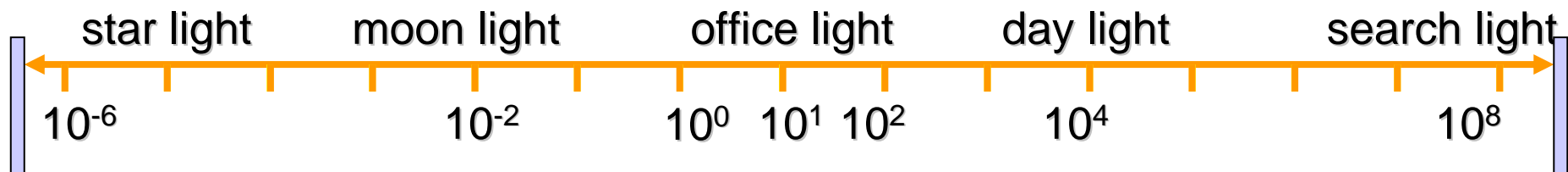


# Introduction au Tone Mapping

Kadi Bouatouch

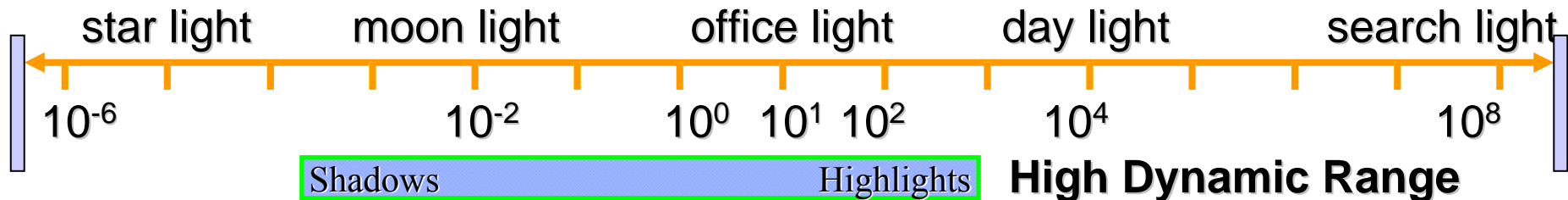
# HDR Tone Mapping Problem

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



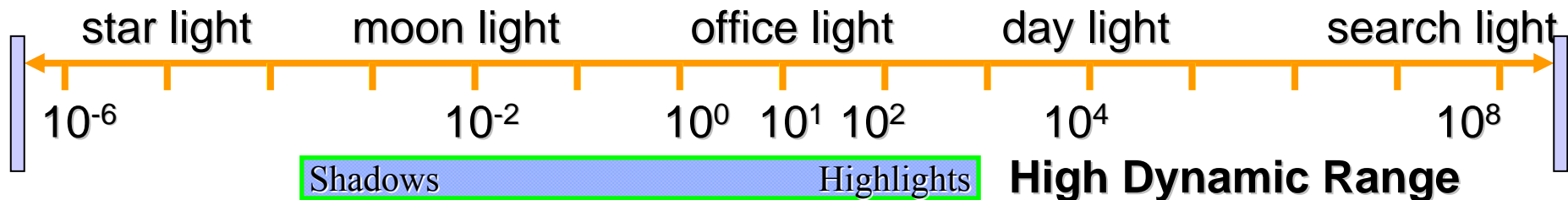
# Problème de Tone Mapping HDR

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

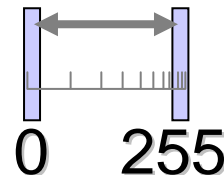


# HDR Tone Mapping Problem

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



**Range of Typical Displays:**  
from ~1 to ~100  $\text{cd/m}^2$



# 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



# HDR Range Compression

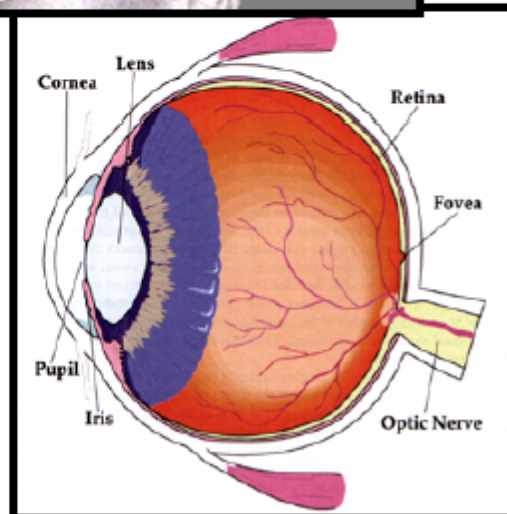
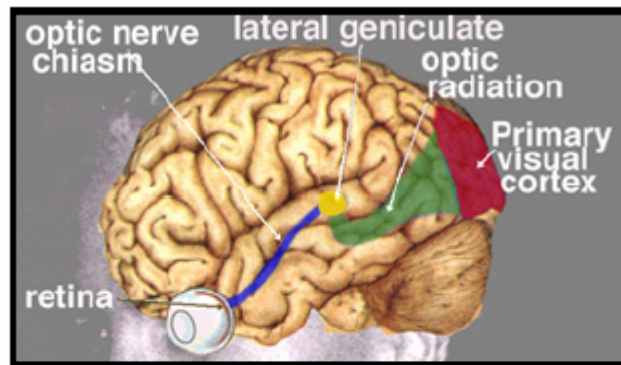


# HDR Range Compression





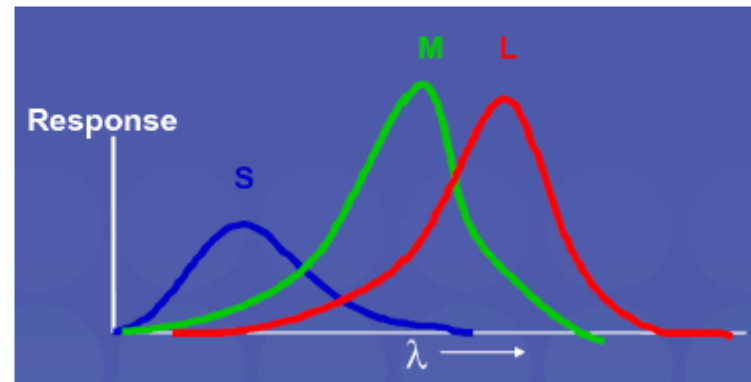
# Systeme visuel humain



- Structure physiologique établie
- Comportement perceptif est très complexe

# La rétine

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



# 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.

# 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.**

# Sensation lumineuse

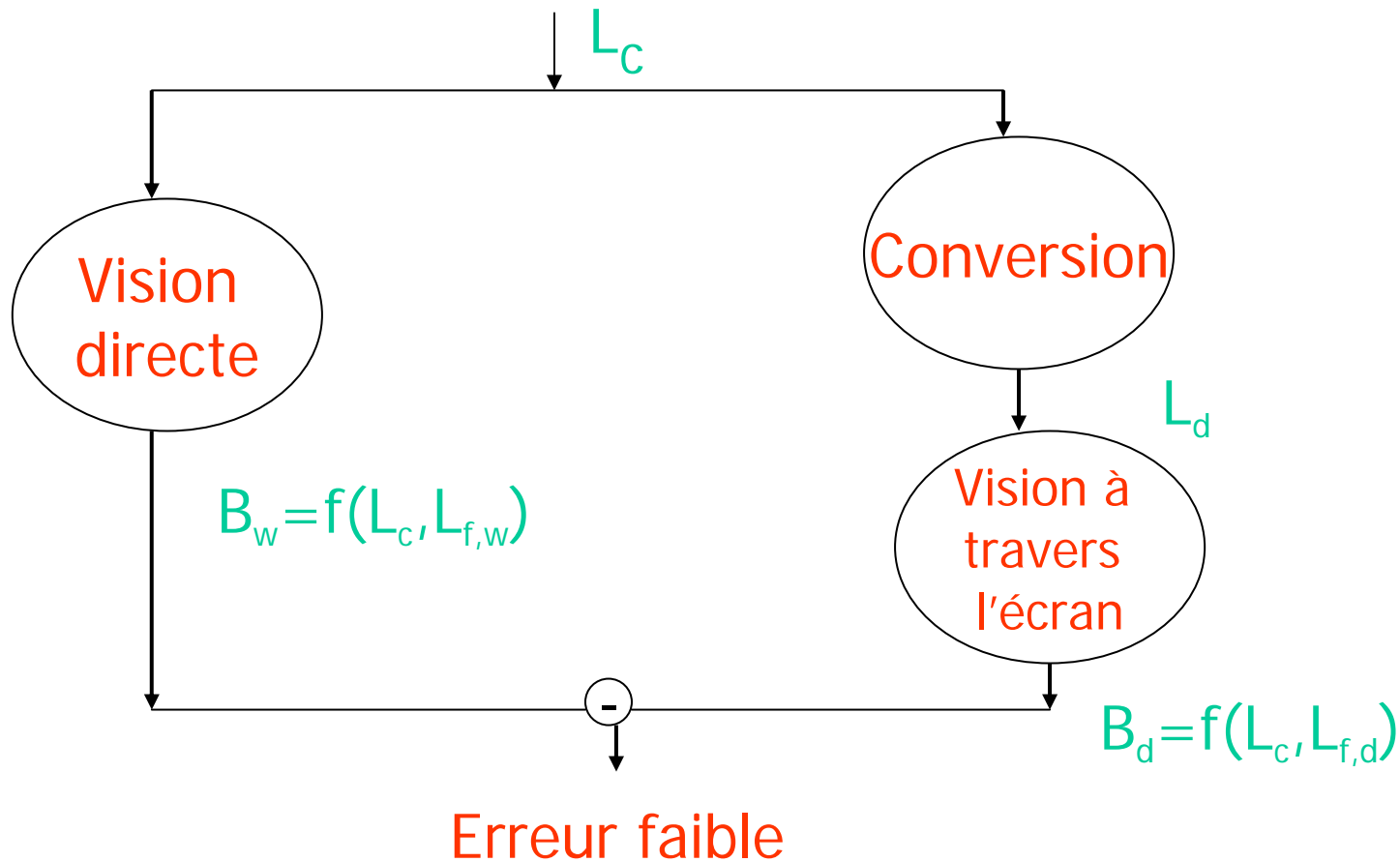
- Sensation lumineuse = Luminosité
- Luminosité (Brightness)
- Luminosité  $B = f(L_c, L_f)$ 
  - $L_c$  : Luminosité d'un objet vu ou calculé
  - $L_f$  : Luminance de fond
  - Formule de Bodman ou Stevens
- $f(L_c, L_f)$  : dépend du contraste local

# 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.

# Fonction de conversion

- Fonction de Tone mapping



# Méthode : Tumblin & Rushmeier

- Luminosité en fonction de la luminance  
Modèle de Stevens :

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

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

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



# Méthode : Tumblin & Rushmeier

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

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

# 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

# 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.

# Ajustement d'histogramme

- Donc on calcule les luminances dans un angle solide de diamètre  $1^\circ$ .
- 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  $1^\circ$ .

# 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)

# Ajustement d'histogramme

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

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

- S : largeur ou hauteur en pixels
- $\theta$ : angle de vue horizontal ou vertical
- 0.01745 : nombre de radians dans un angle de  $1^\circ$

# Ajustement d'histogramme



- Exemple, angles de vue en hauteur et largeur pour cette image :  $63^\circ$  et  $45^\circ$

# 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.