

Partie A — thème 2

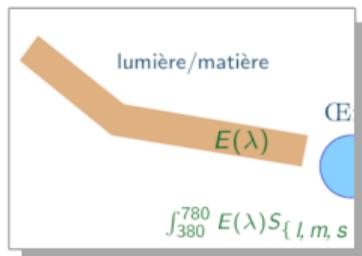
Formation et perception des couleurs

« *Indeed rays, properly expressed, are not colored.* »

Newton

1. De la lumière à la couleur

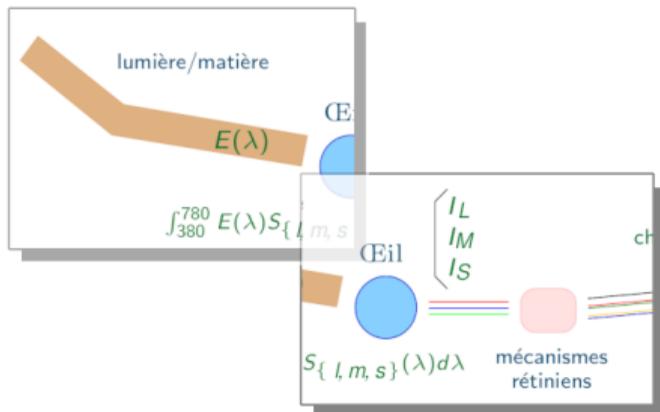
- ▶ Rappel : la formation des images, et donc celle des couleurs, résulte de la conjonction de trois processus :



- ▶ phénomène **physique**
 - ▶ *rayonnement électromagnétique*
 - ▶ *interaction lumière/matière*
- ▶ mécanisme **physiologique**
 - ▶ *photorécepteurs de la rétine*
 - ▶ *cellules ganglionnaires (neurones)*
- ▶ traitement **psychovisuels**
 - ▶ *cortex visuel*

1. De la lumière à la couleur

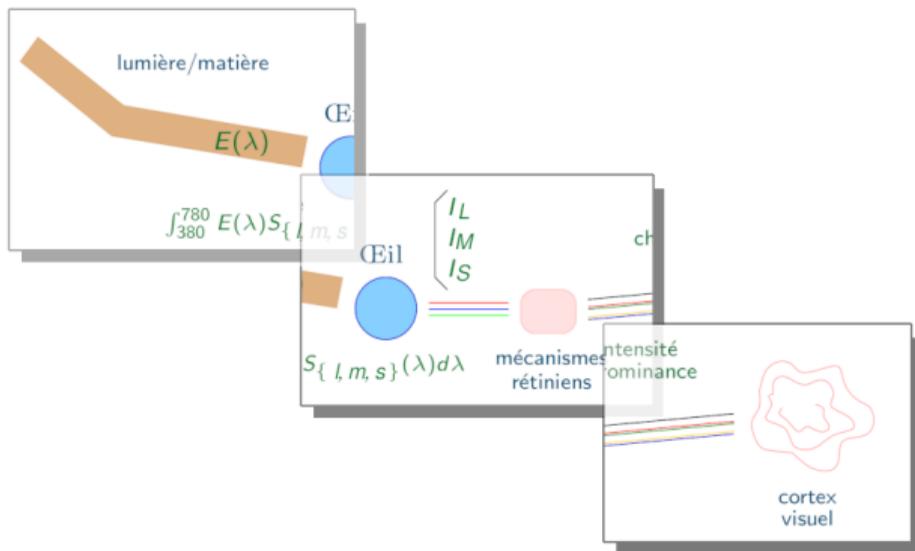
- ▶ Rappel : la formation des images, et donc celle des couleurs, résulte de la conjonction de trois processus :



- ▶ phénomène **physique**
 - ▶ *rayonnement électromagnétique*
 - ▶ *interaction lumière/matière*
- ▶ mécanisme **physiologique**
 - ▶ *photorécepteurs de la rétine*
 - ▶ *cellules ganglionnaires (neurones)*
- ▶ traitement **psychovisuels**
 - ▶ *cortex visuel*

1. De la lumière à la couleur

- ▶ Rappel : la formation des images, et donc celle des couleurs, résulte de la conjonction de trois processus :



- ▶ phénomène **physique**
 - ▶ *rayonnement électromagnétique*
 - ▶ *interaction lumière/matière*
- ▶ mécanisme **physiologique**
 - ▶ *photorécepteurs de la rétine*
 - ▶ *cellules ganglionnaires (neurones)*
- ▶ traitement **psychovisuels**
 - ▶ *cortex visuel*

2. Le phénomène physique

2.1. Caractéristiques physiques de la lumière

○ Information lumineuse : photons

▶ vitesse c

▶ fréquence $\nu \leftrightarrow$ longueur d'onde λ (distance parcourue durant une période) :

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

▶ fréquence $\nu \leftrightarrow$ énergie E

$$E = h\nu \quad (\text{constante de Planck})$$

○ Rayon lumineux : flux de photons

▶ énergie sur une longueur d'onde : $h\nu \times$ nombre de photons

▶ DSE : répartition de l'énergie (densité de photons) sur le spectre visible

$$E(\lambda) : [380nm, 780nm] \rightarrow \mathbb{R}$$

2. Le phénomène physique

2.1. Caractéristiques physiques de la lumière

○ Information lumineuse : photons

- ▶ vitesse c
- ▶ fréquence $\nu \leftrightarrow$ longueur d'onde λ (distance parcourue durant une période) :

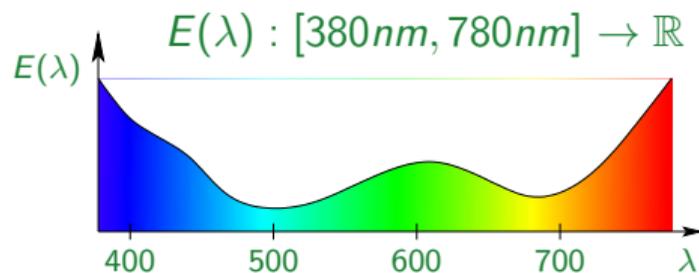
$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

- ▶ fréquence $\nu \leftrightarrow$ énergie E

$$E = h\nu \quad (\text{constante de Planck})$$

○ Rayon lumineux : flux de photons

- ▶ énergie sur une longueur d'onde : $h\nu \times$ nombre de photons
- ▶ DSE : répartition de l'énergie (densité de photons) sur le spectre visible



★ Couleur et énergie

- Une des caractéristiques d'un laser est d'être **monochrome** (une autre est d'être directif : une lumière laser se propage sous la forme d'un rayon).
- On considère deux sources lasers, l'une **bleue** et l'autre **rouge**, émettant une même quantité de photons par unité de temps.



A

les énergies des deux lasers sont identiques

B

l'énergie du laser bleu est supérieure à celle du laser rouge

C

l'énergie du laser rouge est supérieure à celle du laser bleu

★ Couleur et énergie

- Une des caractéristiques d'un laser est d'être **monochrome** (une autre est d'être directif : une lumière laser se propage sous la forme d'un rayon).
- On considère deux sources lasers, l'une **bleue** et l'autre **rouge**, émettant une même quantité de photons par unité de temps.



les énergies des deux lasers sont identiques



l'énergie du laser bleu est supérieure à celle du laser rouge



l'énergie du laser rouge est supérieure à celle du laser bleu

★ Couleur et énergie

- Une des caractéristiques d'un laser est d'être **monochrome** (une autre est d'être directif : une lumière laser se propage sous la forme d'un rayon).
- On considère deux sources lasers, l'une **bleue** et l'autre **rouge**, émettant une même quantité de photons par unité de temps.



- A les énergies des deux lasers sont identiques
- B** l'énergie du laser bleu est supérieure à celle du laser rouge
- C l'énergie du laser rouge est supérieure à celle du laser bleu

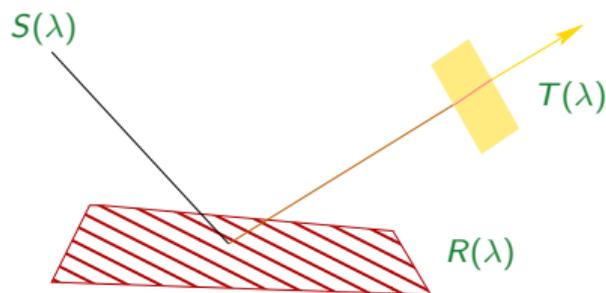
2.2. Interactions lumière-matière

- ▶ $S(\lambda)$: source lumineuse
- ▶ $R(\lambda)$: réflectance d'une surface

$$R(\lambda) : [\lambda_{min}, \lambda_{max}] \rightarrow [0, 1]$$

- ▶ $T(\lambda)$: transmittance d'un filtre

$$T(\lambda) : [\lambda_{min}, \lambda_{max}] \rightarrow [0, 1]$$



- ▶ interactions :

$$S(\lambda) \times R(\lambda) \times T(\lambda) \dots$$

⇒ les couleurs perçues dépendent des caractéristiques de la source lumineuse

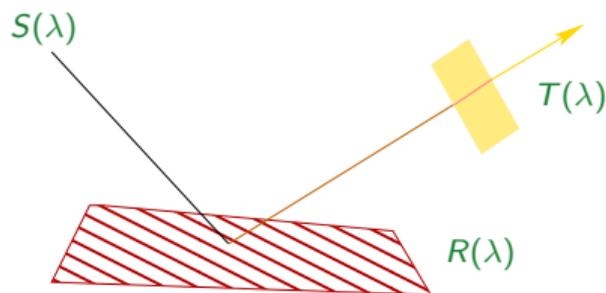
2.2. Interactions lumière-matière

- ▶ $S(\lambda)$: source lumineuse
- ▶ $R(\lambda)$: réflectance d'une surface

$$R(\lambda) : [\lambda_{min}, \lambda_{max}] \rightarrow [0, 1]$$

- ▶ $T(\lambda)$: transmittance d'un filtre

$$T(\lambda) : [\lambda_{min}, \lambda_{max}] \rightarrow [0, 1]$$



- ▶ interactions :

$$S(\lambda) \times R(\lambda) \times T(\lambda) \dots$$

⇒ les couleurs perçues dépendent des caractéristiques de la source lumineuse

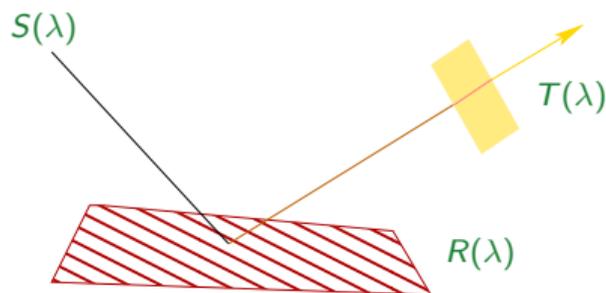
2.2. Interactions lumière-matière

- ▶ $S(\lambda)$: source lumineuse
- ▶ $R(\lambda)$: réflectance d'une surface

$$R(\lambda) : [\lambda_{min}, \lambda_{max}] \rightarrow [0, 1]$$

- ▶ $T(\lambda)$: transmittance d'un filtre

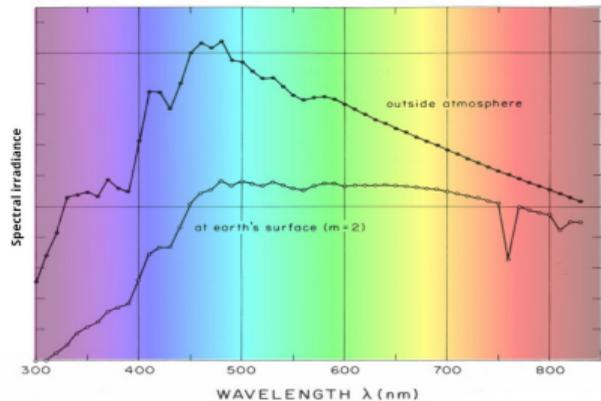
$$T(\lambda) : [\lambda_{min}, \lambda_{max}] \rightarrow [0, 1]$$



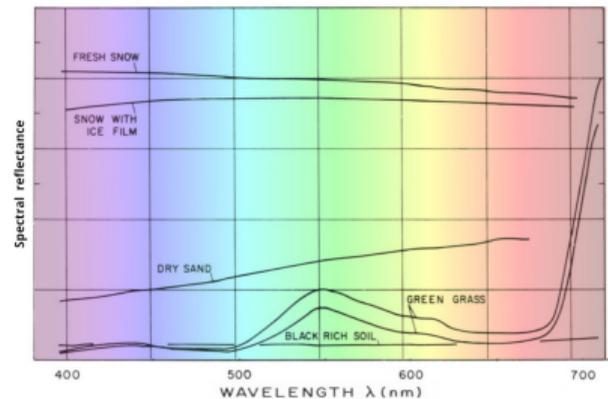
- ▶ interactions :

$$S(\lambda) \times R(\lambda) \times T(\lambda) \dots$$

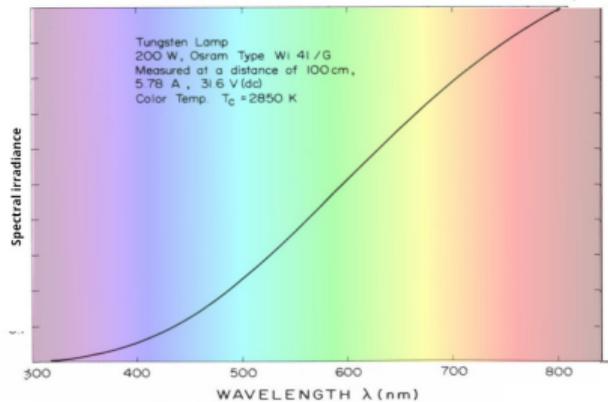
⇒ les couleurs perçues dépendent des caractéristiques de la source lumineuse



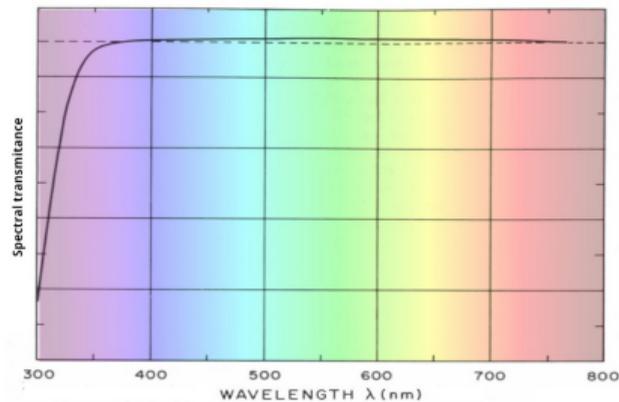
NASA standard data of spectral irradiance for the solar disk outside the atmosphere and at earth's surface



Spectral reflectance curves of some typical natural objects (after Krinov, 1947).



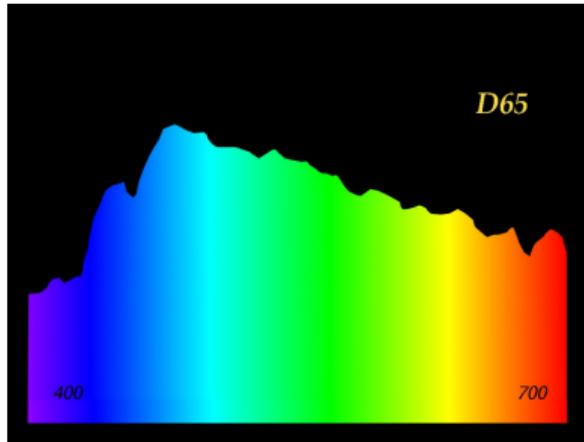
Spectral irradiance distribution of a tungsten filament lamp operating at a color-temperature of 2850



Typical spectral transmittance curve of a glass envelope of a 500 W tungsten filament lamp

2.3. Caractérisation de sources lumineuses par des illuminants standards

- ▶ DSE normalisées d'une trentaine de technologies de sources lumineuses
- ▶ définies numériquement : utilisables en imagerie numérique
- ▶ quelques exemples :
 - ▶ *D65* : photo (lumière extérieure midi)
 - ▶ *D50* : imprimerie (lumière intérieure)
 - ▶ *D55* : intermédiaire
 - ▶ *E* : distribution uniforme (égale énergie)



2.4. Caractérisation des sources lumineuses par une température

- ▶ repose sur le modèle physique du **corps noir**
 - ▶ modèle établie par Planck en 1900
 - ▶ corps noir : corps idéal absorbant tous les rayonnements électromagnétiques
 - ▶ expression de la DSE $E_T(\lambda)$ de la **lumière émise par un corps noir chauffé** à la température T
 - ▶ permet de caractériser les **sources lumineuses visibles** \leftrightarrow rayonnements thermique
 - ▶ *flamme, filament chauffé, réaction nucléaire du soleil, etc*
 - ▶ *corrélation température T / couleur de la source lumineuse visible de DSE $E_T(\lambda)$*
- ▶ intérêt des **températures de couleur**
 - ▶ certaines sources se comportent physiquement comme des corps noir (e.g. le soleil)
 - ▶ les autres en sont **visuellement proches** : approximation par une DSE $E_T(\lambda)$
 - ▶ **simplicité** de la représentation
 - ▶ référence pour le **calibrage de couleurs** : photographie, cinéma, éclairage, publication, etc.
- ▶ **corrélation énergie / longueur d'onde**
 - ▶ basses températures \rightarrow basses énergies \rightarrow hautes longueurs d'onde \rightarrow zone des rouges
 - ▶ hautes températures \rightarrow hautes énergies \rightarrow basses longueurs d'onde \rightarrow zone des bleus

2.4. Caractérisation des sources lumineuses par une température

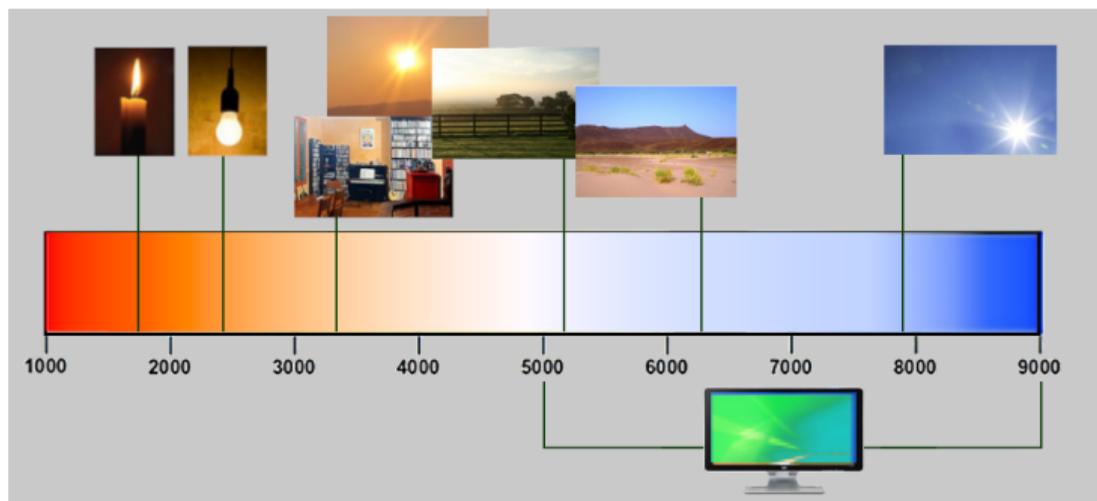
- ▶ repose sur le modèle physique du **corps noir**
 - ▶ modèle établie par Planck en 1900
 - ▶ corps noir : corps idéal absorbant tous les rayonnements électromagnétiques
 - ▶ expression de la DSE $E_T(\lambda)$ de la **lumière émise par un corps noir chauffé** à la température T
 - ▶ permet de caractériser les **sources lumineuses visibles** \leftrightarrow rayonnements thermique
 - ▶ *flamme, filament chauffé, réaction nucléaire du soleil, etc*
 - ▶ *corrélation température T / couleur de la source lumineuse visible de DSE $E_T(\lambda)$*
- ▶ intérêt des **températures de couleur**
 - ▶ certaines sources se comportent physiquement comme des corps noir (e.g. le soleil)
 - ▶ les autres en sont **visuellement proches** : approximation par une DSE $E_T(\lambda)$
 - ▶ **simplicité** de la représentation
 - ▶ référence pour le **calibrage de couleurs** : photographie, cinéma, éclairage, publication, etc.
- ▶ **corrélation énergie / longueur d'onde**
 - ▶ basses températures \rightarrow basses énergies \rightarrow hautes longueurs d'onde \rightarrow zone des rouges
 - ▶ hautes températures \rightarrow hautes énergies \rightarrow basses longueurs d'onde \rightarrow zone des bleus

2.4. Caractérisation des sources lumineuses par une température

- ▶ repose sur le modèle physique du **corps noir**
 - ▶ modèle établie par Planck en 1900
 - ▶ corps noir : corps idéal absorbant tous les rayonnements électromagnétiques
 - ▶ expression de la DSE $E_T(\lambda)$ de la **lumière émise par un corps noir chauffé** à la température T
 - ▶ permet de caractériser les **sources lumineuses visibles** \leftrightarrow rayonnements thermique
 - ▶ *flamme, filament chauffé, réaction nucléaire du soleil, etc*
 - ▶ *corrélation température T / couleur de la source lumineuse visible de DSE $E_T(\lambda)$*
- ▶ intérêt des **températures de couleur**
 - ▶ certaines sources se comportent physiquement comme des corps noir (e.g. le soleil)
 - ▶ les autres en sont **visuellement proches** : approximation par une DSE $E_T(\lambda)$
 - ▶ **simplicité** de la représentation
 - ▶ référence pour le **calibrage de couleurs** : photographie, cinéma, éclairage, publication, etc.
- ▶ **corrélation énergie / longueur d'onde**
 - ▶ basses températures \rightarrow basses énergies \rightarrow hautes longueurs d'onde \rightarrow zone des rouges
 - ▶ hautes températures \rightarrow hautes énergies \rightarrow basses longueurs d'onde \rightarrow zone des bleus

► quelques températures de référence

- $1500K - 2500K$: bougie, lampe incandescente
- $3000K - 4000K$: lever ou coucher de soleil, éclairage intérieur chaud
- $> 5000K$: lumière du jour
- $6500K$: éclairage naturel midi
- $9000K$: ciel bleu intense (jusqu'à $20000K$ et plus par ciel clair aux pôles)



- $5000K/6500K/9000K$: calibrage écrans

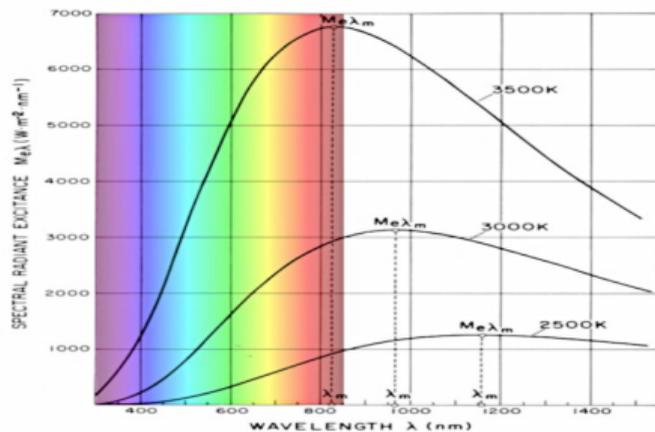
► expression de la loi de radiation de Planck

$$T \rightarrow E_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 (e^{hc/kT\lambda} - 1)}$$

T : température en degrés kelvins

λ : longueur d'onde

h, k, c : constantes physiques (cte de Planck, cte de Boltzmann, vitesse de la lumière)



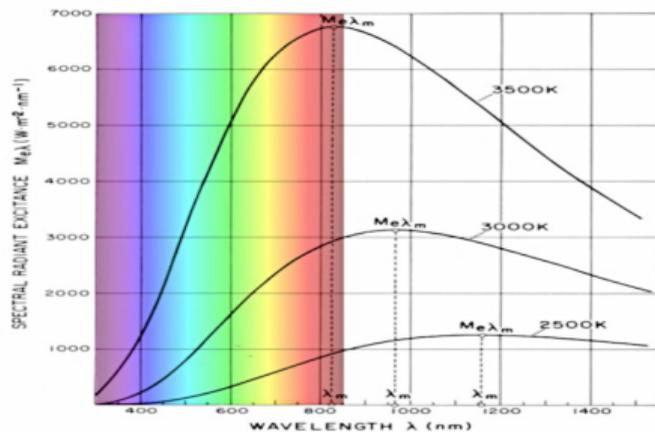
► expression de la loi de radiation de Planck

$$T \rightarrow E_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 (e^{hc/kT\lambda} - 1)}$$

T : température en degrés kelvins

λ : longueur d'onde

h, k, c : constantes physiques (cte de Planck, cte de Boltzmann, vitesse de la lumière)



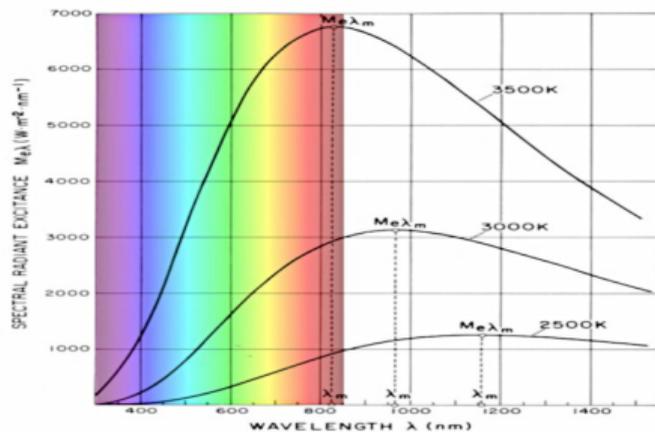
► expression de la loi de radiation de Planck

$$T \rightarrow E_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 (e^{hc/kT\lambda} - 1)}$$

T : température en degrés kelvins

λ : longueur d'onde

h , k , c : constantes physiques (cte de Planck, cte de Boltzmann, vitesse de la lumière)



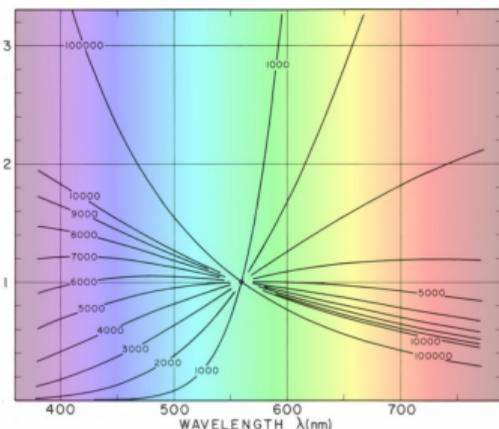
- ▶ en pratique, on peut utiliser

$$E_T(\lambda) = \alpha_T \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} c_1 = 3.7415 \cdot 10^{29} \\ c_2 = 1.4388 \cdot 10^7 \end{cases}$$

- ▶ par convention, on normalise $E_T(\lambda)$ à 1 pour $\lambda = 560$ nm :

$$E_T(560) = \alpha_T \frac{c_1}{560^5 (e^{c_2/560 T} - 1)} = 1$$

$$\Rightarrow \alpha_T = \frac{1}{\frac{c_1}{560^5 (e^{c_2/560 T} - 1)}} = \frac{560^5 (e^{c_2/560 T} - 1)}{c_1}$$



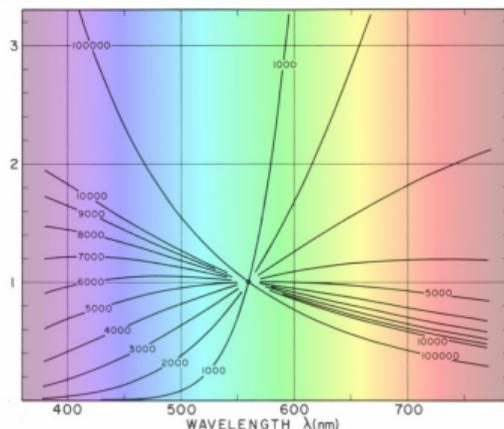
- ▶ en pratique, on peut utiliser

$$E_T(\lambda) = \alpha_T \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} c_1 = 3.7415 \cdot 10^{29} \\ c_2 = 1.4388 \cdot 10^7 \end{cases}$$

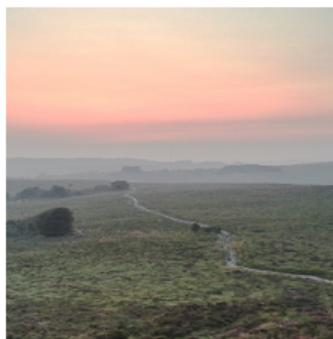
- ▶ par convention, on normalise $E_T(\lambda)$ à 1 pour $\lambda = 560 \text{ nm}$:

$$E_T(560) = \alpha_T \frac{c_1}{560^5 (e^{c_2/560T} - 1)} = 1$$

$$\Rightarrow \alpha_T = \frac{1}{\frac{c_1}{560^5 (e^{c_2/560T} - 1)}} = \frac{560^5 (e^{c_2/560T} - 1)}{c_1}$$



★ Température de couleur



I_1



I_2



I_3



I_4

On note T_k la température de couleur de la source lumineuse de la scène représentée sur l'image I_k .

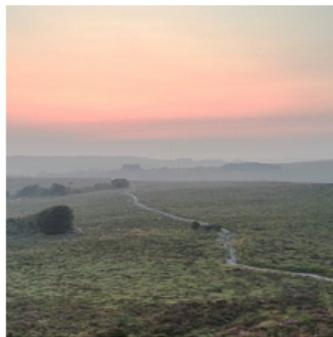
A : $T_2 < T_1 < T_3 < T_4$

C : $T_4 < T_1 < T_3 < T_2$

B : $T_4 < T_3 < T_1 < T_2$

D : $T_1 < T_4 < T_2 < T_3$

★ Température de couleur



I_1



I_2



I_3



I_4

On note T_k la température de couleur de la source lumineuse de la scène représentée sur l'image I_k .

A : $T_2 < T_1 < T_3 < T_4$

C : $T_4 < T_1 < T_3 < T_2$

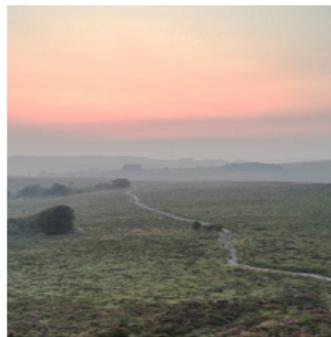
B : $T_4 < T_3 < T_1 < T_2$

D : $T_1 < T_4 < T_2 < T_3$

★ Température de couleur



I_4



I_1



I_3



I_2

On note T_k la température de couleur de la source lumineuse de la scène représentée sur l'image I_k .

A : $T_2 < T_1 < T_3 < T_4$

C : $T_4 < T_1 < T_3 < T_2$

B : $T_4 < T_3 < T_1 < T_2$

D : $T_1 < T_4 < T_2 < T_3$

★ Interaction lumière matière : $E(\lambda) = S(\lambda) \times R(\lambda) \times T(\lambda) \dots$



I_1



I_2

On simule l'éclairage par une source S d'une photo posée sur un fond gris (images I_1 et I_2). Retrouvez pour chaque image la température de couleur de la source S .

	I_1	I_2
A	6500	4500
B	4500	6500

★ Interaction lumière matière : $E(\lambda) = S(\lambda) \times R(\lambda) \times T(\lambda) \dots$



I_1



I_2

On simule l'éclairage par une source S d'une photo posée sur un fond gris (images I_1 et I_2). Retrouvez pour chaque image la température de couleur de la source S .

	I_1	I_2
A	6500	4500
B	4500	6500

★ Interaction lumière matière : $E(\lambda) = S(\lambda) \times R(\lambda) \times T(\lambda) \dots$

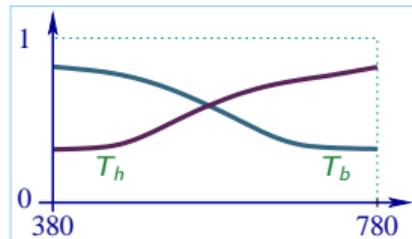


I_1



I_2

On simule le filtrage de l'image I_2 (éclairage à 4500K) avec le filtre T_h ou T_b (images I_3 et I_4). Retrouver pour chaque image le filtre utilisé.



	I_1	I_2
A	T_b	T_h
B	T_h	T_b

★ Interaction lumière matière : $E(\lambda) = S(\lambda) \times R(\lambda) \times T(\lambda) \dots$

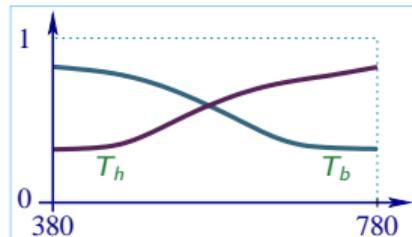


I_1



I_2

On simule le filtrage de l'image I_2 (éclairage à 4500K) avec le filtre T_h ou T_b (images I_3 et I_4). Retrouver pour chaque image le filtre utilisé.



	I_1	I_2
A	T_b	T_h
B	T_h	T_b

3. Le mécanisme physiologique

3.1. Les photorécepteurs de la rétine.

- Capteurs caractérisés par une **courbe de sensibilité**

- ▶ $s(\lambda) : [380, 780] \rightarrow [0, 1]$

- ▶ $s(\lambda)$ exprime la sensibilité du capteur à la longueur d'onde λ

Exemples :

- ▶ $s(\lambda) = 0, \forall \lambda$: capteur inactif

- ▶ $s(\lambda) = 1, \forall \lambda$: capteur neutre

- ▶ $s(\lambda) = 1, \forall \lambda < 550nm$ et 0 sinon : capteur sensible aux verts, bleus, violets

- ▶ *information mesurée par le capteur s recevant une DSE $E(\lambda)$:*

$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda)s(\lambda)d\lambda$$

- ▶ *mesure la somme des énergies de E pondérées par s*

3. Le mécanisme physiologique

3.1. Les photorécepteurs de la rétine.

- Capteurs caractérisés par une **courbe de sensibilité**

- ▶ $s(\lambda) : [380, 780] \rightarrow [0, 1]$

- ▶ $s(\lambda)$ exprime la sensibilité du capteur à la longueur d'onde λ

Exemples :

- ▶ $s(\lambda) = 0, \forall \lambda$: capteur inactif

- ▶ $s(\lambda) = 1, \forall \lambda$: capteur neutre

- ▶ $s(\lambda) = 1, \forall \lambda < 550nm$ et 0 sinon : capteur sensible aux verts, bleus, violets

- ▶ **information mesurée** par le capteur s recevant une DSE $E(\lambda)$:

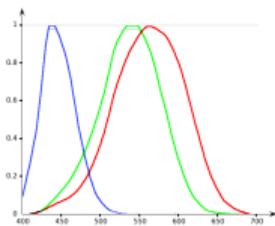
$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda)s(\lambda)d\lambda$$

- ▶ mesure la **somme des énergies** de E pondérées par s

o Caractérisation des capteurs de la rétine

▶ sensibilité des cônes (vision diurne, ou photopique)

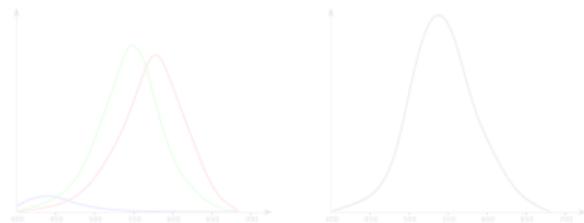
- ▶ $\bar{l}(\lambda)$: sensibilité aux grandes longueurs d'onde
- ▶ $\bar{m}(\lambda)$: sensibilité aux longueurs d'onde moyennes
- ▶ $\bar{s}(\lambda)$: sensibilité aux petites longueurs d'onde



$\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ et $\bar{s}(\lambda)$ normalisées à 1

▶ caractérisation de la luminance Y

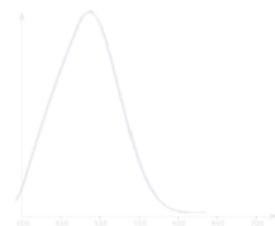
- ▶ quantité de lumière perçue (photopique)
- ▶ courbes pondérées par le nombre de capteurs de chaque type
- ▶ Y : somme de ces trois fonctions



$\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ et $\bar{s}(\lambda)$ pondérées $Y(\lambda)$

▶ sensibilité des bâtonnets (vision nocturne, ou scotopique)

- ▶ monodimensionnel : vision monochrome
- ▶ en absolu, sensibilité plus élevée
- ▶ pic de sensibilité dans les basses longueurs d'onde

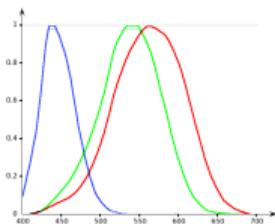


sensibilité des bâtonnets

○ Caractérisation des capteurs de la rétine

▶ sensibilité des cônes (vision diurne, ou photopique)

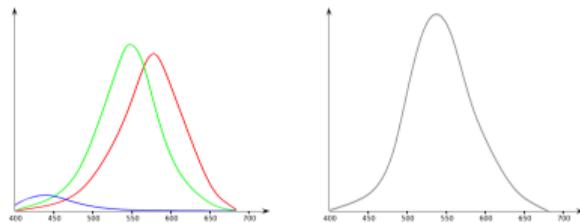
- ▶ $\bar{l}(\lambda)$: sensibilité aux grandes longueurs d'onde
- ▶ $\bar{m}(\lambda)$: sensibilité aux longueurs d'onde moyennes
- ▶ $\bar{s}(\lambda)$: sensibilité aux petites longueurs d'onde



$\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ et $\bar{s}(\lambda)$ normalisées à 1

▶ caractérisation de la luminance Y

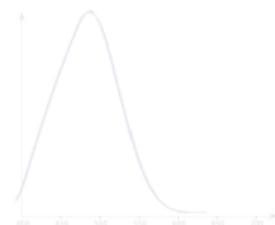
- ▶ quantité de lumière perçue (photopique)
- ▶ courbes pondérées par le nombre de capteurs de chaque type
- ▶ Y : somme de ces trois fonctions



$\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ et $\bar{s}(\lambda)$ pondérées $Y(\lambda)$

▶ sensibilité des bâtonnets (vision nocturne, ou scotopique)

- ▶ monodimensionnel : vision monochrome
- ▶ en absolu, sensibilité plus élevée
- ▶ pic de sensibilité dans les basses longueurs d'onde

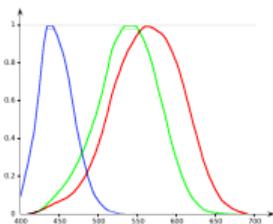


sensibilité des bâtonnets

○ Caractérisation des capteurs de la rétine

▶ sensibilité des cônes (vision diurne, ou photopique)

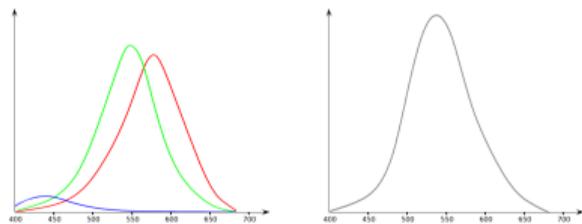
- ▶ $\bar{l}(\lambda)$: sensibilité aux grandes longueurs d'onde
- ▶ $\bar{m}(\lambda)$: sensibilité aux longueurs d'onde moyennes
- ▶ $\bar{s}(\lambda)$: sensibilité aux petites longueurs d'onde



$\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ et $\bar{s}(\lambda)$ normalisées à 1

▶ caractérisation de la luminance Y

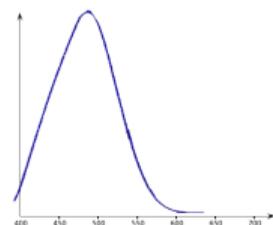
- ▶ quantité de lumière perçue (photopique)
- ▶ courbes pondérées par le nombre de capteurs de chaque type
- ▶ Y : somme de ces trois fonctions



$\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ et $\bar{s}(\lambda)$ pondérées $Y(\lambda)$

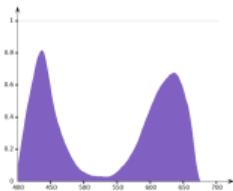
▶ sensibilité des bâtonnets (vision nocturne, ou scotopique)

- ▶ monodimensionnel : vision monochrome
- ▶ en absolu, sensibilité plus élevée
- ▶ pic de sensibilité dans les basses longueurs d'onde

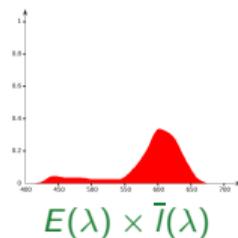
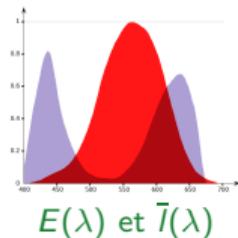


sensibilité des bâtonnets

exemple de simulation de mesure de DSE par les cônes (normalisation arbitraire du résultat)



$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda) \bar{I}(\lambda) d\lambda \longrightarrow$$



→ 0.65

$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda) \bar{m}(\lambda) d\lambda \longrightarrow$$

$E(\lambda)$ et $\bar{m}(\lambda)$



$E(\lambda) \times \bar{m}(\lambda)$

→ 0.33

$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda \longrightarrow$$

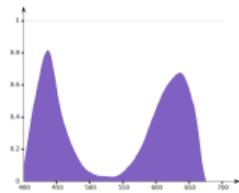
$E(\lambda)$ et $\bar{s}(\lambda)$



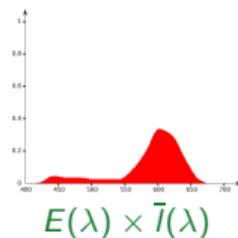
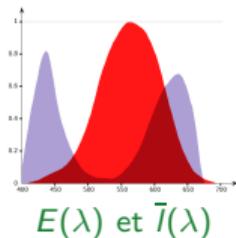
$E(\lambda) \times \bar{s}(\lambda)$

→ 0.75

exemple de simulation de mesure de DSE par les cônes (normalisation arbitraire du résultat)

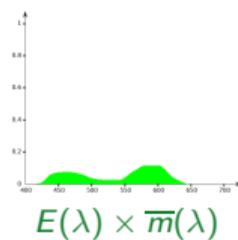
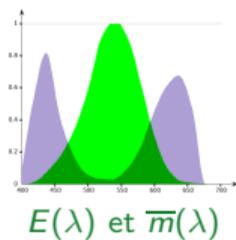


$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda) \bar{I}(\lambda) d\lambda \longrightarrow$$



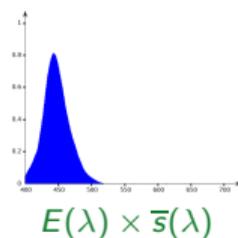
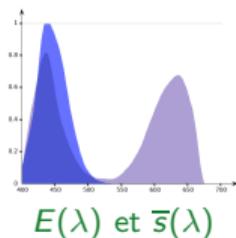
→ 0.65

$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda) \bar{m}(\lambda) d\lambda \longrightarrow$$



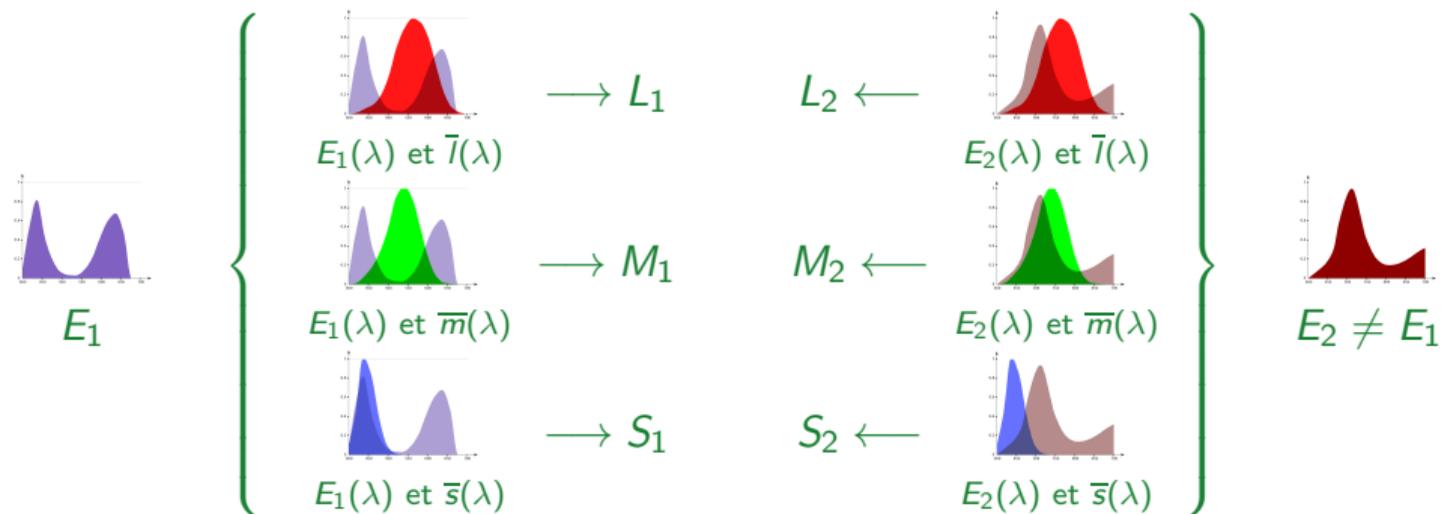
→ 0.33

$$K \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda \longrightarrow$$



→ 0.75

★ Correspondance DSE / couleurs visibles

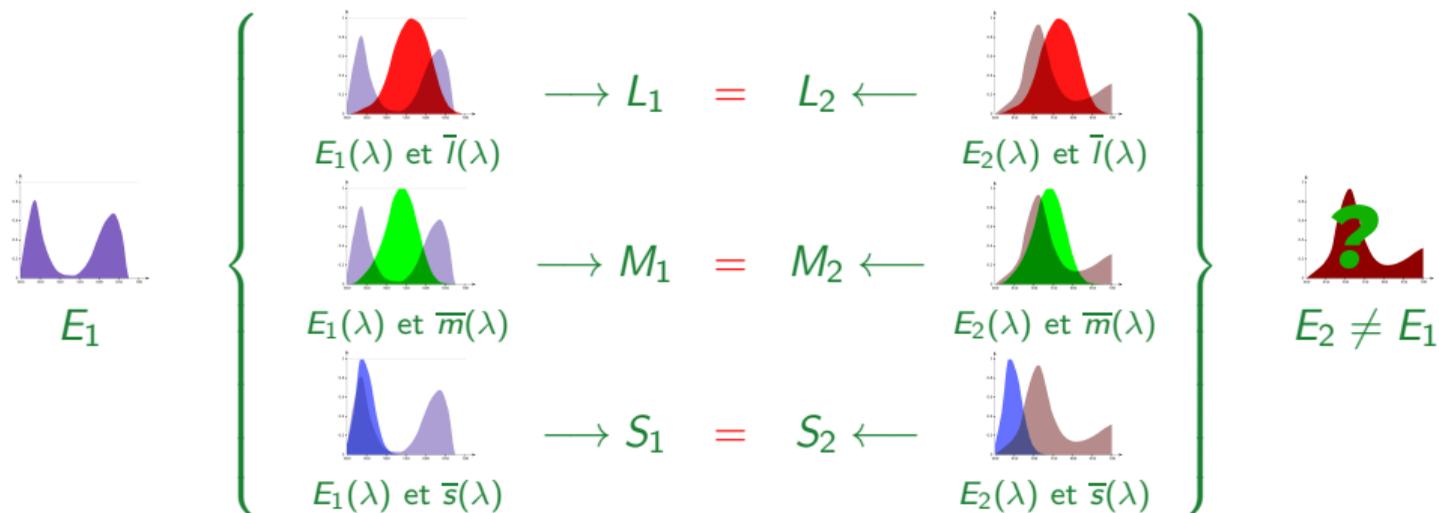


Étant donnée une DSE E_1 , peut-on trouver d'autres DSE de même couleur pour le SVH ?

A	aucune
B	parfois quelques unes

C	en général quelques unes
D	en général un nombre important

★ Correspondance DSE / couleurs visibles

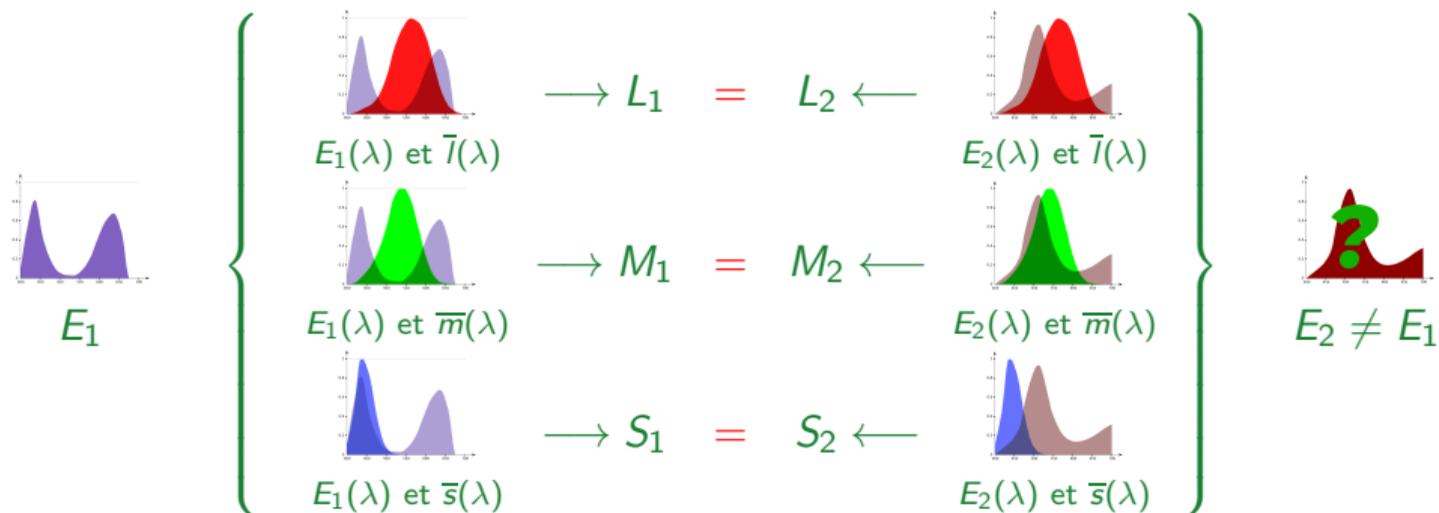


Étant donnée une DSE E_1 , peut-on trouver d'autres DSE de même couleur pour le SVH ?

A	aucune
B	parfois quelques unes

C	en général quelques unes
D	en général un nombre important

★ Correspondance DSE / couleurs visibles



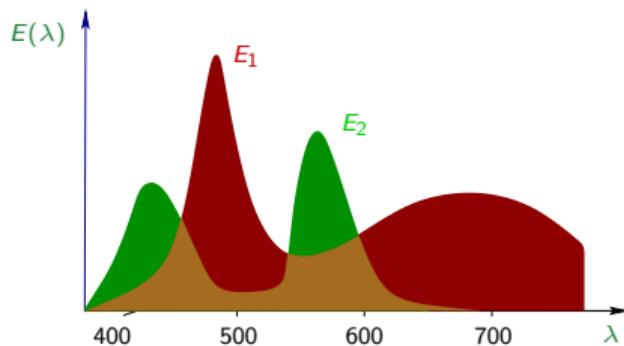
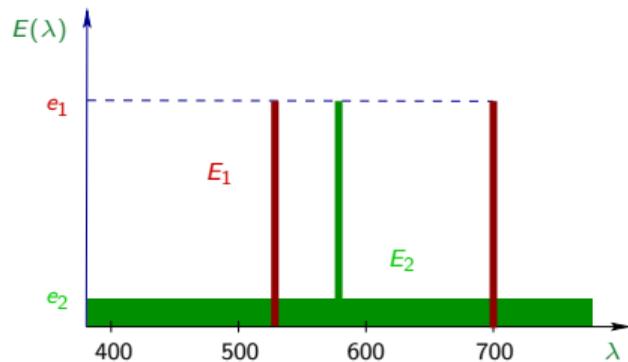
Étant donnée une DSE E_1 , peut-on trouver d'autres DSE de même couleur pour le SVH ?

A	aucune
B	parfois quelques unes

C	en général quelques unes
D	en général un nombre important

○ Couleurs métamères

- ▶ $E_1 \neq E_2$ et les couleurs de E_1 et de E_2 perçues par le SVH sont identiques

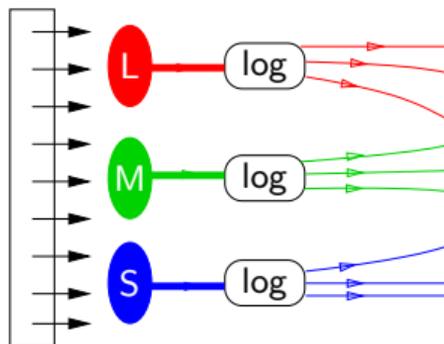


- ▶ importance de trouver un système de description des DSE qui capture cette propriété (voir thème suivant)

3.2. La sensation de couleur

○ Traitements rétinien

- ▶ sensation de couleur : traitement neuronal effectué par les **cellules ganglionnaires** de la rétine
- ▶ modèle **antagoniste** de Hering :



○ Teinte (Hue)

- ▶ *attribut de la sensation visuelle par laquelle une surface apparaît similaire à l'une des couleurs rouge, jaune, bleu et vert, ou à une combinaison de deux d'entre elle.*
- ▶ *associée à une longueur d'onde dominante*

Cercles chromatiques

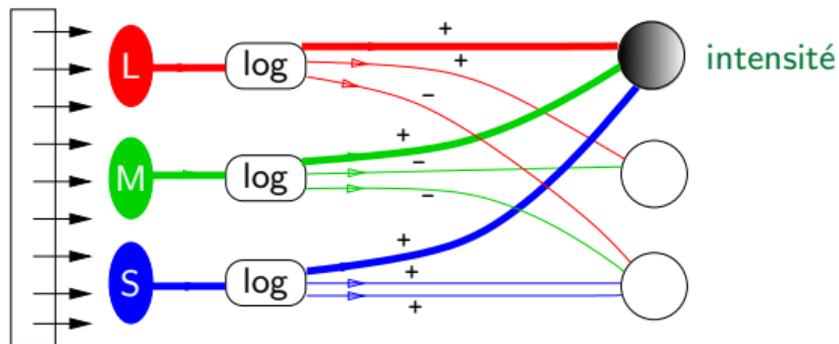
Goethe (1809)

Chevreul (1839)

3.2. La sensation de couleur

○ Traitements rétiniens

- ▶ sensation de couleur : traitement neuronal effectué par les **cellules ganglionnaires** de la rétine
- ▶ modèle **antagoniste** de Hering :



○ Teinte (Hue)

- ▶ *attribut de la sensation visuelle par laquelle une surface apparaît similaire à l'une des couleurs rouge, jaune, bleu et vert, ou à une combinaison de deux d'entre elle.*
- ▶ *associée à une longueur d'onde dominante*

—————
Cercles chromatiques
—————

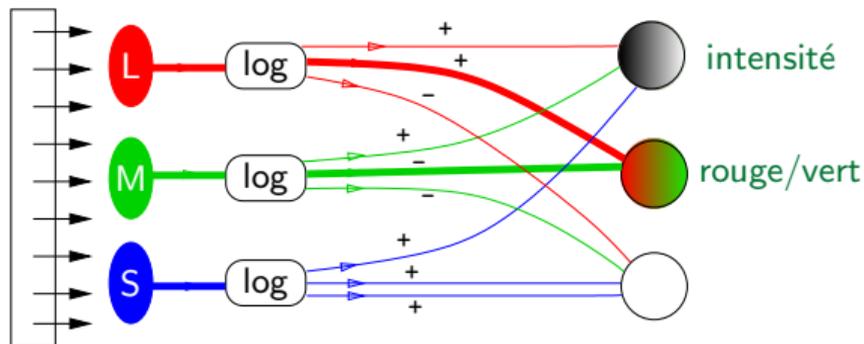
Goethe (1809)

Chevreul (1839)

3.2. La sensation de couleur

○ Traitements rétiniens

- ▶ sensation de couleur : traitement neuronal effectué par les **cellules ganglionnaires** de la rétine
- ▶ modèle **antagoniste** de Hering :



○ Teinte (Hue)

- ▶ *attribut de la sensation visuelle par laquelle une surface apparaît similaire à l'une des couleurs rouge, jaune, bleu et vert, ou à une combinaison de deux d'entre elle.*
- ▶ *associée à une longueur d'onde dominante*

Cercles chromatiques

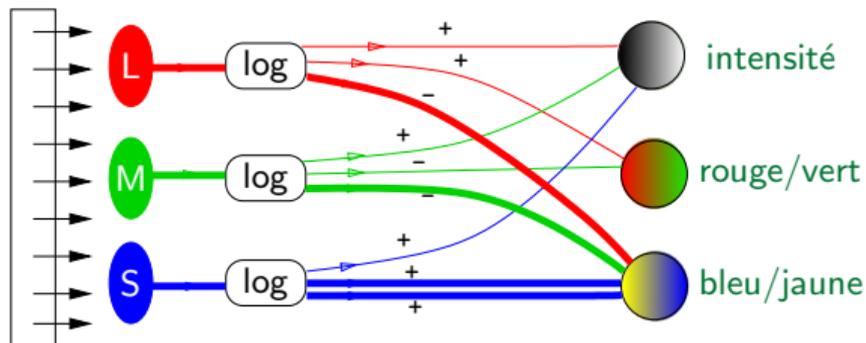
Goethe (1809)

Chevreul (1839)

3.2. La sensation de couleur

○ Traitements rétiniens

- ▶ sensation de couleur : traitement neuronal effectué par les **cellules ganglionnaires** de la rétine
- ▶ modèle **antagoniste** de Hering :



○ Teinte (Hue)

- ▶ *attribut de la sensation visuelle par laquelle une surface apparaît similaire à l'une des couleurs rouge, jaune, bleu et vert, ou à une combinaison de deux d'entre elle.*
- ▶ *associée à une longueur d'onde dominante*

—————
Cercles chromatiques
—————

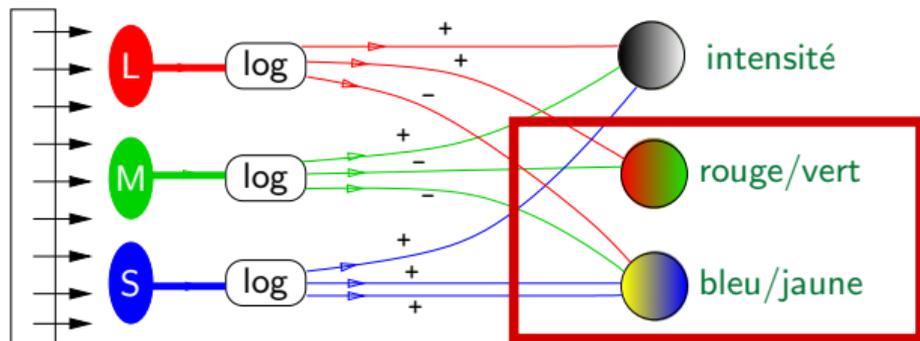
Goethe (1809)

Chevreul (1839)

3.2. La sensation de couleur

○ Traitements rétiniens

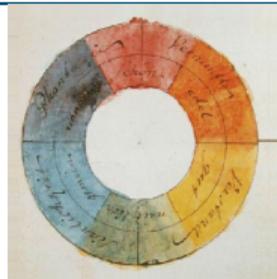
- ▶ sensation de couleur : traitement neuronal effectué par les **cellules ganglionnaires** de la rétine
- ▶ modèle **antagoniste** de Hering :



○ Teinte (Hue)

- ▶ attribut de la **sensation visuelle** par laquelle une surface apparaît similaire à l'une des couleurs **rouge, jaune, bleu et vert**, ou à une combinaison de **deux** d'entre elle.
- ▶ associée à une **longueur d'onde dominante**

Cercles chromatiques



Goethe (1809)



Chevreur (1839)

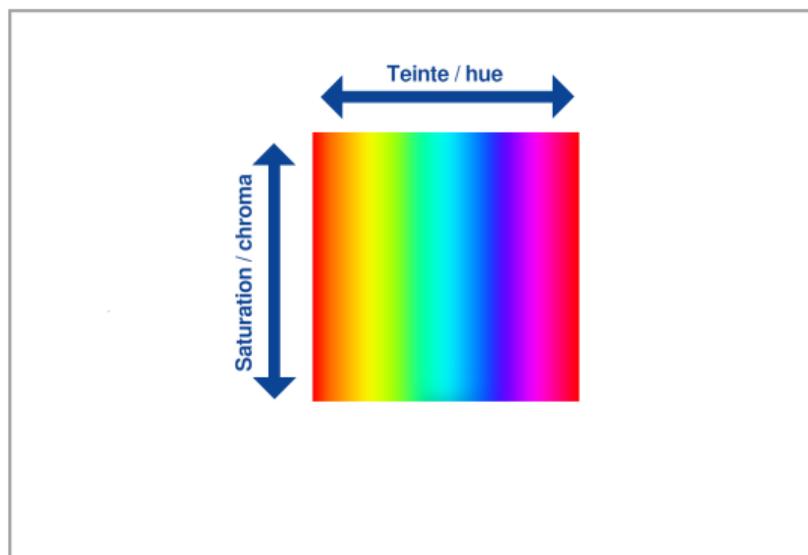
○ Saturation / chroma

- ▶ *intensité de coloration* par rapport à l'échelle des gris (neutres) – pureté, vivacité, etc.
- ▶ proportion de la *longueur d'onde dominante* dans la quantité totale de lumière

○ Clarté

- ▶ *intensité lumineuse, énergie totale, luminance Y*

○ De l'ordre d'un million de couleurs distinguables par le SVH standard



- ▶ exprimables en termes de **chrominance** (teinte, saturation) et **luminance** (clarté)
- ▶ seulement une **douzaine** de *catégories de couleurs* dans les langues humaines par les ethnologues
 - ▶ *rouge, orange, jaune, vert, bleu, pourpre (mauve, violet)*
 - ▶ *rose, marron*
 - ▶ *blanc, noir, gris*

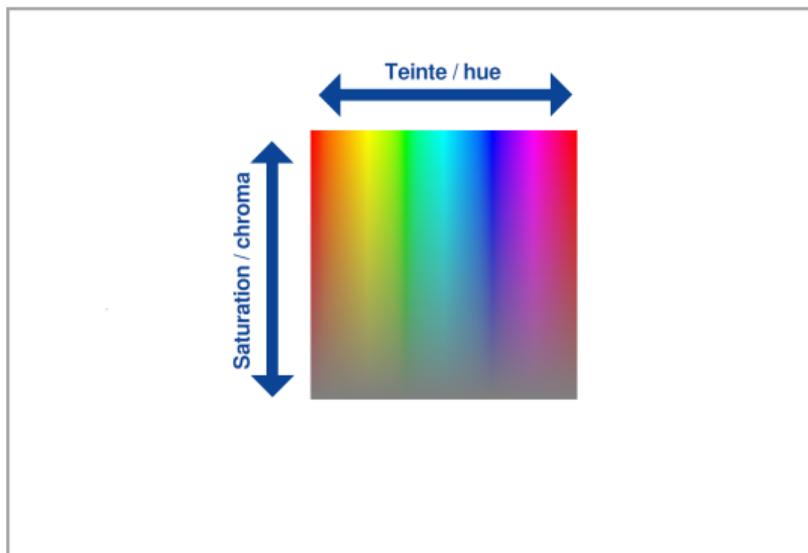
○ Saturation / chroma

- ▶ *intensité de coloration* par rapport à l'échelle des gris (neutres) – pureté, vivacité, etc.
- ▶ proportion de la *longueur d'onde dominante* dans la quantité totale de lumière

○ Clarté

- ▶ *intensité lumineuse, énergie totale, luminance Y*

○ De l'ordre d'un million de couleurs distinguables par le SVH standard



- ▶ exprimables en termes de **chrominance** (teinte, saturation) et **luminance** (clarté)
- ▶ seulement une **douzaine** de *catégories de couleurs* dans les langues humains par les ethnologues
 - ▶ *rouge, orange, jaune, vert, bleu, pourpre (mauve, violet)*
 - ▶ *rose, marron*
 - ▶ *blanc, noir, gris*

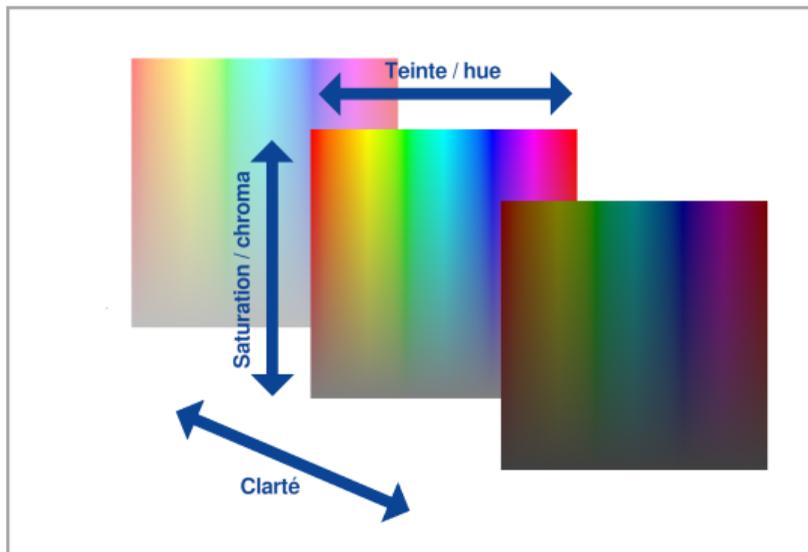
○ Saturation / chroma

- ▶ *intensité de coloration* par rapport à l'échelle des gris (neutres) – pureté, vivacité, etc.
- ▶ proportion de la *longueur d'onde dominante* dans la quantité totale de lumière

○ Clarté

- ▶ *intensité lumineuse*, énergie totale, *luminance* Y

○ De l'ordre d'un million de couleurs distinguables par le SVH standard



- ▶ exprimables en termes de **chrominance** (teinte, saturation) et **luminance** (clarté)
- ▶ seulement une **douzaine** de *catégories de couleurs* dans les langues humaines par les ethnologues
 - ▶ *rouge, orange, jaune, vert, bleu, pourpre (mauve, violet)*
 - ▶ *rose, marron*
 - ▶ *blanc, noir, gris*

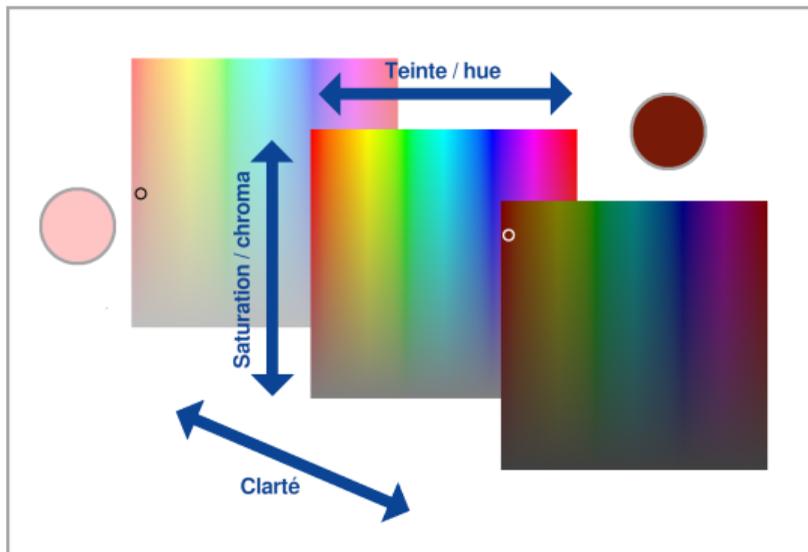
○ Saturation / chroma

- ▶ *intensité de coloration* par rapport à l'échelle des gris (neutres) – pureté, vivacité, etc.
- ▶ proportion de la *longueur d'onde dominante* dans la quantité totale de lumière

○ Clarté

- ▶ *intensité lumineuse*, énergie totale, *luminance* Y

○ De l'ordre d'un million de couleurs distinguables par le SVH standard



- ▶ exprimables en termes de **chrominance** (teinte, saturation) et **luminance** (clarté)
- ▶ seulement une **douzaine** de *catégories de couleurs* dans les langues humaines par les ethnologues
 - ▶ *rouge, orange, jaune, vert, bleu, pourpre (mauve, violet)*
 - ▶ *rose, marron*
 - ▶ *blanc, noir, gris*

3.3. Vision des couleurs non standard

- Absence d'un ou de deux types de cônes

- ▶ daltonisme : vision dichromatique
- ▶ achromatopsie : vision monochromatique



- Vision tétrachromatique

- ▶ quatrième type de cône intermédiaire à L et M
- ▶ mutation chez certaines femmes (codage reposant sur les deux chromosomes X)
- ▶ plusieurs dizaines de millions de couleurs distinguables
- ▶ *Tetrachromacy project*, University of Newcastle

Comparing Concetta Antico's painting with the original scene could give a hint of the extra shades she is seeing — BBC Future.

3.3. Vision des couleurs non standard

- Absence d'un ou de deux types de cônes

- ▶ daltonisme : vision dichromatique
- ▶ achromatopsie : vision monochromatique



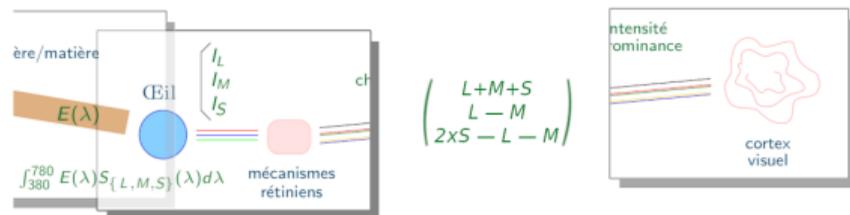
- Vision tétrachromatique



Comparing Concetta Antico's painting with the original scene could give a hint of the extra shades she is seeing — BBC Future.

- ▶ quatrième type de cône intermédiaire à L et M
- ▶ mutation chez certaines femmes (codage reposant sur les deux chromosomes X)
- ▶ plusieurs dizaines de millions de couleurs distinguables
- ▶ *Tetrachromacy project*, University of Newcastle

4. Traitements psychovisuels



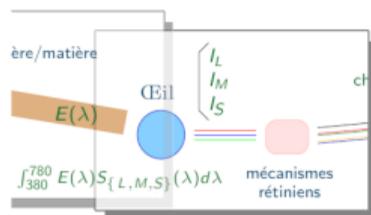
Les informations visuelles construite par la rétine et les cellules gâglionnaires sont **interprétées par le cortex visuel** : couleurs, clartés, formes, détail/flou, mouvements, etc.

 Le rôle du cortex visuel dans la perception

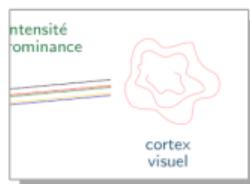


► CF thème « Traitements basés sur la perception »

4. Traitements psychovisuels



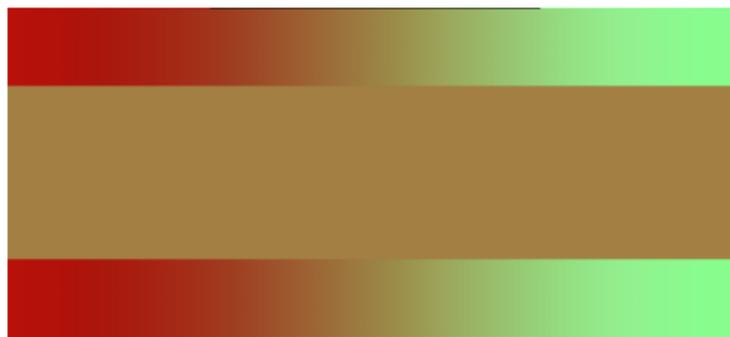
$$\begin{pmatrix} L+M+S \\ L-M \\ 2xS - L - M \end{pmatrix}$$



Les informations visuelles construite par la rétine et les cellules gagnionnaires sont **interprétées par le cortex visuel** : couleurs, clartés, formes, détail/flou, mouvements, etc.

 le rôle du cortex visuel dans la perception

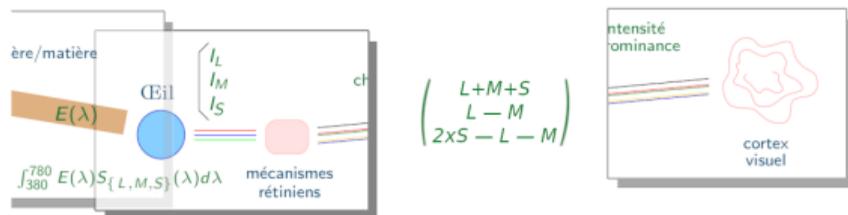
$$\begin{aligned} L' &= L'' \\ M' &= M'' \\ S' &= S'' \end{aligned}$$



$$C' \stackrel{?}{\neq} C''$$

► CF thème « Traitements basés sur la perception »

4. Traitements psychovisuels



Les informations visuelles construites par la rétine et les cellules ganglionnaires sont **interprétées par le cortex visuel** : couleurs, clartés, formes, détail/flou, mouvements, etc.

 Le rôle du cortex visuel dans la perception

$$\begin{aligned} L' &= L'' \\ M' &= M'' \\ S' &= S'' \end{aligned}$$

$$C' \stackrel{?}{\neq} C''$$

► CF thème « Traitements basés sur la perception »