

14. Les images à haute plage dynamique

Nombre de participants : 13



Images à haute plage dynamique

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Merçi à P. Debevec et A. Efros

Images à haute plage dynamique

Radiance et pixels



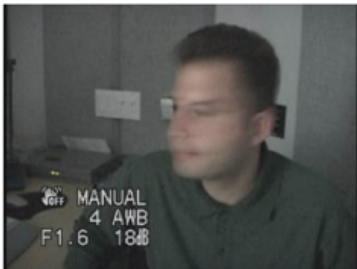
GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

2

Merci à P. Debevec et A. Efros

Plage dynamique

1

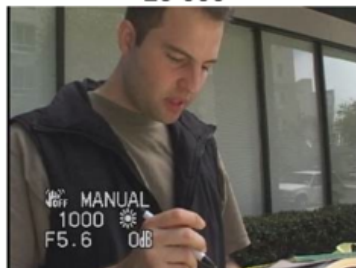


Plage dynamique : valeurs de radiance possibles
Le monde possède une (très) haute plage dynamique!

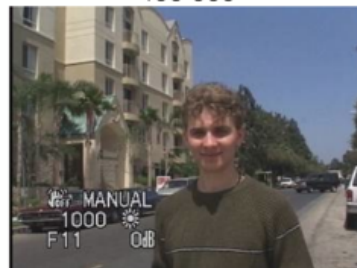
1 500



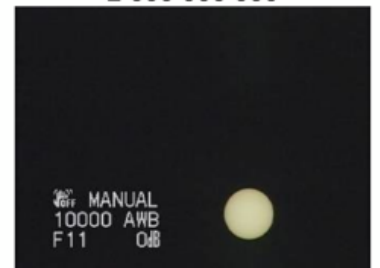
25 000



400 000



2 000 000 000



3

Et la caméra?

Plage dynamique : valeurs de radiance possibles
Le monde possède une (très) haute plage dynamique!

pixel = 42
42 quoi ?





1. Si un pixel a une valeur de 42, cela réfère à quoi exactement ? Quelle quantité physique ?

5 répondants

Et la caméra?

Plage dynamique : valeurs de radiance possibles
Le monde possède une (très) haute plage dynamique!

pixel = 42
42 quoi ?



4

Radiance

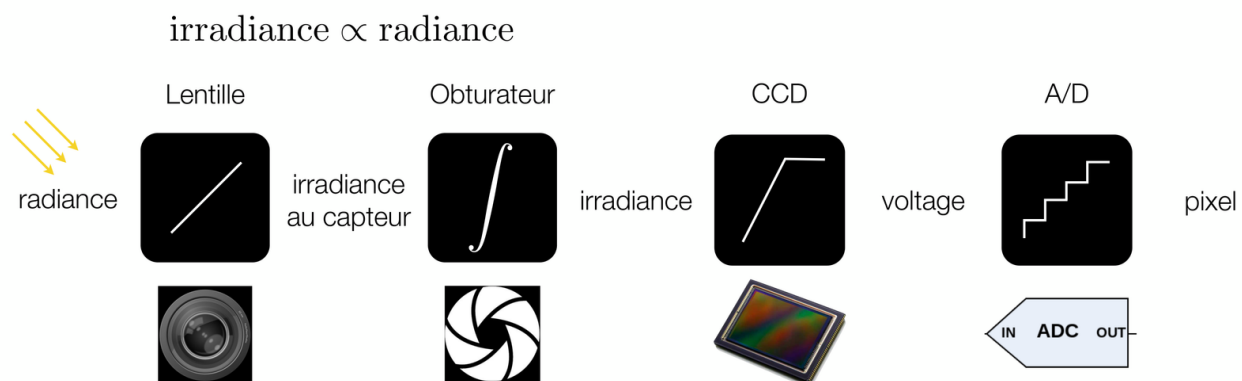
radiance

radiance

Radiance

irradiance

Dans une caméra...

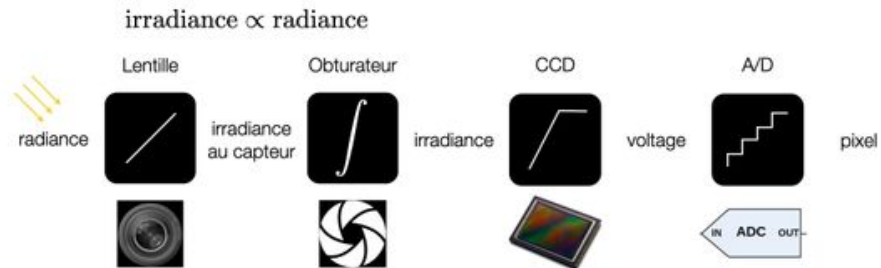




2. Décrivez la relation entre la valeur d'un pixel (RAW) et la radiance.

4 répondants

Dans une caméra...



5

Images : DanneP, Scarlet_Rain, Image credit: Tjwikcom, wikipedia

Pixel (proportionnel à) radiance * delta t

proportionnel et linéaire borné

radiance * exposition proportionnel pixel

pixel * radiance * temps d'exposition

Images à haute plage dynamique

Capturer la radiance



GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

8

Merci à P. Debevec et A. Efros

Relation entre pixels et radiance

- Pour une caméra « linéaire »

$$\text{pixel} \propto \text{radiance} \times \Delta t$$

- Plus l'exposition (Δt) est longue, plus l'image est claire
- Ou encore

$$\text{radiance} \propto \frac{\text{pixel}}{\Delta t}$$

En pratique, les caméras ont également une fonction de réponse non-linéaire... on y reviendra.

9



3. Comment fait-on pour capturer la radiance avec une caméra ?

4 répondants

Relation entre pixels et radiance

- Pour une caméra « linéaire »

$$\text{pixel} \propto \text{radiance} \times \Delta t$$

- Plus l'exposition (Δt) est longue, plus l'image est claire
- Ou encore

$$\text{radiance} \propto \frac{\text{pixel}}{\Delta t}$$

En pratique, les caméras ont également une fonction de réponse non-linéaire... on y reviendra.

9

Plusieurs photos avec différentes expositions

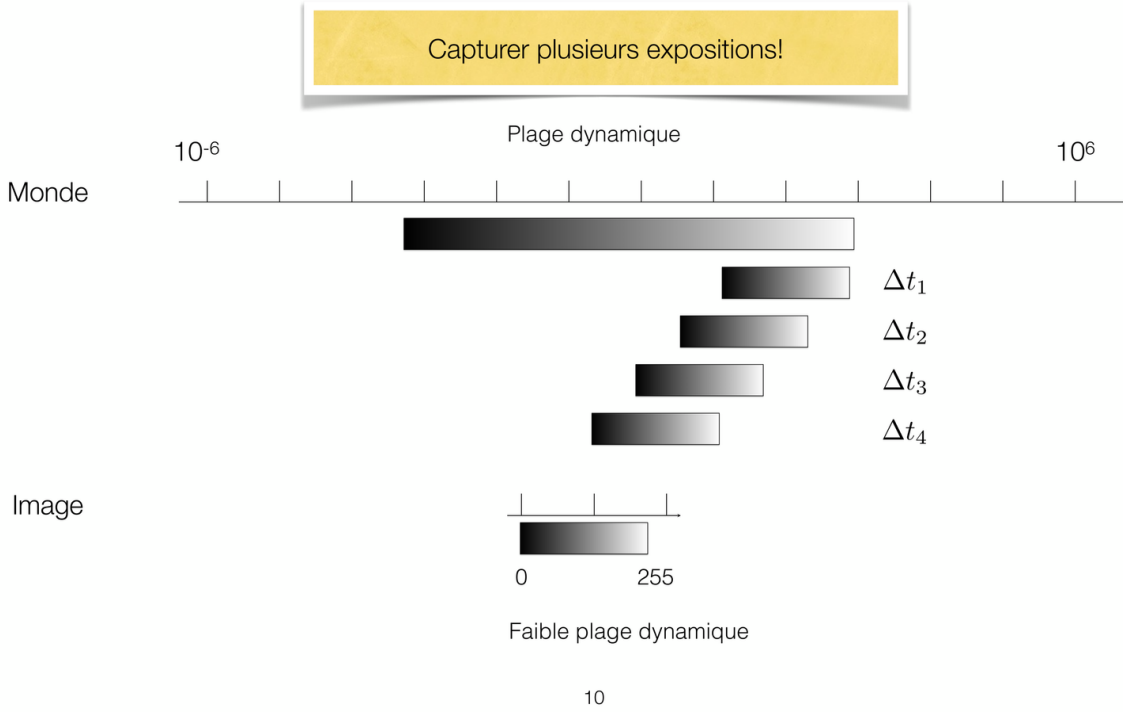
Plusieurs expositions

capturer plusieurs expositions

capturer plusieurs images avec des expositions différentes

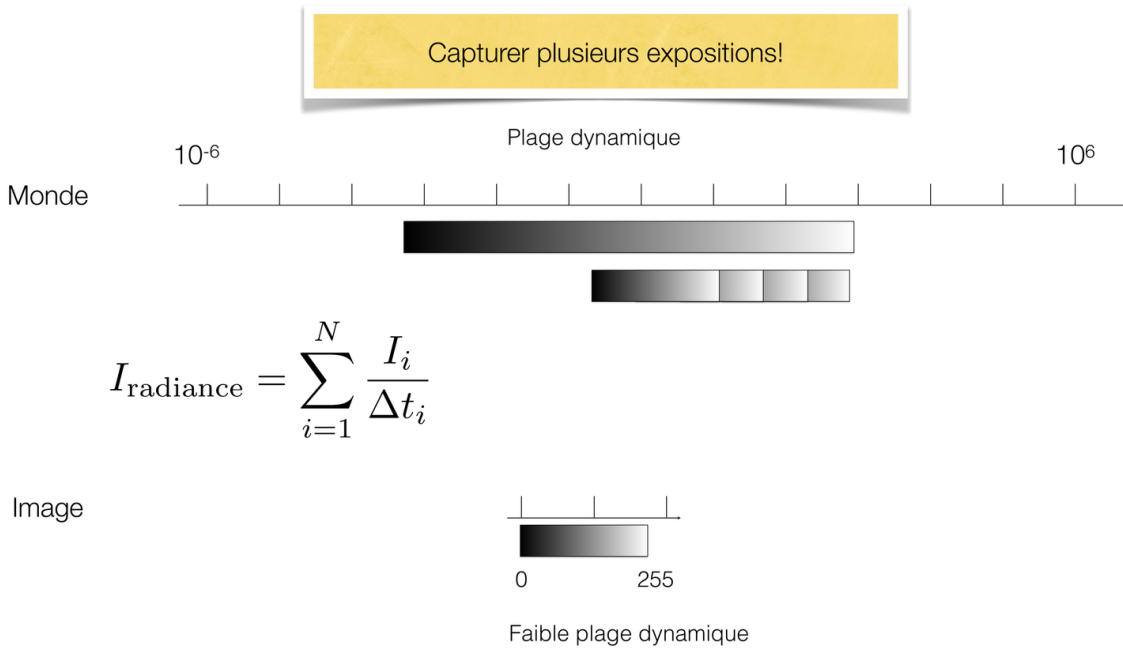
Radiance à partir des pixels?

$$\text{radiance} \propto \frac{\text{pixel}}{\Delta t}$$



Radiance à partir des pixels?

$$\text{radiance} \propto \frac{\text{pixel}}{\Delta t}$$



$$I_{\text{radiance}} = \sum_{i=1}^N \frac{I_i}{\Delta t_i}$$



4. Pourquoi est-il préférable de pondérer les pixels ?

8 bonnes réponses
sur 8 répondants

radiance $\propto \frac{\text{pixel}}{\Delta t}$

Radiance à partir des pixels?

10⁻⁶ Plage dynamique 10⁶

$$I_{\text{radiance}} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \frac{I_i}{\Delta t_i}}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

w_i

0 255

Faible plage dynamique

12

Comment varier l'exposition?

- Parce que les valeurs près de 0/255 sont sous/sur-saturées

100%

8 votes
- Parce que cela limite le recouvrement spectral comme pour le filtre gaussien

0%

0 votes
- Pour diminuer l'importance des valeurs près de 127

0%

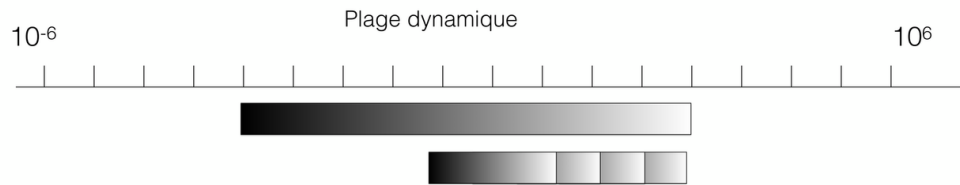
0 votes
- Pour que l'algorithme soit plus rapide à calculer

0%

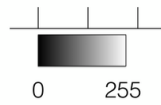
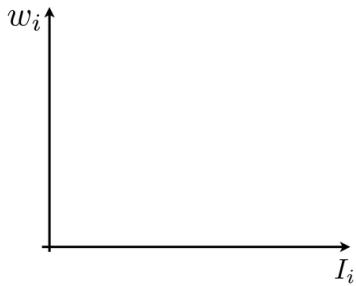
0 votes

Radiance à partir des pixels?

$$\text{radiance} \propto \frac{\text{pixel}}{\Delta t}$$



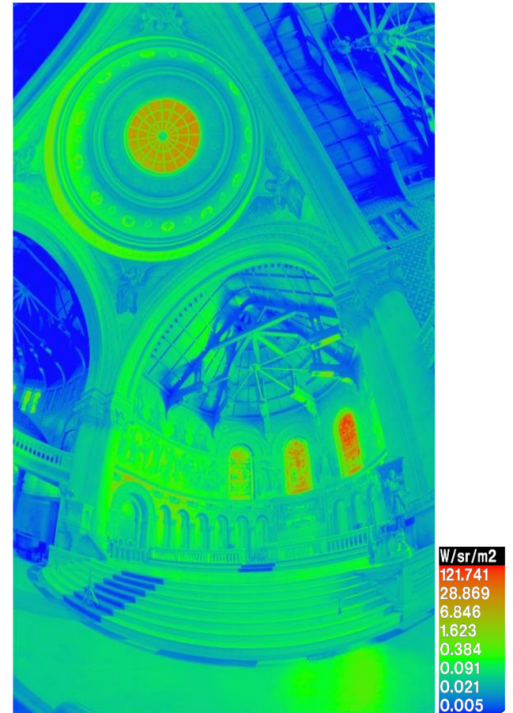
$$I_{\text{radiance}} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \frac{I_i}{\Delta t_i}}{\sum_{i=1}^N w_i}$$



Faible plage dynamique

Comment varier l'exposition?

Images à plusieurs expositions



Images à haute plage dynamique

Caméra non-linéaire

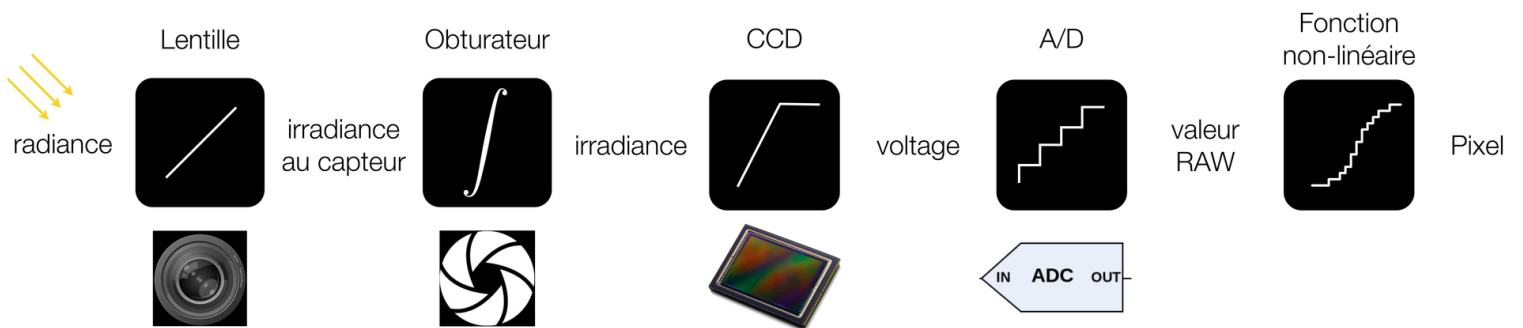


GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

14

Merci à P. Debevec et A. Efros

Dans une caméra...



15

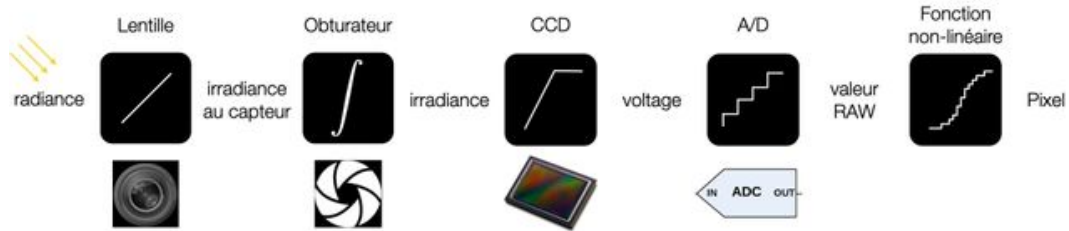
Images : DanneP, Scarlet Rain, Image credit, Tjwikcom, wikipedi



5. Pourquoi rajoute-t-on une fonction non-linéaire dans une caméra ?

3 répondants

Dans une caméra...



15

Images : DanneP, Scarlet_Rain, Image credit, Tjwikcom, wikipedia

perception humaine de la lumière est non linéaire

nos yeux ne sont pas un photomètre

car on ne perçoit pas la lumière de façon linéaire

Dans une caméra...

Pourquoi la fonction non-linéaire?

Laquelle de ces deux images illustre une augmentation **constante** d'intensité?

Augmentation constante d'intensité **émise**

a)



Augmentation constante d'intensité **perçue**

b)



Fonction non-linéaire



Pixel



Images à haute plage dynamique Calibrage radiométrique manuel

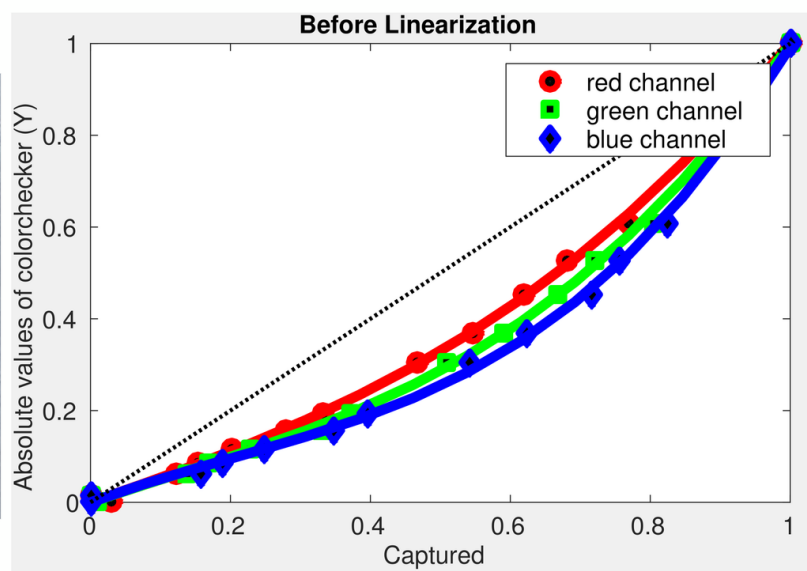
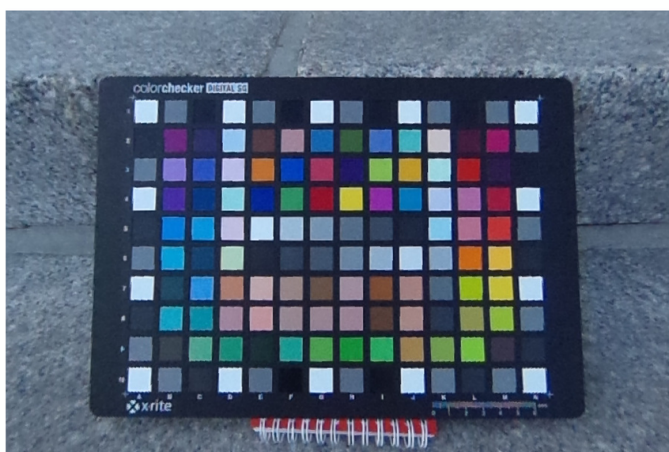
GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Calibrage radiométrique



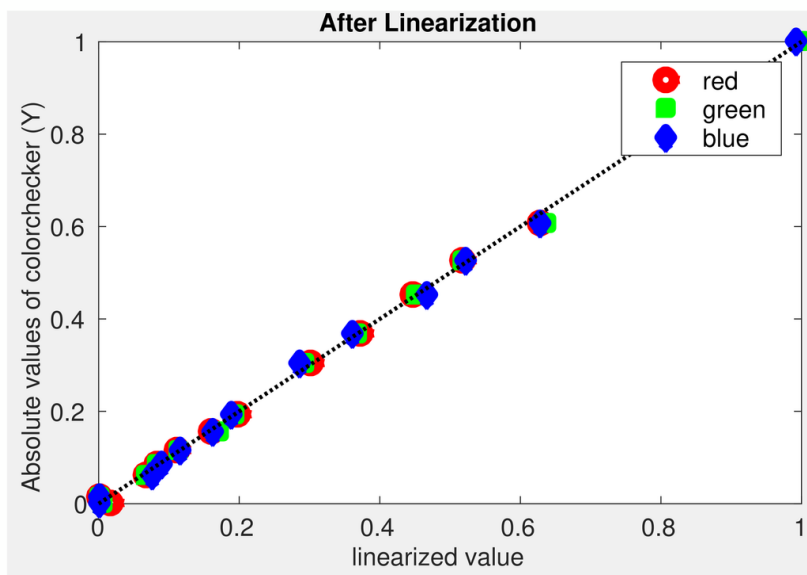
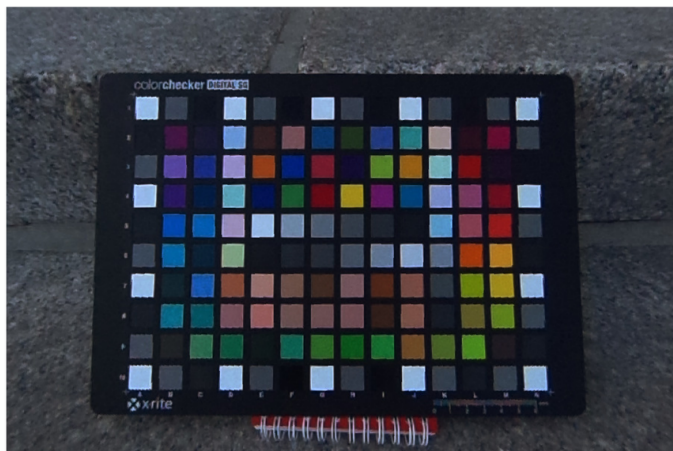
18

Calibrage radiométrique



19

Calibrage radiométrique



20

Images à haute plage dynamique Calibrage radiométrique automatique



GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

21

Merci à P. Debevec et A. Efros

Dans une caméra...

- Comment estimer cette fonction?
- Première option
 - utiliser une cible de calibration radiométrique
- Seconde option
 - l'estimer automatiquement à partir des images
 - article de P. Debevec (SIGGRAPH 1997)

Fonction non-linéaire



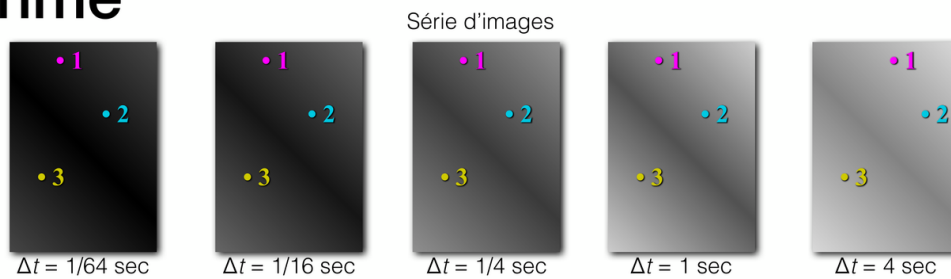
Pixel



22

Source : [John Noya](#)¹

Algorithme



$$z = f(\text{radiance} \times \Delta t)$$

23

Comment trouver \mathbf{x}

- Nous avons un système d'équations linéaires de la forme

$$\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{b}$$

où \mathbf{A} est « sous-contraint »

(car on peut ajouter n'importe quelle constante à \mathbf{x} !)

- En python, on peut le résoudre avec la fonction

```
from scipy import linalg
x = linalg.lstsq(A, b)
```

qui trouve le \mathbf{x} qui minimise $\|\mathbf{Ax} - \mathbf{b}\|_2$

27

Comment trouver \mathbf{x}

$$\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{b}$$

Autre façon de l'écrire :

$$\arg \min_{g,r} \sum_{i \in \text{pixels}} \sum_{j \in \text{images}} (r_i + t_j - g(z_{ij}))^2$$

Quel est le problème?

28

6. Quel est le problème avec cette formulation ?

2 répondants

normalisation

Quoi faire si aucun pixel avec une certaine valeur

Comment trouver x

Contrainte : courbe doit être lisse

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

Images à haute plage dynamique

Reproduction tonale



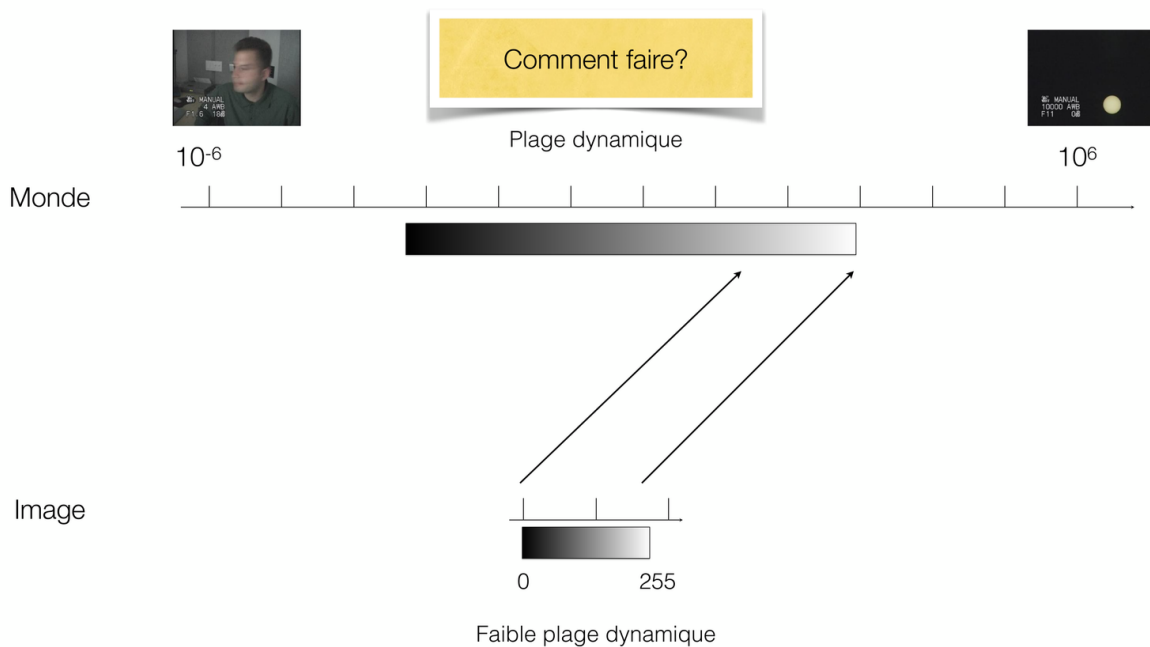
GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

30

Merci à P. Debevec et A. Efros

Reproduction tonale

$$\text{radiance} \propto \frac{\text{pixel}}{\Delta t}$$

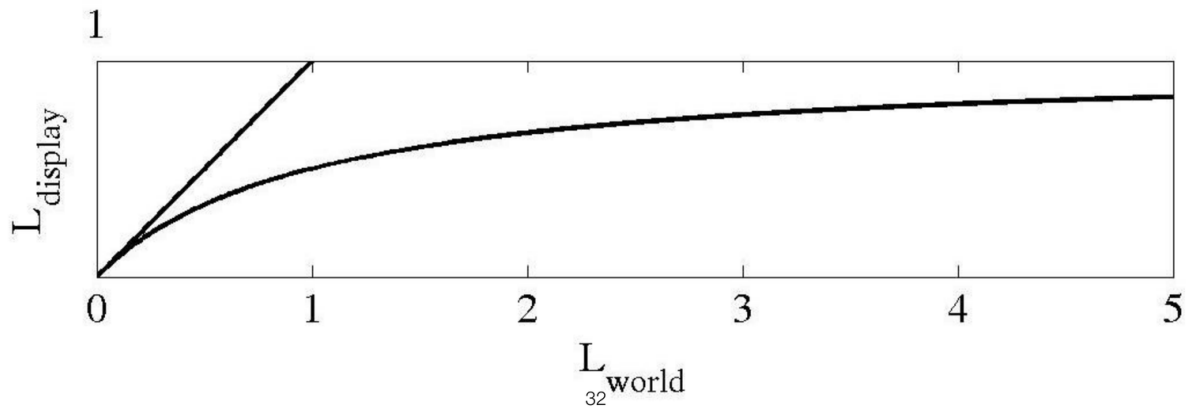


31

Idée 1 : opérateur global (Reinhard et al.)

- Solution simple : utiliser une transformée **non-linéaire**

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



Perceptuel (Reinhard et al.)

Filtre bilatéral (Durand et Dorsey)

Gradients (Fattal et al.)



Luminance HDR

- Visualiser HDR
- Expérimenter avec opérateurs de reproduction tonale

