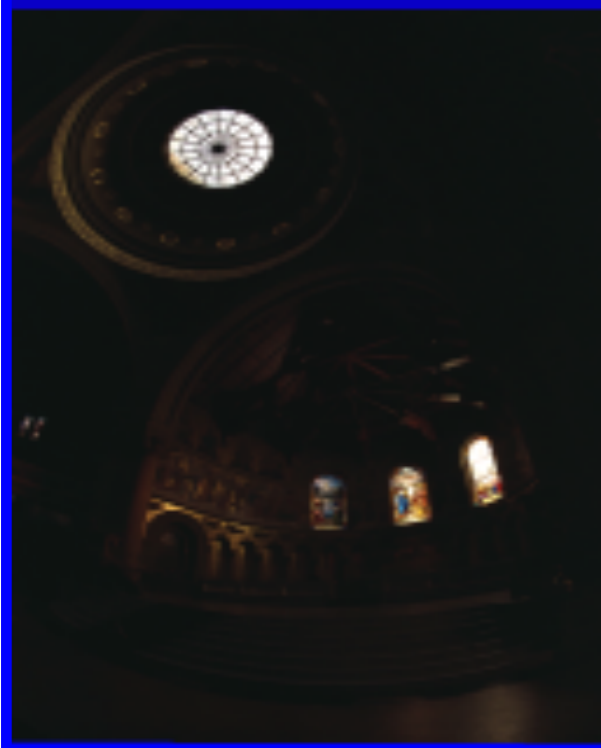


Réponse du système



$$\log \text{Exposition} = \log (\text{radiance} * \Delta t)$$

(# photons au CCD)



La caméra n'est pas un photomètre!

- Plage dynamique limitée
 - Photographier plusieurs expositions
- Réponse non-linéaire
 - On ne peut pas convertir directement en radiance
- Solution:
 - Estimer la réponse non-linéaire à partir de plusieurs expositions, et convertir en radiance

Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs

SIGGRAPH '97
Paul Debevec
Jitendra Malik

L'article que vous aurez à implémenter pour le TP5!

Variation de l'exposition

- Temps d'obturation
 - Quel est le problème?
- F/stop (ouverture, iris)
 - Quel est le problème?
- Filtres (densité neutre)
 - Quel est le problème?



Temps d'obturation

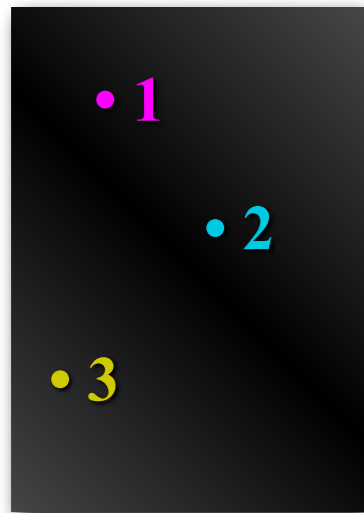
- Ranges:
 - Canon D30: 30 à 1/4,000 sec.
 - Sony VX2000: 1/4 à 1/10,000 sec.
- Avantages:
 - Varie l'exposition directement
 - Facile à répéter et assez précis
- Inconvénients:
 - Longues expositions peuvent avoir du bruit

Temps d'obturation

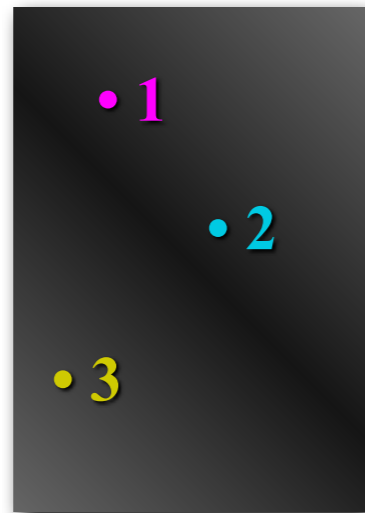
- Habituellement, à chaque “stop” on diminue la lumière d'un facteur 2
 - $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{125}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$ s
- Sont en fait:
 - $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{128}$, $\frac{1}{256}$, $\frac{1}{512}$, $\frac{1}{1024}$ s

Algorithme

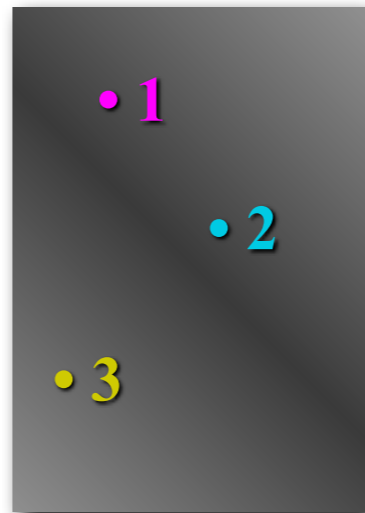
Série d'images



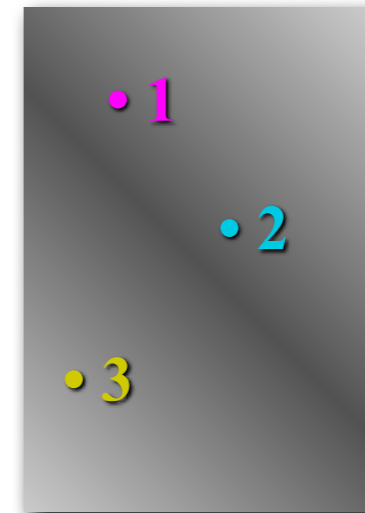
$\Delta t = 1/64 \text{ sec}$



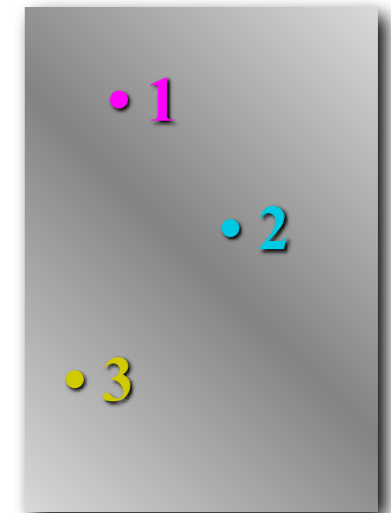
$\Delta t = 1/16 \text{ sec}$



$\Delta t = 1/4 \text{ sec}$



$\Delta t = 1 \text{ sec}$



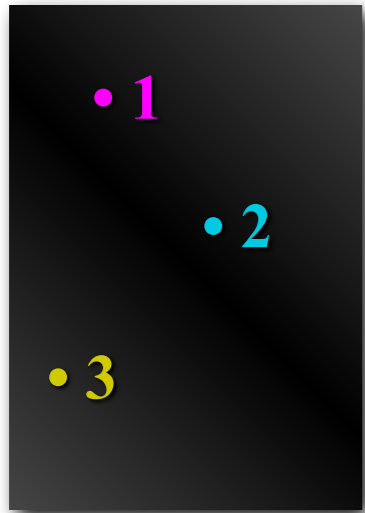
$\Delta t = 4 \text{ sec}$

$$z = f(\text{exposition})$$

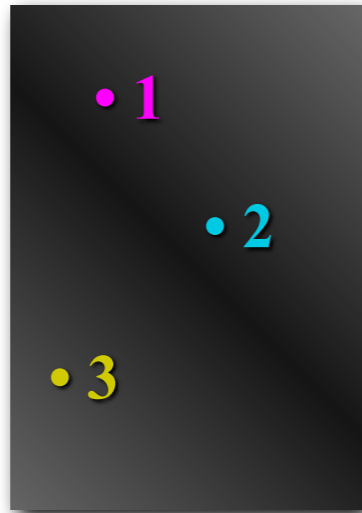
$$\text{exposition} = \text{radiance} \times \Delta t$$

Algorithme

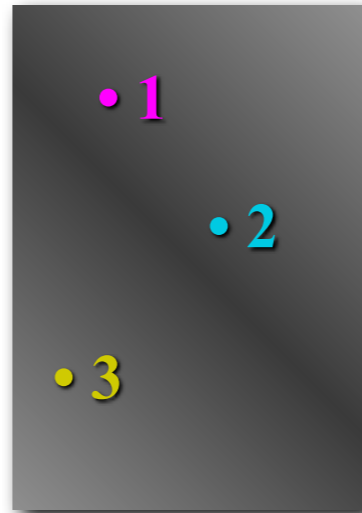
Série d'images



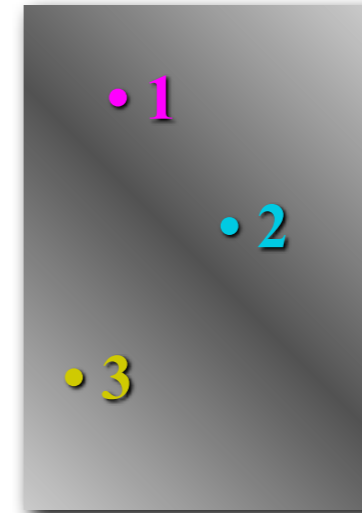
$\Delta t = 1/64$ sec



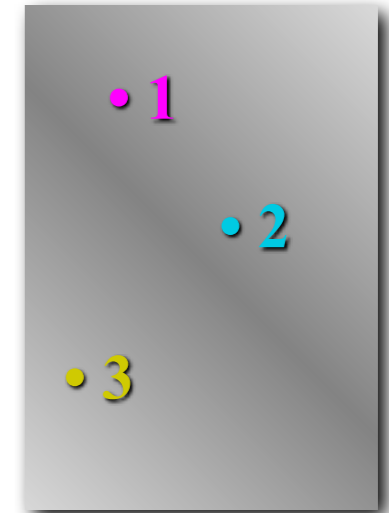
$\Delta t = 1/16$ sec



$\Delta t = 1/4$ sec



$\Delta t = 1$ sec



$\Delta t = 4$ sec

$$z_{ij} = f(\text{exposition}_{ij})$$

$$\text{exposition}_{ij} = \text{radiance}_i \times \Delta t_j$$

$$z_{ij} = f(\text{radiance}_i \times \Delta t_j)$$

$$\text{radiance}_i \times \Delta t_j = f^{-1}(z_{ij})$$

$$\log \text{radiance}_i + \log \Delta t_j = g(z_{ij})$$

Math

- Notons la fonction inverse discrétisée: $g(z)$
- Pour chaque pixel i dans une image j , nous avons:

$$\log \text{radiance}_i + \log \Delta t_j = g(z_{ij})$$

$$r_i + t_j = g(z_{ij})$$

- Système d'équations linéaires sur-contraint:

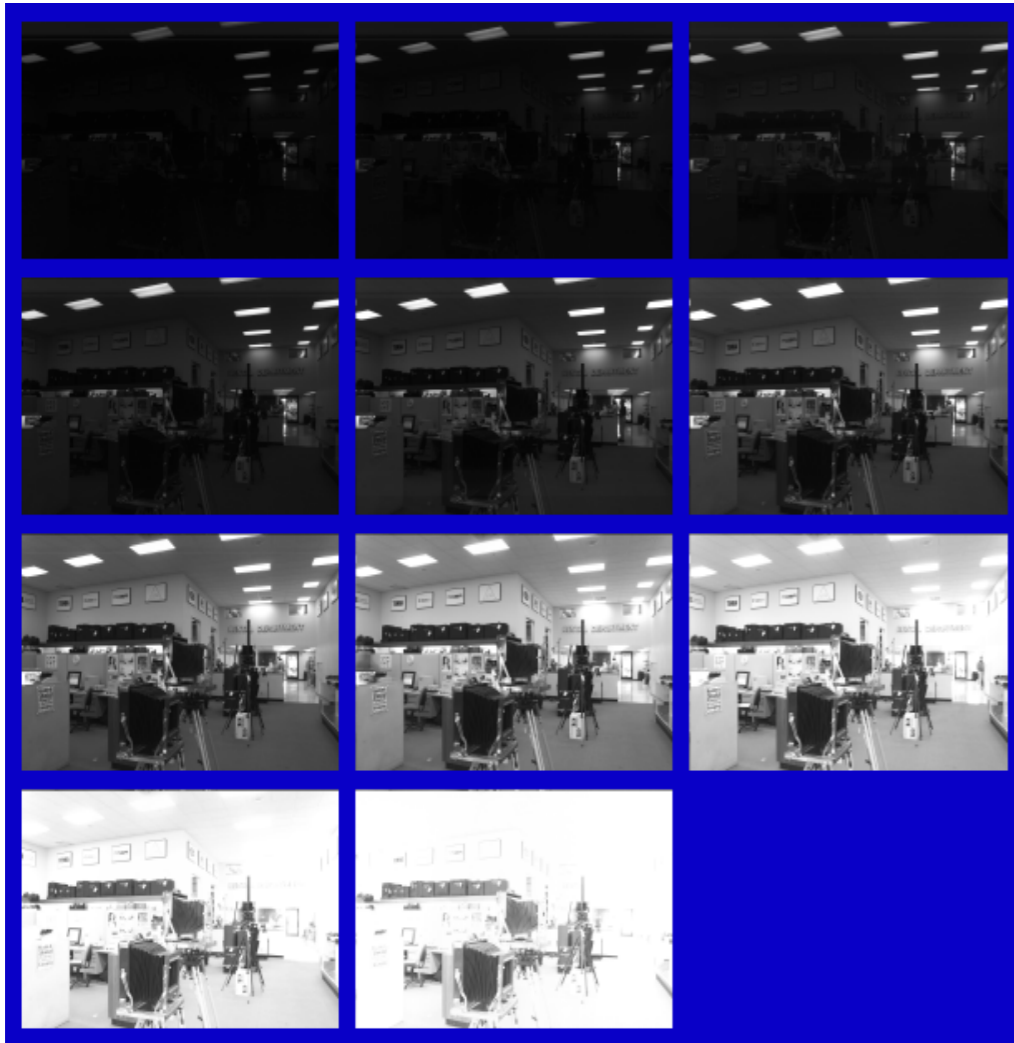
$$\sum_{i \in \text{pixels}} \sum_{j \in \text{images}} (r_i + t_j - g(z_{ij}))^2 + \lambda \sum_{z=0}^{255} g''(z)^2$$

composante pour s'assurer
qu'on approxime les données

composante s'assurer
que la courbe soit lisse

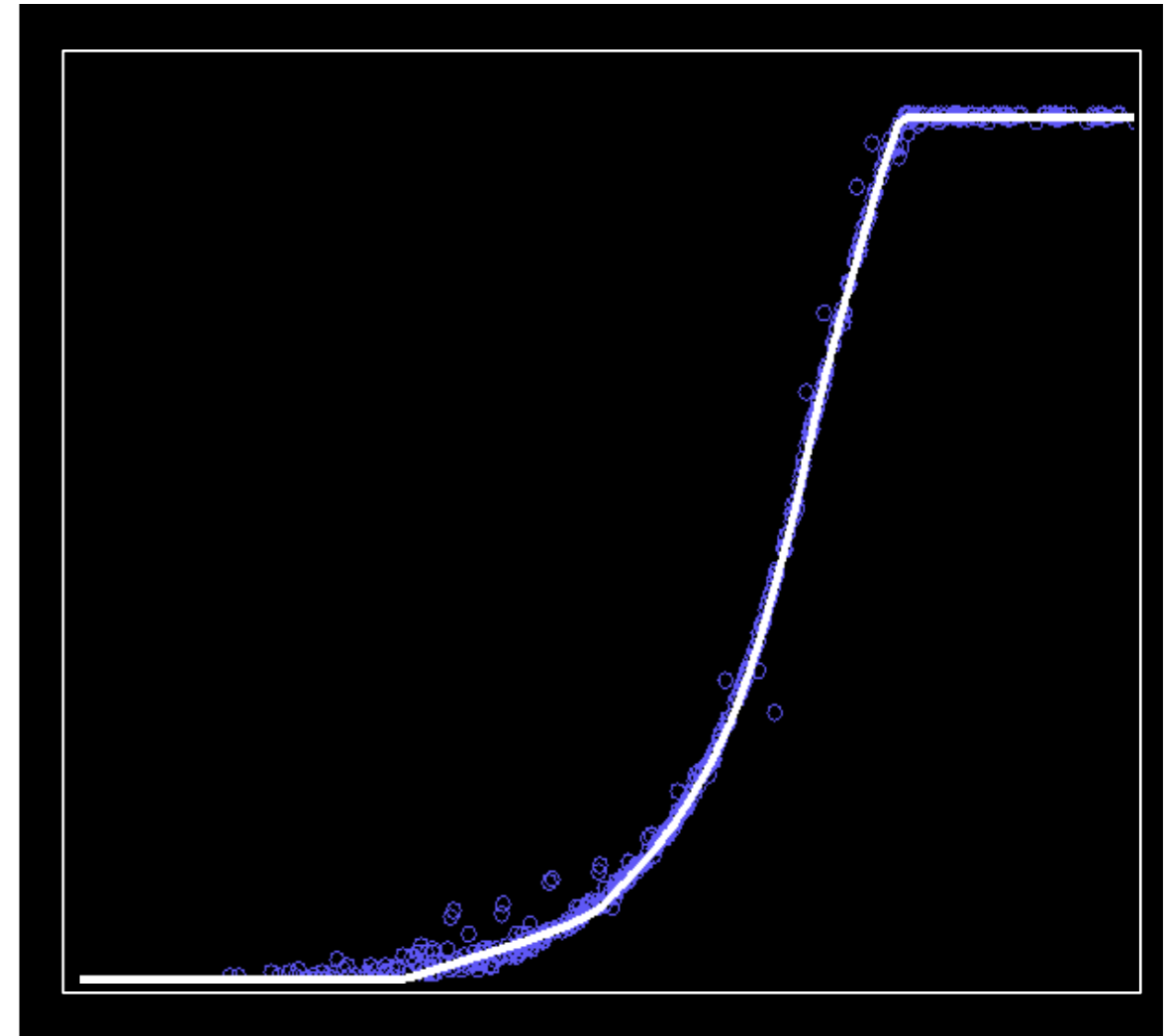
Résultat

Kodak DCS460
1/30 à 30 sec



Courbe estimée

Pixel



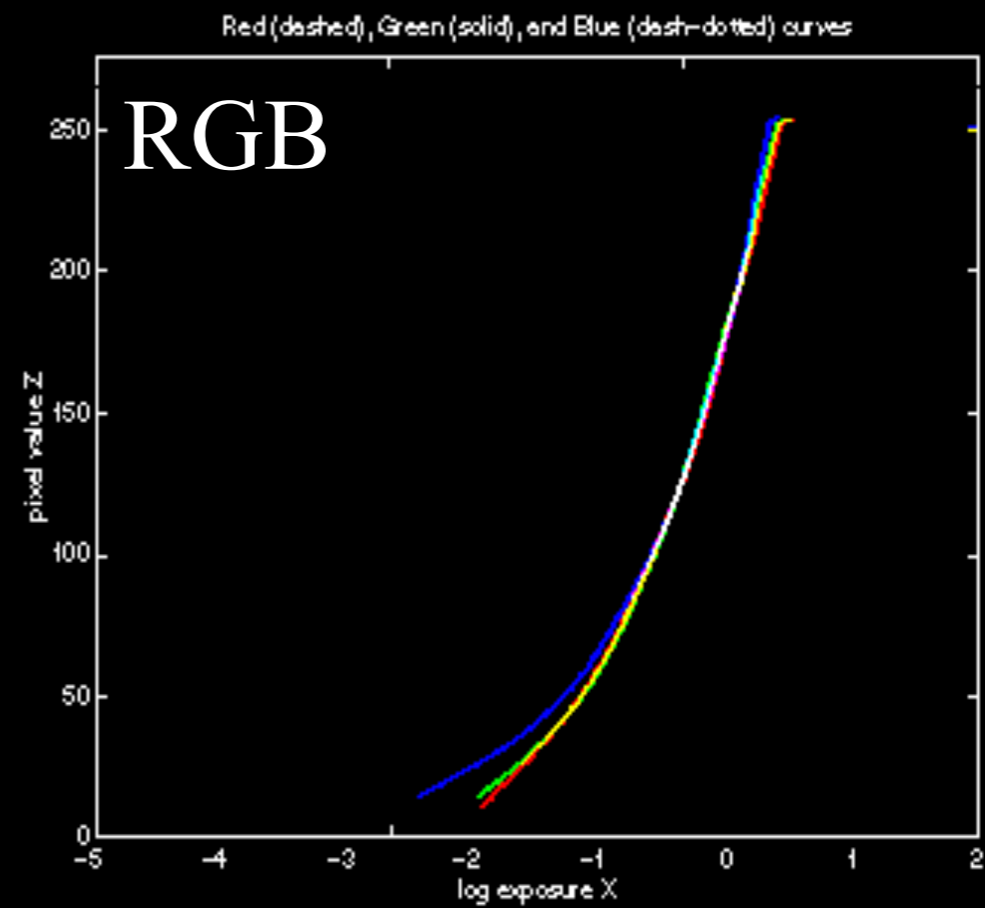
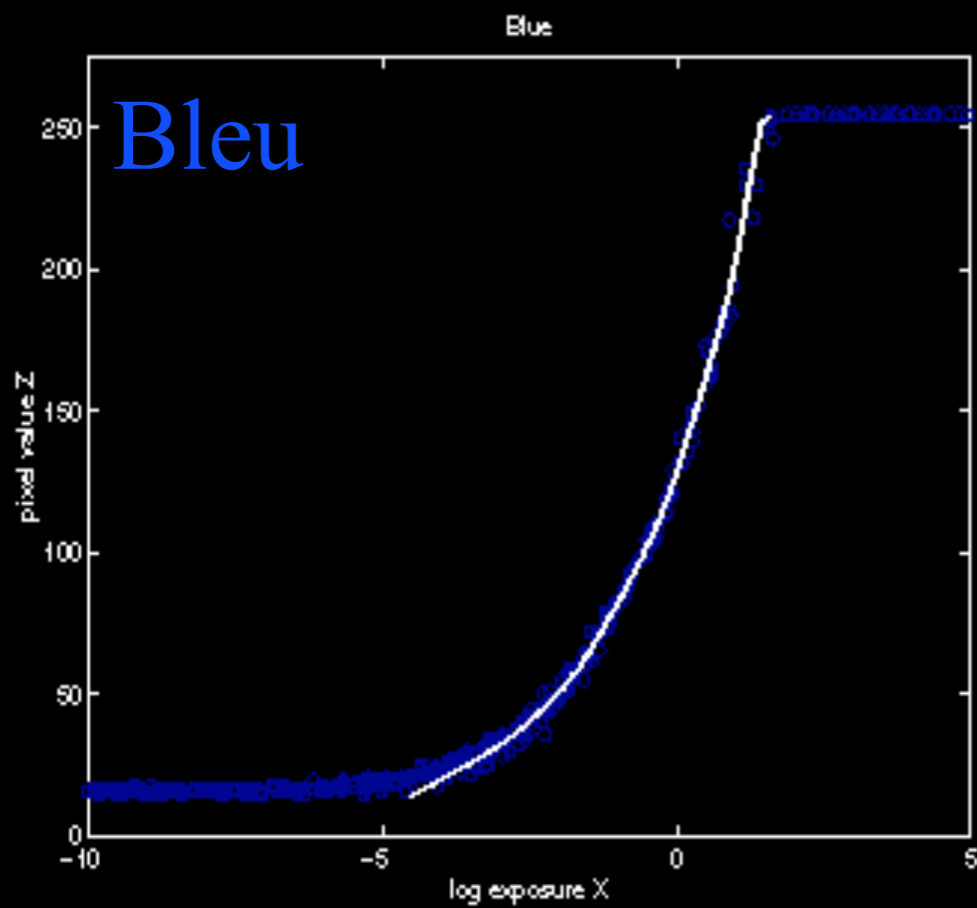
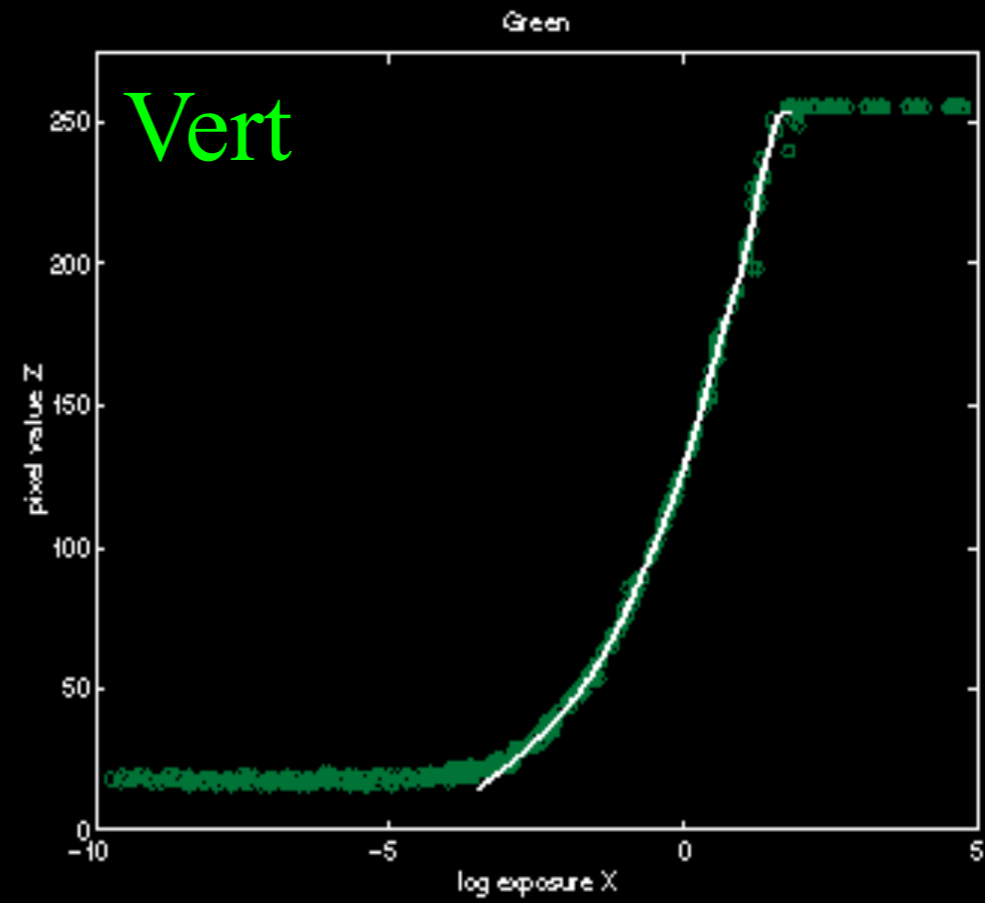
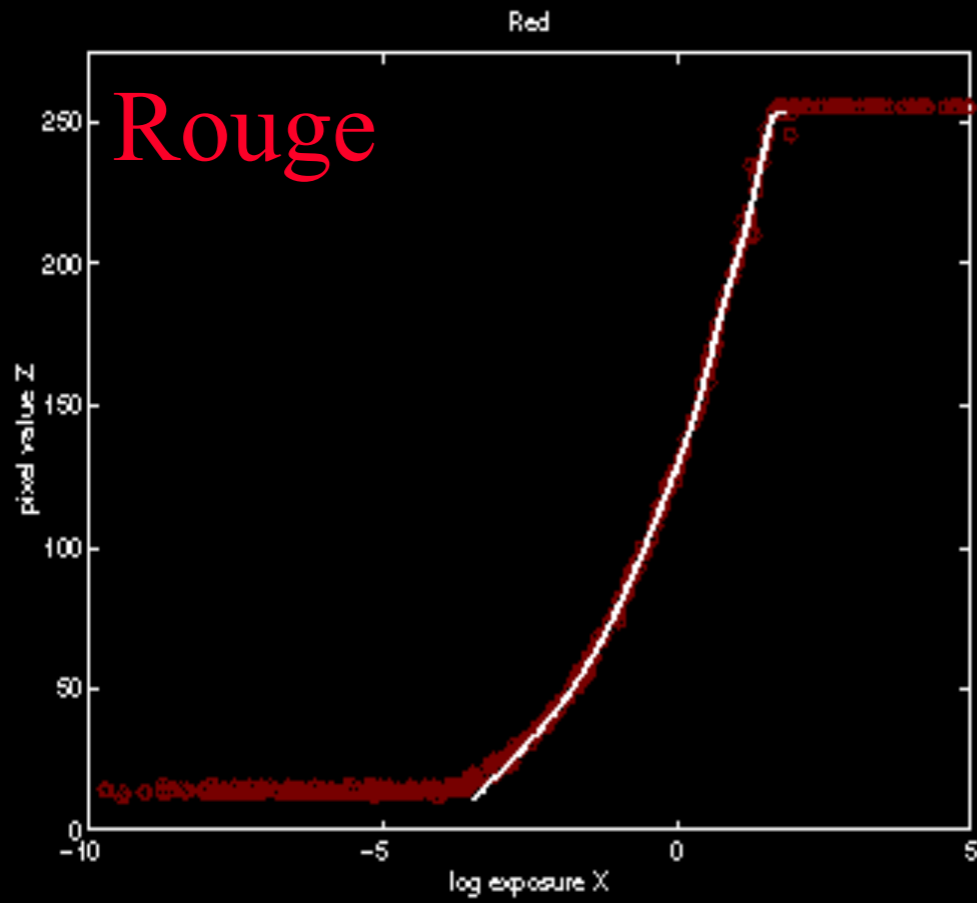
log exposition

Radiance

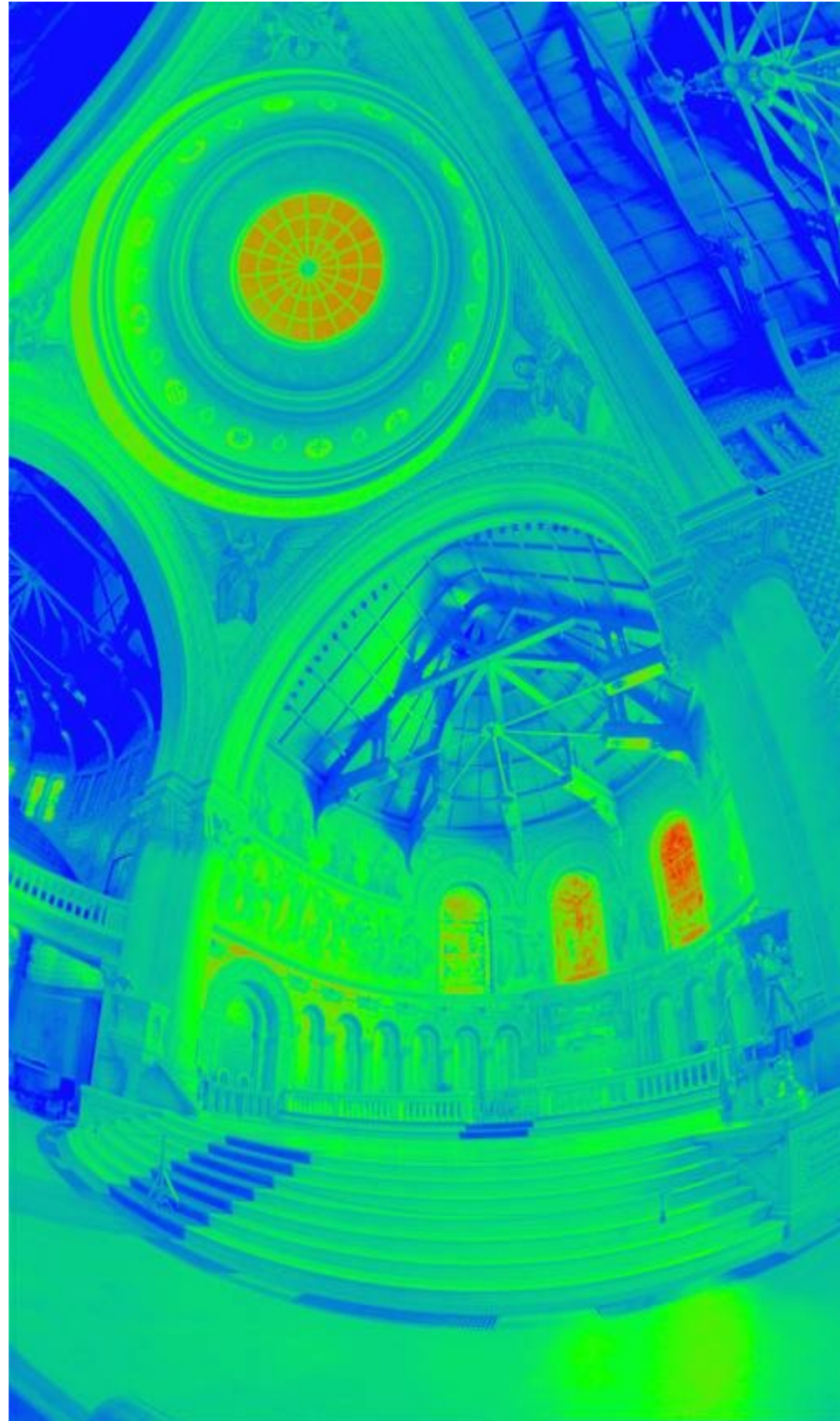


Résultats: couleur





Radiance



Radiance

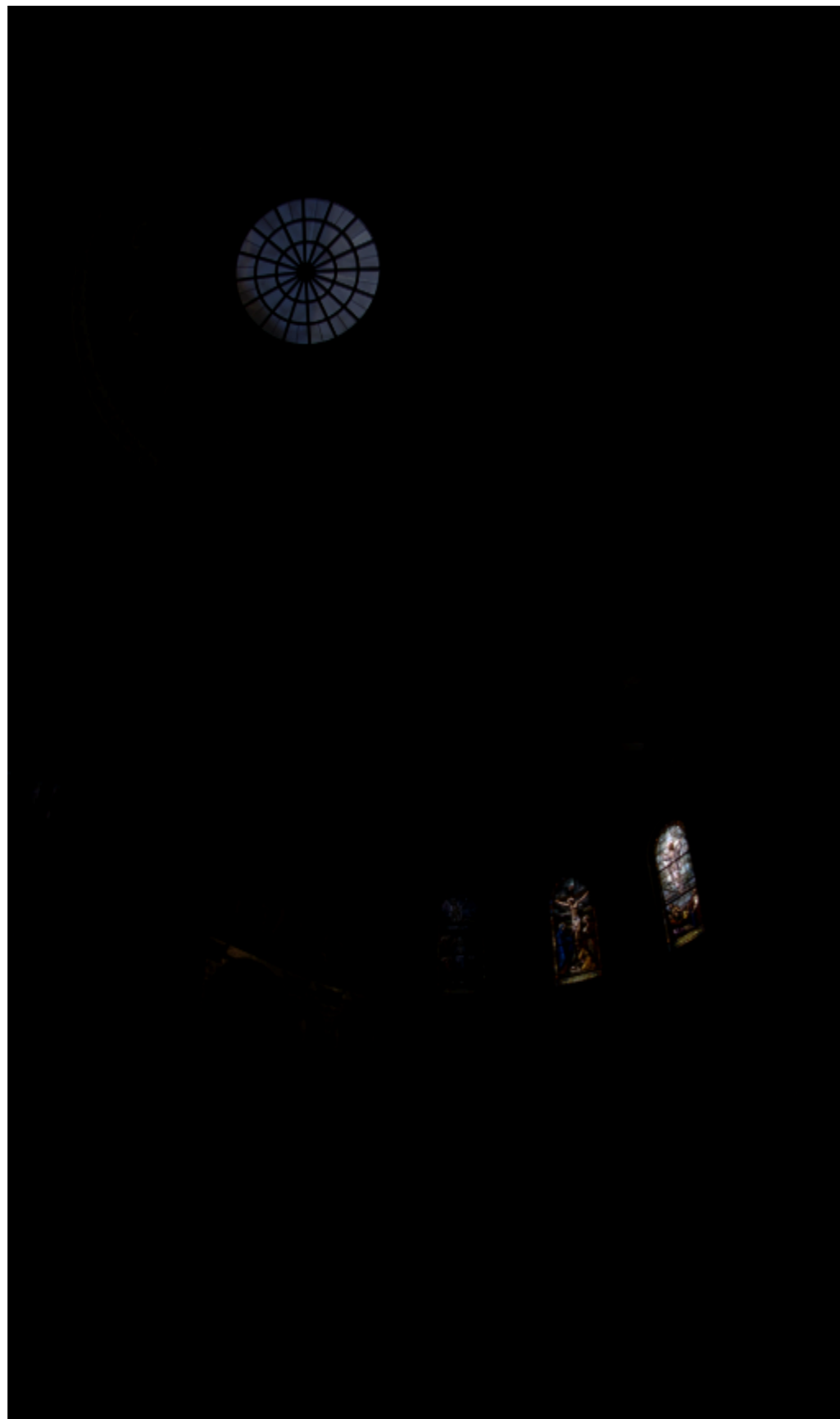
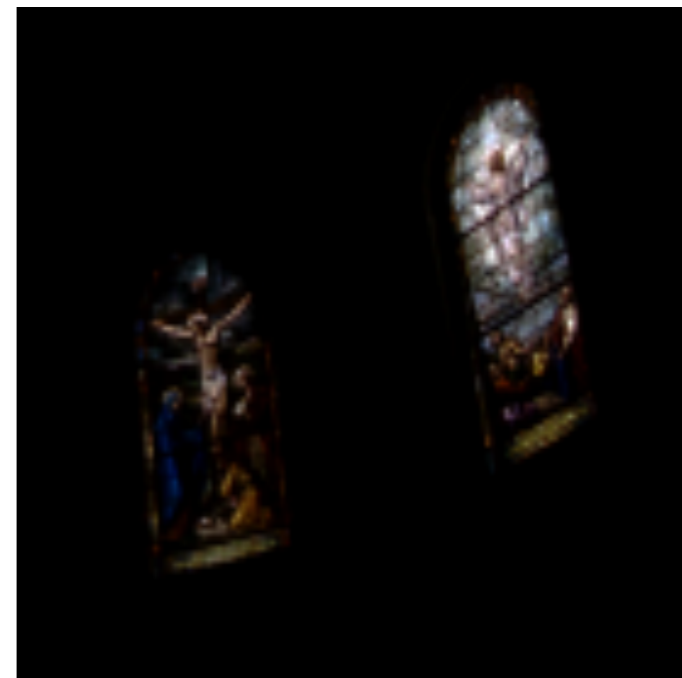
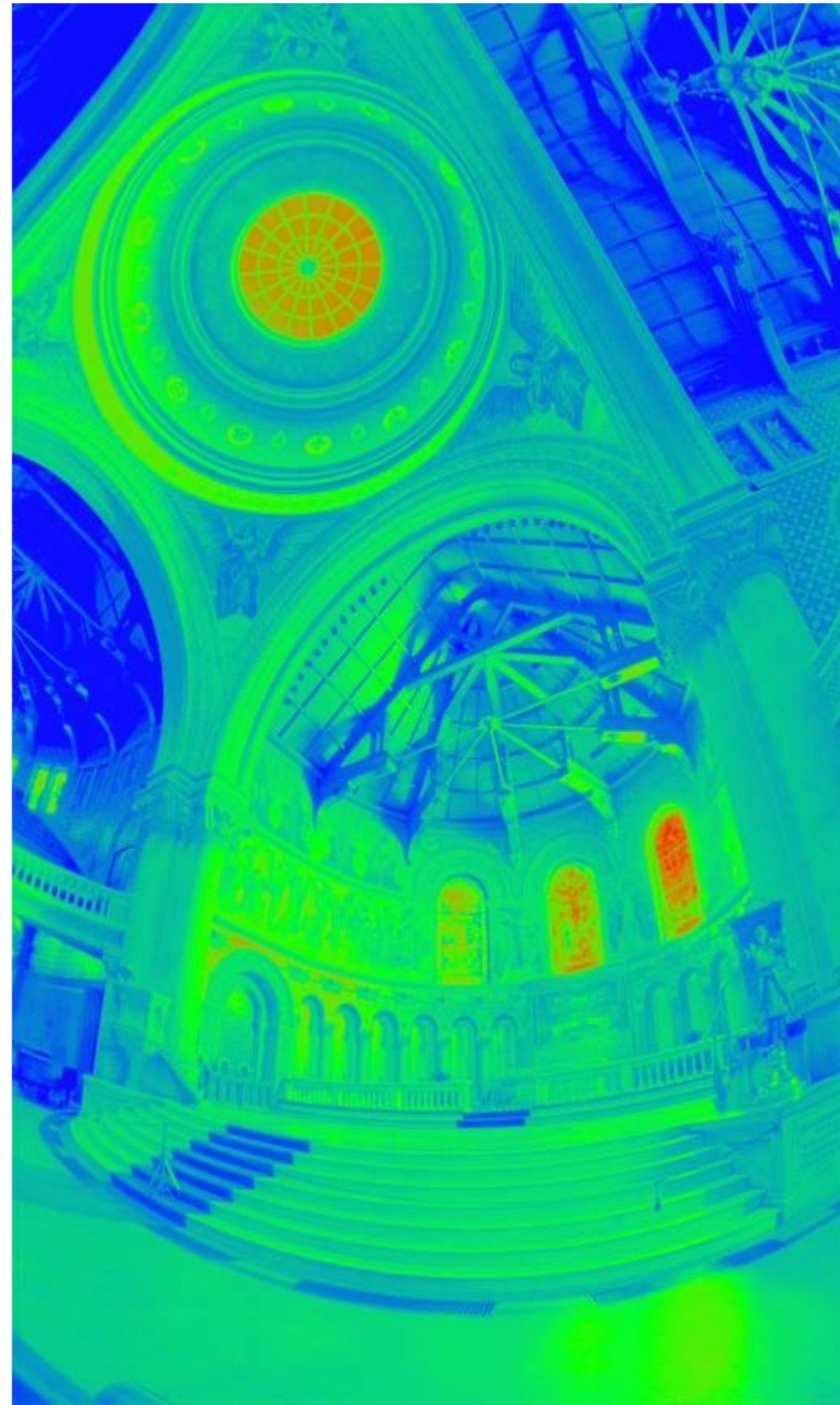


Image précédente
entre 0 et 255

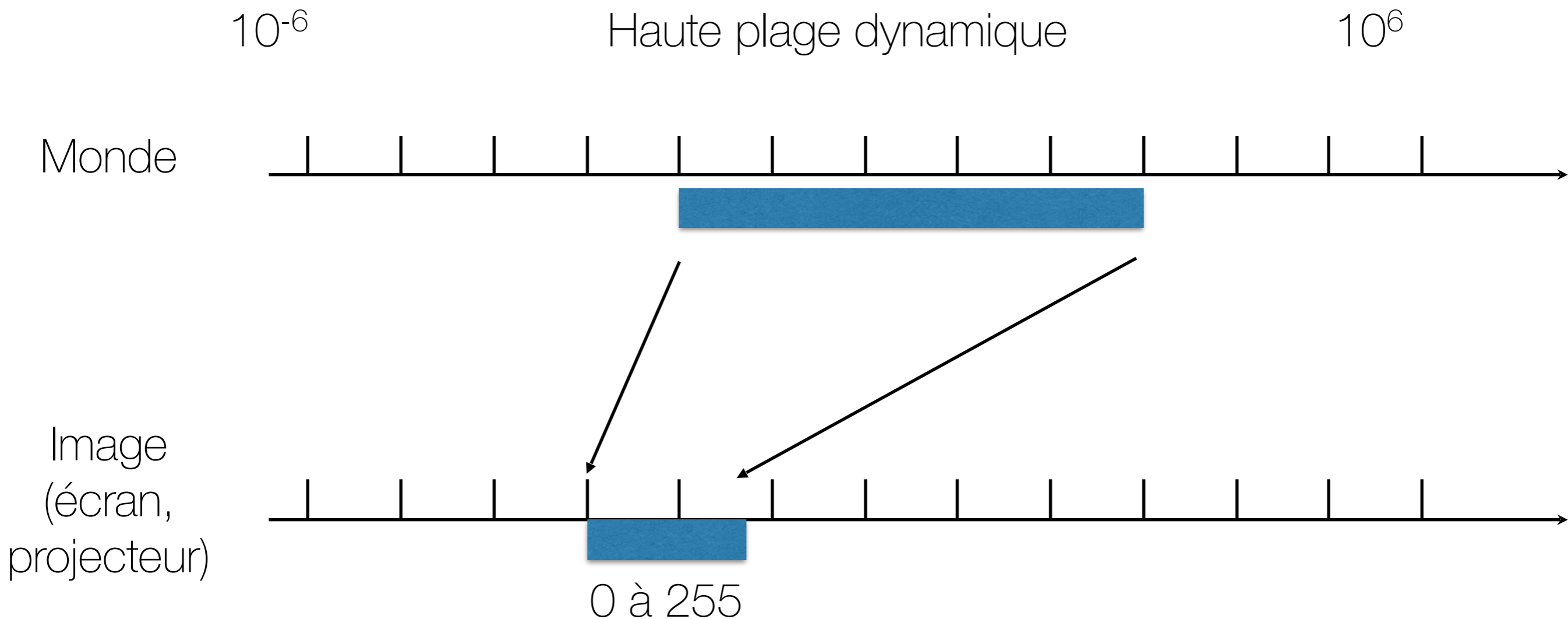


Et maintenant?

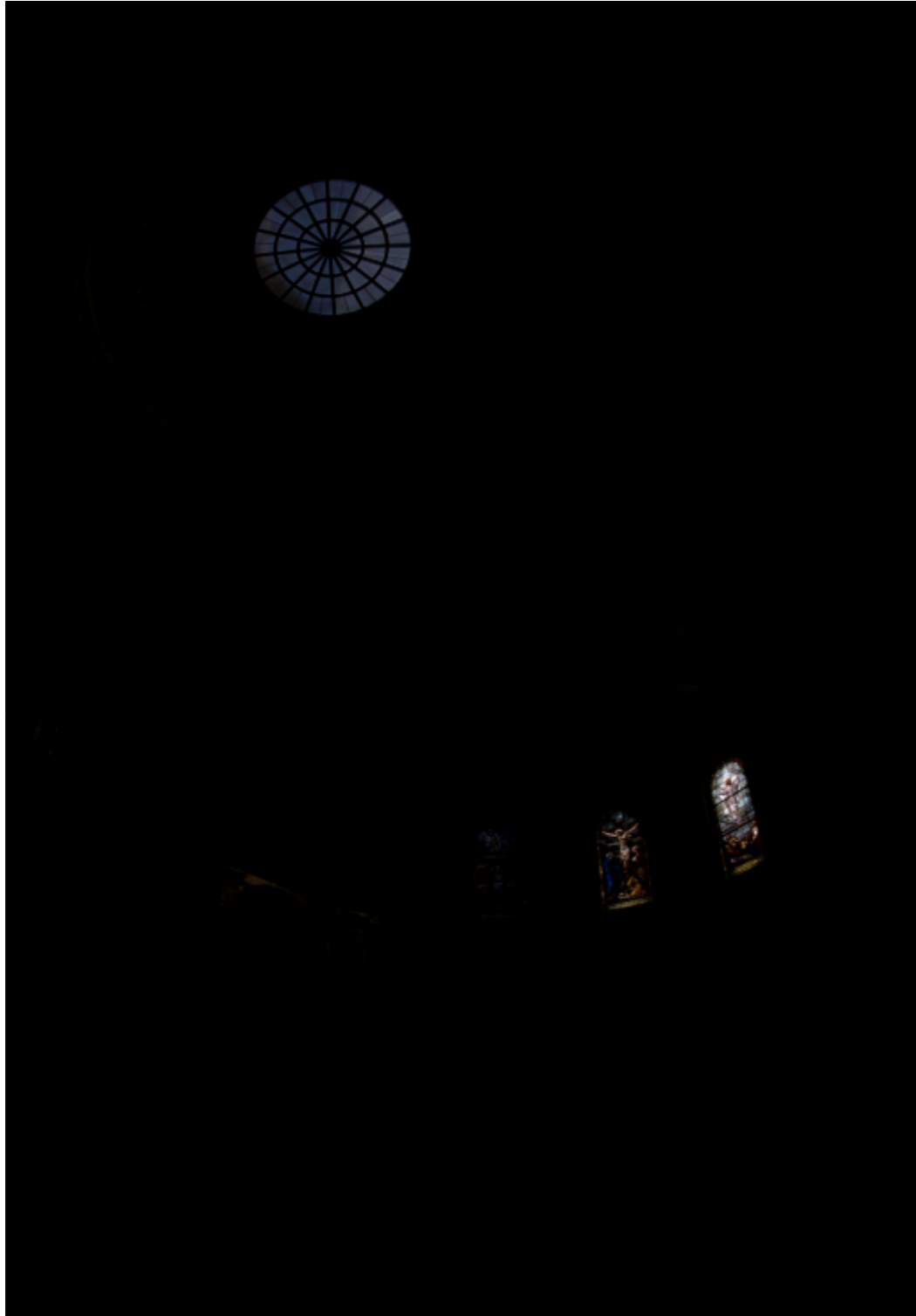


Reproduction tonale

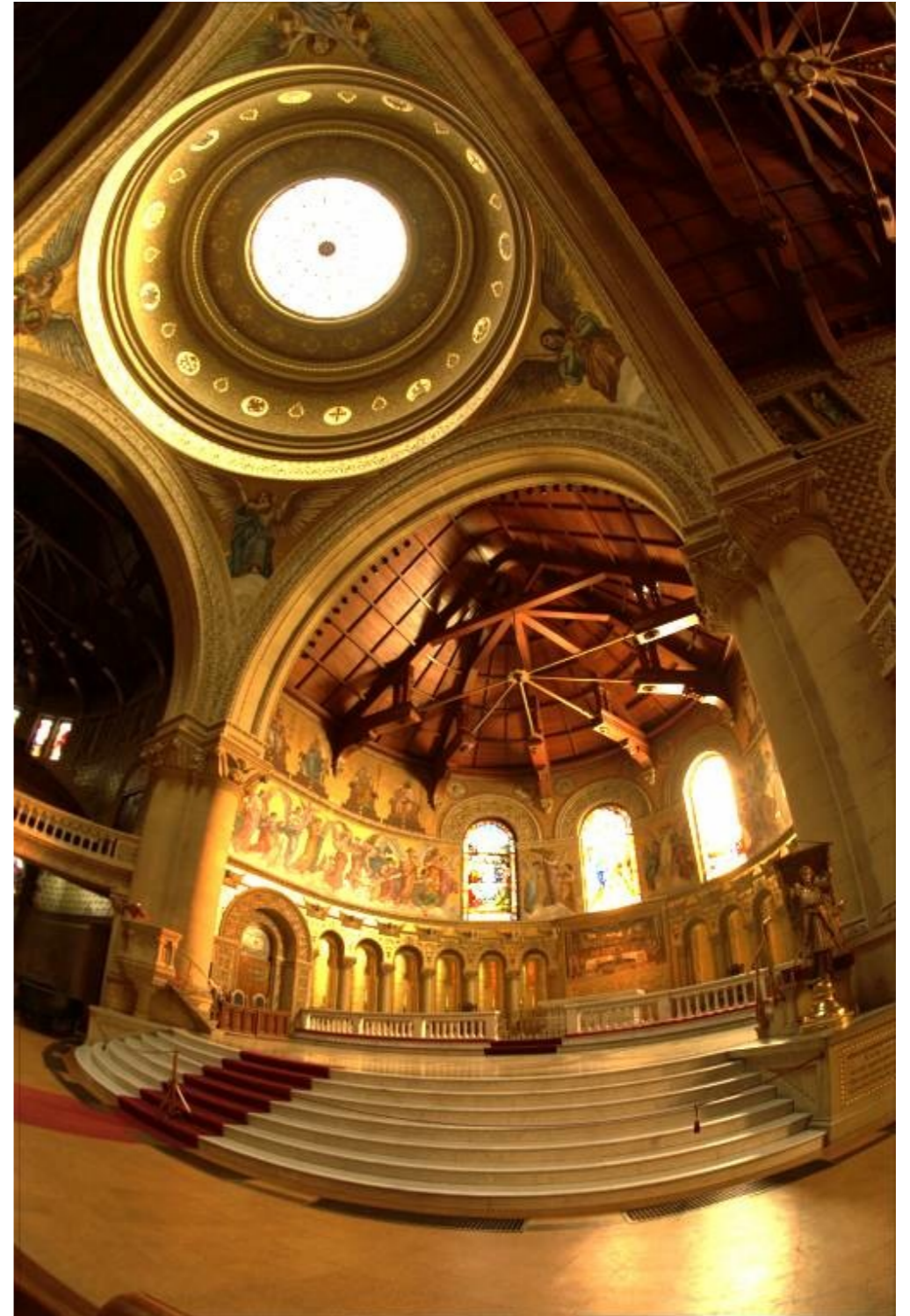
- Comment faire?
 - Linéaire? Seuil? Suggestions?



Linéaire



En fonction des pixels
les plus clairs



En fonction des pixels
les plus sombres

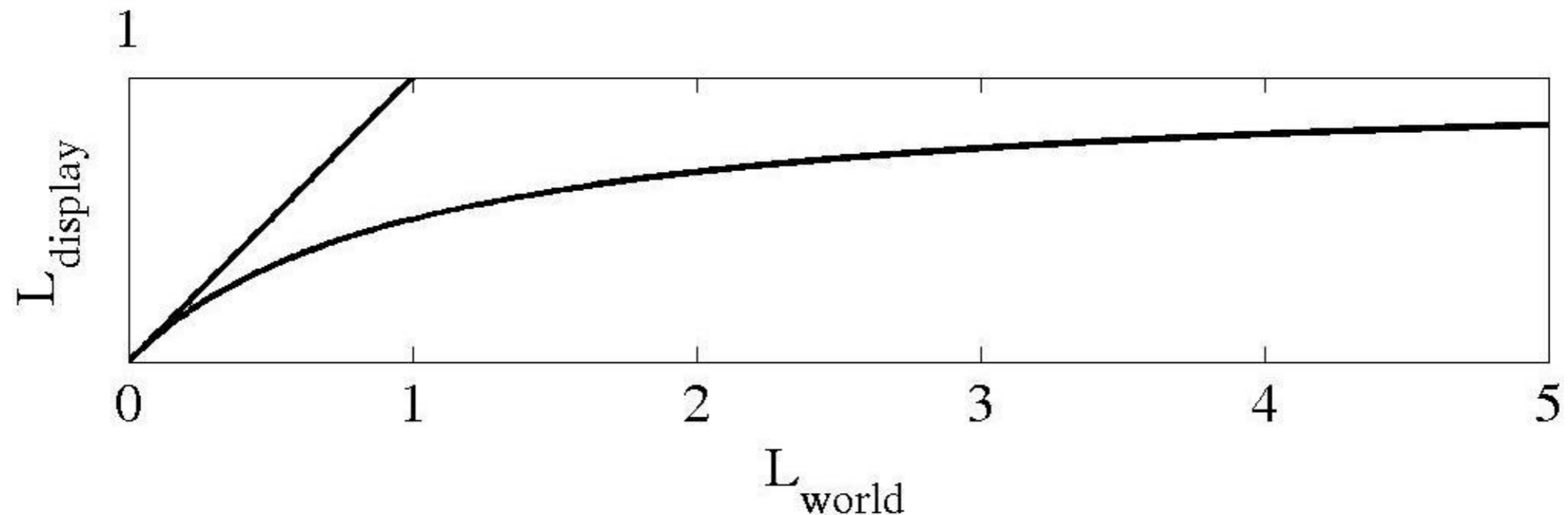
Opérateur global

- Déterminer une courbe qui:
 - Ramène le contenu du signal HDR dans une plage qui convient à un écran ou un projecteur
 - N'augmente pas les parties sombres
- Donc:
 - Asymptote à 255
 - Dérivée = 1 à 0

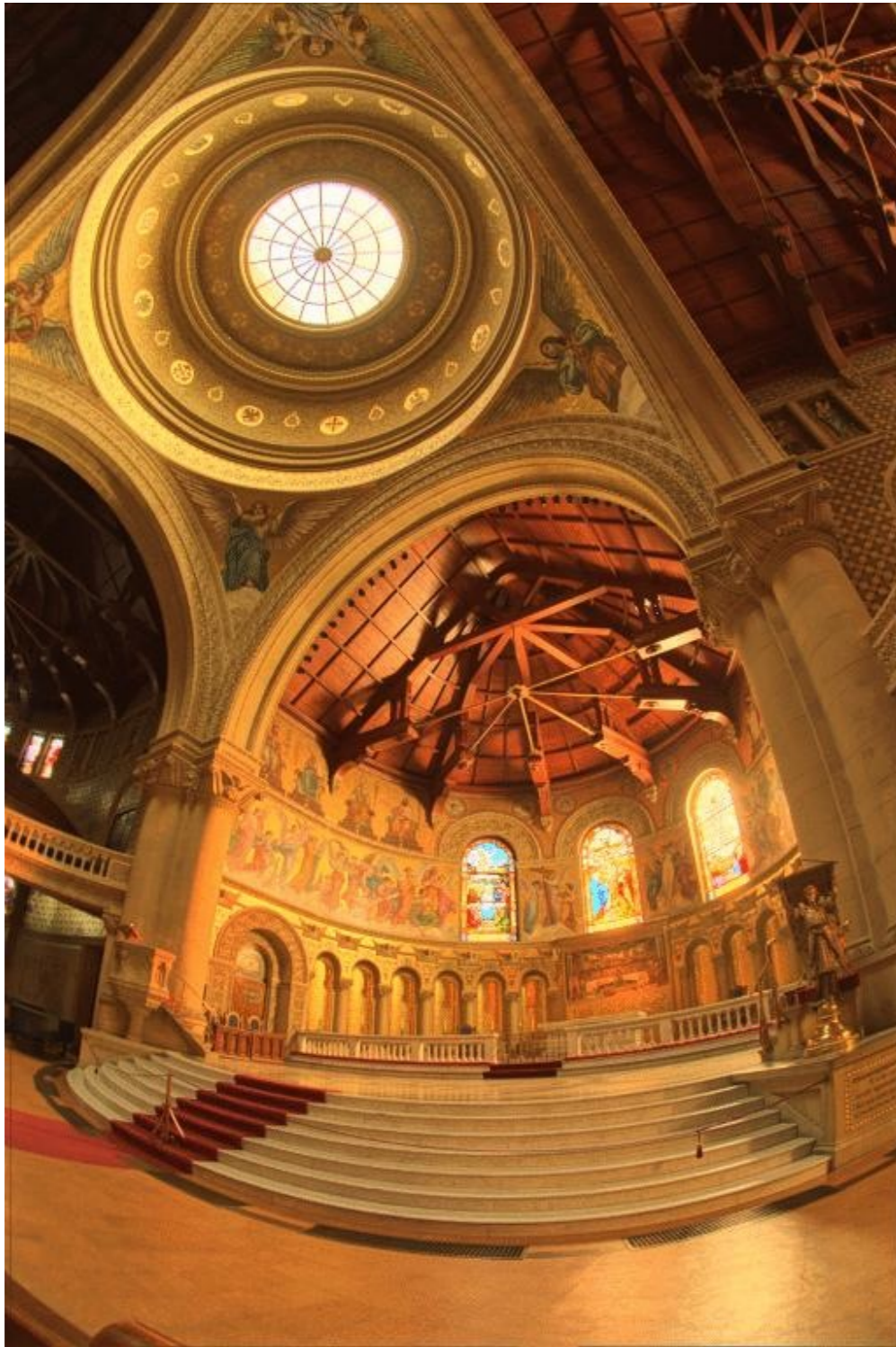
Opérateur global (Reinhard et al.)

- Solution toute simple: utiliser une transformée non-linéaire

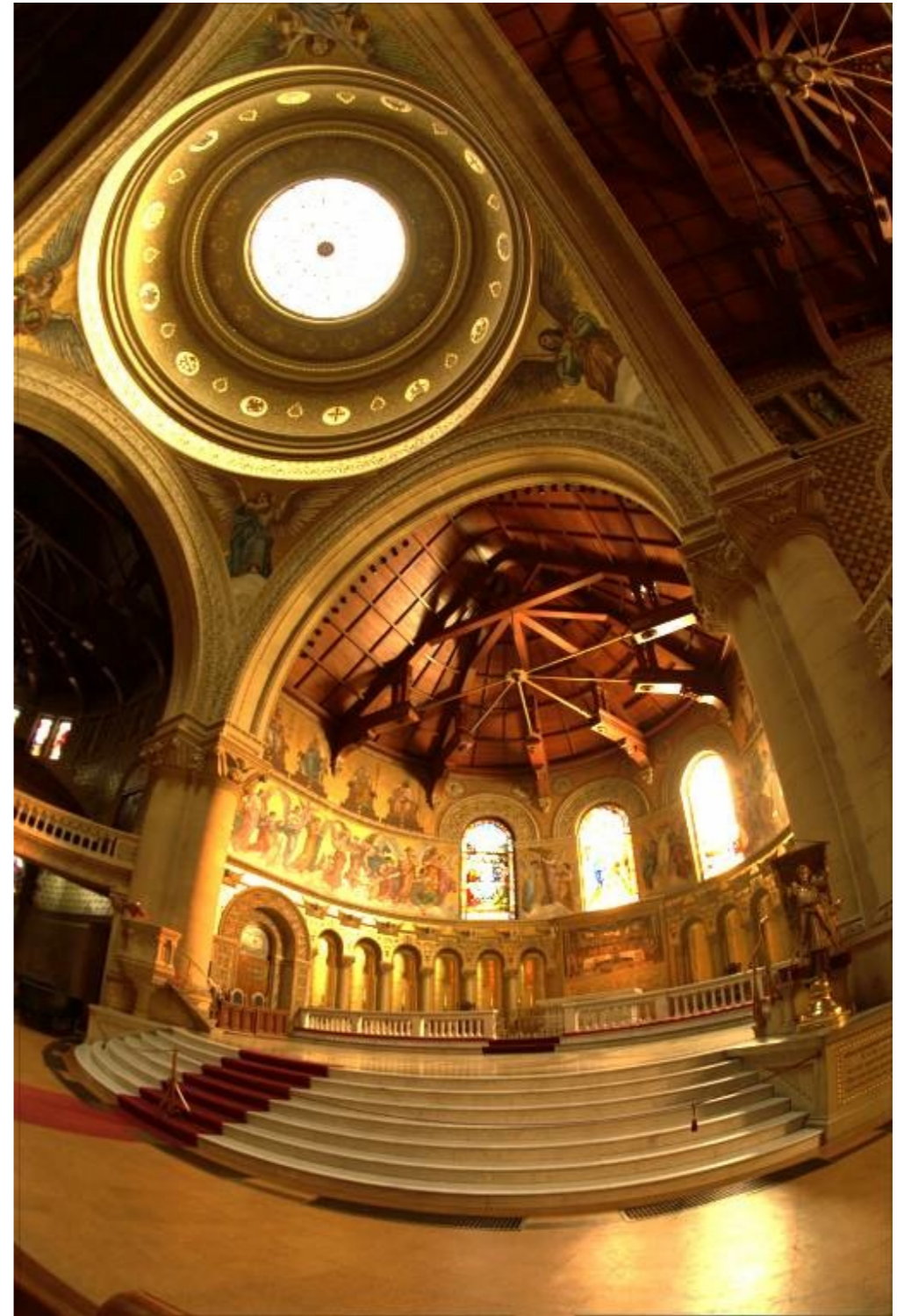
$$L_{display} = \frac{L_{world}}{1 + L_{world}}$$



Non-linéaire

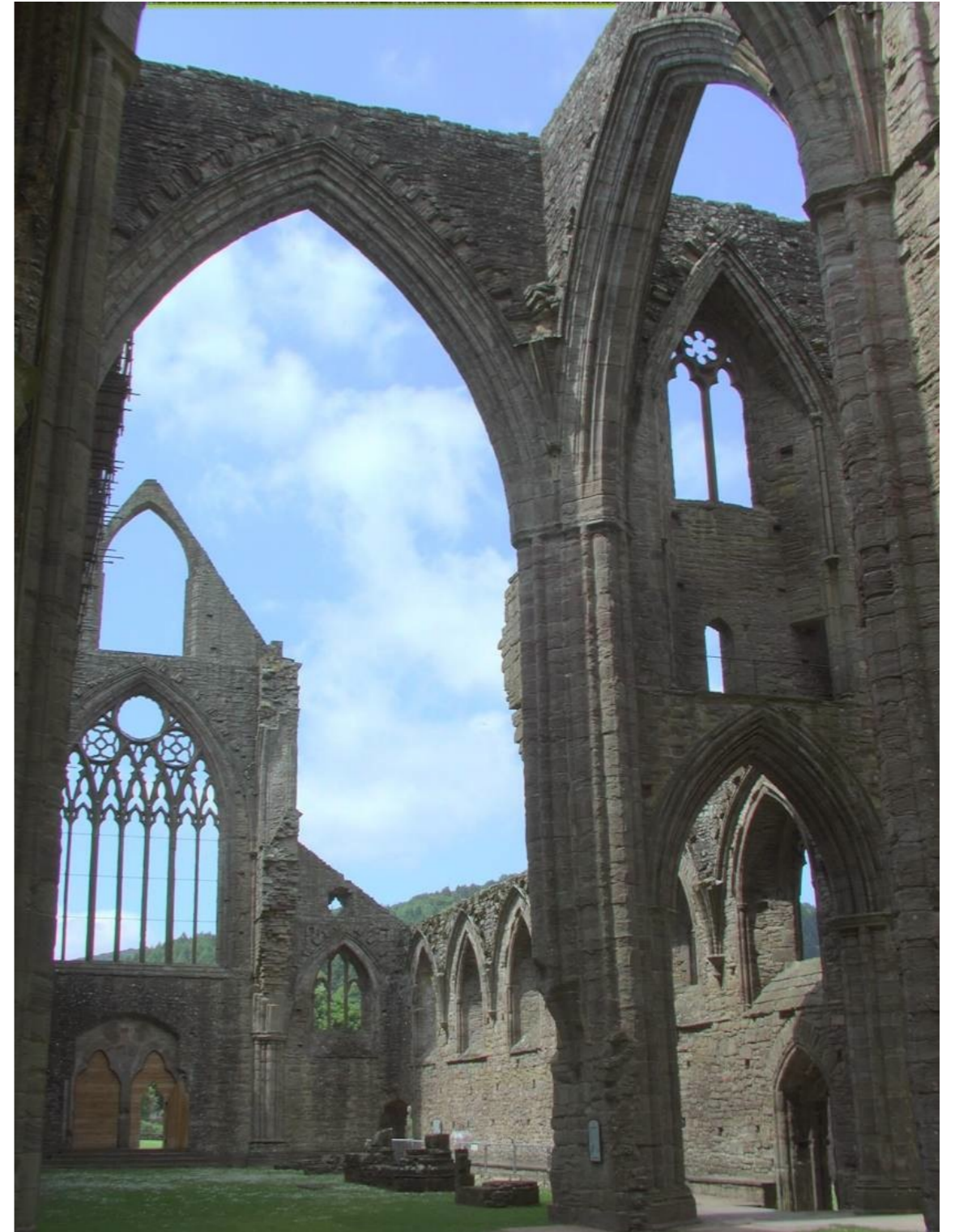


Reinhard

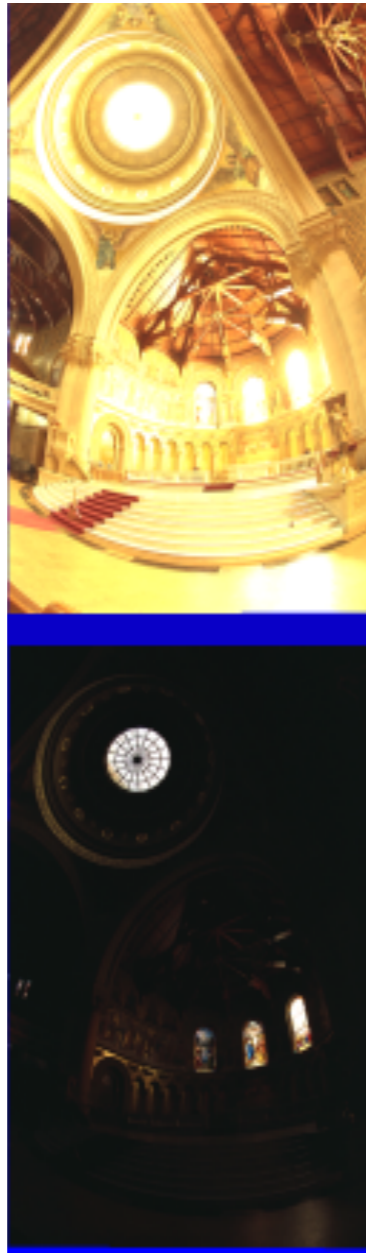


En fonction des pixels
les plus sombres

Opérateur global



Qu'est-ce que nos yeux voient?



Vs.

