

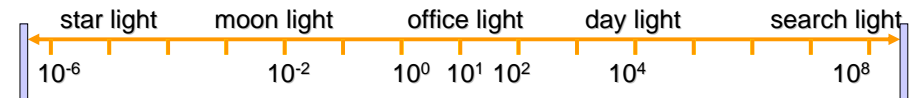
Introduction au Tone Mapping

Kadi Bouatouch

1

HDR Tone Mapping Problem

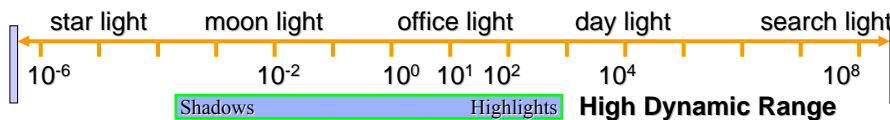
- the absolute range of environmental radiances is vast (> 8 log units)



2

Problème de Tone Mapping HDR

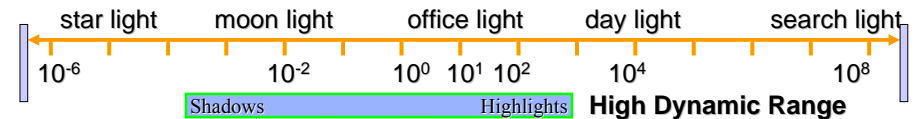
- L'échelle des luminances dans une scène peut être très grande (>4 log units)



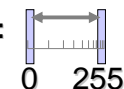
3

HDR Tone Mapping Problem

- the absolute and dynamic range of display device is small ($\sim 1.5 - 2.0$ log units)



Range of Typical Displays:
from ~ 1 to ~ 100 cd/m^2



4

HDR Tone Mapping Problem

How do we compress an HDR image so as to realistically display on a LDR display device?



Image Source: [Garett Johnson, RIT](#)

HDR Range Compression



6

HDR Range Compression



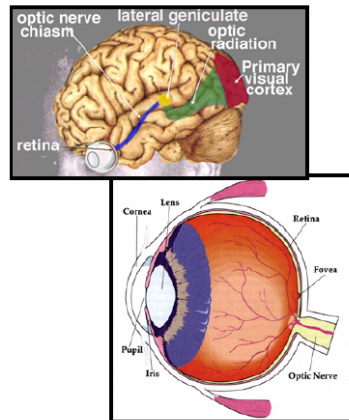
7

HDR Range Compression



8

Système visuel humain

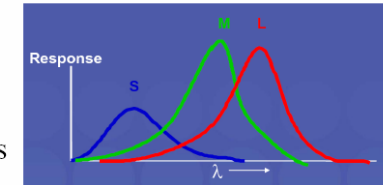


- Structure physiologique établie
- Comportement perceptif est très complexe

9

La rétine

- Convertit la lumière en signaux vers le cerveau
- Batonnets
 - achromatiques
 - seulement sensibles aux basses intensités
- Cônes
 - vision en couleurs
 - sensibles seulement aux hautes intensités
 - 3 types



10

Sensation lumineuse

- Rétine susceptible de varier de sensibilité en fonction de la lumière qui vient l'exciter
- Adaptation au processus photochimique au niveau des bâtonnets qui renferment un pigment rose, le pourpre rétinien
- Le pourpre rétinien est décomposé par la lumière, ce qui stimule les cellules visuelles qui la traduisent en influx nerveux.

11

Sensation lumineuse

- L'adaptation à une grande quantité de lumière est assez faible, i.e. brève car consommation rapide de pourpre rétinien.
- L'adaptation à une faible quantité de lumière est beaucoup plus lente, car elle nécessite la reconstitution du stock de pourpre.
- Donc, grâce au diaphragme réglable de l'IRIS et à l'adaptation de la sensibilité de la rétine, il est possible de voir assez bien à la clarté de la pleine lune et de ne pas être saturé en plein soleil.

12

Sensation lumineuse

- Sensation lumineuse = Luminosité
- Luminosité (Brightness)
- Luminosité $B = f(L_c, L_f)$
 - L_c : Luminosité d'un objet vu ou calculé
 - L_f : Luminance de fond
 - Formule de Bodman ou Stevens
- $f(L_c, L_f)$: dépend du contraste local

13

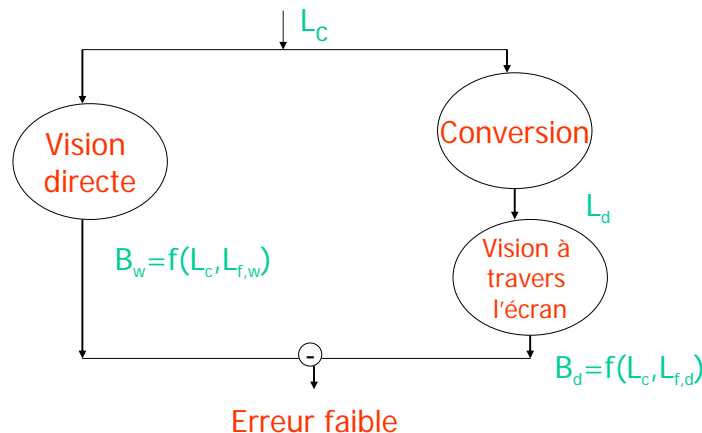
Prise en compte des propriétés psychovisuelles

- Fabriquer une image qui, une fois affichée sur un écran couleur, provoque des sensations visuelles identiques à celles que provoqueraient la vision directe de l'environnement simulé.

14

Fonction de conversion

- Fonction de Tone mapping



15

Méthode : Tumblin & Rushmeier

- Luminosité en fonction de la luminance
Modèle de Stevens :

$$B = 10^{\beta a} \cdot L^{\alpha a}$$

$$\alpha a = 0.4 \cdot \log_{10}(La) + 2.92$$

$$\beta a = -0.4 \cdot (\log_{10}(La))^2 - 2.85 \cdot \log_{10}(La) + 2.02$$

16

Méthode : Tumblin & Rushmeier

- B_w : luminosité dans le monde réel
- B_d : luminosité perçues sur l'écran d'affichage
- Objectif : $B_w = B_d$

$$L_d = L_w^{\alpha a(w)/\alpha a(d)} \cdot 10^{(\beta a(w) - \beta a(d))/\alpha a(d)}$$

17

Méthode : Tumblin & Rushmeier

- W : word ; d : display
- L_a : Luminance d'adaptation

$$L_a(d) = L_{d \max} / \sqrt{C_{\max}}$$

- C_{\max} : contraste de luminance maximal affiché
- $L_a(w)$: luminance moyenne

18

Ajustement d'histogramme

- Objectif : trouver la fonction de conversion réel-écran (tone mapping function)
- Cette fonction dépend de luminances d'adaptation locales.
- But : éviter de les calculer explicitement.
- L'œil s'adapte le mieux au niveau de la fovéa.

19

Ajustement d'histogramme

- Donc on calcule les luminances dans un angle solide de diamètre 1° .
- Ce qui correspond à la fixation d'un point dans la scène au niveau de la fovéa.
- On commence par filtrer l'image originale jusqu'à une résolution pour laquelle chaque pixel carré est vu sous un angle de 1° .

20

Ajustement d'histogramme

- On suppose que la luminance L est une fonction exponentielle de la luminosité B (Brightness) :
 $L = \exp(B)$
- Puisque les luminosité B sont donc intégrées (à l'aide d'un filtre) dans un petit angle solide, elles sont en quelque sorte basées sur une moyenne spatiale.
- Ce qui fait que la fonction de conversion prend en compte les niveaux d'adaptation locale (luminance d'adaptation)

21

Ajustement d'histogramme

- Calcul de l'image résultat, de plus faible résolution égale à:

$$S = \operatorname{tg}(\theta / 2) / 0.01745$$

- S : largeur ou hauteur en pixels
- θ : angle de vue horizontal ou vertical
- 0.01745 : nombre de radians dans un angle de 1°

22

Ajustement d'histogramme



- Exemple, angles de vue en hauteur et largeur pour cette image : 63° et 45°

23

Ajustement d'histogramme

- Mise en œuvre de la limitation
 - Troncature des $f(b_i)$ dépassant le seuil
 - Après troncature, le T change, ce qui fait changer le seuil.
 - Donc itérer jusqu'à ce qu'un critère de tolérance soit satisfait : moins de 2.5% du nombre d'échantillons d'origine dépassent le seuil.

24