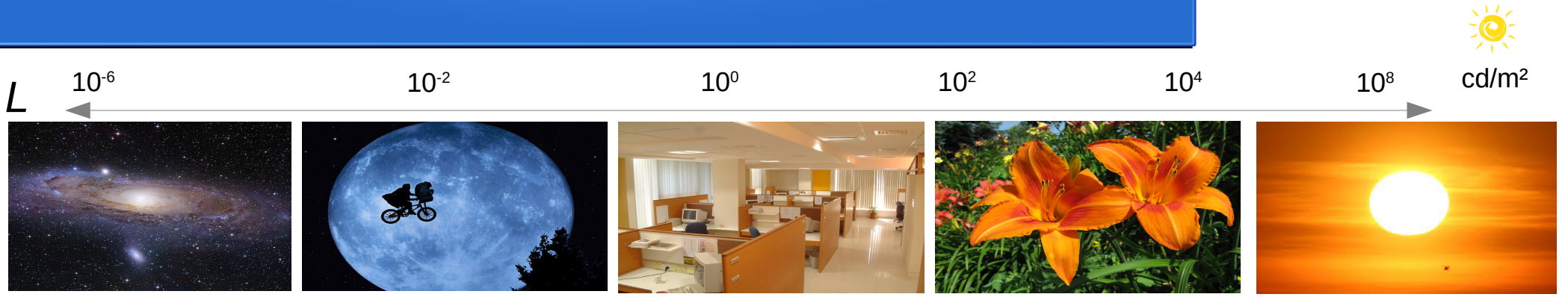
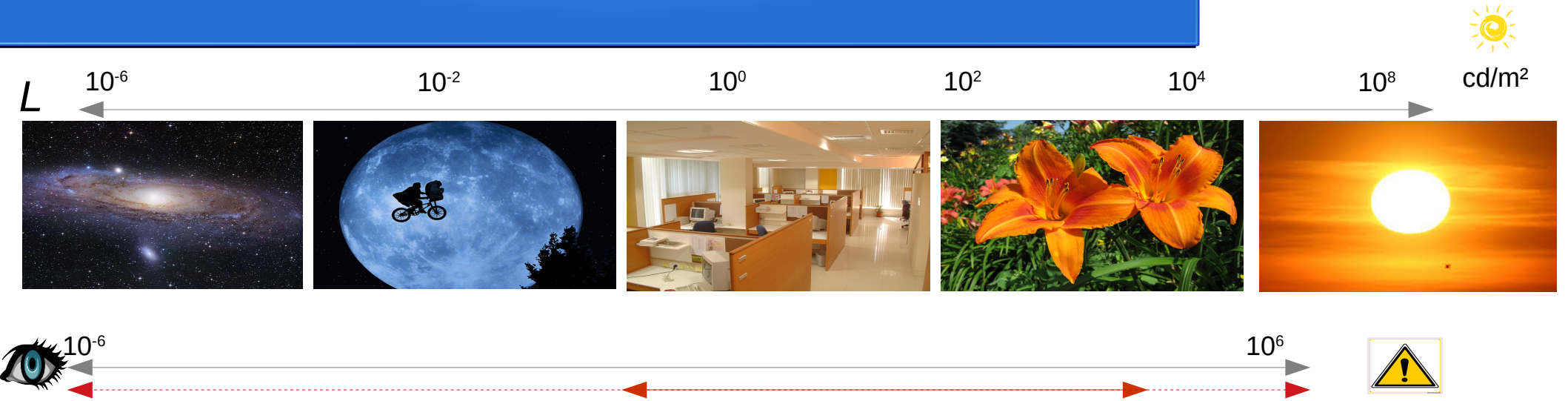
Imagerie HDR

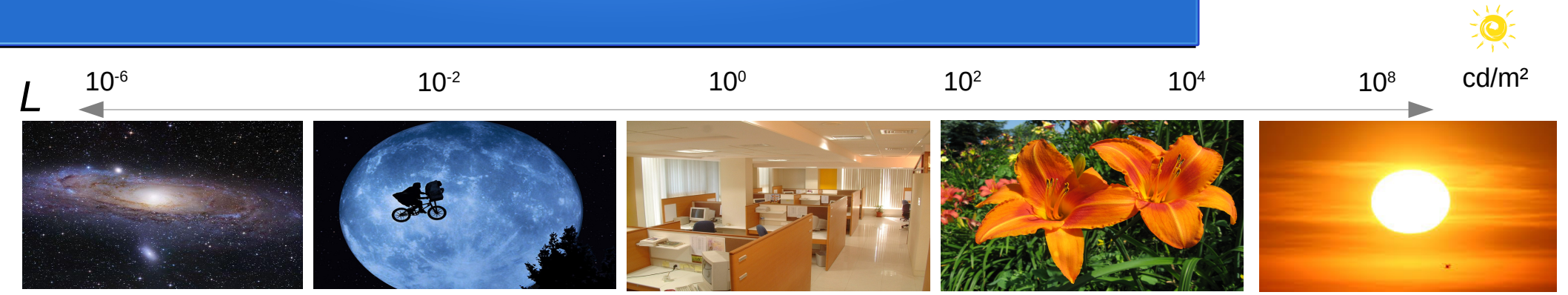
Préambule : la luminance



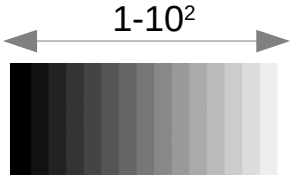
Préambule : la luminance



Préambule : la luminance

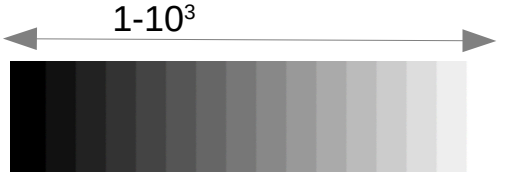


LDR : Low Dynamic Range



2^{8} = 256 niveaux

HDR : Hight Dynamic Range



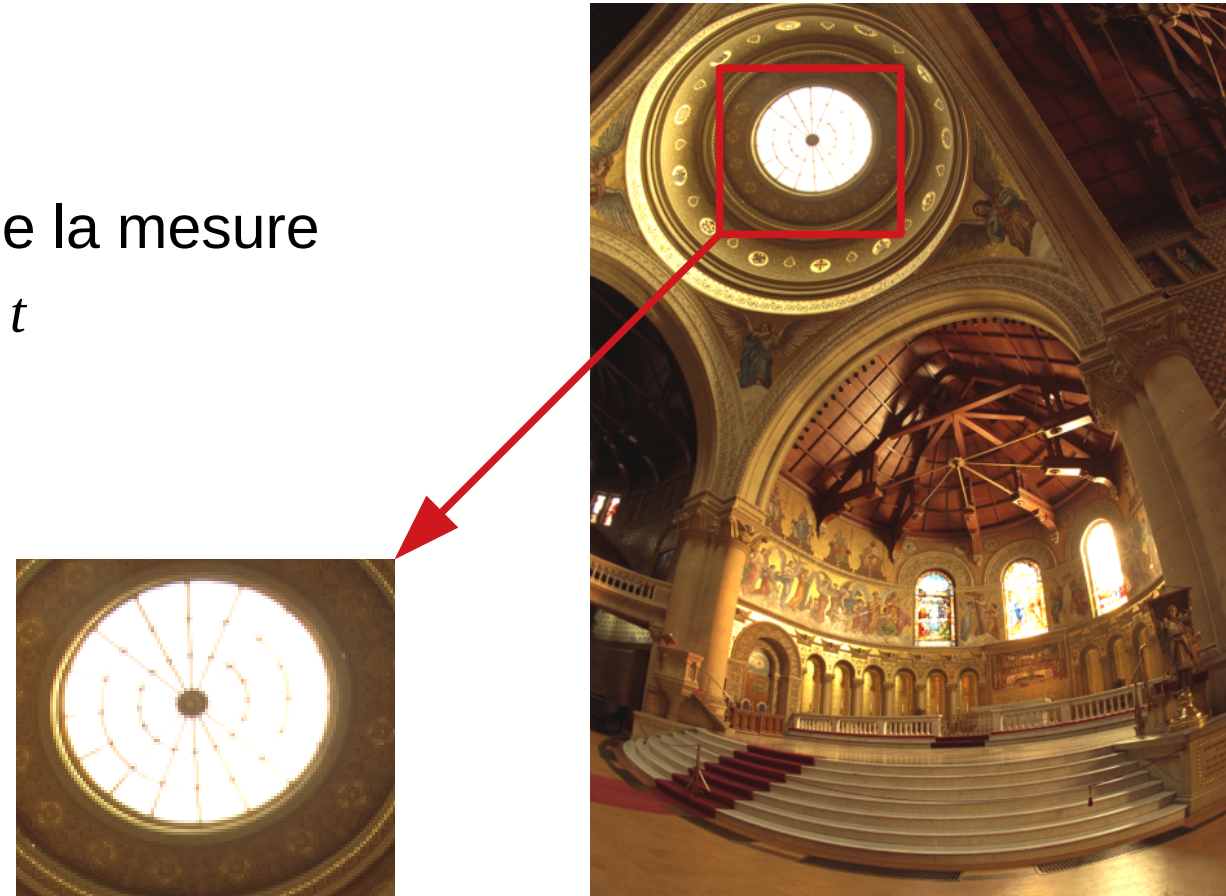
2^{10} = 1024 niveaux

Un appareil photo

- Capturer la luminance
  - Compter les photons
  - Fonction de la durée de la mesure
    - Temps d'exposition Δt

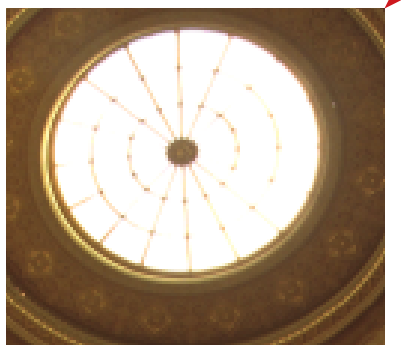
Un appareil photo

- Capturer la luminance
  - Compter les photons
  - Fonction de la durée de la mesure
    - Temps d'exposition Δt
    - Surexposition !



Un appareil photo

- Capturer la luminance
  - Compter les photons
  - Fonction de la durée de la mesure
    - Temps d'exposition Δt
    - Surexposition !

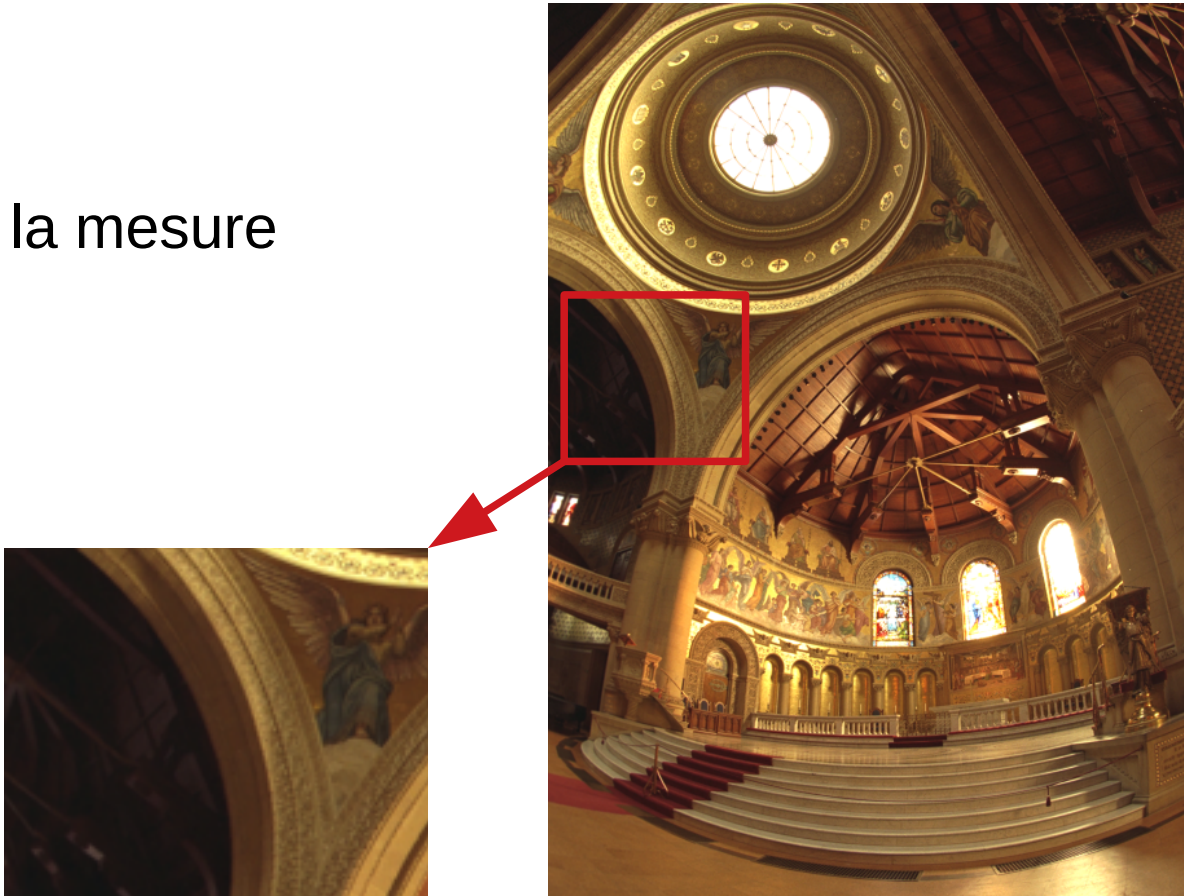


Une photo

- Capturer la luminance
  - Compter les photons
  - Fonction de la durée de la mesure
    - Temps d'exposition Δt
    - Surexposition !
    - Sous exposition !

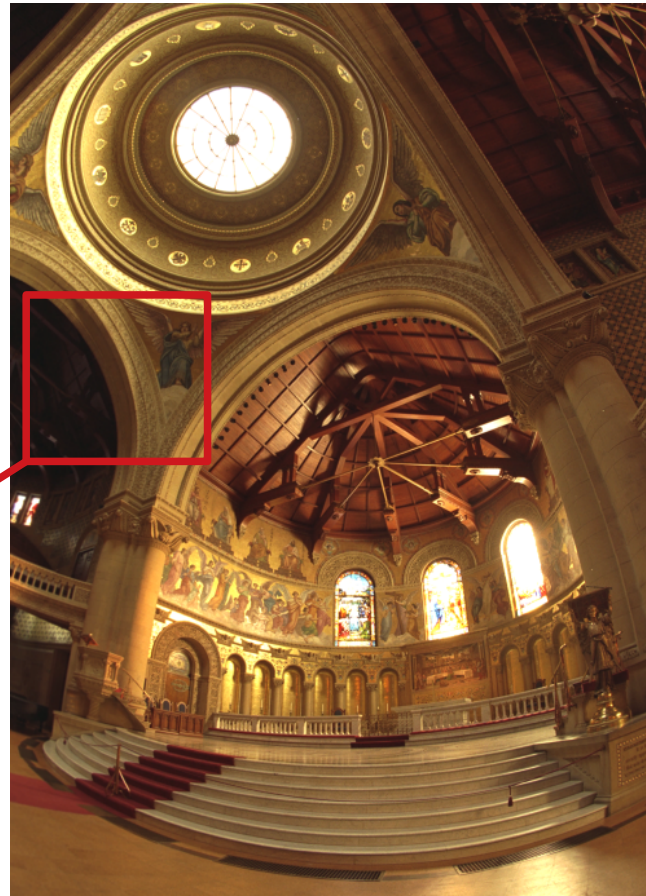
Une photo

- Capturer la luminance
  - Compter les photons
  - Fonction de la durée de la mesure
    - Temps d'exposition Δt
    - Surexposition !
    - Sous exposition !



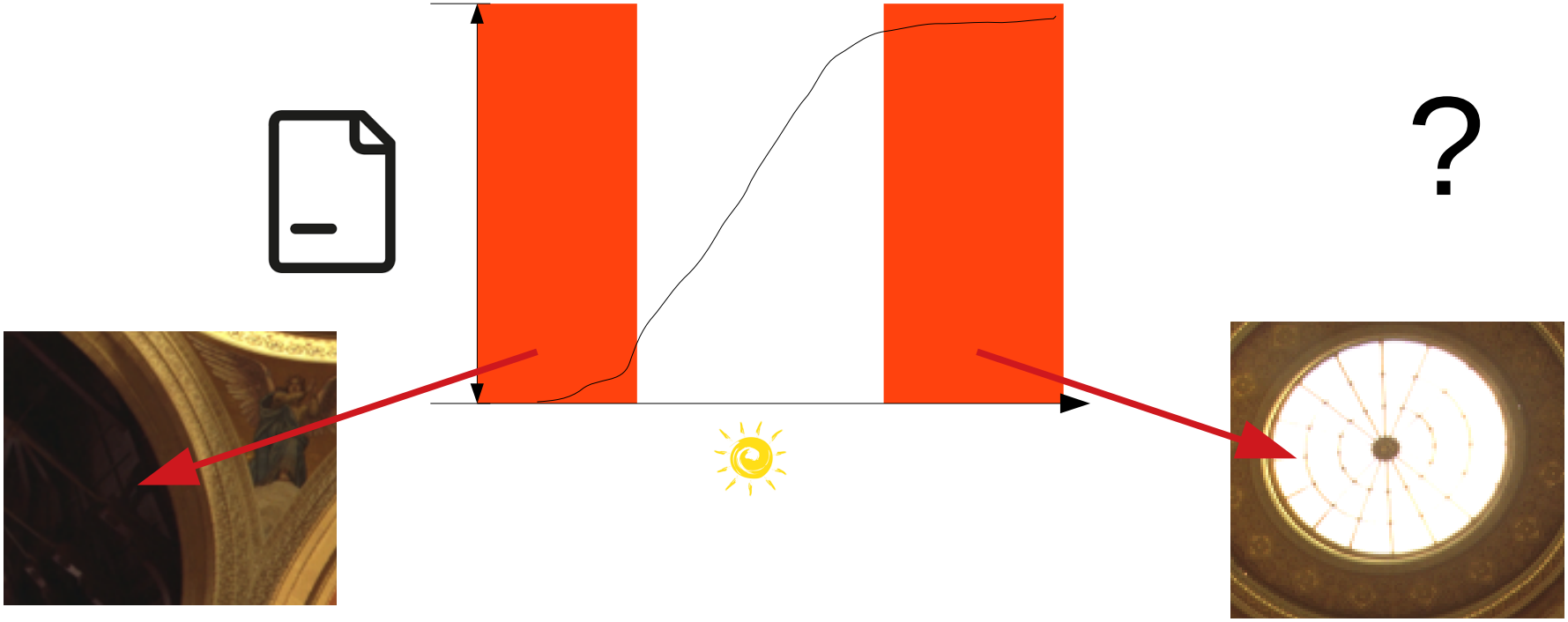
Une photo

- Capturer la luminance
  - Compter les photons
  - Fonction de la durée de la mesure
    - Temps d'exposition Δt
    - Surexposition !
    - Sous exposition !



Une photo

- Capture de la luminance

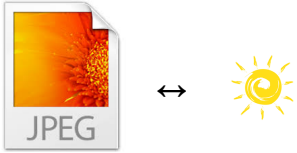


La genèse

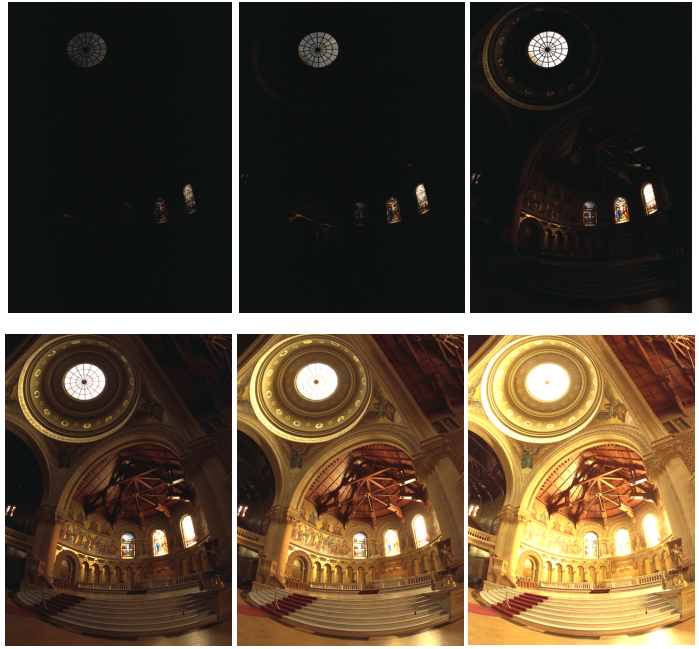
- Une solution déjà ancienne…
  - Gustave le Gray 1820-1884
    - Une photo pour la mer
    - Une photo pour le ciel
      - Temps d’exposition plus court !
    - Tirage en 2 fois
      - « Ciel rapporté »
    - + Détails !

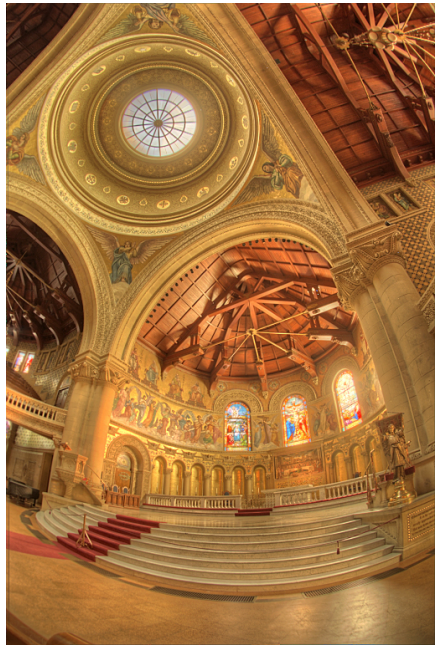
Principe

- Combiner plusieurs capture LDRs à différente Δt
  - [Mann94],[Debevec 97]
  - Fonction de pondération
  - Résultat
    - Image HDR
    - Carte de radiance
- Problème :

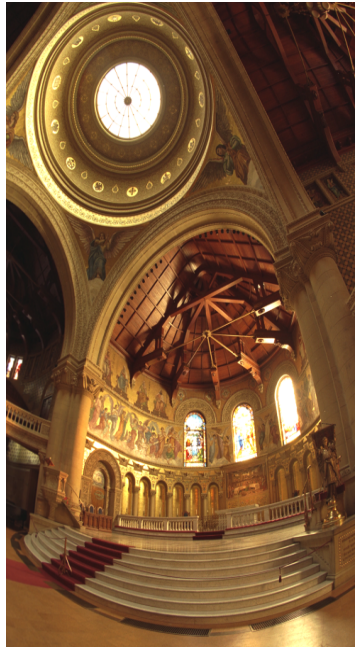


↔





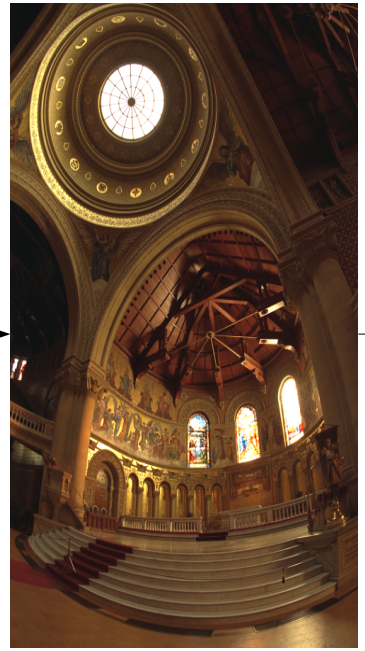
Problème



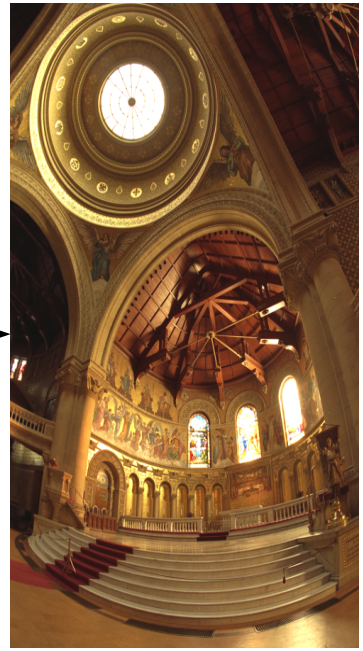
Δt	1	2	4
EV	-1	0	+1

Problème

Energie X2



Energie X2



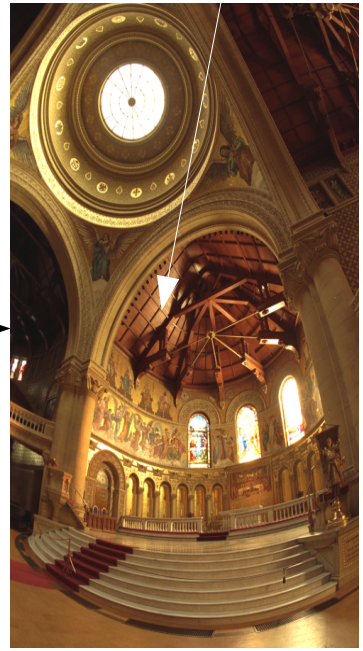
Δt	1	2	4
EV	-1	0	+1

Problème

157,117,77 ? 225,177,113 ? 251,224,146

Energie X2

Energie X2



Δt	1	2	4
EV	-1	0	+1

Problème

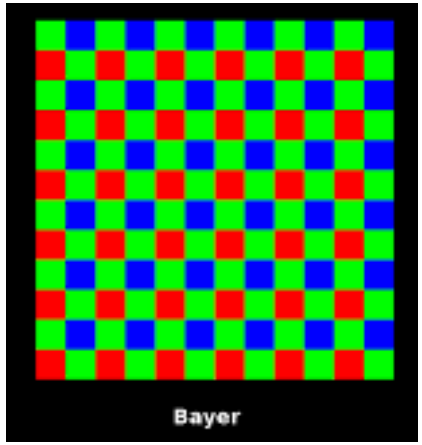
f( )

Problème

f(☀) →

Problème

f( )

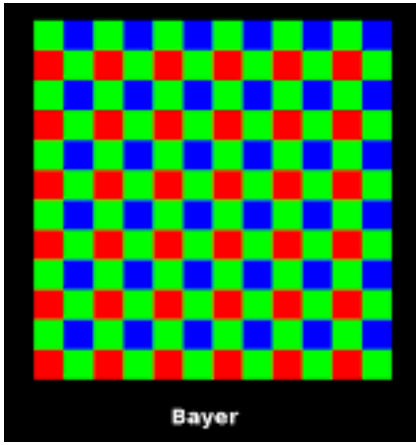


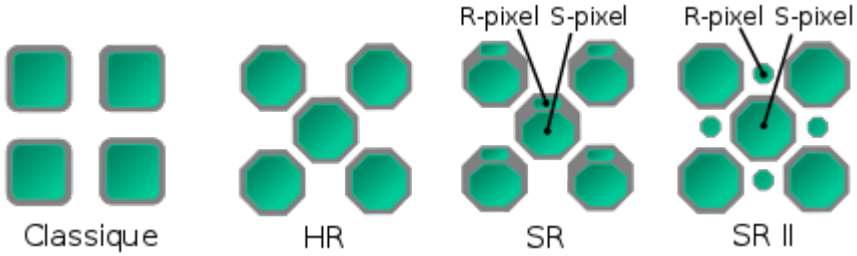
Problème

Nikon

f( )

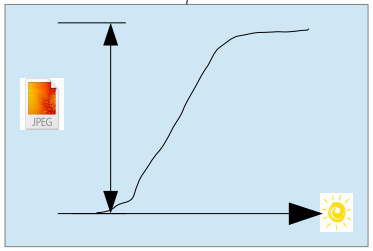
JPEG


Bayer


R-pixel S-pixel
R-pixel S-pixel
Classique
HR
SR
SR II

Solution

$$L_i = f(E_i \Delta t_i)$$



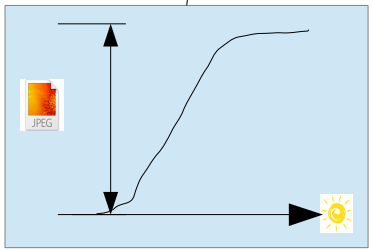
Courbe de réponse de la Caméra CRF

[Mann94]
[Debevec 97]

$$E_i = \frac{\boxed{f^{-1}}(L_i)}{\Delta t_i}$$

Solution

$$L_i = f(E_i \Delta t_i)$$



Courbe de réponse de la Caméra CRF

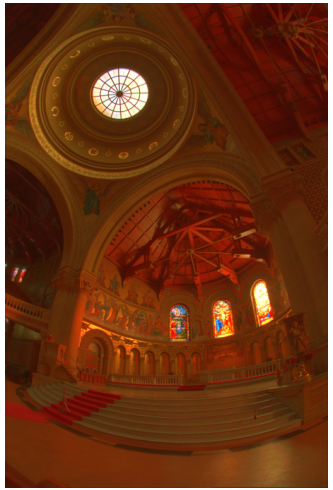
[Mann94]
[Debevec 97]

$$E_i = \frac{\boxed{f^{-1}}(L_i)}{\Delta t_i}$$

* Contexte particulier

- 90'/2000' .JPG
- .TIFF/.RAW/.CR2 ~ E_i

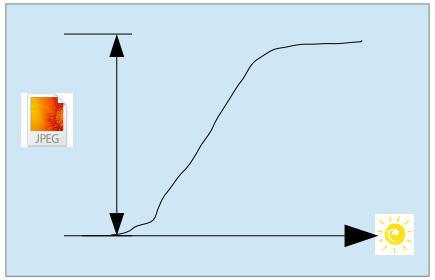
Solution



fonction de pondération

[Mann94] [Debevec 97]

$$H = \frac{\sum w_i * E_i}{\sum w_i}$$



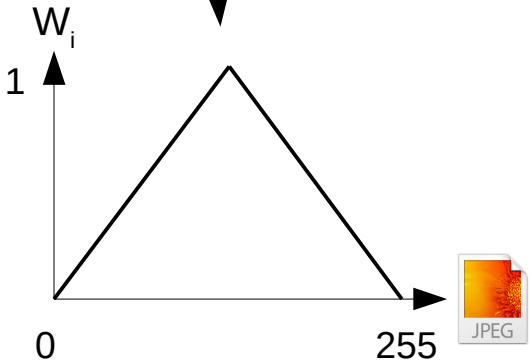
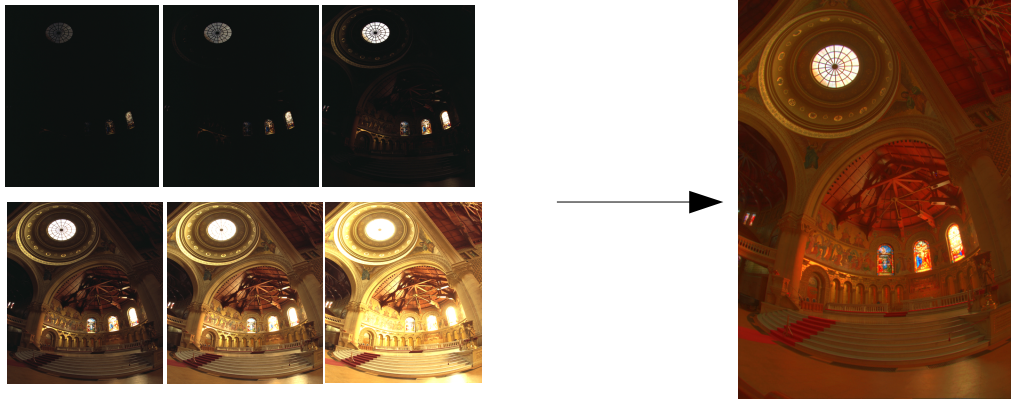


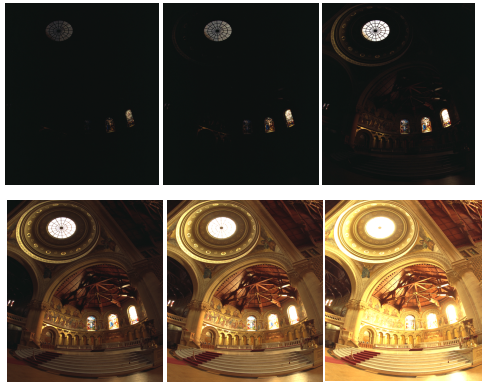
Image HDR
- Float32
- Format .hdr,.exr

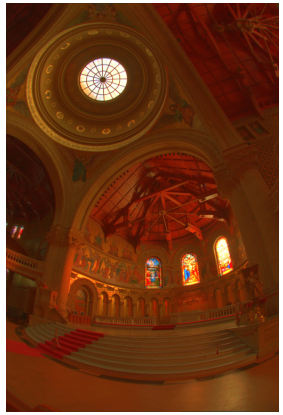
Solution

Solution



Solution





Le début des problèmes..

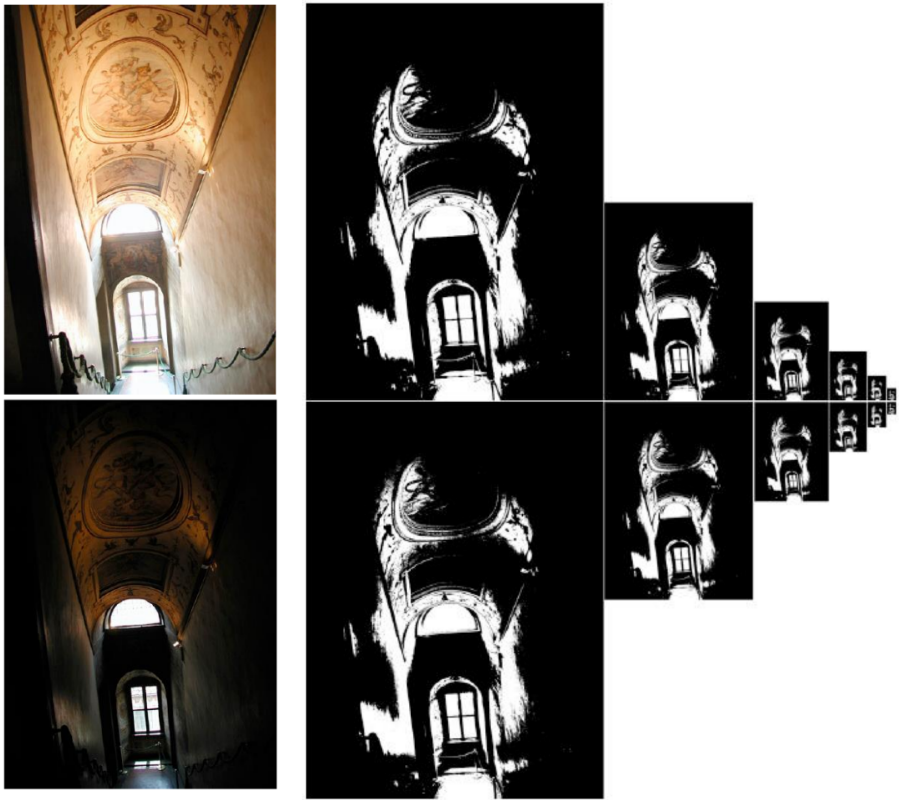
- Conditions idéales !
  - Photo sur pied
    - Décalages possibles
  - Scène statique

- En pratique !
  - Photos manuelles
    - Décalage !
  - Scène dynamique
    - Çà bouge
    - Effet fantôme

Problème d’alignement

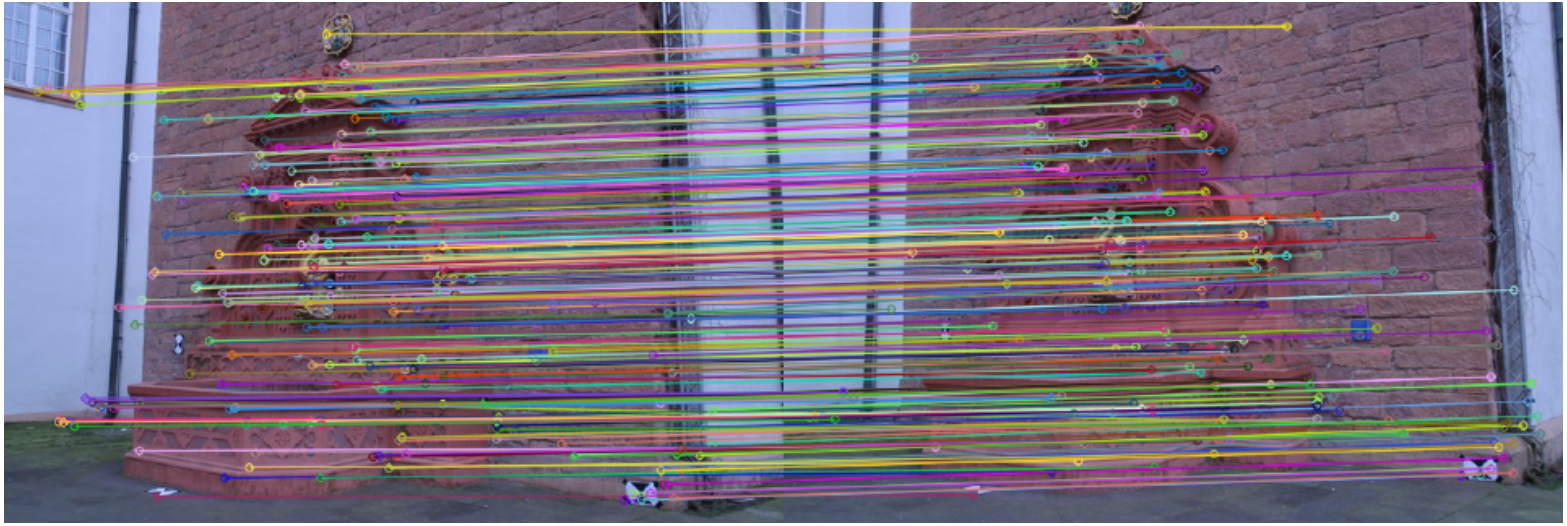
Problème d’alignement

- [Ward03] : Medium Binary Threshold
  - RVB → N&B
  - Seuillage
  - Multi-échelle
  - Trouver décalage
    - Par test brut
    - Du plus petit → plus grand
  - Rapide (calcul binaire)
  - 84 % / 16 %



Problème d’alignement

- Points d’intérêt + Homographie
  - Points d’intérêt SIFT, ORB etc
  - Mise en correspondance
  - Estimation de l’homographie
  - Correction homographique
  - Mouvement de caméra
  - Mouvement dans la scène



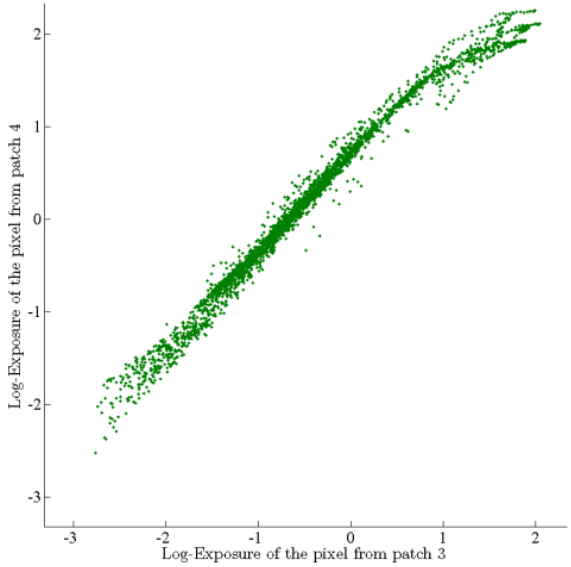
Effet fantôme

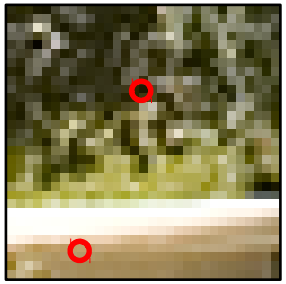
Effet fantôme

- « Deghosting »
  - Facile à détecter pour l'humain
  - Compliqué pour la machine
  - Modifier fonction de poids de fusion W_i
    - Mouvement : $W_i \sim 0$
- Image de référence
  - Image du « milieu »
- Solution ?
  - Métrique de comparaison
  - Détection de mouvement

Effet fantôme

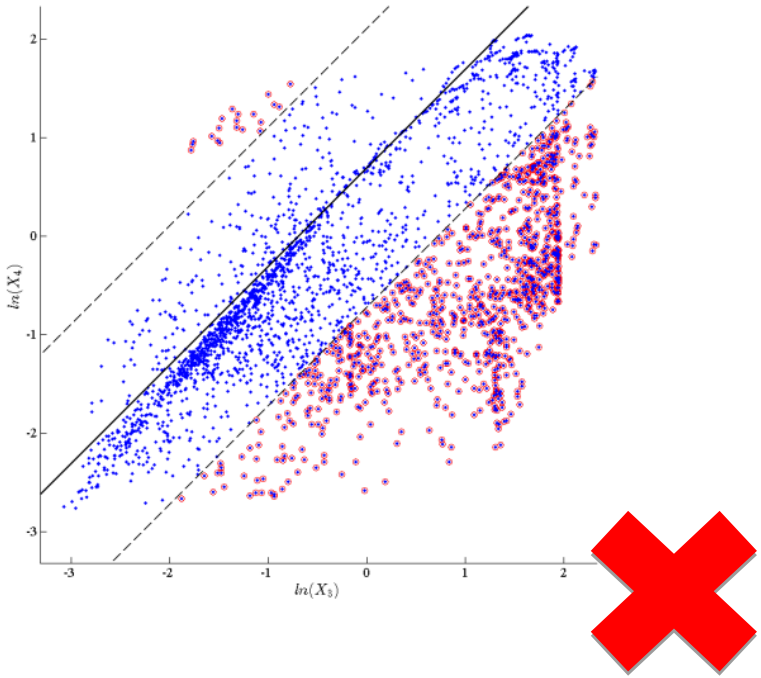
- [Gallos09]
  - Comparaison par patch





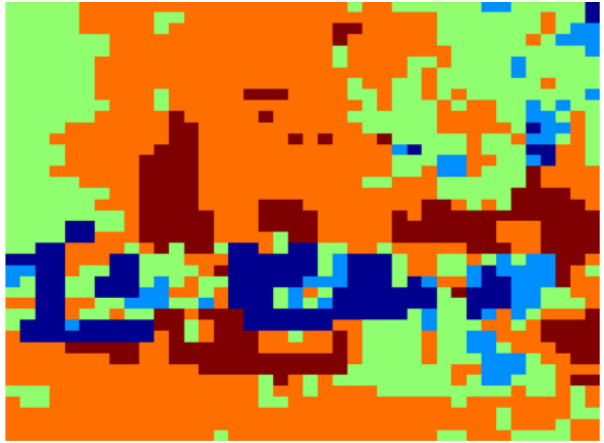
Effet fantôme

- [Gallos09]
  - Comparaison par patch



Effet fantôme

- [Gallos09]

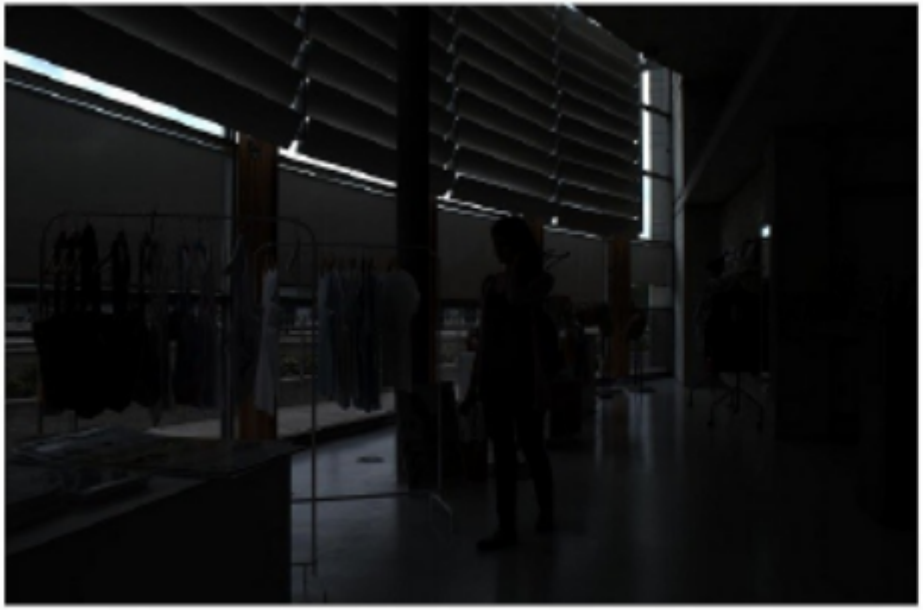


5 exposures
4 exposures
3 exposures
2 exposures
1 exposure

- Seuil d'erreur
  - Trop bas : baisse de qualité
  - Trop haut : artefact

Effet fantôme

- [KHAN19]
  - SAM : Spectral Angular Mapper
    - Pixel à pixel



Effet fantôme

- [KHAN19]
  - SAM : Spectral Angular Mapper

Effet fantôme

- [KHAN19]
  - SAM : Spectral Angular Mapper

Effet fantôme

- [KHAN19]
  - SAM : Spectral Angular Mapper
  - Dé-bruitage par DNN
  - W_i

Effet fantôme

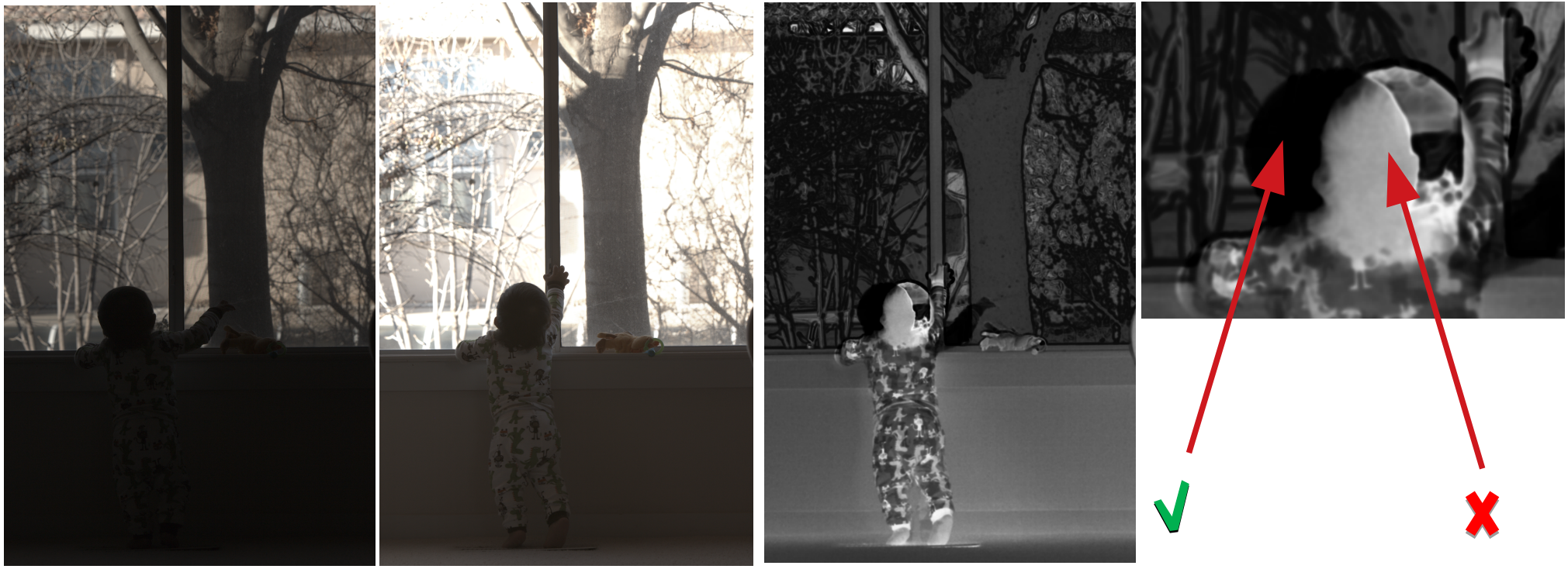
- [KHAN19]
  - SAM : Spectral Angular Mapper
    - Très rapide
    - **Peu robuste**
  - **Erreur si zone faiblement texturée**
  - **Erreur si couleur trop proche**

Effet fantôme

- [Ma17]
  - SSIM : Structural Similarity Index
    - Mesure de similarité dans une zone
    - Poids de fusion = f(ssim)
      - Proche seuil
  - Rapide
    - **Mais erreur possible**

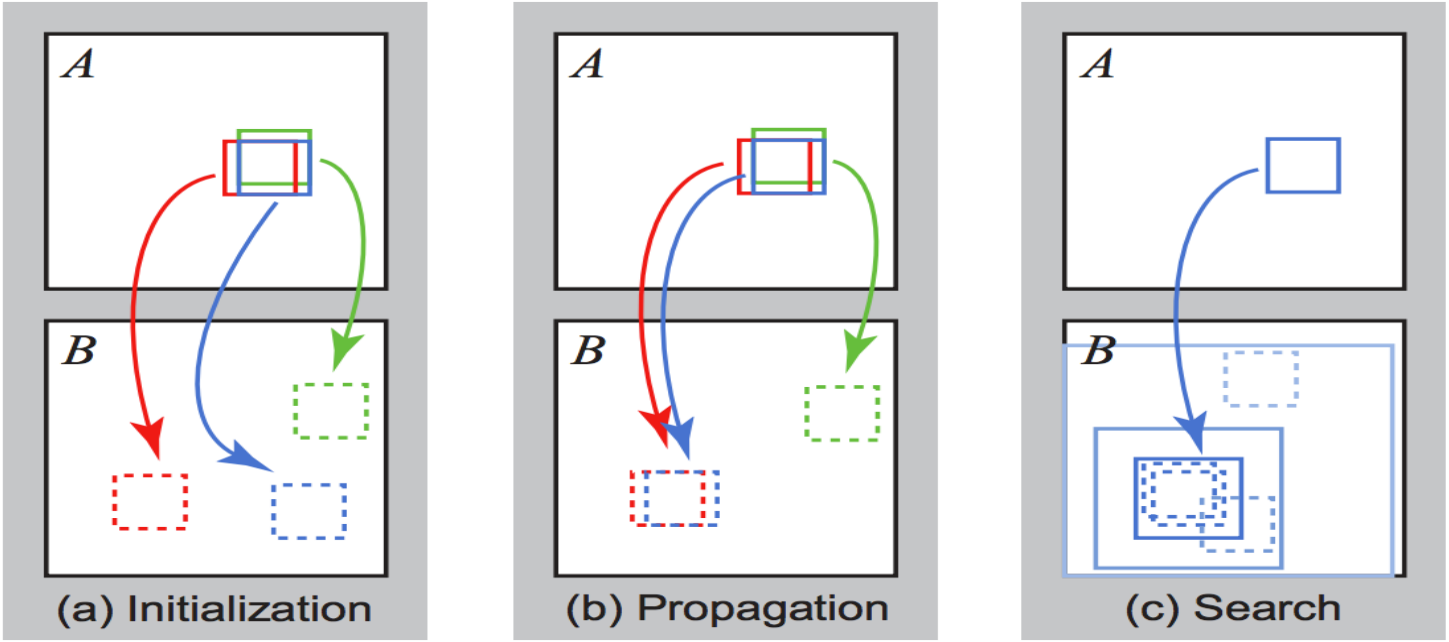
Effet fantôme

- [Ma17] : SSIM



Effet fantôme

- [Sen12]
  - PatchMatch [Barnes2009]



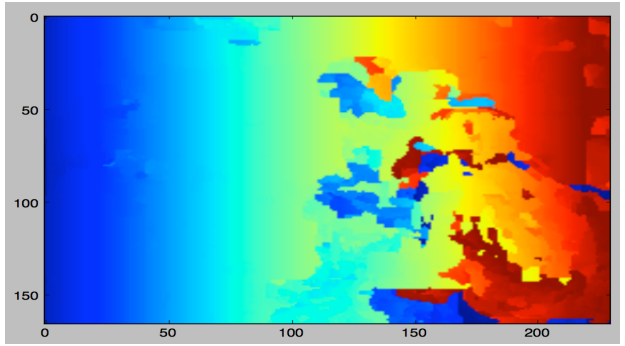
Effet fantôme

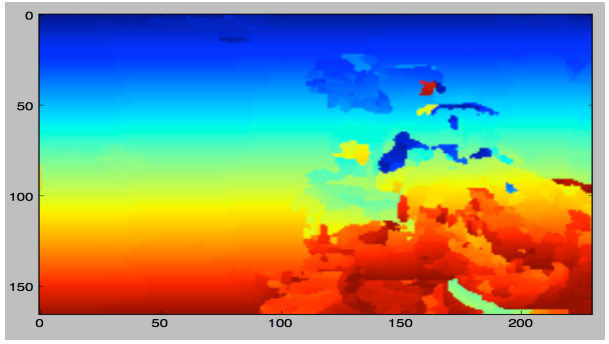
- [Sen12] : PatchMatch

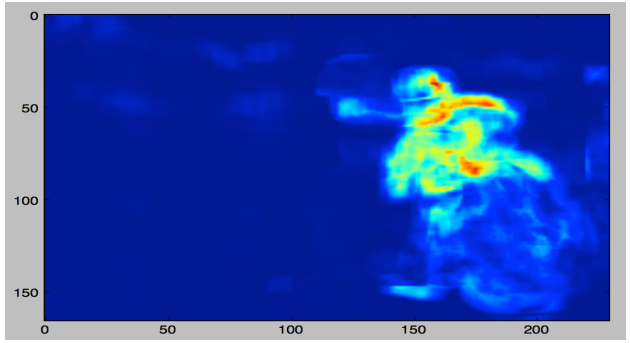
A

B

A reconstruit à partir de B







Effet fantôme

- [Sen12] : PatchMatch
  - Détection globale des mouvements et alignement !
  - Meilleur reconstruction !
  - Temps de calcul
    - ~ 10 minutes
  - Patchmatch // sur GPU ?
    - Divergence d’exécution
    - Accès mémoires peu cohérent
      - Cache miss !

Effet fantôme

- [Sen12] : PatchMatch
  - Détection globale des mouvements et alignement !
  - Meilleur reconstruction !
  - Temps de calcul
    - ~ 10 minutes
  - Patchmatch // sur GPU ?
    - Divergence d'exécution
    - Accès mémoires peu cohérent
      - Cache miss !

Mais pas parfaite...

Effet fantôme

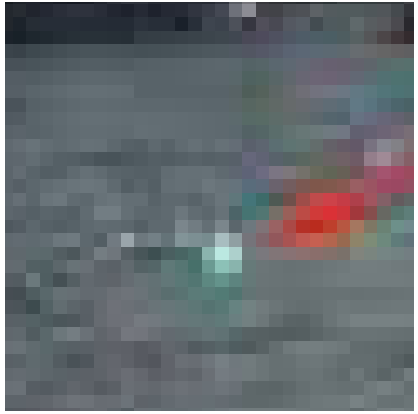
- IA : DNN !
  - Vérité terrain ?
    - Non / Très peu !
    - Peu de jeux de données → Quelques dizaines...
    - Vérité = résultats anciens algorithmes → Perfectibles...
  - Premier résultat
    - Instable et/ou relativement lent (1 minute)
  - Dernière publication
    - [Prabhakar19]
    - Très rapide ~ 1 seconde

Industrie ?

- Besoin
  - Rapide !
  - Plausible plus qu’exact !
- Solution
  - Hardware + Software
  - Multiples capteurs
    - Couleur
    - N&B haute dynamique
  - Suite de captures
  - DNN + code sous-brevet

Industrie ?

- Résultat
  - Rapide !
  - Mais
    - Moins bon
    - Artefact
    - Plausible
      - Huawey modèle 2018
      - 3 captures HDR à la suite sur pied
      - 3 résultats très différents !



Bibliographie

- [Mann94] : Being ’Undigital’ with Digital Cameras : Extending Dynamic Range by Combining Differently ExposedPictures
- [Debvec97] : Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs
- [Ward03] :Fast, Robust Image Registration for Compositing HighDynamic Range Photographs from Handheld Exposures
- [Gallos09] : HDR Deghosting: How to Deal with Saturation?
- [KHAN19] : High Dynamic Range Image Deghosting Using Spectral Angle Mapper
- [Ma17] : Robust Multi-Exposure Image Fusion: A Structural Patch Decomposition Approach
- [Sen12] : Robust Patch-Based HDR Reconstruction of Dynamic Scenes
- [Prabhakar19] : A Fast, Scalable, and Reliable Deghosting Method for Extreme Exposure Fusion