

Plage Dynamique



GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Merci à P. Debevec et A. Efros!

La plage dynamique



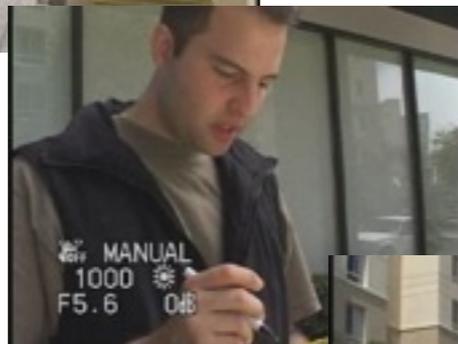
Plage dynamique



1



1500



25,000



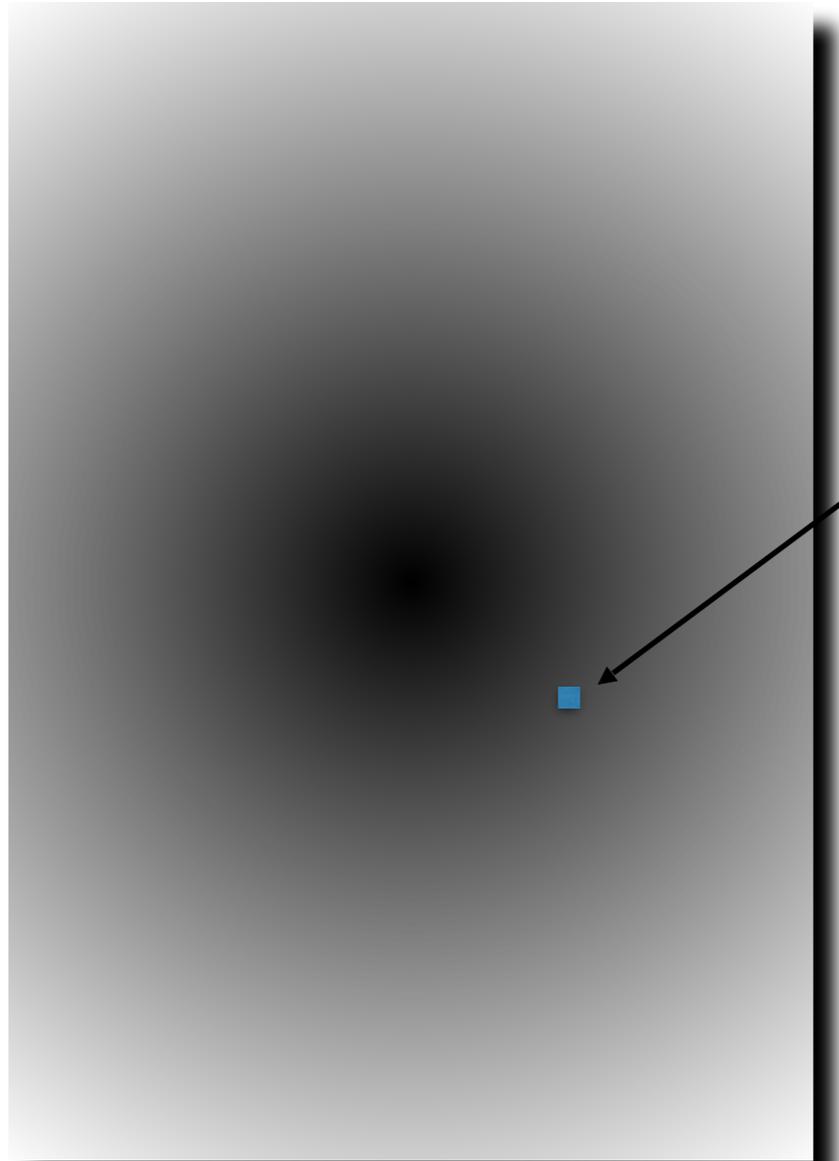
400,000



2,000,000,000

Le monde a une haute plage dynamique!

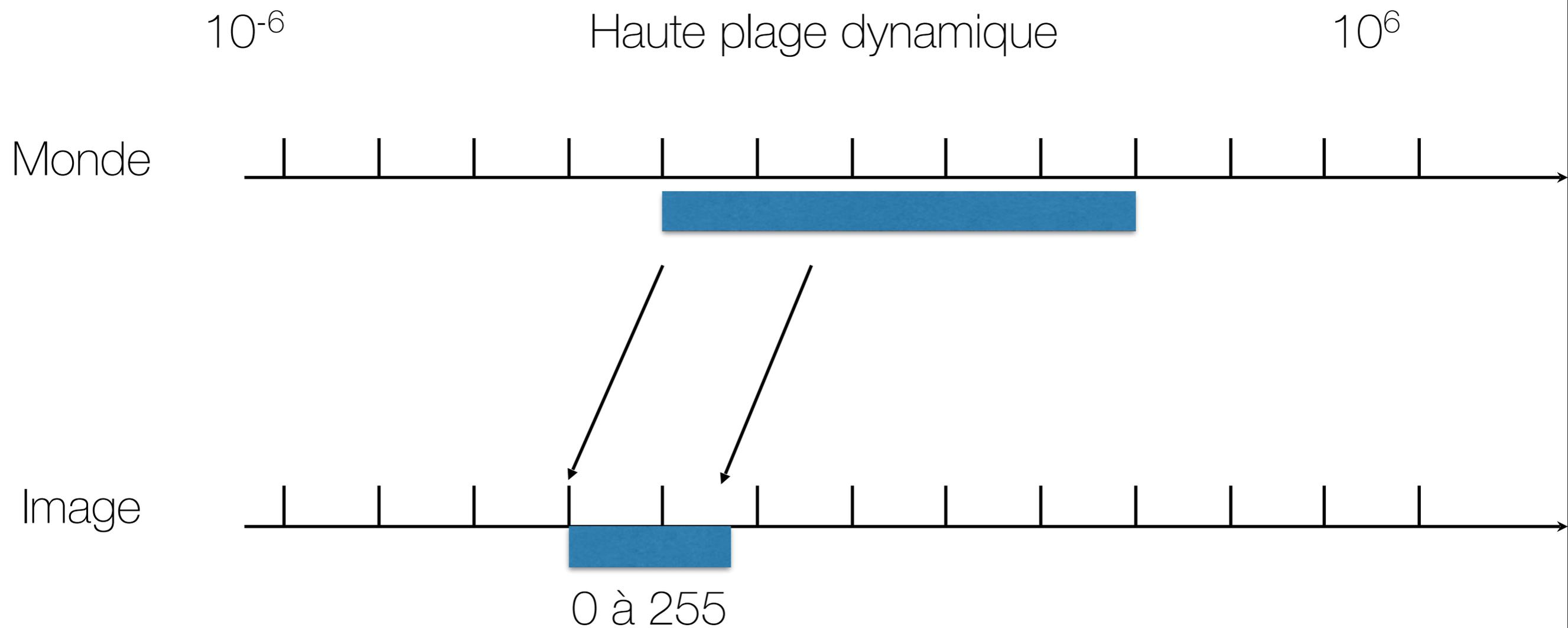
Image



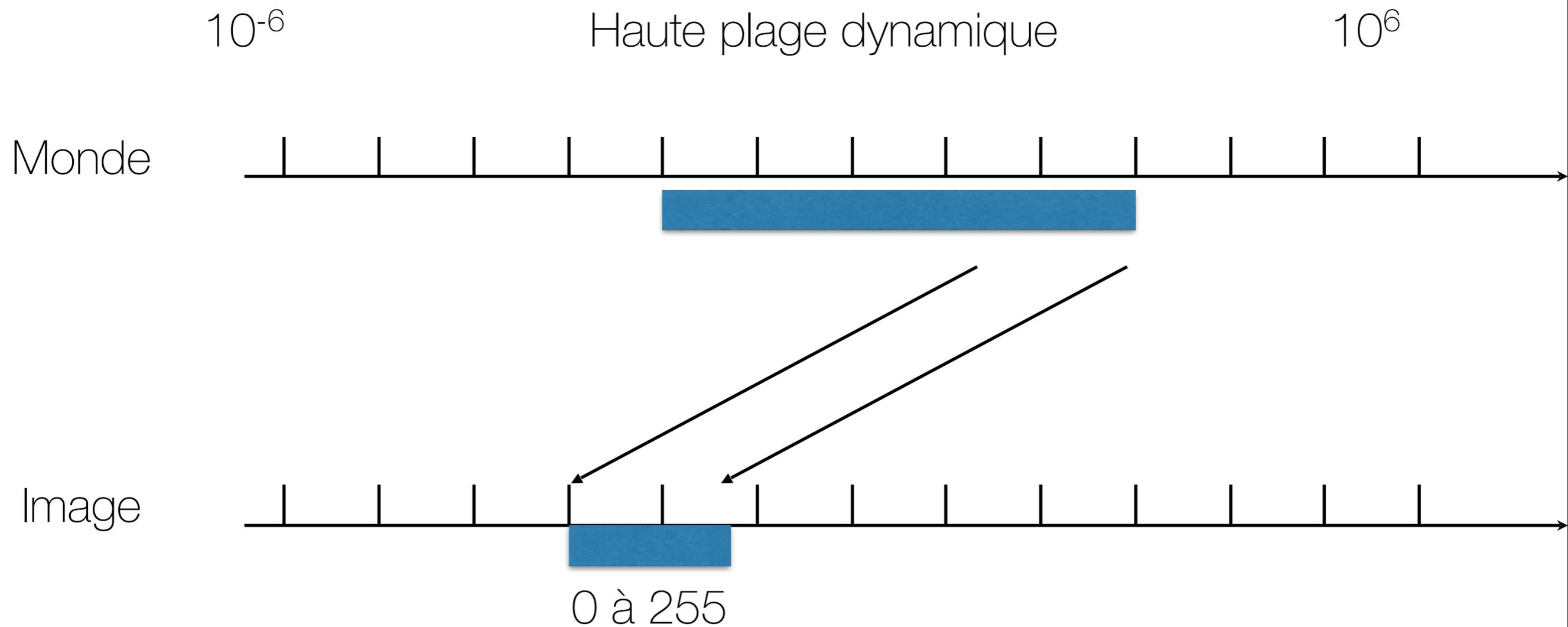
pixel (312, 284) = 42

42 photons?

Exposition longue



Exposition courte

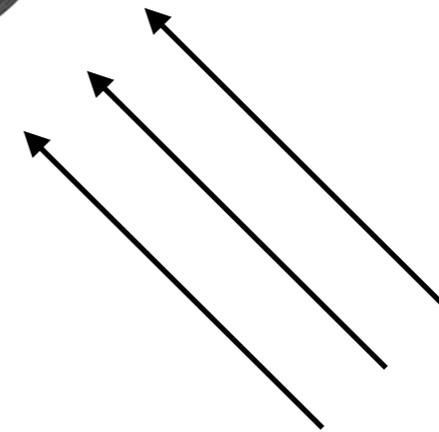


Calibrage

- 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

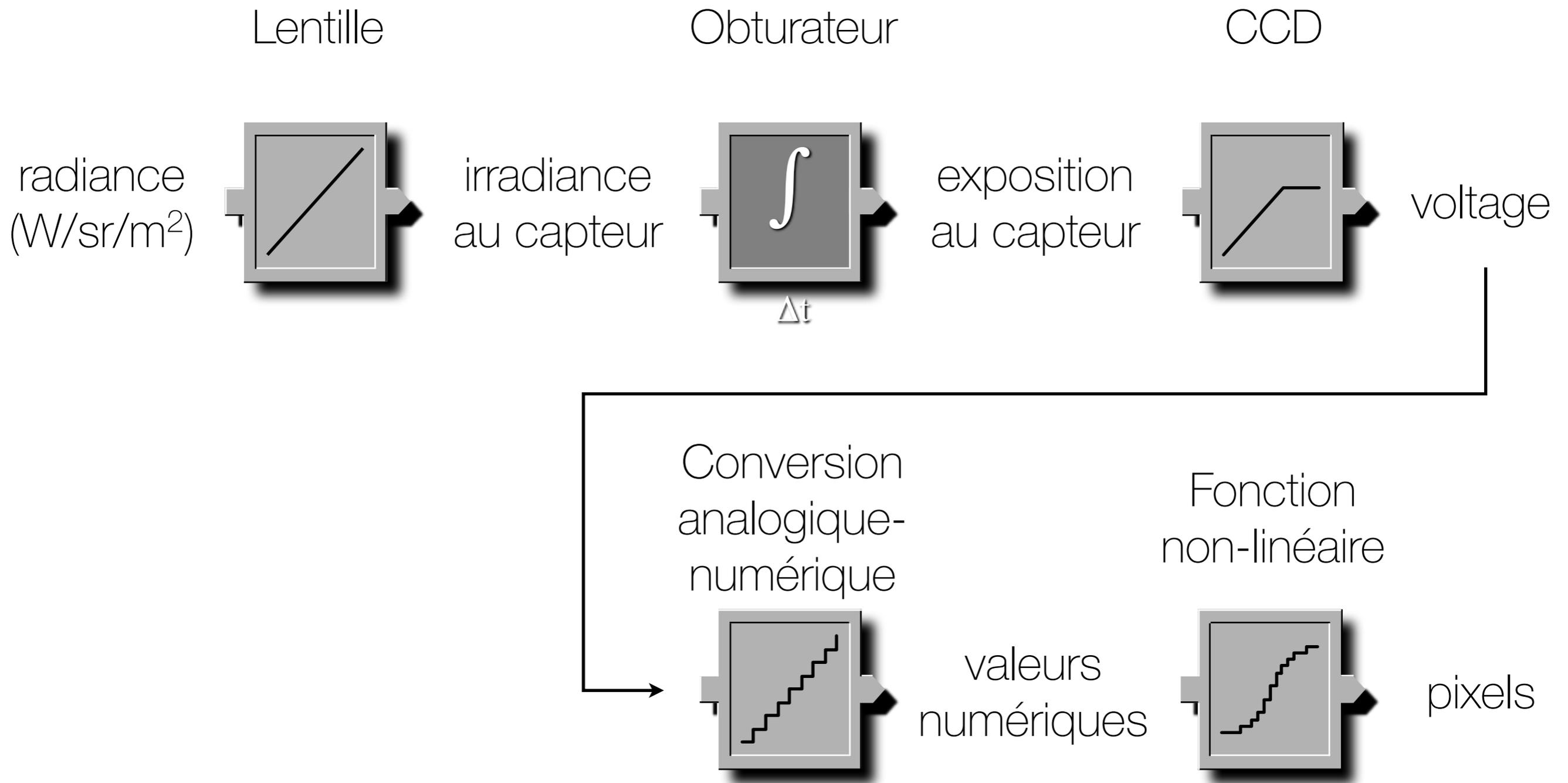
Caméra

Image

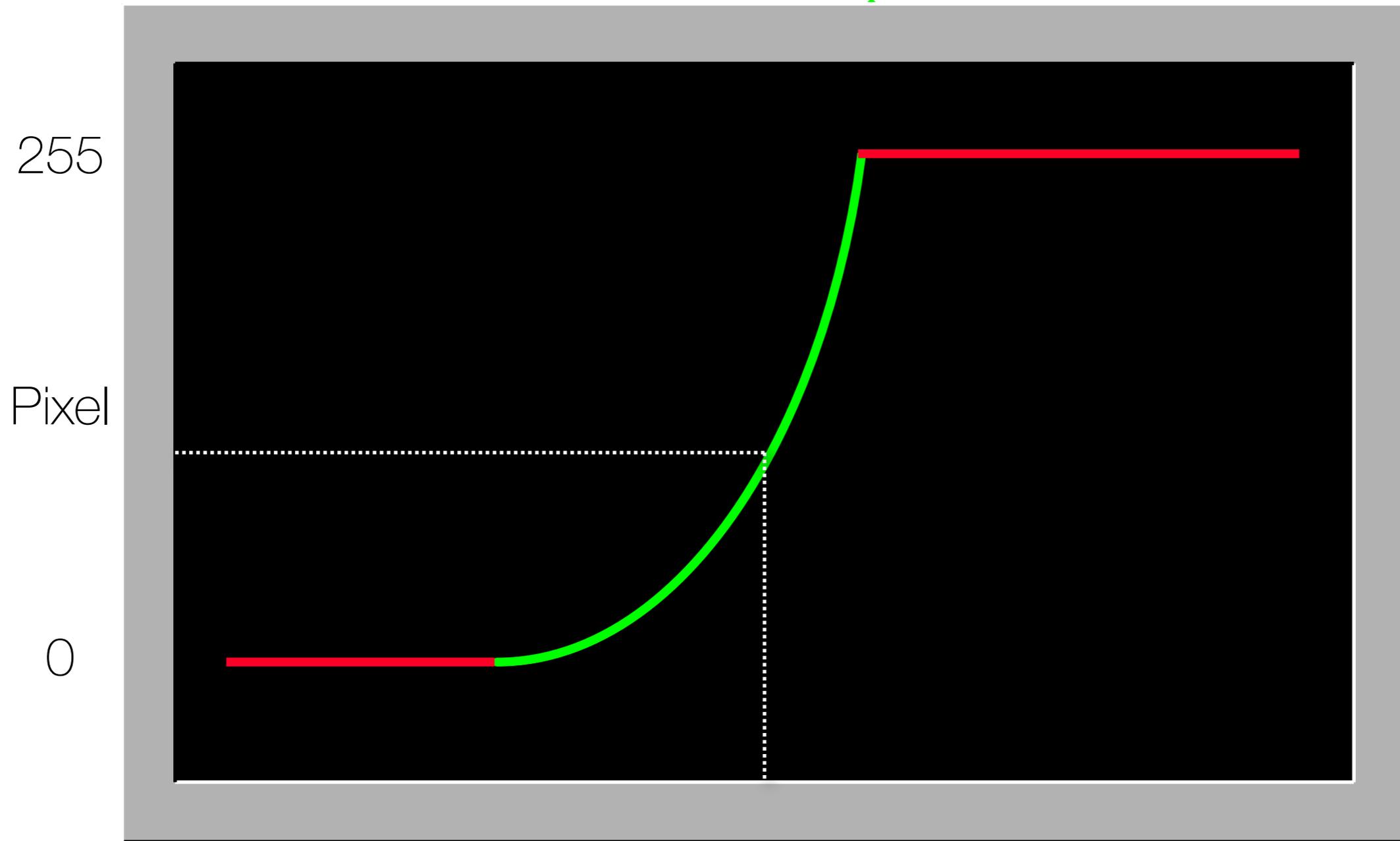


Lumière

Modèle radiométrique

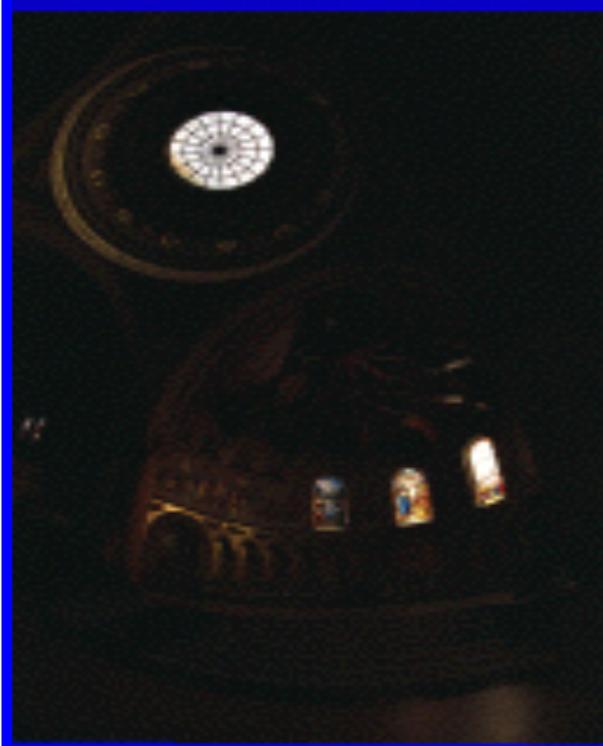
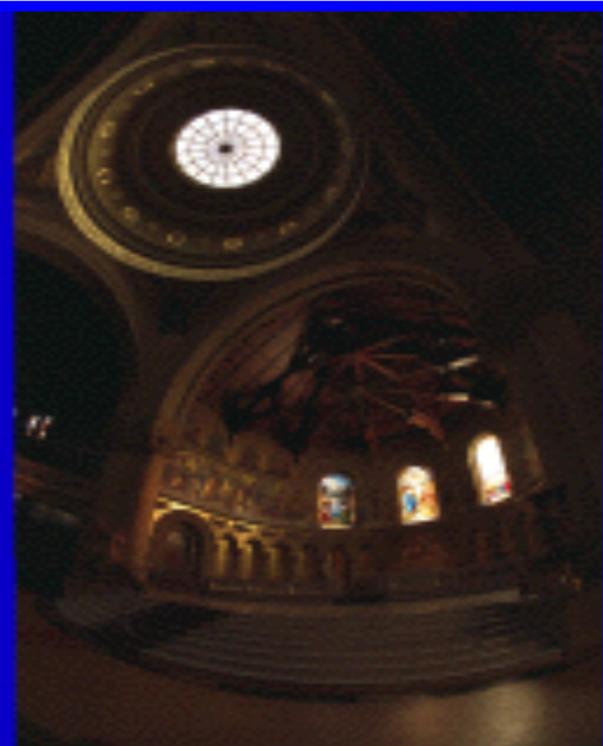
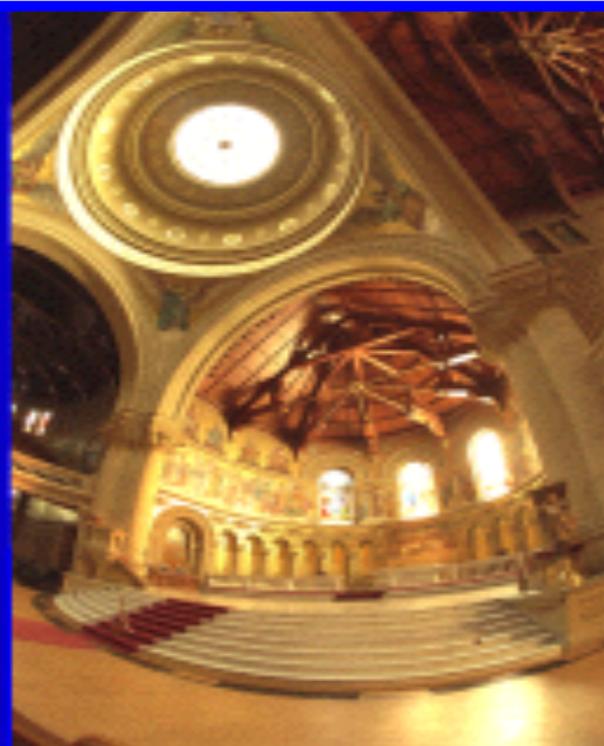


Réponse du système



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

(# 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
- F/stop (ouverture, iris)
 - Quel est le problème?
- Filtres (densité neutre)
 - Quel est le problème?



Temps d'obturation

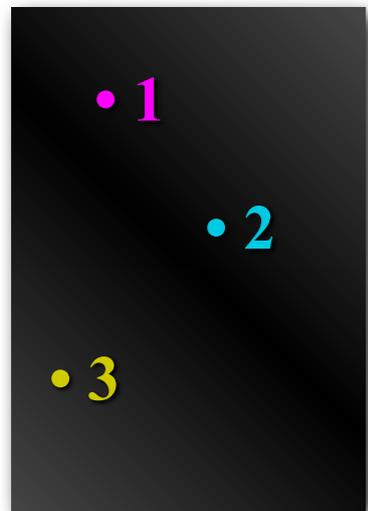
- Ranges:
 - Canon D30: 30 à 1/4,000 sec.
 - Sony VX2000: ¼ à 1/10,000 sec.
- Avantages:
 - Varie l'exposition directement
 - Facile à répéter et assez précis
- Inconvénients:
 - Longues expositions peuvent avoir du bruit

Temps d'obturation

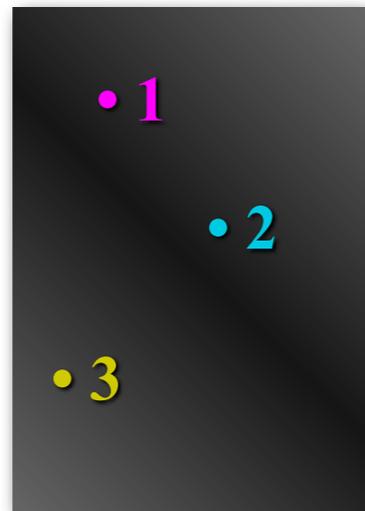
- Habituellement, à chaque “stop” on diminue la lumière d'un facteur 2
 - $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{125}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$ s
- Sont en fait:
 - $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$,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

Algorithme

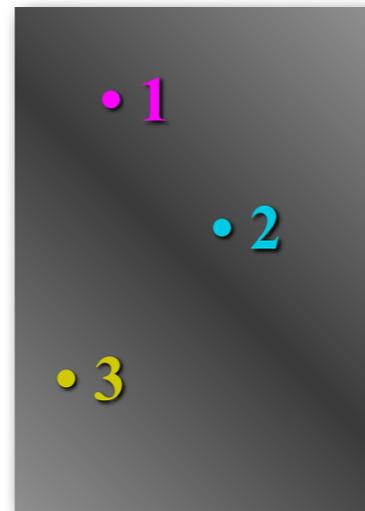
Série d'images



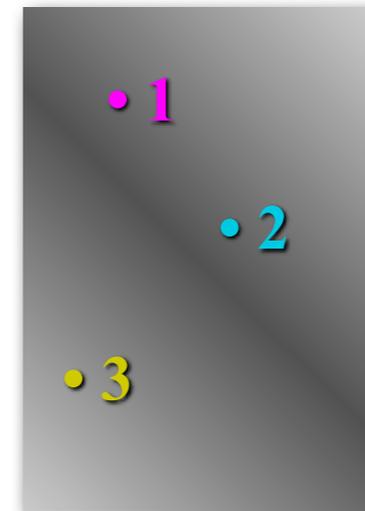
$\Delta t =$
1/64 sec



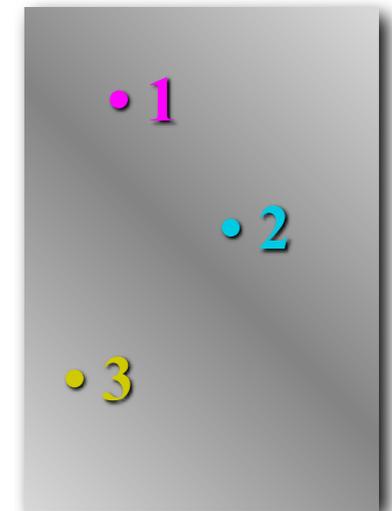
$\Delta t =$
1/16 sec



$\Delta t =$
1/4 sec



$\Delta t =$
1 sec



$\Delta t =$
4 sec

Valeur Pixel $Z = f(\text{Exposition})$

$\text{Exposition} = \text{Radiance} \times \Delta t$

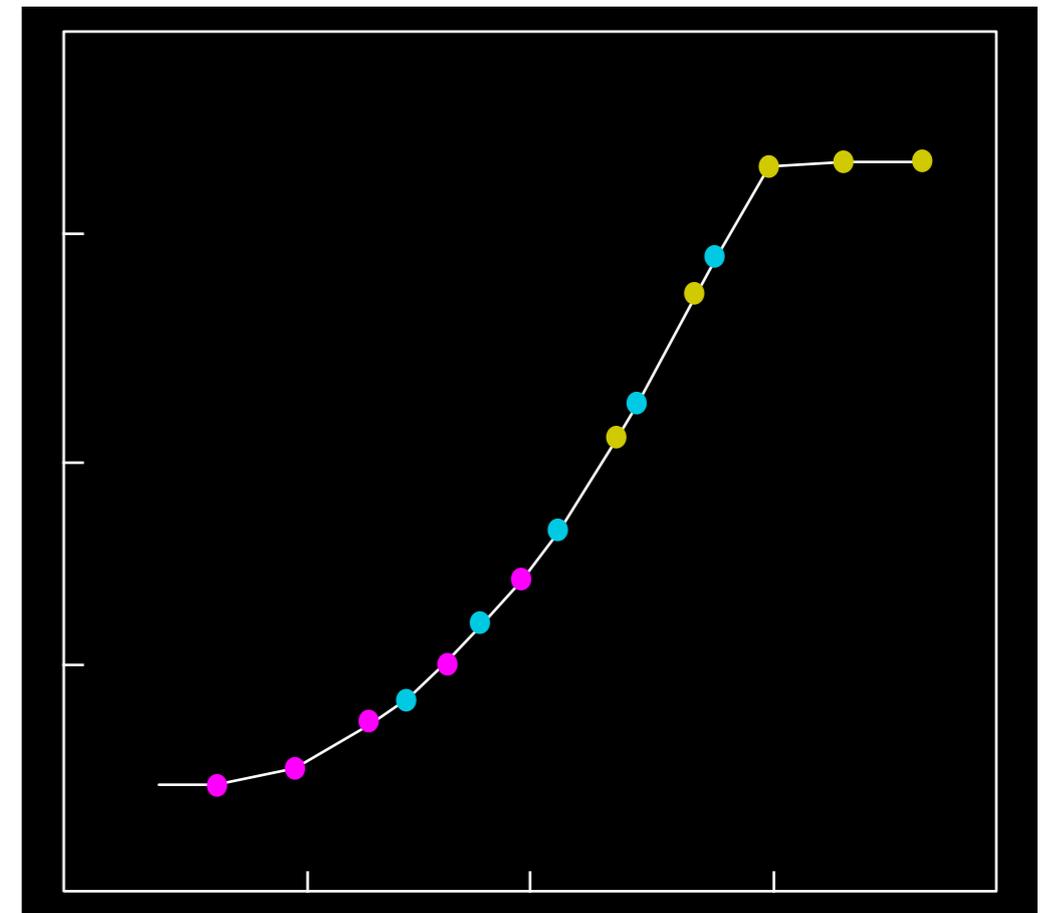
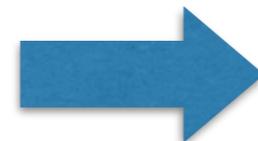
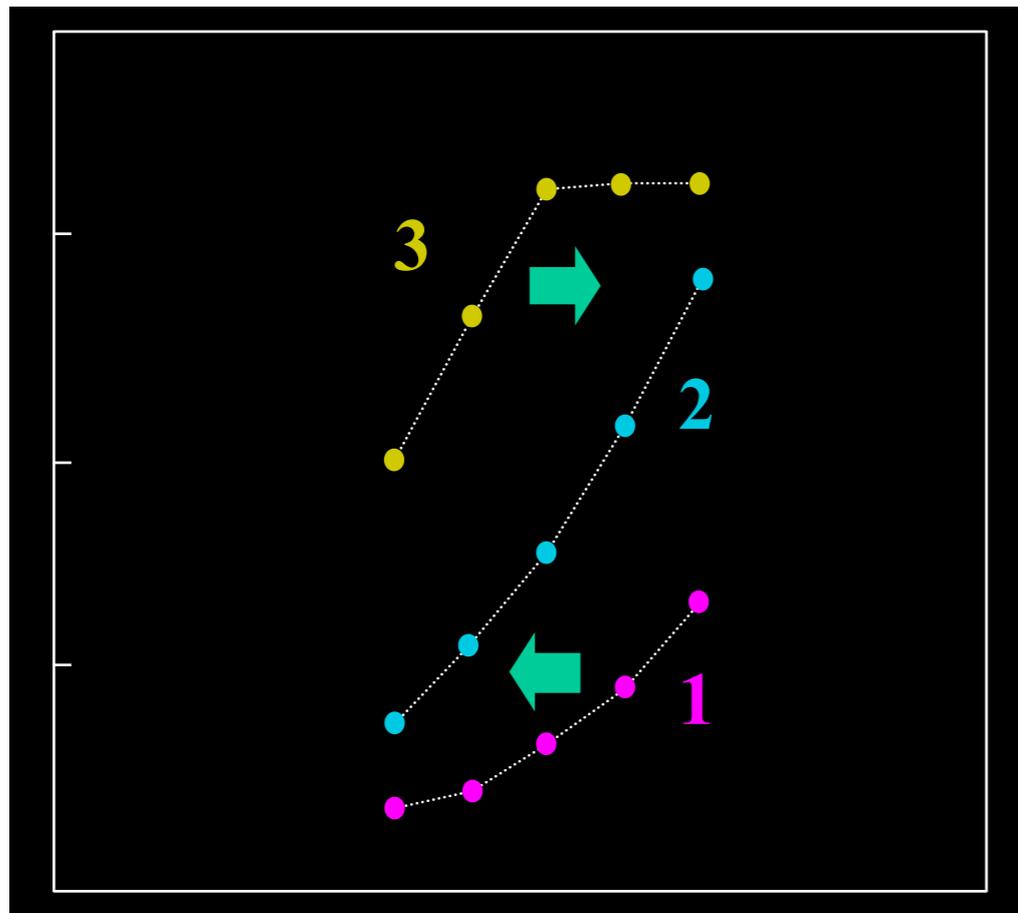
$\log \text{Exposition} = \log \text{Radiance} + \log \Delta t$

Réponse du système

Hypothèse: radiance = 1
pour chaque pixel

Après avoir ajusté les radiances
pour obtenir une courbe lisse

Pixel



log(exposition)

log(exposition)

Math

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

$$\ln \text{Radiance}_i + \ln \Delta t_j = g(Z_{ij})$$

- Système d'équations linéaires sur-contraint:

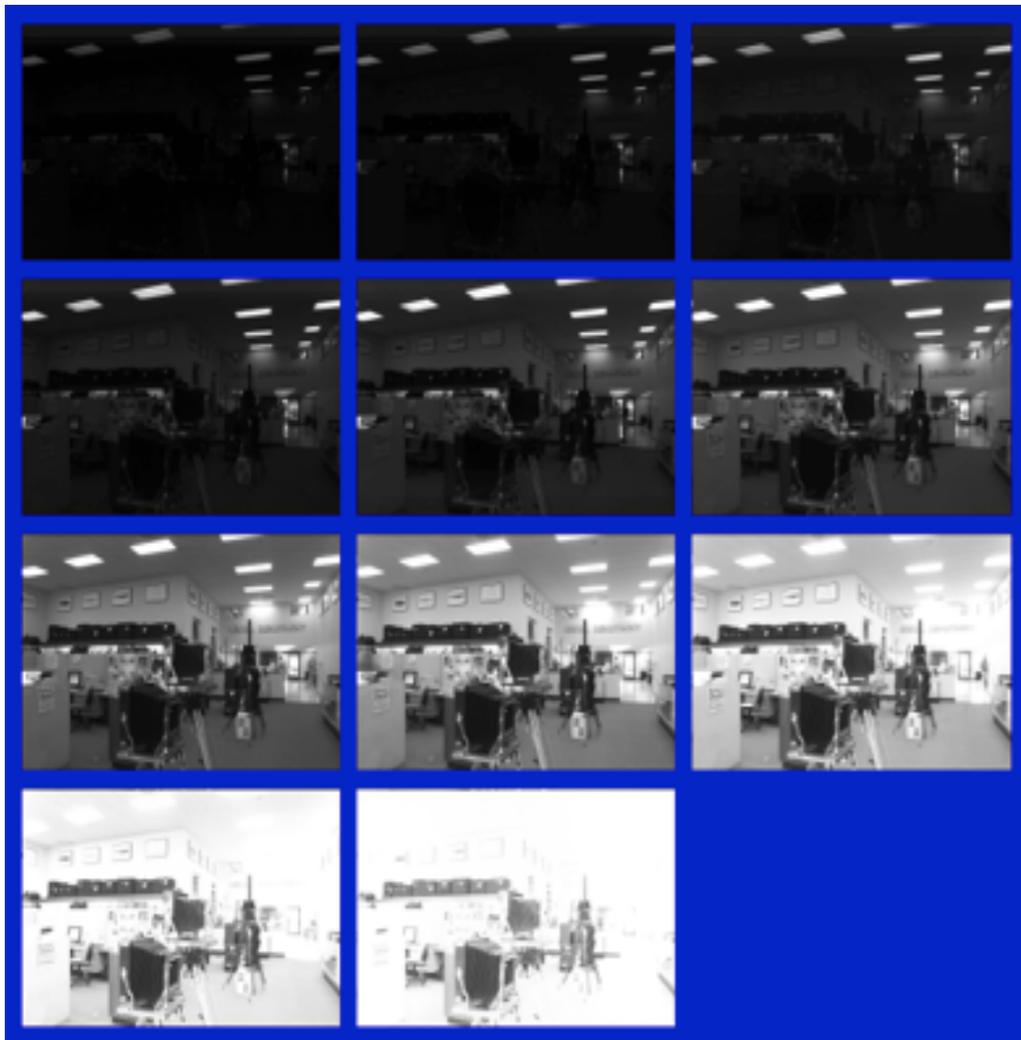
$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P \left[\ln \text{Radiance}_i + \ln \Delta t_j - g(Z_{ij}) \right]^2 + \lambda \sum_{z=Z_{min}}^{Z_{max}} g''(z)^2$$

composante pour s'assurer
qu'on approxime les données

composante s'assurer
que la courbe soit lisse

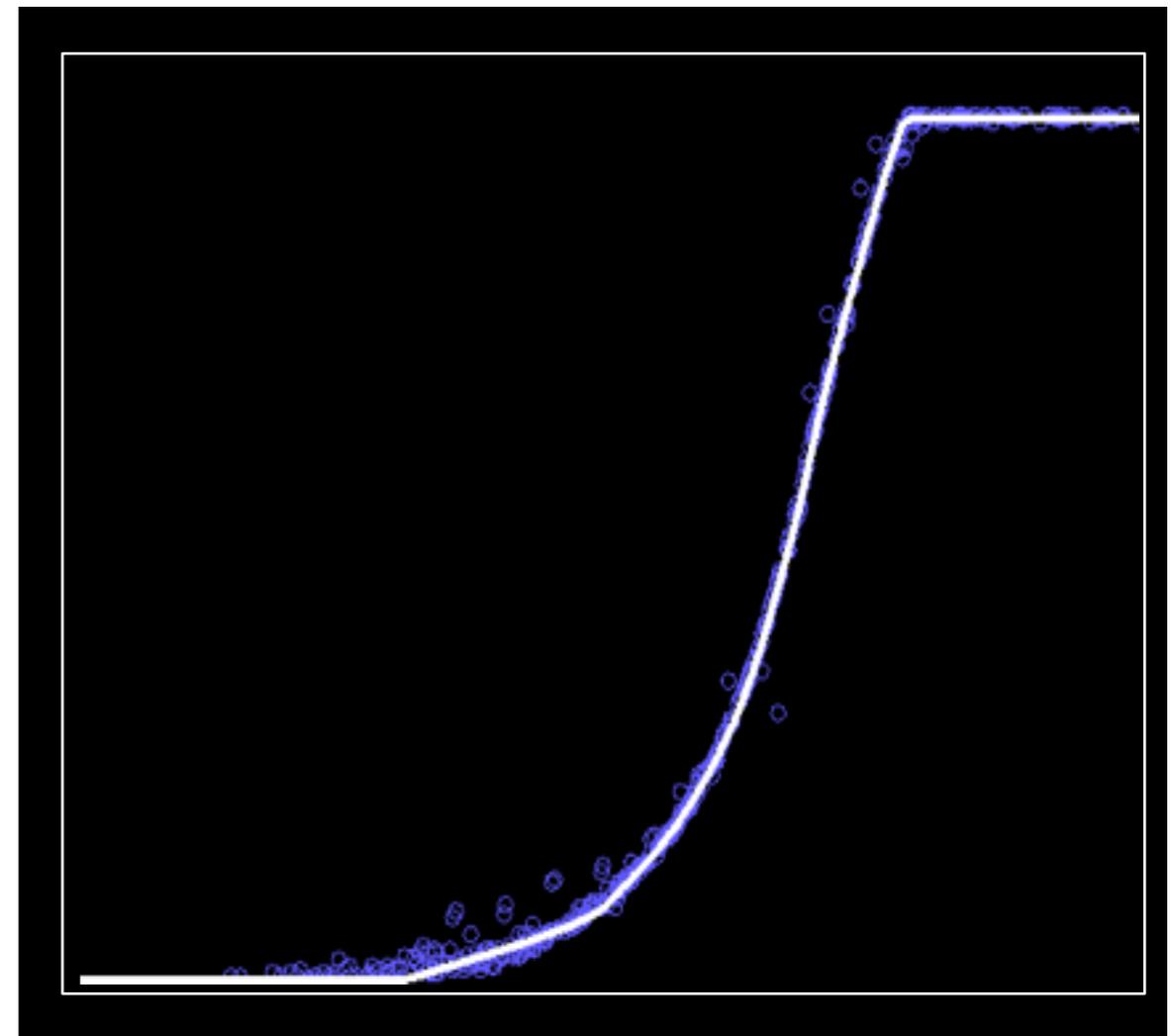
Résultat

Kodak DCS460
1/30 à 30 sec



Pixel

Courbe estimée

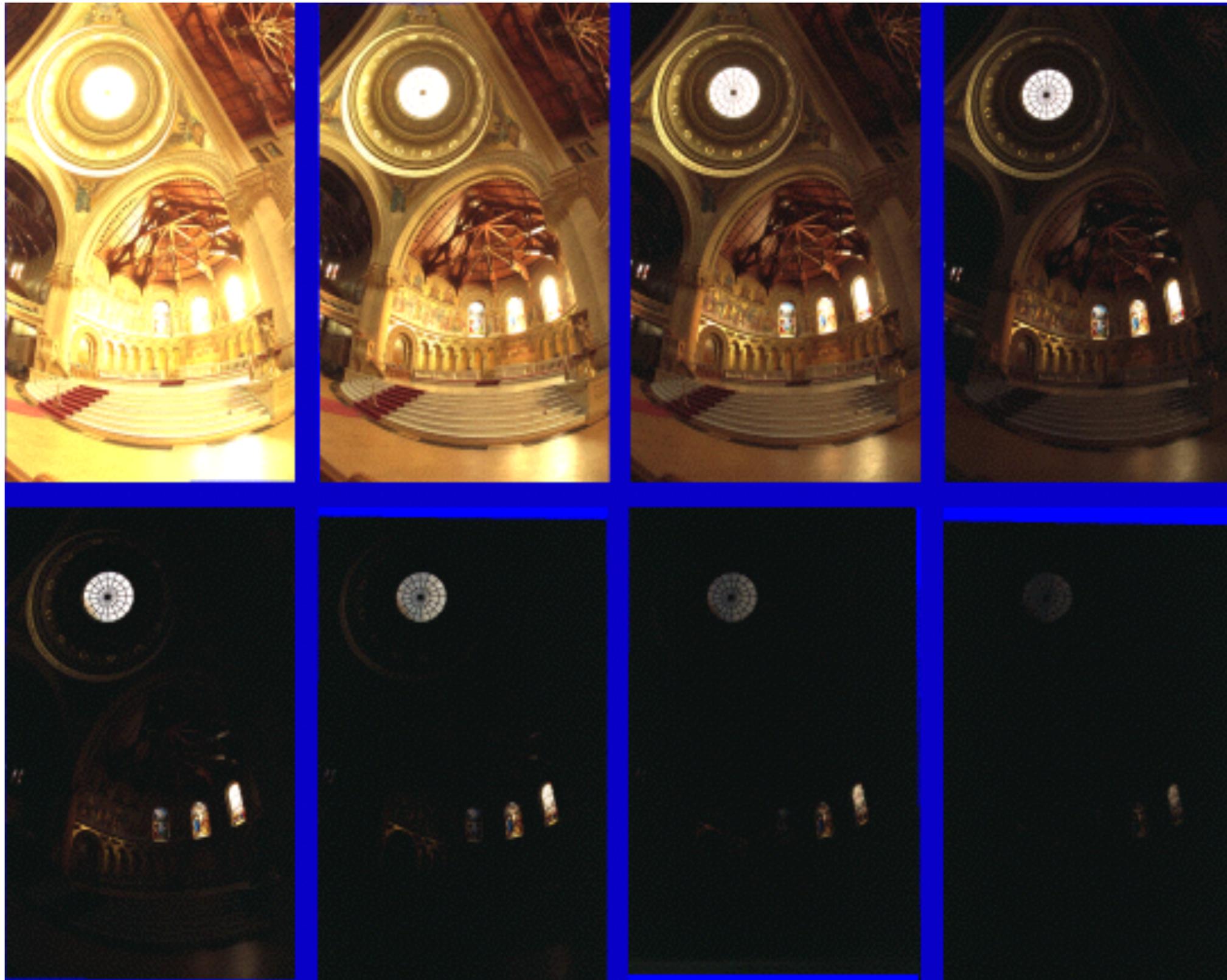


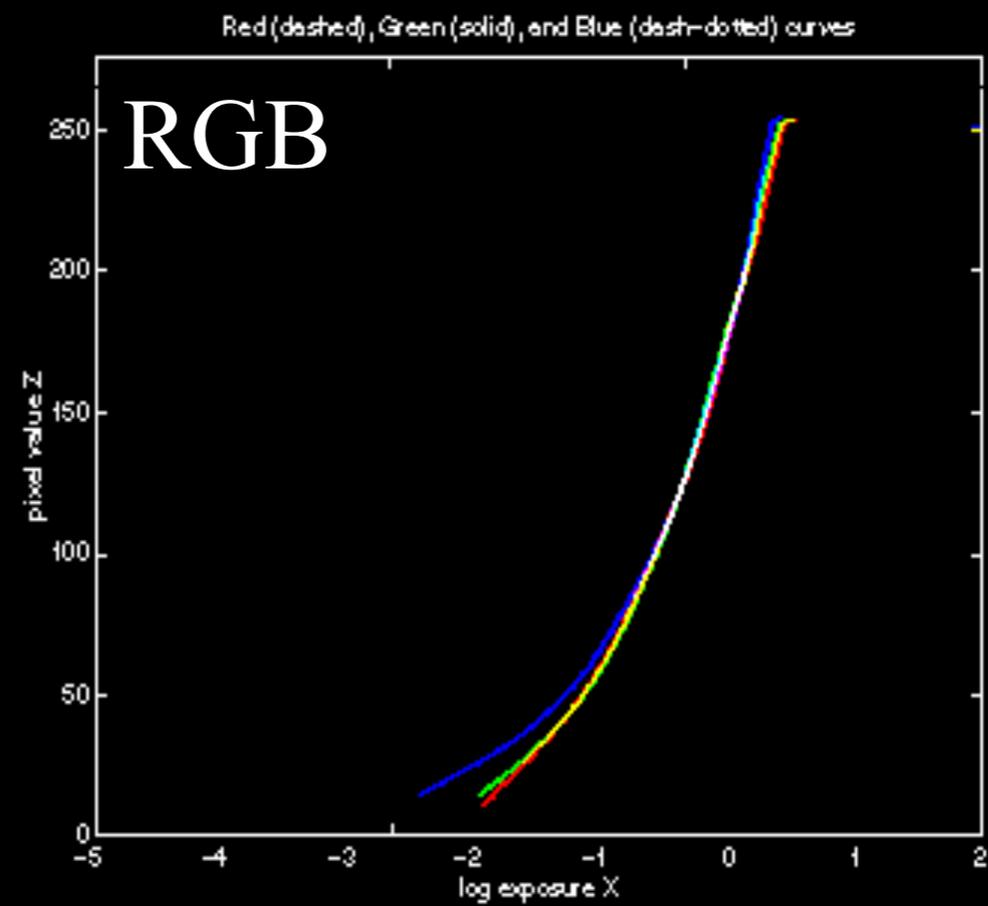
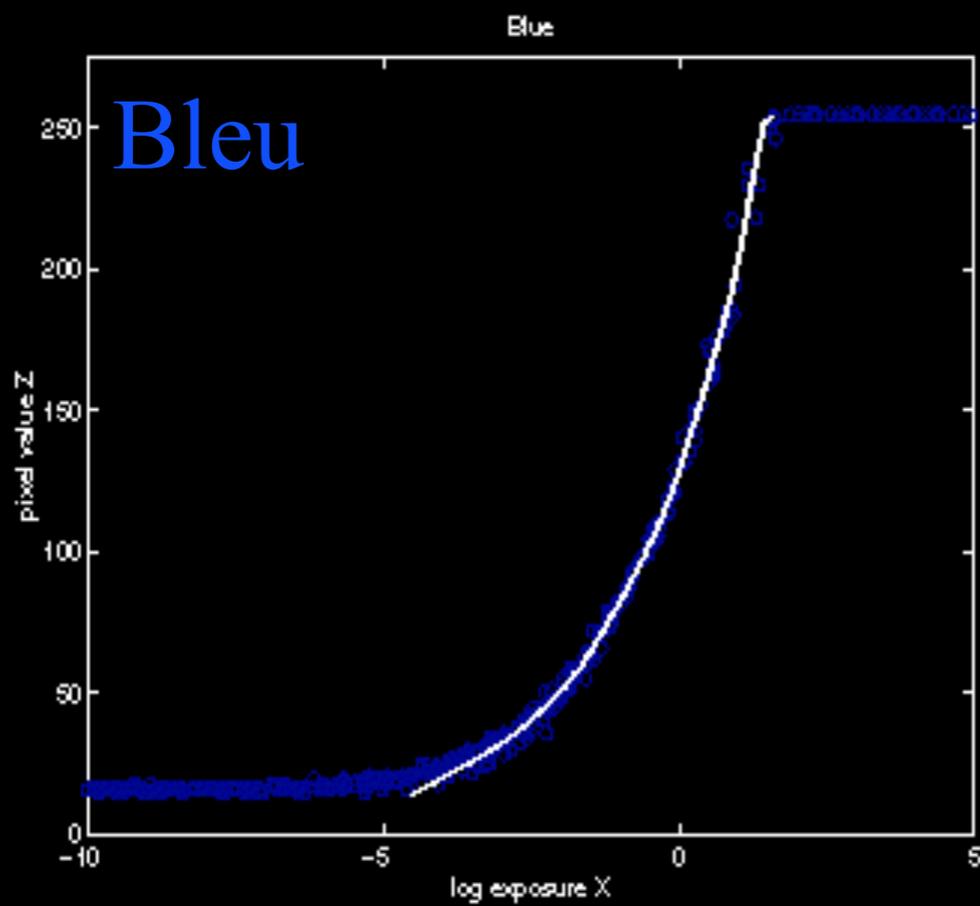
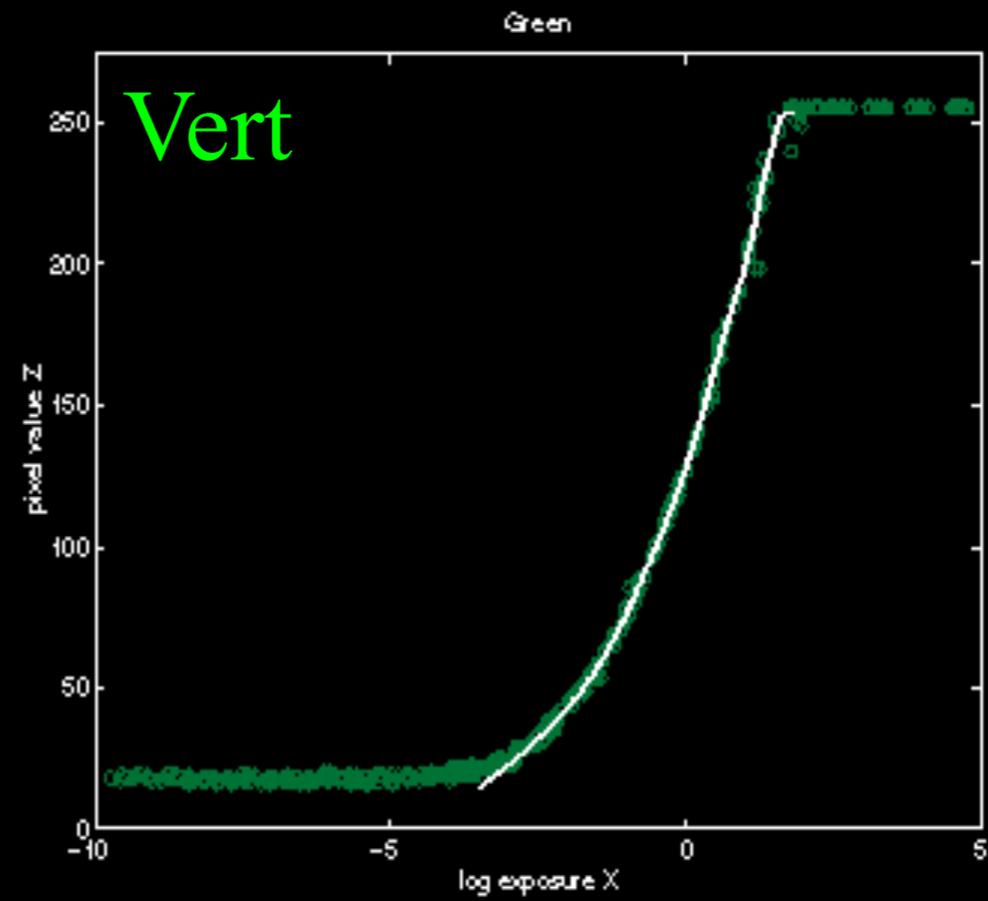
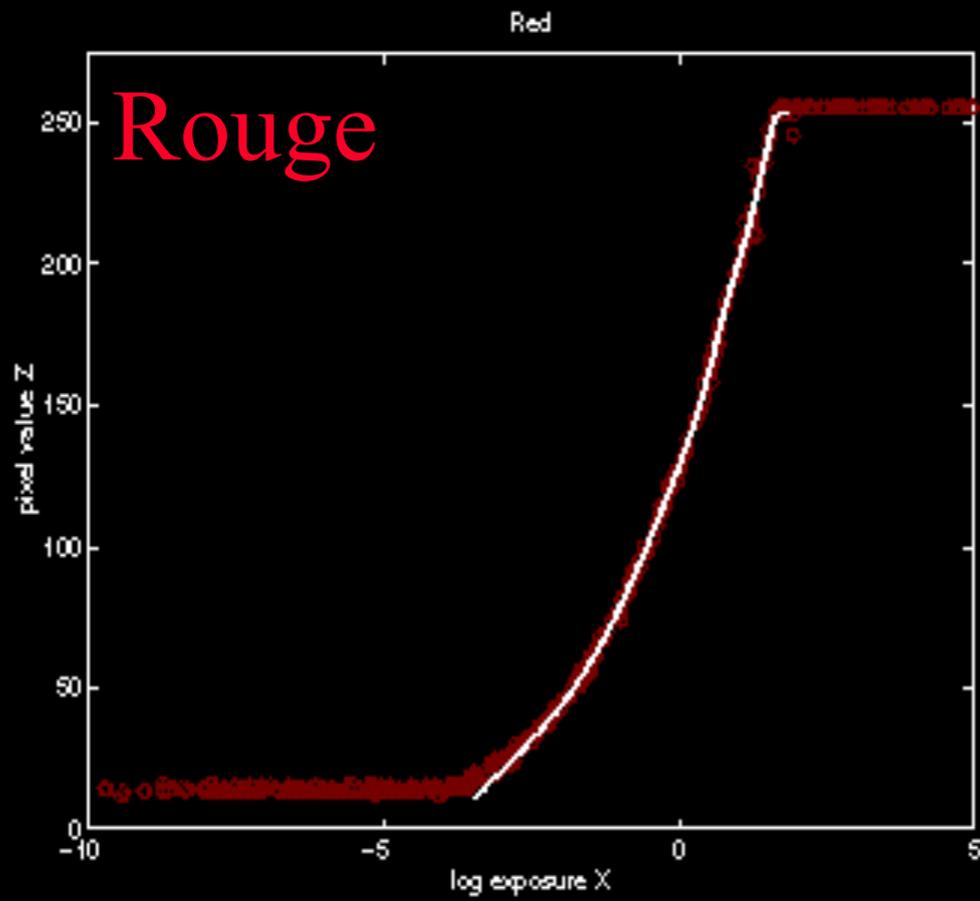
log exposition

Radiance

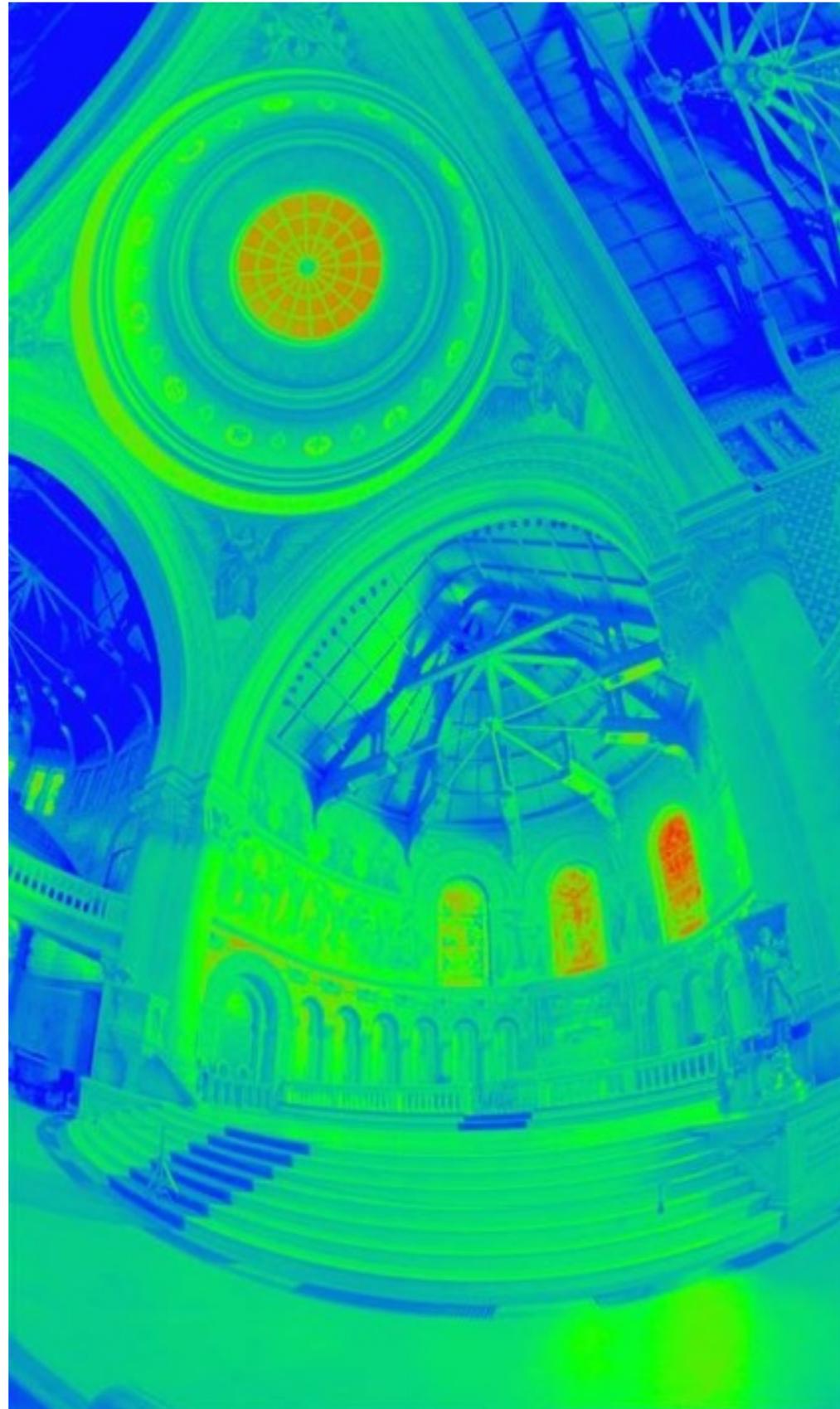


Résultats: couleur





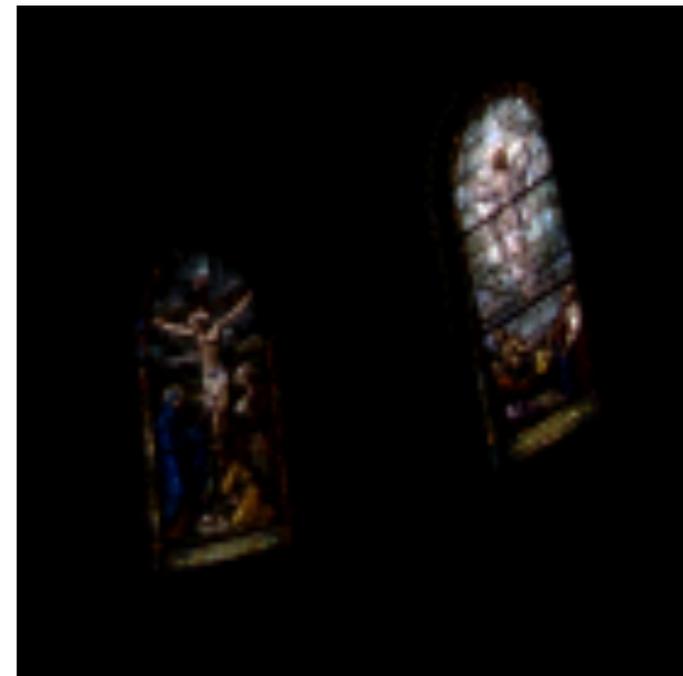
Radiance



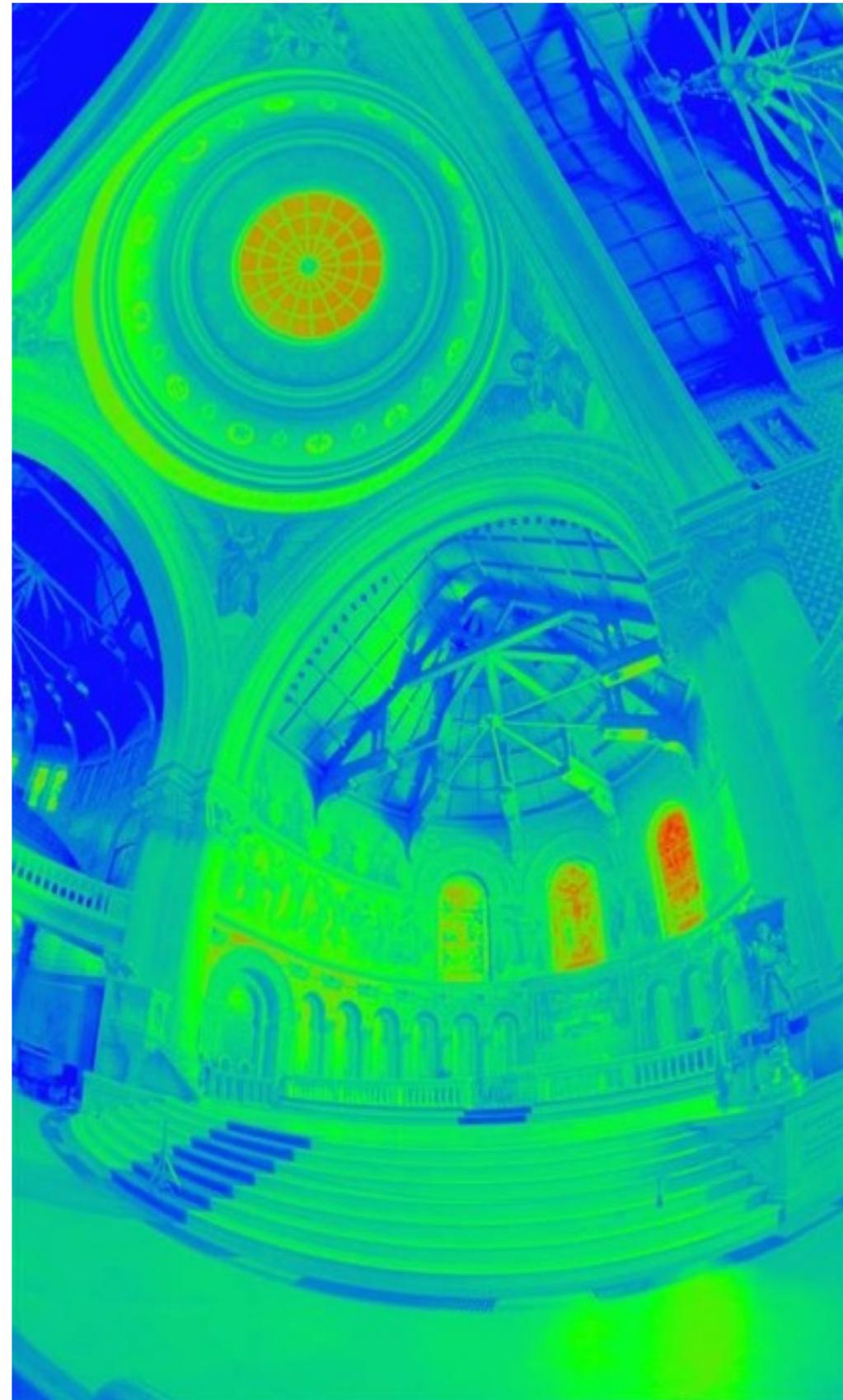
Radiance



Image précédente
entre 0 et 255

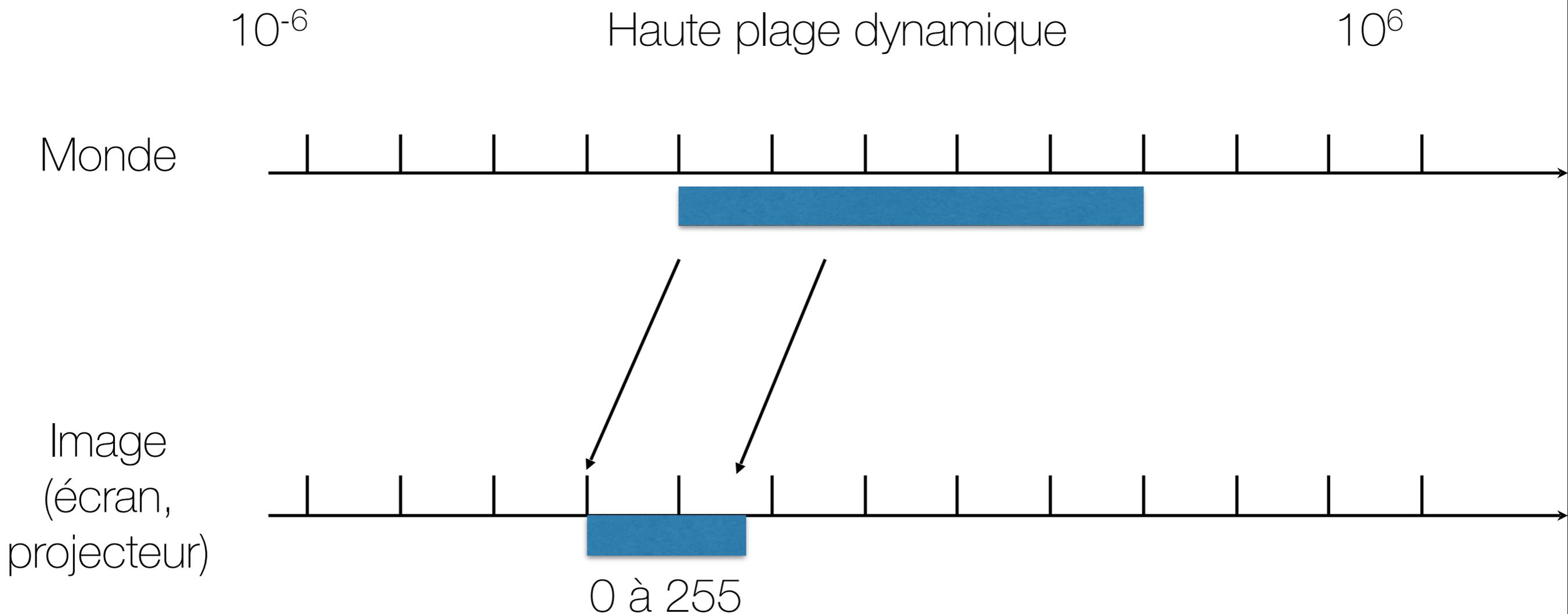


Et maintenant?



Reproduction tonale

- Comment faire?
 - Linéaire? Seuil? Suggestions?



Linéaire



En fonction des pixels
les plus clairs



En fonction des pixels
les plus sombres

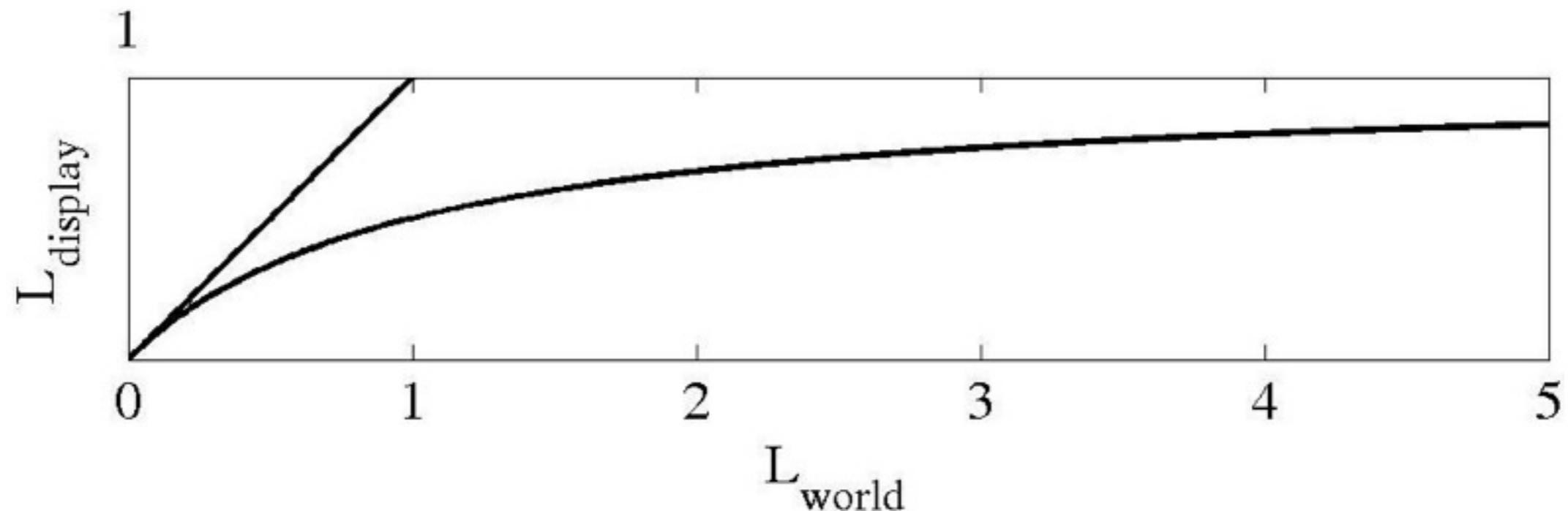
Opérateur global

- 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

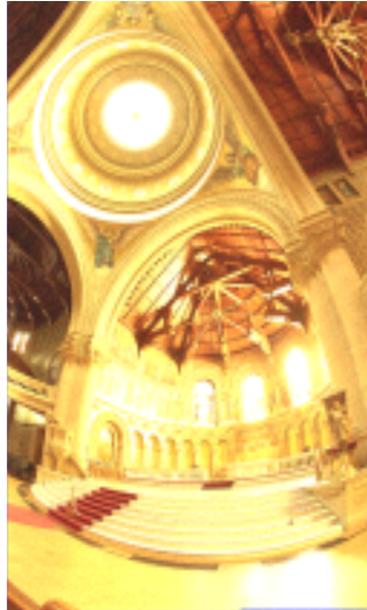


En fonction des pixels
les plus sombres

Opérateur global



Qu'est-ce que nos yeux voient?



Vs.

