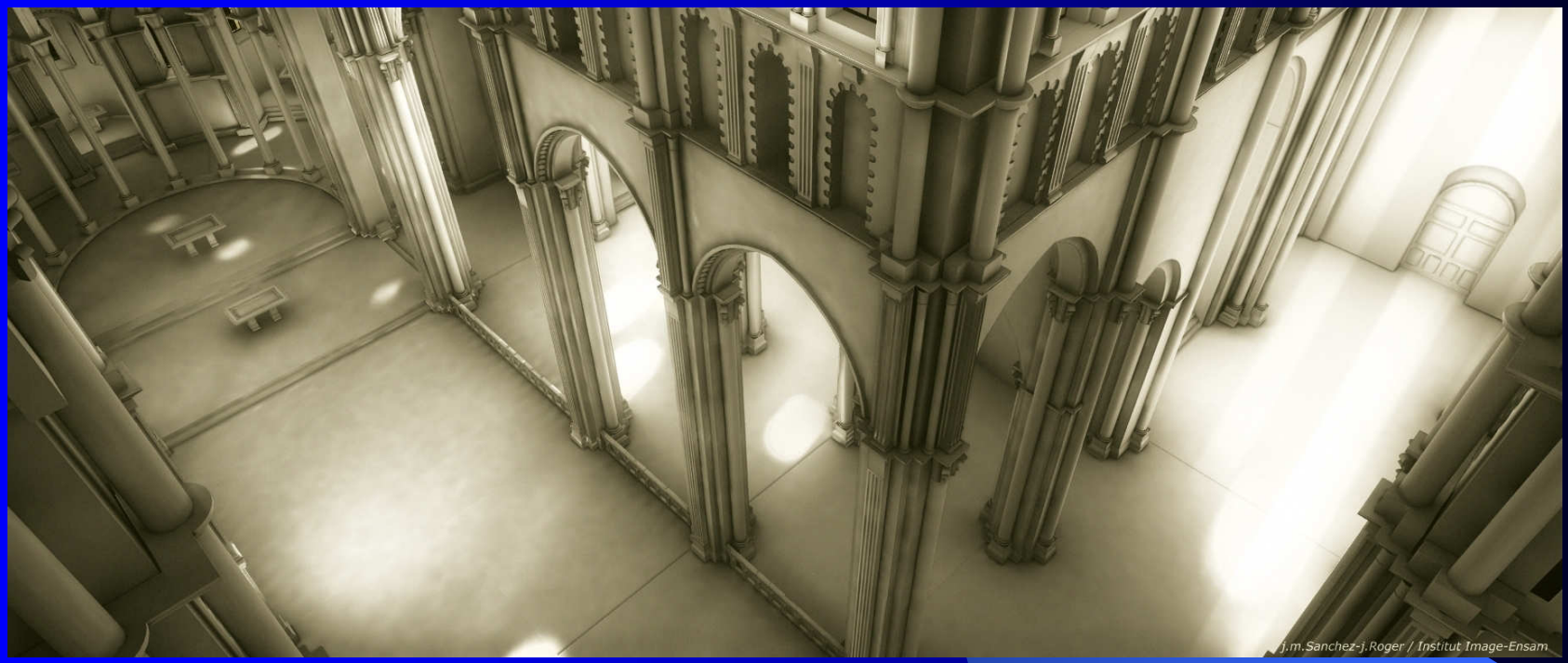
HDRI
High Dynamic Range Image



Thomas Muller

Introduction

- Qu’est ce qu’une image?

Introduction

- Qu’est ce qu’une image?
  - Imaginaire
  - Représentation de l’imaginaire
  - Photo, dessins, image de synthèse, métaphores …

Introduction

- Qu'est ce qu'une image?
  - Imaginaire
  - Représentation de l'imaginaire
  - Photo, dessins, image de synthèse, métaphores …
- -> Interprétation!

Introduction

* Magritte

Introduction

- Interprétation => Limites
  - A la prise de vue
    - Photographie argentique
      - Cadre 2D
      - NB / Couleurs
      - Exposition (courbe de réponse du film)
    - Photographie Numérique & vidéo (Capteurs CCD)
      - gain

Introduction

- Interprétation => Limites
  - Lors de la reproduction
    - Photographie
      - Exposition
    - Moniteurs (CRT, LCD…)
      - RGB
      - Contraste et brillance

Introduction

- Interprétation => Limites
  - Lors de l'observation
    - Œil humain

Luminance dans le monde réel

- Obturation :

  1/60
- Diaphragme :

  5.6

Luminance dans le monde réel

- Obturation :

  1/1000
- Diaphragme :

  5.6

Luminance dans le monde réel

- Obturation :

  1/1000
- Diaphragme :

  11

Luminance dans le monde réel

- Obturation :

  1/10000
- Diaphragme :

  11
- + filtre de densité neutre équivalent à 13 diaph.

Luminance dans le monde réel

- Rappel la prise de vue photo
  - Chaque incrément de la vitesse d'obturation divise par deux la quantité de lumière qui parvient au capteur.
  - Échelle de vitesse théorique:

… 1 1/2 1/4 1/8 1/16 1/32 1/64 1/128 1/256 1/512 …

  - Echelle de vitesse pratique

… 1 1/2 1/4 1/8 1/15 1/30 1/60 1/125 1/250 1/500 …

Luminance dans le monde réel

- Rappel la prise de vue photo …
  - Chaque incrément du diaphragme divise par deux la quantité de lumière qui parvient au capteur.
  - Échelle

… 1 1.4 2 2.8 4 5.6 8 11 16 22 32 …

Luminance dans le monde réel

- Rapports d'Exposition:

X 16

X 64

X 5.000.000

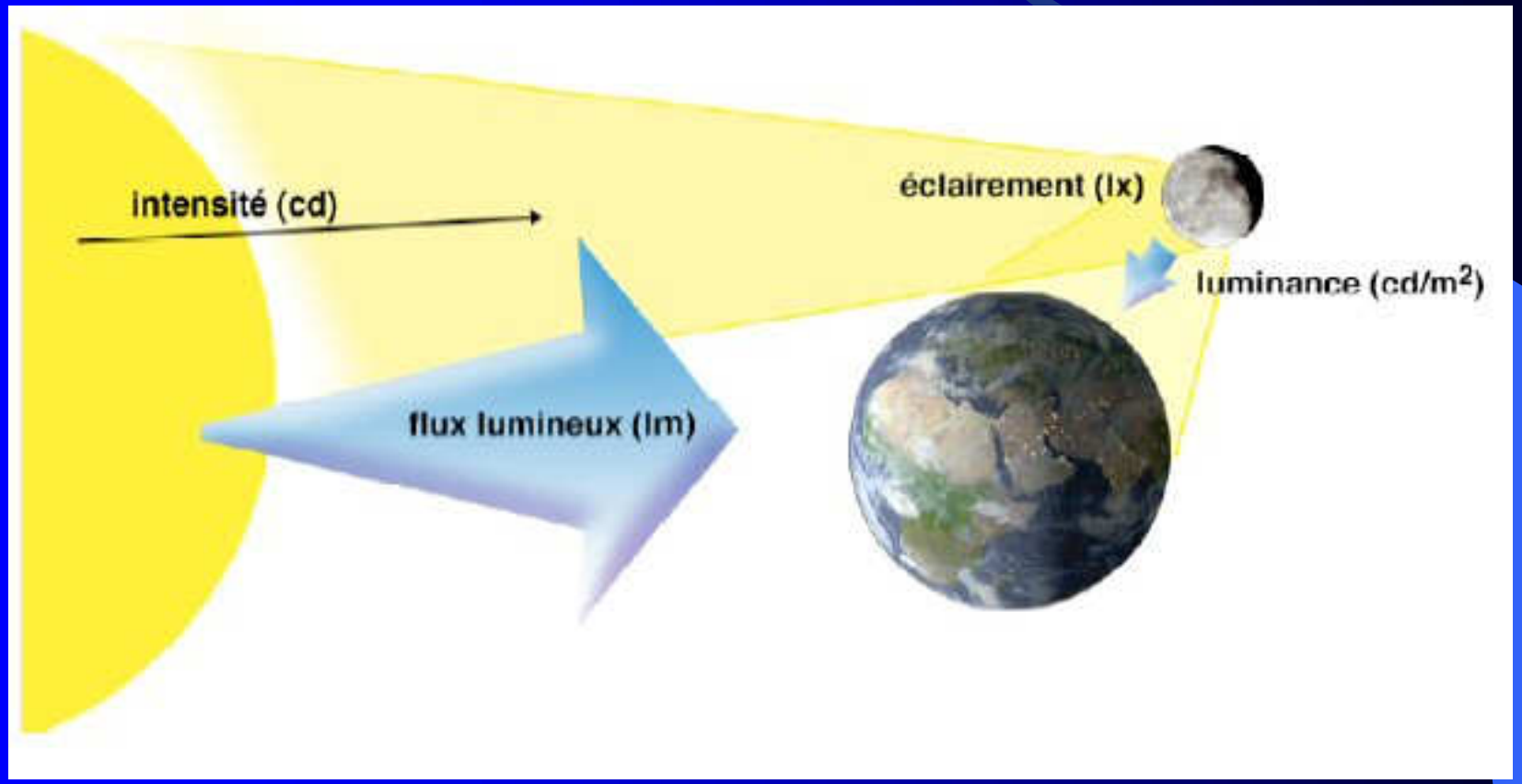
Luminance dans le monde réel

- Rappel sur les unités

Terme radiométrique	Unités radiométriques	Terme photométrique
Energie radiante	Joule [J = kg.m²/s²]	Talbot
Flux	Watt [W = J/s]	Lumens [Talbot/s]
Luminance	[W/(m².sr)]	Candela/m2 ou Lux/sr
Éclairement	[W/m²]	Lux [lumens/m2]
Radiosité	[W/m²]	Lux [lumens/m2]
Intensité	[W/sr]	Candela [lumens/sr]

* cd = intensité lumineuse d'une source de longueur d'onde 555 nm et d'intensité 1/683 w sr-1

Luminance dans le monde réel



Luminance dans le monde réel

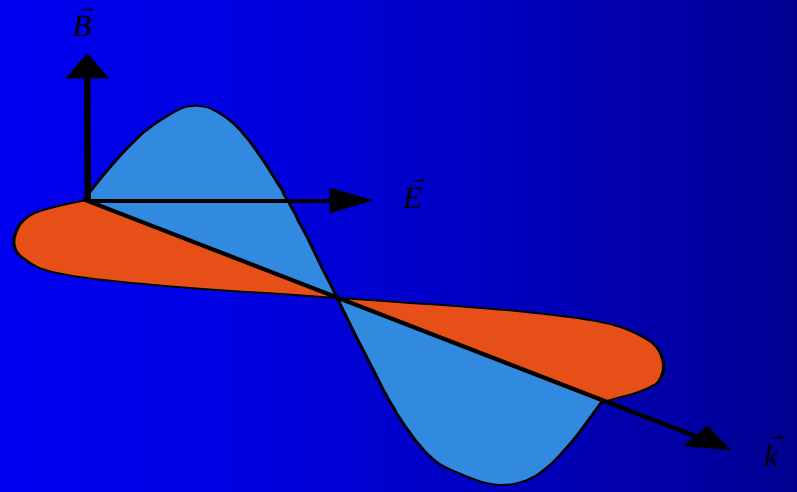
- **Exemples d'éclairement**
  - sensibilité d'une caméra bas niveau 0,001 lux
  - nuit de pleine lune 0,5 lux
  - rue de nuit bien éclairée 20 - 70 lux
  - local de vie 100 – 200 lux
  - local de travail 200 - 3 000 lux
  - stade de nuit 1 500 lux
  - journée ensoleillée > 50 000 lux

Luminance dans le monde réel

- **Exemples de luminance**
  - disque solaire à midi 1.600.000.000 cd/m2
  - surface de la lune 2 500 cd/m2
  - ciel couvert 2 000 cd/m2
  - ciel très sombre 0,001 cd/m2

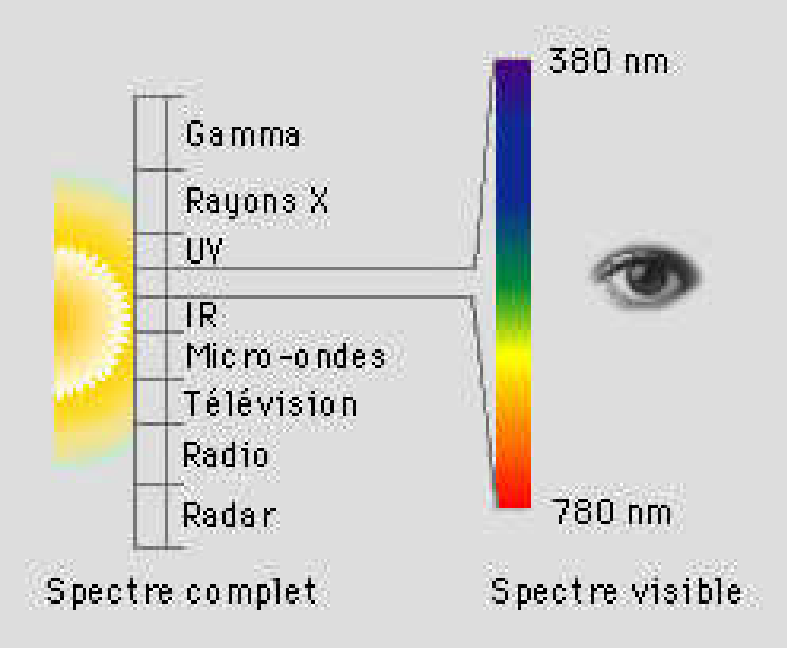
Rappels sur la lumière

- **Onde électromagnétique**

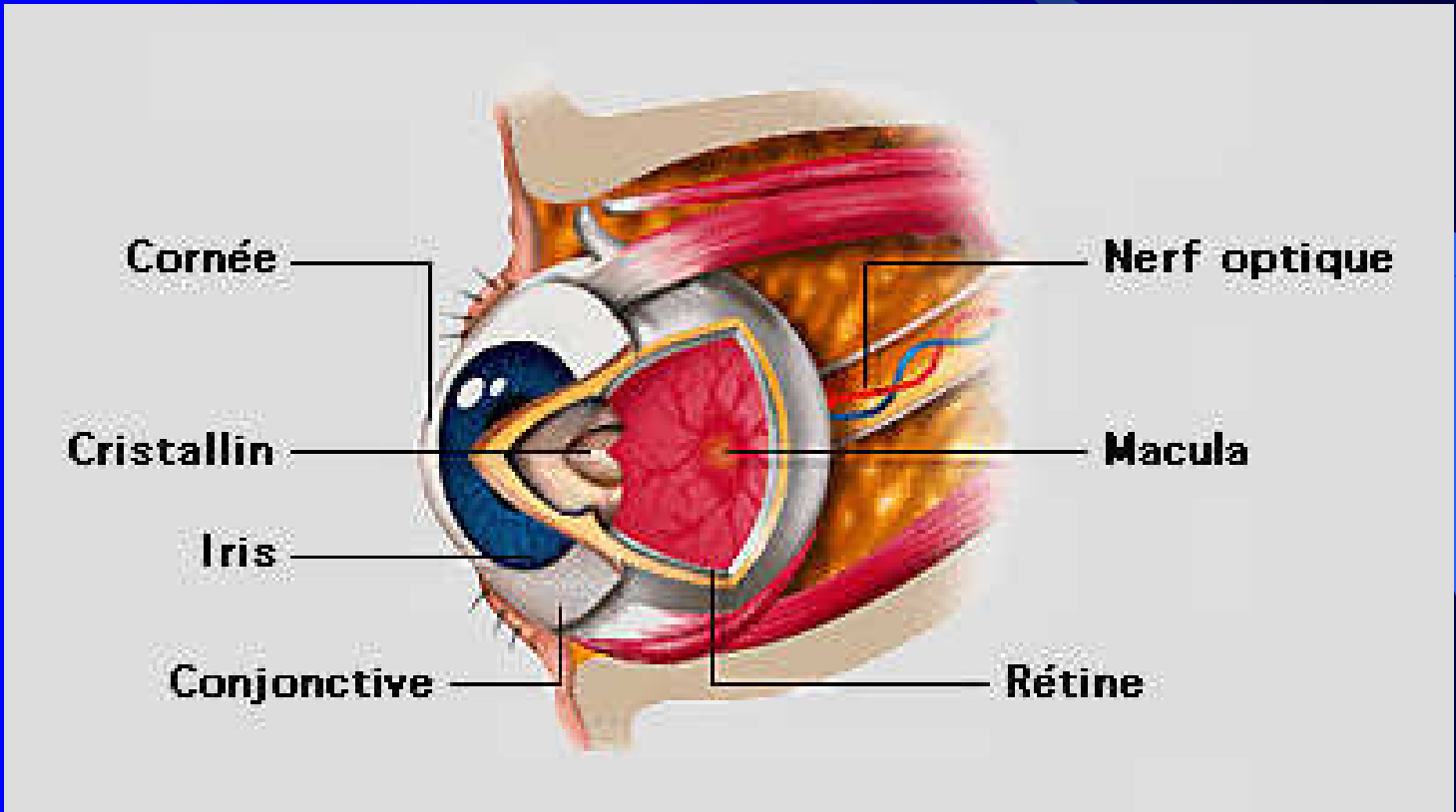


Rappels sur la lumière

- **Onde électromagnétique**

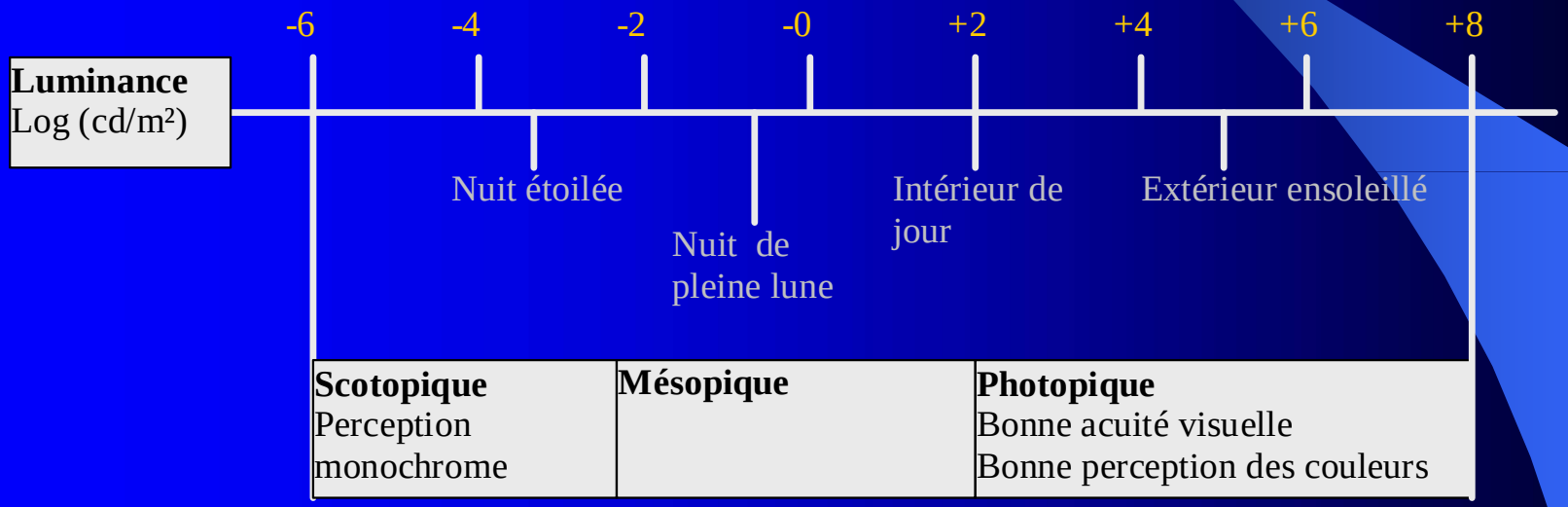


Perception humaine



Perception humaine

- Plage de luminance perçu



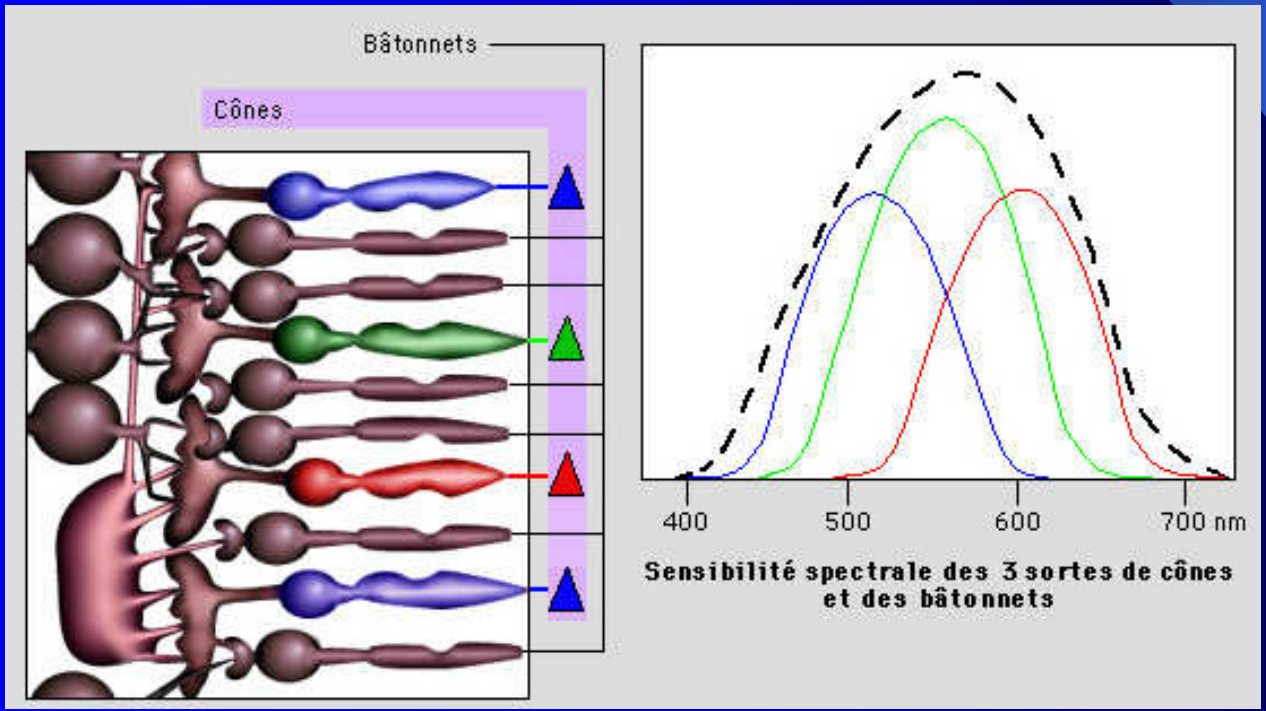
Plage perceptible instantanément par :

- **L'œil**
- **Un film photo**

Plage reproductible par un écran RGB

Perception humaine

- Couleurs

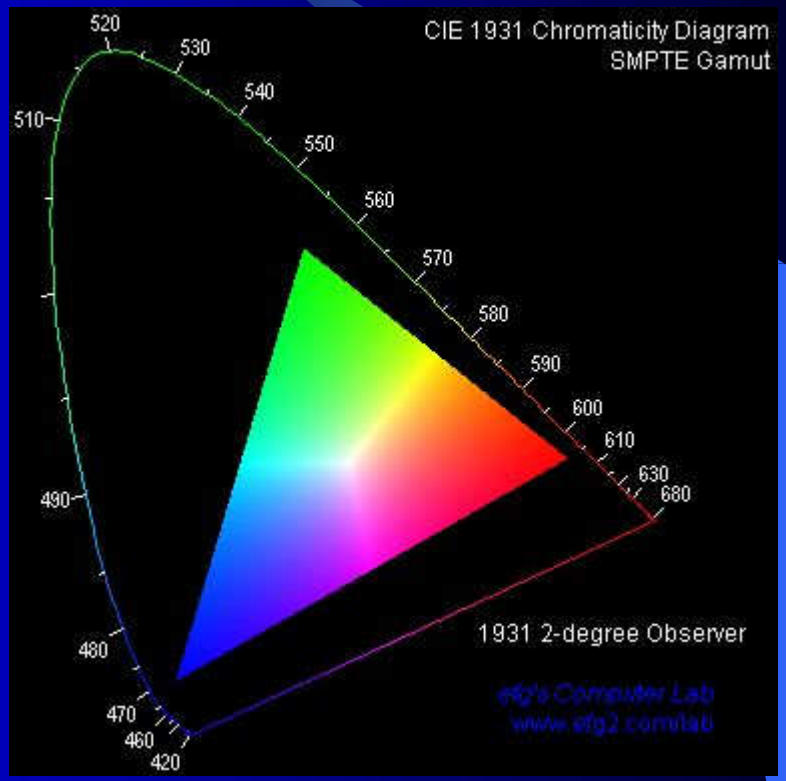


Perception humaine

- Plage de couleur perçue par l’œil

<>

- Plage de couleur restituable par un écran



Représentation numérique d'une image?

- Format classique:
  - RGB
  - 1, 8, 16, 24 bits
  - Chaque canal codé entre 0 et 1

Représentation numérique d'une image?

- Format classique:
  - RGB
  - 1, 8, 16, 24 bits
  - Chaque canal codé entre 0 et 1
- Pourquoi ces limites?

Représentation numérique d'une image?

- Format classique:
  - RGB
  - 1, 8, 16, 24 bits
  - Chaque canal codé entre 0 et 1
- Pourquoi ces limites?
  - Outils de prise de vue (Cam, APN, Scanner)
  - Périphériques de restitution

Représentation numérique d'une image?

- Peut-on proposer une représentation plus complète?

Représentation numérique d'une image?

- Peut-on proposer une représentation plus complète?
  - RGB -> Spectral
  - [0,1] -> [0,Inf]
  - 2D -> 3D …Hologramme … ?
  - …

Représentation numérique d'une image?

- Peut-on proposer une représentation plus complète?
  - RGB -> Spectral
  - [0,1] -> [0,Inf]
  - 2D -> 3D …Hologramme … ?
- Quelles limites?

Représentation numérique d'une image?

- Peut-on proposer une représentation plus complète?
  - RGB -> Spectral
  - [0,1] -> [0,Inf]
  - 2D -> 3D …Hologramme … ?
- Quelles limites?
  - La perception humaine!

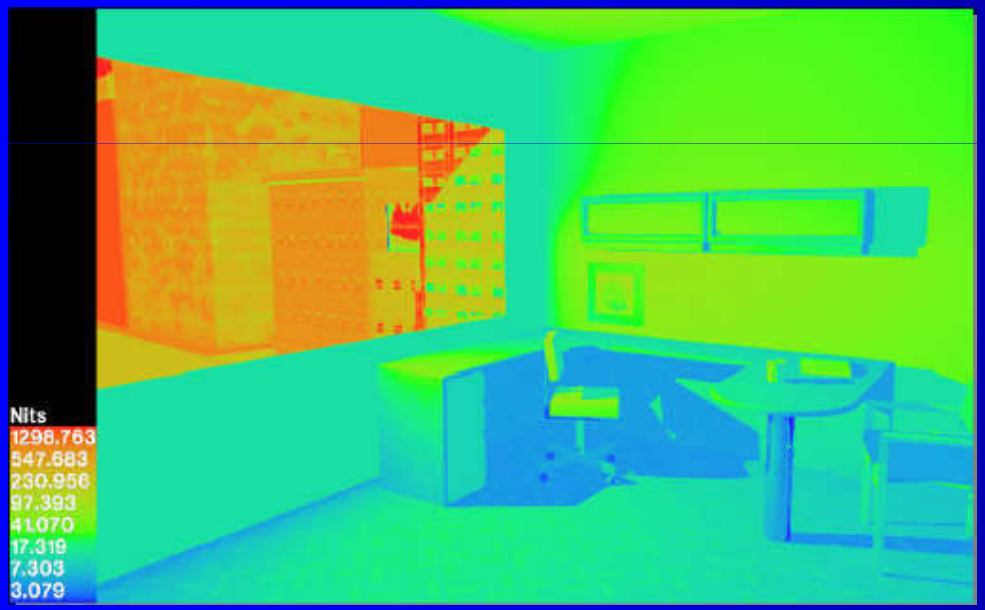
HDRI - Greg Ward -

- Représentation en nombre flottants
  - Luminance sur [0,Inf]
  - RGB, XYZ, spectral …

HDRI - Greg Ward -

- Représentation en nombre flottants
  - Luminance sur [0,Inf]
  - RGB, XYZ, spectral…
- Avantages
  - Haute dynamique
  - Détient l'ensemble du Gamut perceptible par l'œil
  - Post-prosess dans un espace étendu
  - Tone mapping adapté à l'affichage

HDRI - Greg Ward - Radiance



Luminance

Exposition courte

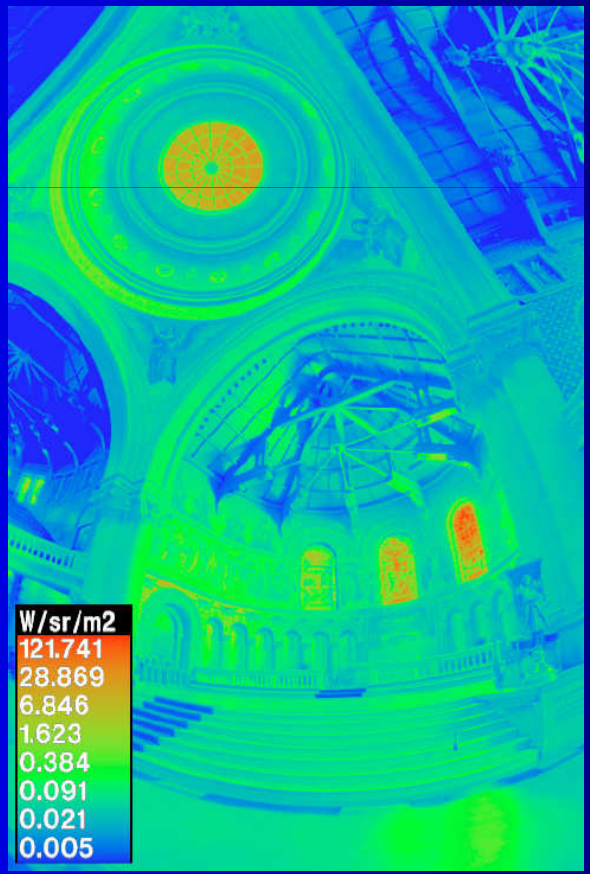
Exposition longue

HDRI – Paul Debevec - 97

- Construction à partir de photos

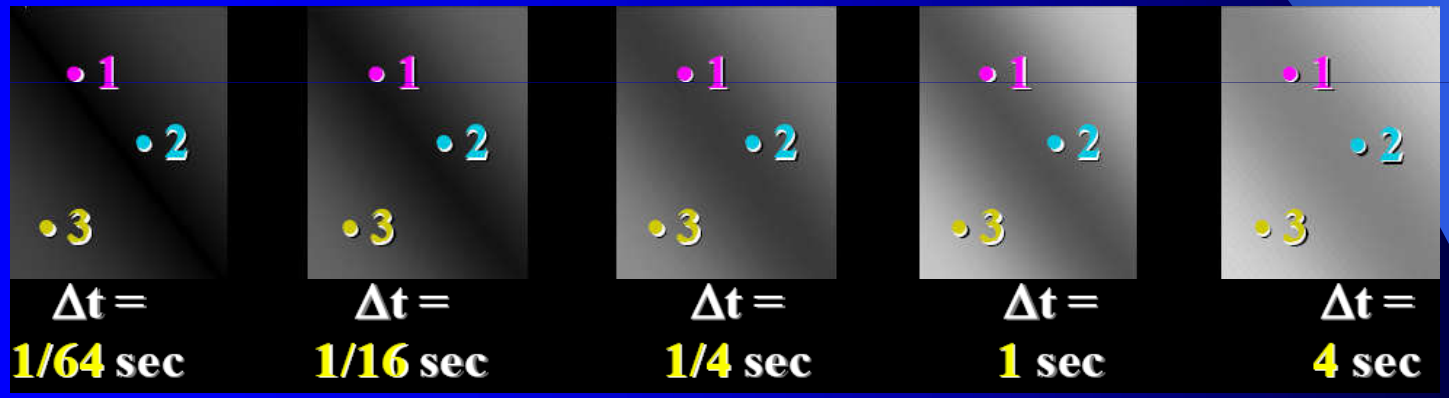
HDRI – Paul Debevec - 97

- Construction à partir de photos



HDRI – Paul Debevec - 97

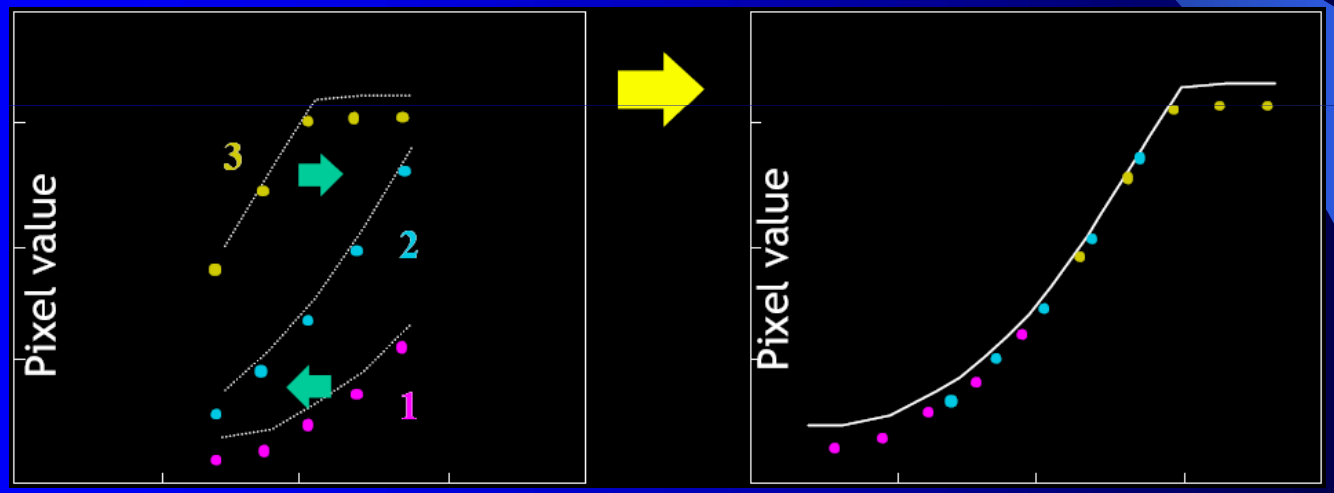
- Construction à partir de photos
  - Courbe de réponse du capteur



  - Exposition = Luminance × Δt
  - Log(Exposition) = Log(Luminance) + Log(Δt)

HDRI – Paul Debevec - 97

- Construction à partir de photos
  - Courbe de réponse du capteur



  - f(Pixel value) = Log(Exposition)

HDRI – Paul Debevec - 97

- Construction à partir de photos
  - Courbe de réponse du capteur
  - Log(Luminance) = Log(Exposition) - Log(Δt)

⇒Log(Luminance) = f(Pixel value) - Log(Δt)

⇒Luminance = EXP(10 , f(Pixel value) - Log(Δt))

Tone Mapping

- Compression de la dynamique

Tone Mapping

- Compression de la dynamique
  - **Gradient Domain High Dynamic Range Compression**

(Raanan Fattal 2002)

Tone Mapping

- Compression de la dynamique
  - **Gradient Domain High Dynamic Range Compression**

(Raanan Fattal 2002)

Tone Mapping

- Compression de la dynamique
  - **Gradient Domain High Dynamic Range Compression**

(Raanan Fattal 2002)

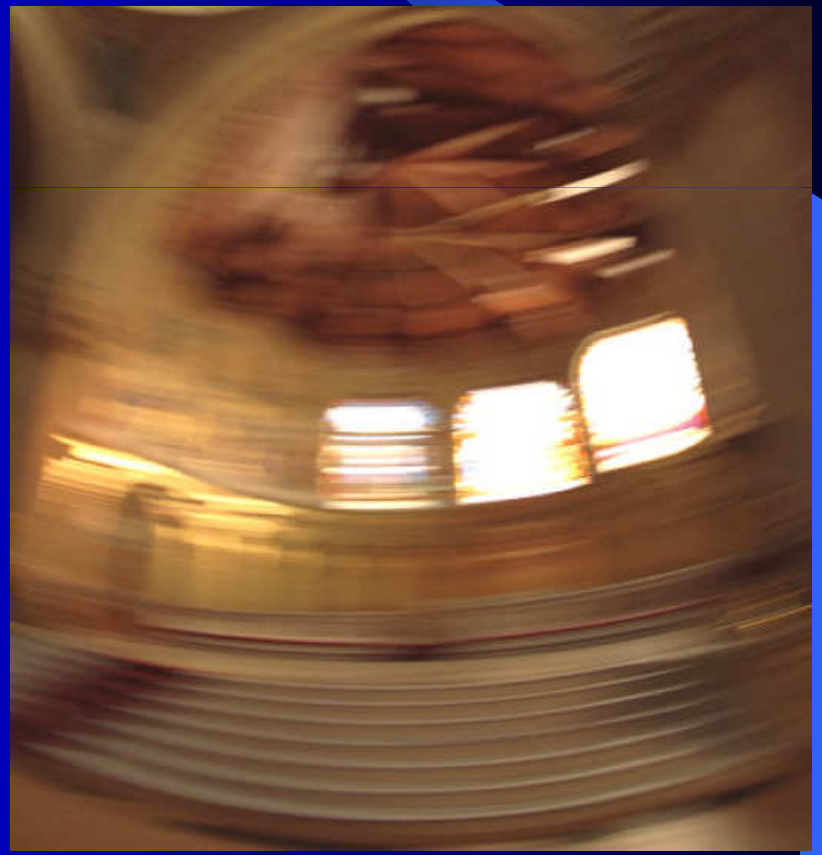
Tone Mapping

- Compression de la dynamique
  - **Gradient Domain High Dynamic Range Compression**

(Raanan Fattal 2002)

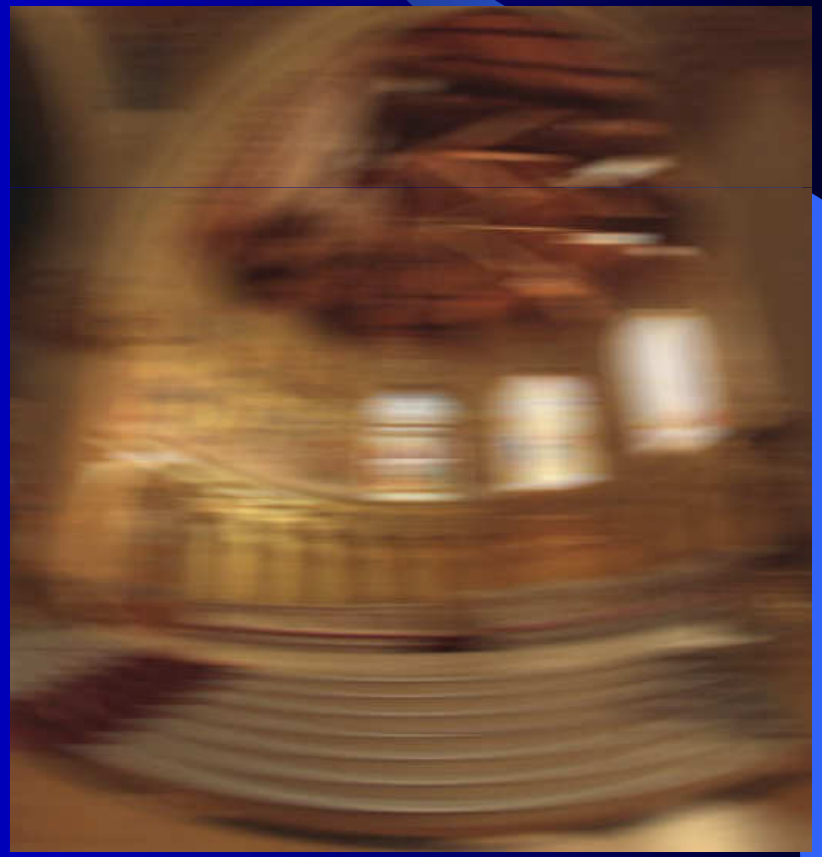
Effets de post-production

- Blur (flous de mouvements)
  - Sur une photo



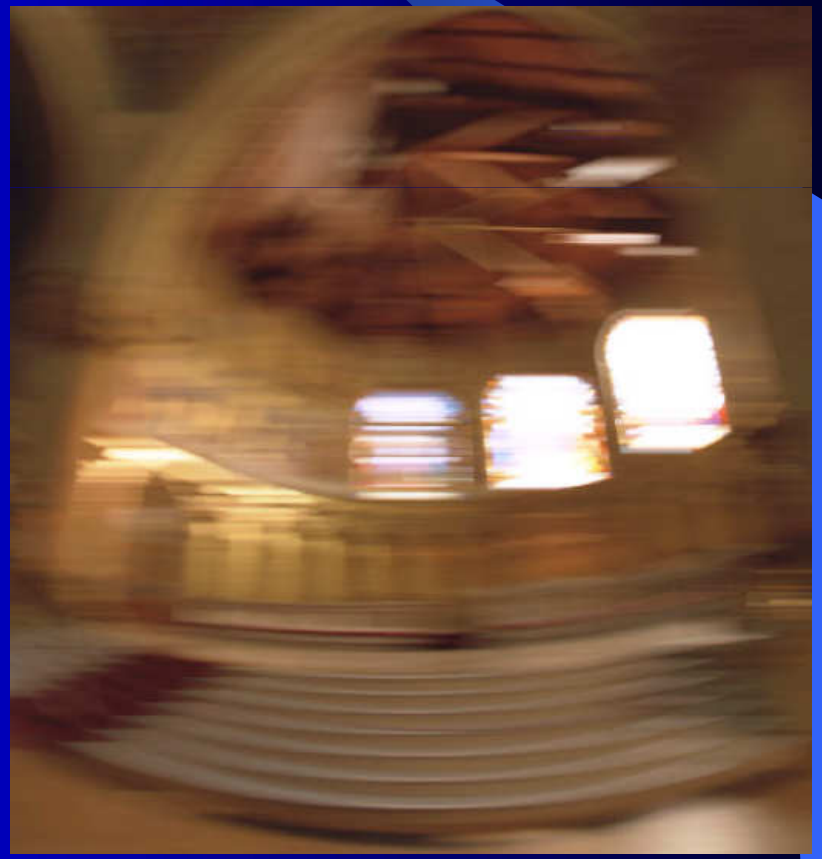
Effets de post-production

- Blur (flous de mouvements)
  - Sur une LDRI



Effets de post-production

- Blur (flous de mouvements)
  - Sur une HDRI

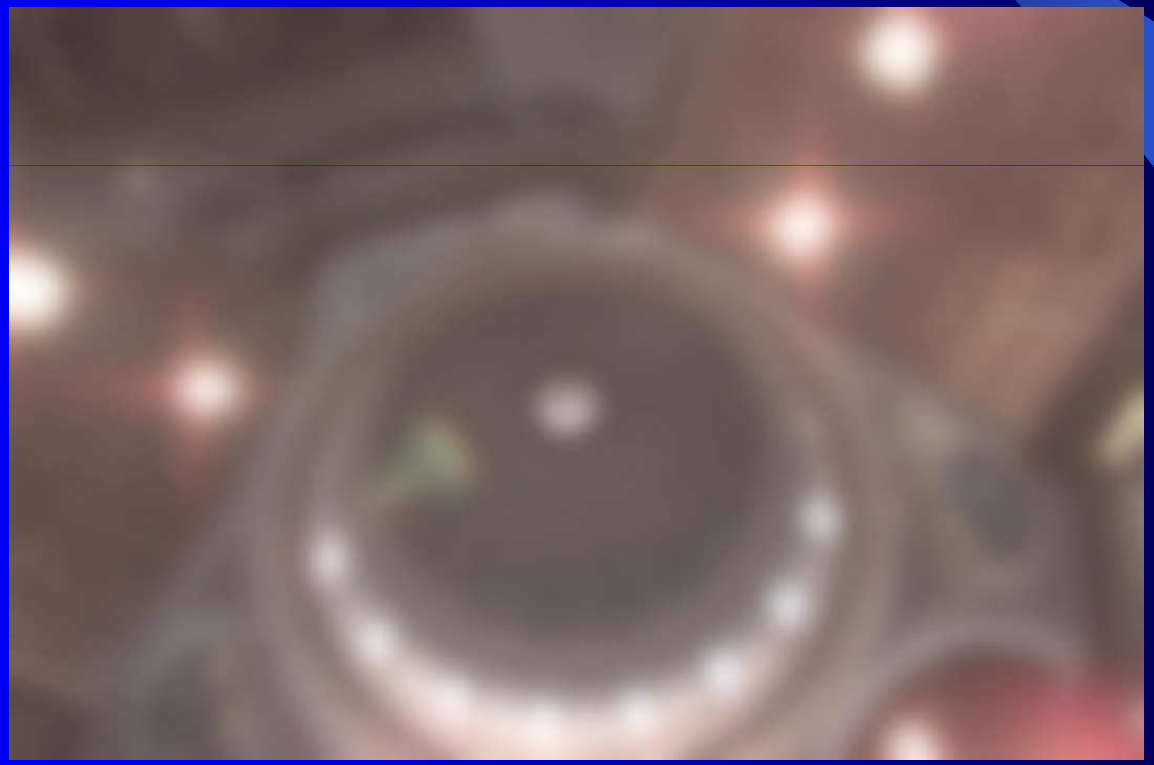


Effets de post-production

- Lens Flare

Effets de post-production

- Halos…



HDRI - Formats

- Portable float map (.pmf)
- Floating Point TIFF (.tif)
- Greg Ward Radiance (.hdr)
- …

HDRI - Formats

- Portable float map (.pmf) & Floating Point TIFF (.tif)
  - 32 bits par canal => 96 bits par pixel
  - 1 bit de signe
  - 8 bits d’exposant
  - 23 bits de mantisse

HDRI - Formats

- Greg Ward Radiance (.hdr)
  - 32 bits par pixel
  - 8 bits par canal
  - 8 bits d’exposant

Conclusion

- HDRI vs LDRI
- Utilisation
  - Tone Mapping
  - Eclairage à base d'image
  - …

Autres sources d'informations

- http://www.anyhere.com/gward/
- http://www.debevec.org/
- http://www.cs.huji.ac.il/~danix/hdr/