



ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE

Février 2021



Centre Régional AFE Grand Paris – IDF
Patricia El Baâmrani

Webinaire
Lumière et Colorimétrie

Les principaux organismes pour l'éclairage

Commission – Association - Syndicat



- International Electrotechnical Commission (Commission électrotechnique internationale)



- Association Française de Normalisation



- Commission Internationale de l'Éclairage - Rédige des recommandations pour la mesure des rayonnements optiques



- Association française de l'éclairage



- Assure le lien avec la CIE (La FR a une commission miroir avec 8/8 Divisions couvertes)



- Cluster Lumière



- Syndicat de l'éclairage



- Lighting Europe

LUMIÈRE ET COLORIMÉTRIE

... c'est un **phénomène physique** qui peut produire une sensation visuelle

La lumière s'étend du domaine de l' **ultraviolet** à l'**infrarouge**

- *lumière noire,*
- *lumière ultraviolette,*
- *lumière infrarouge,*
- *lumière visible.*

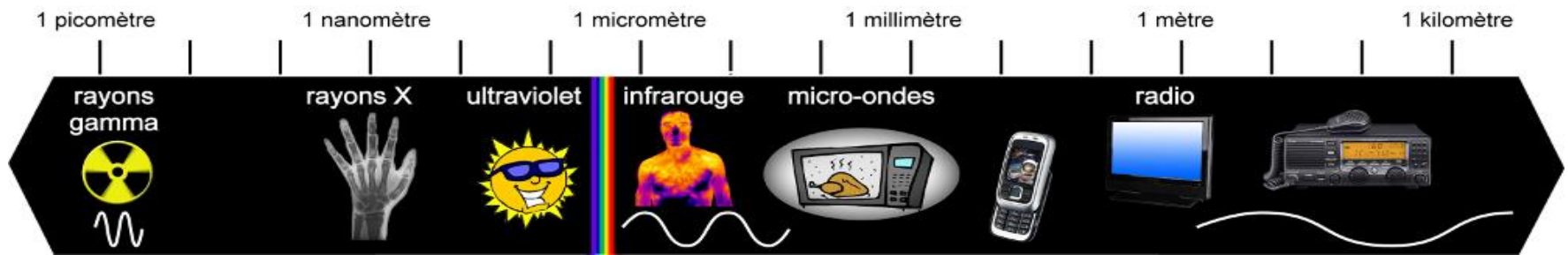
LA LUMIÈRE ...

De quoi est composée la lumière ?

La lumière est composée de particules électromagnétiques.

L'ensemble des rayonnements électromagnétiques est classé par fréquence, longueur d'onde ou énergie.

Plus la **longueur d'onde est courte** plus **l'énergie est élevée**.



Longueurs d'ondes **courtes**
Fréquence élevée
Forte énergie



La lumière Visible
C'est la partie du spectre perceptible par l'œil humain

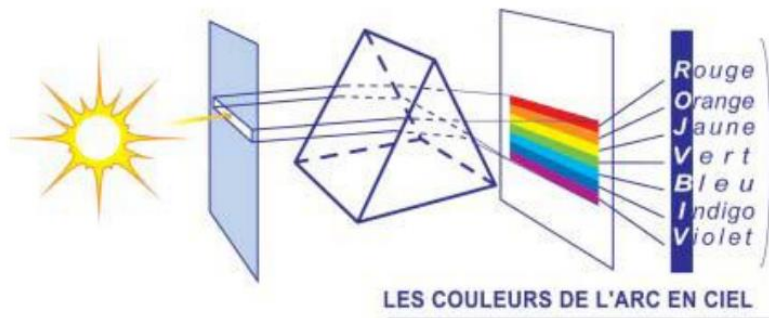
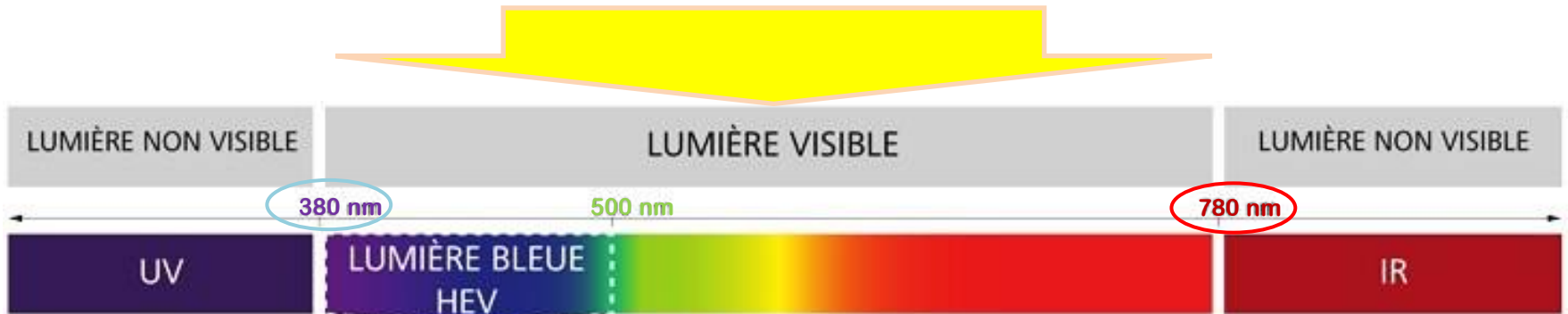
Longueurs d'ondes **longues**
Basse fréquence
Faible énergie

$v = 300\ 000\ \text{km/s}$ dans le vide

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectre_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique

Qu'est ce que la lumière visible ?

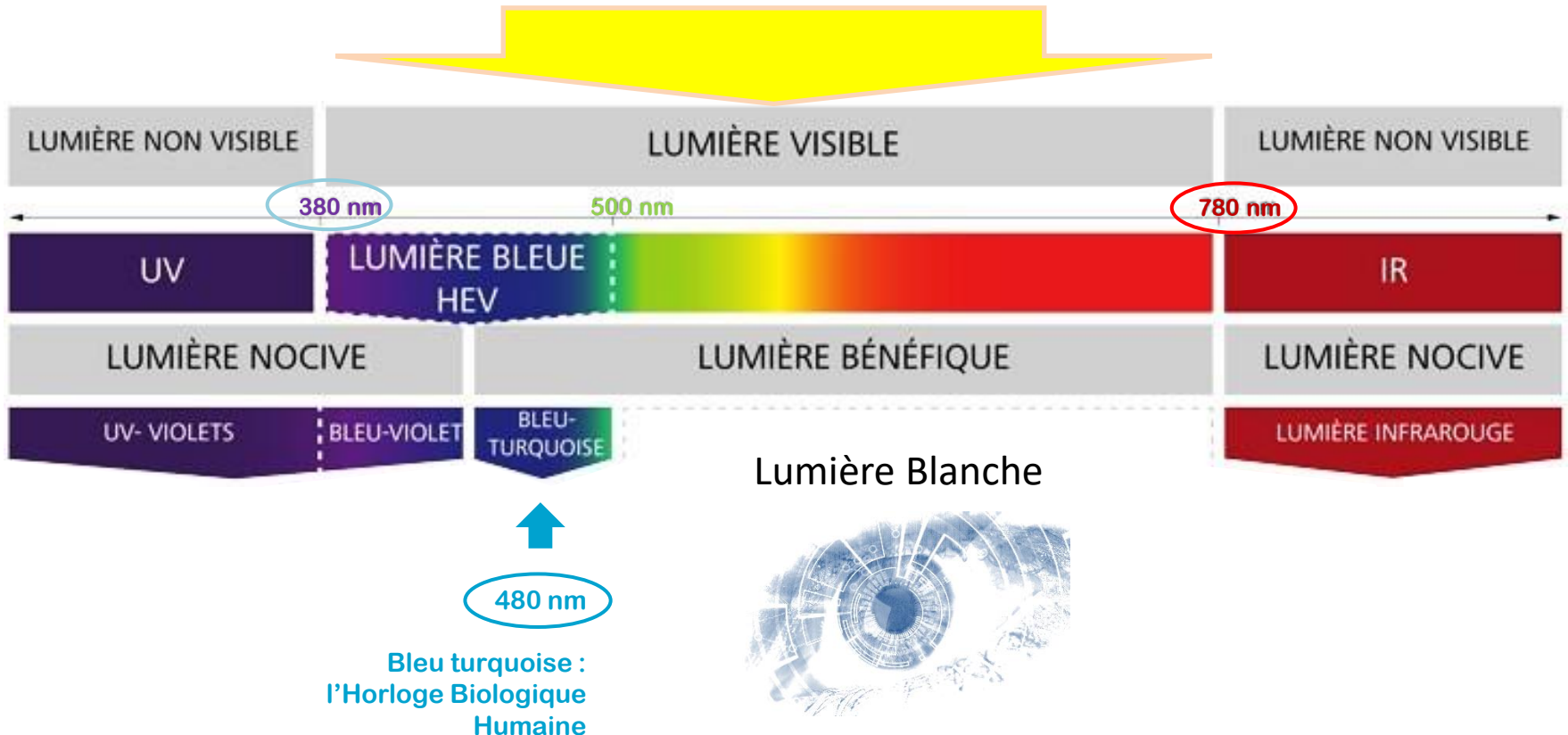
LA LUMIÈRE BLANCHE, VISIBLE, s'échelonne de 380 (violet) à 780nm (rouge)



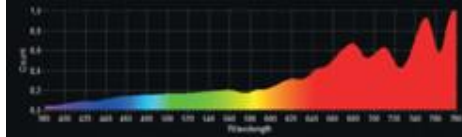
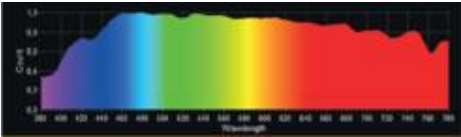
Expérience du prisme de Newton

Qu'est ce que la lumière visible ?

LA LUMIÈRE BLANCHE, VISIBLE, s'échelonne de 380 (violet) à 780nm (rouge)

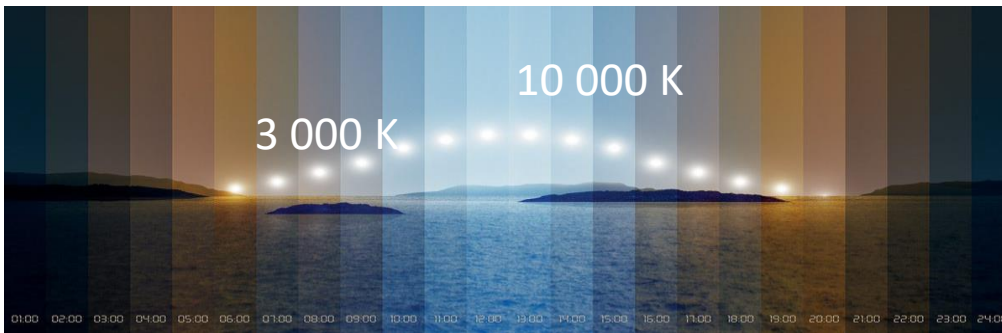


La Lumière Blanche du soleil



Lumière haute montagne
10 000 K, Blanc très froid

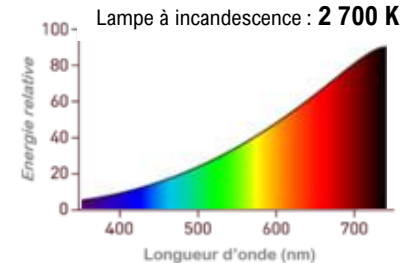
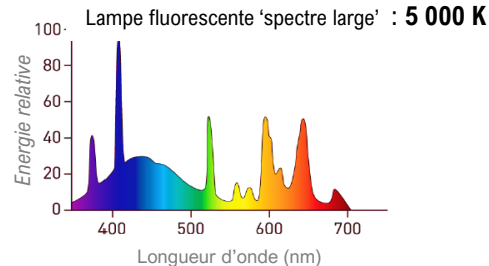
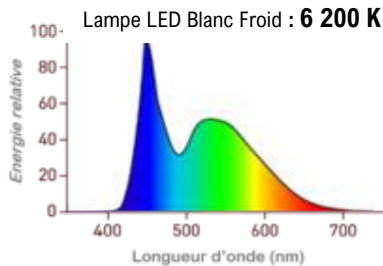
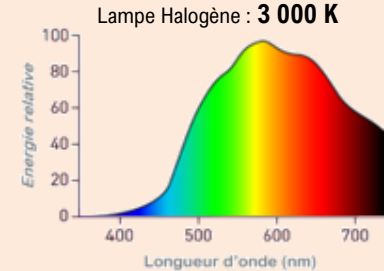
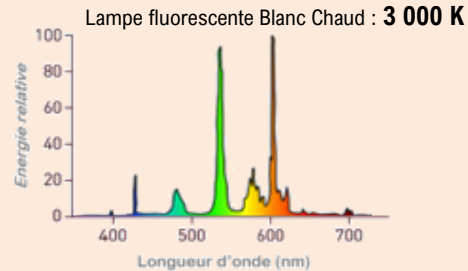
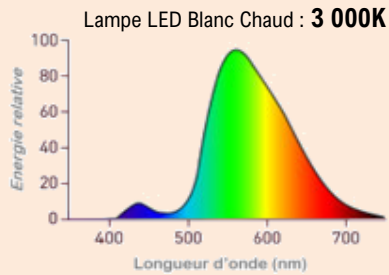
Coucher de soleil
2 200 K, Blanc chaud



	Les températures de couleur en Kelvin
Soleil à l'horizon	2 000 K
Soleil levant	3 000 K
Soleil couchant	2 200 K
Lumière du jour au Zénith	5 800 K
Lumière normée dite "naturelle"	6 500 K (D65)
Ciel nuageux	7 000 à 9 000 K
Ciel polaire	10 000 à 12 000 K

Des Lumières Blanches artificielles

Une même température de couleur peut provenir de plusieurs types de spectres



Blanc Froid contenant 35% d'émissions de bleu

LUMIÈRE ET COLORIMÉTRIE

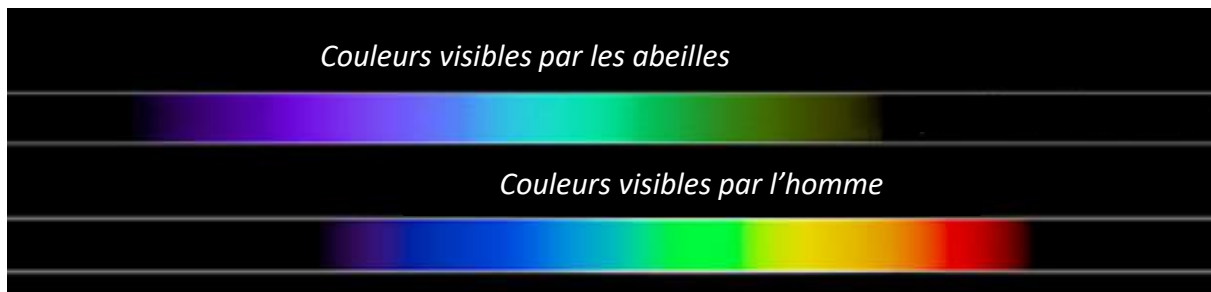
... c'est la discipline **psychophysique** qui se donne pour **objectif** la **mesure** de la **couleur**.

La **colorimétrie** les relie à la **perception des couleurs** à la vision humaine

LA COLORIMÉTRIE ...

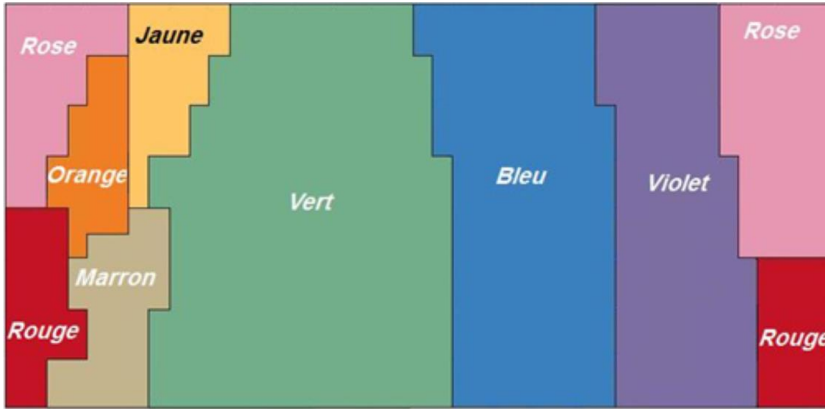
Qu'est-ce que la couleur ?

- La **couleur** est la **perception que nous avons** des différentes **longueurs d'onde** de la lumière
- Elle dépend de **l'âge**, du **sexe**, de **l'environnement** et de la **culture** personnelle
- Il **n'existe pas** deux **personnes** qui aient la même **perception colorée**

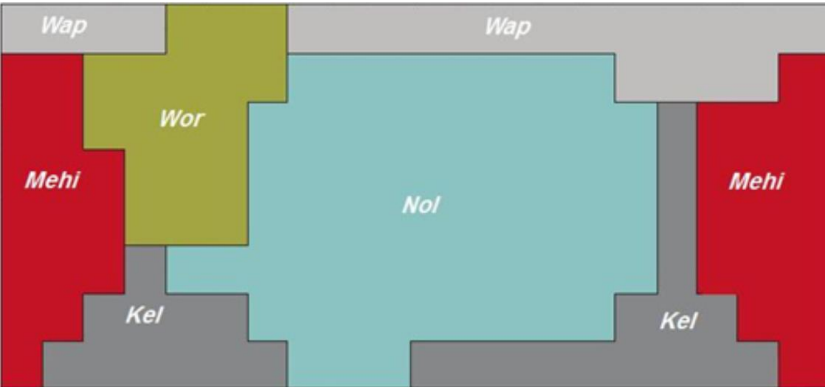


Le traitement des couleurs est fonction du langage et de la culture

Chez les Occidentaux



Chez les Bérimos

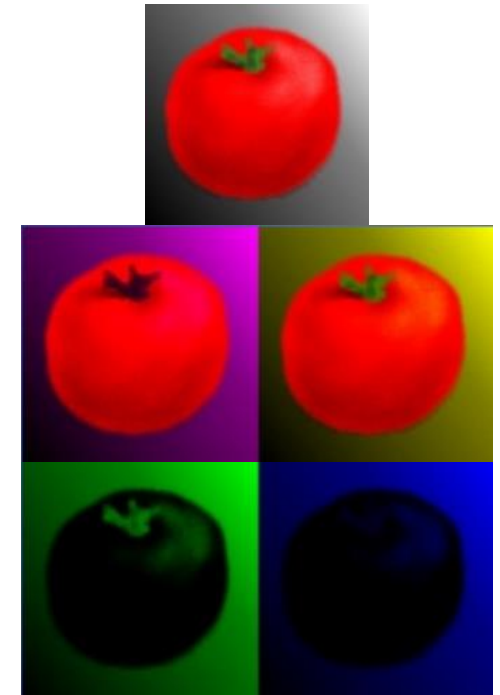


- La **représentation visuelle** du monde qui nous entoure est le fruit d'une **construction cérébrale propre à chacun**
- Les composantes **linguistiques et culturelles** sont essentielles
- La **lumière** a une forte valeur **symbolique**
- Dans toutes les cultures humaines, la lumière s'associe à la **connaissance**
- **La lumière** permettant de **percevoir les objets avant de les toucher**

Graphes des catégories de couleurs chez des occidentaux et des Bérimos (modifié d'après Davidoff et al. 1999, fig.1 :203)

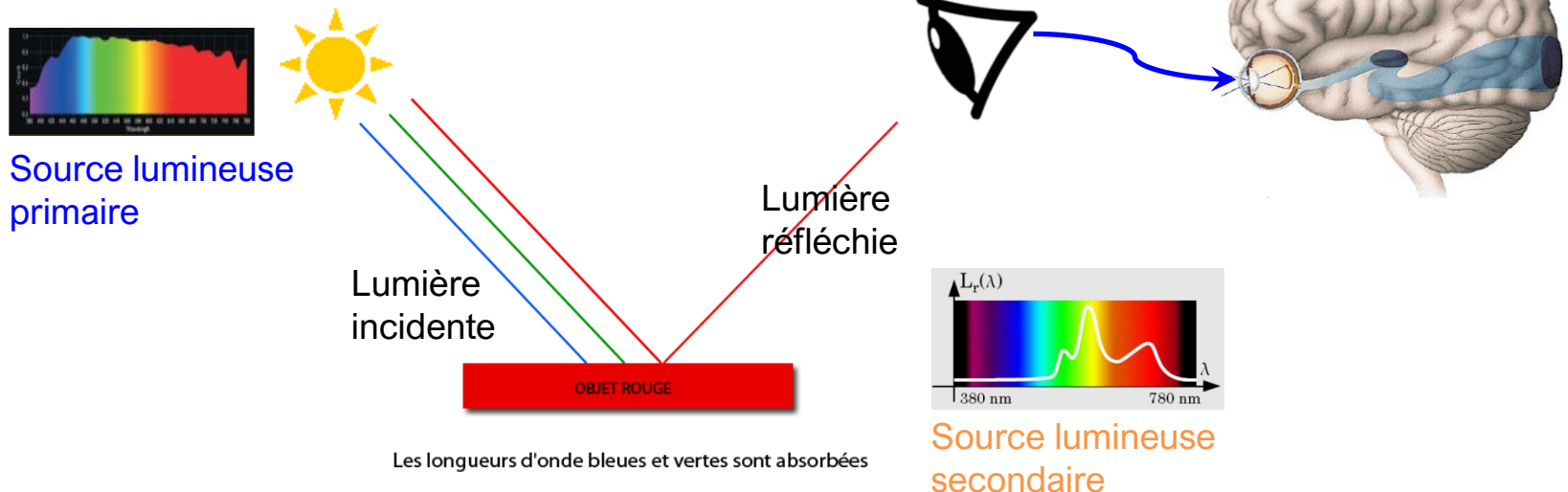
La couleur n'est pas une caractéristique d'un objet !

- La **couleur** est une **sensation physiologique** du **cerveau** résultat d'une **excitation lumineuse** (onde de lumière visible)
- La couleur d'un objet dépend :
 - De la **nature de la lumière**
 - De la **nature de l'objet éclairé**
 - Des **caractéristiques de l'œil** et du **cerveau**



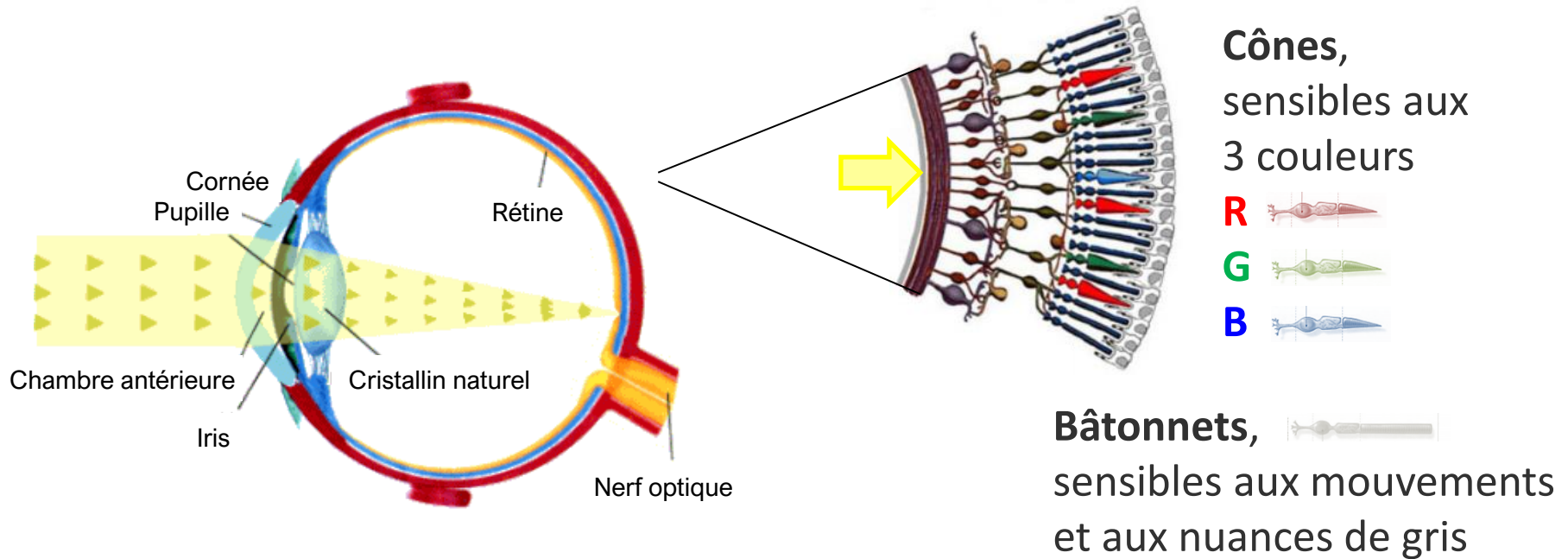
La couleur n'est pas une caractéristique d'un objet !

- Un objet absorbe certaines longueurs d'onde et en réfléchit d'autres;
→ Il se comporte comme une **source lumineuse secondaire** de **composition spectrale différente** de la **source primaire**



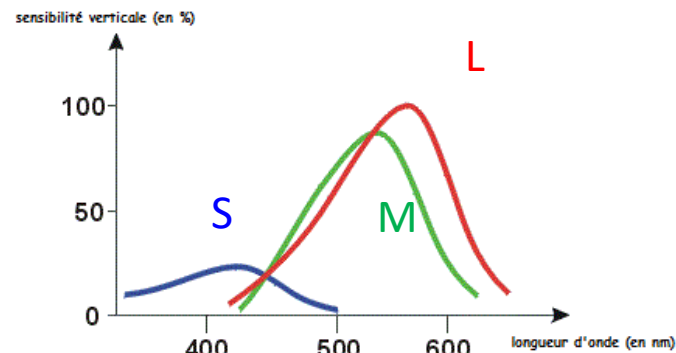
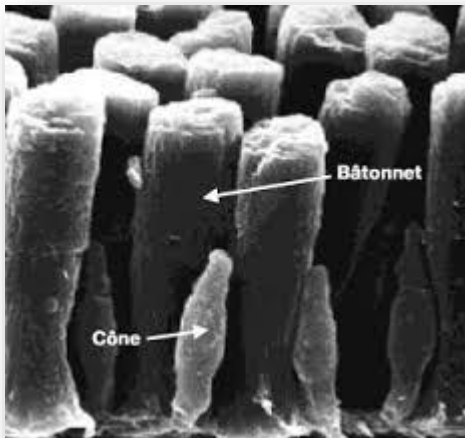
Alors comment ça marche ?

- L'œil fonctionne comme un récepteur
- La rétine capte les messages lumineux par **2 types de photorécepteurs**



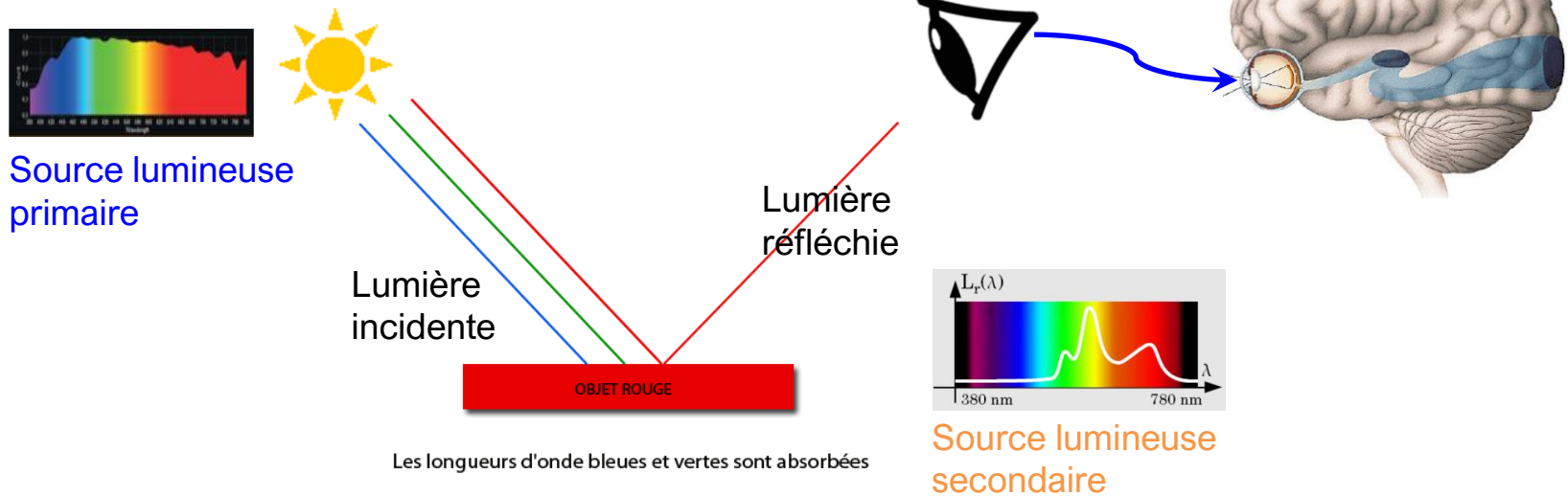
Un gros challenge à relever!

- 130 millions de bâtonnets et **65 millions de cônes**
 - **Cônes S** longueurs d'onde courtes (**Short**) **2%**
 - **Cônes M** longueurs d'onde moyennes (**Medium**) **32%**
 - **Cônes L** longueurs d'onde longues (**Long**) **64%**

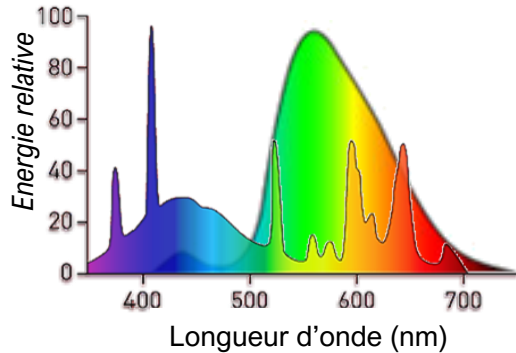


Courbes de sensibilité spectrale des 3 cônes

Comment résoudre l'équation

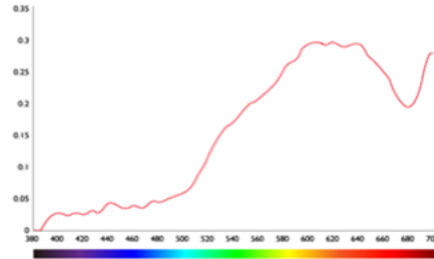


Comment résoudre l'équation?



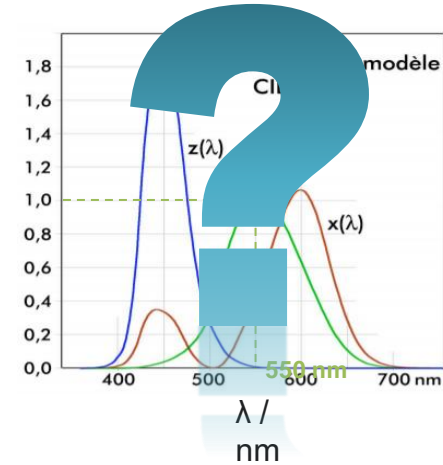
Courbe spectrale d'une source lumineuse (primaire)

×



Réflectance d'un matériau

×

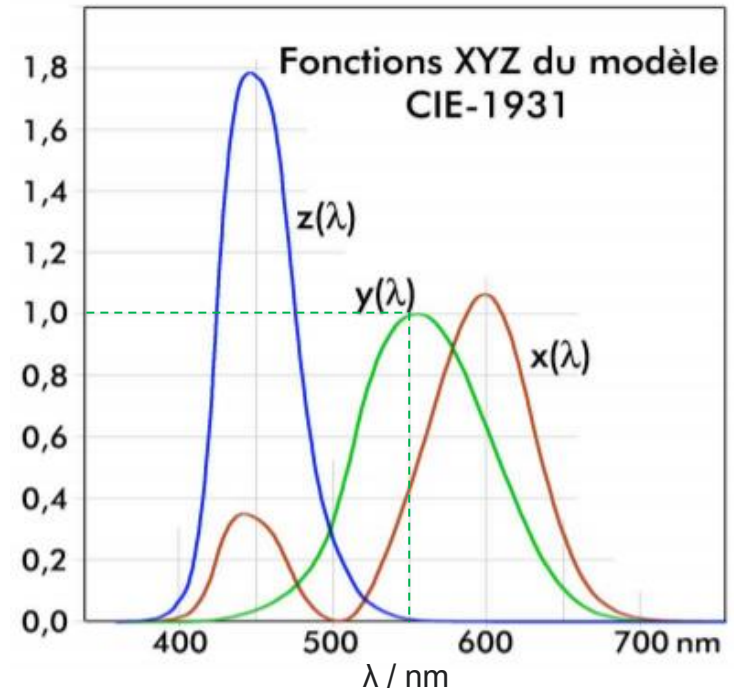


Courbes de sensibilité spectrale d'un observateur standard

= XYZ

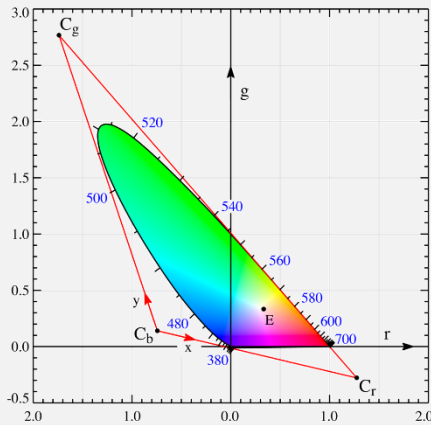
Les 3 primaires XYZ de la CIE (1931)

- Représentation mathématique de la perception
- Quantifie ce que l'oeil humain voit en lumière et en couleur
- Permet une représentation simple de la couleur en 2 dimensions



Fonctions colorimétriques de l'observateur CIE 2° de référence - $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ et $z(\lambda)$.

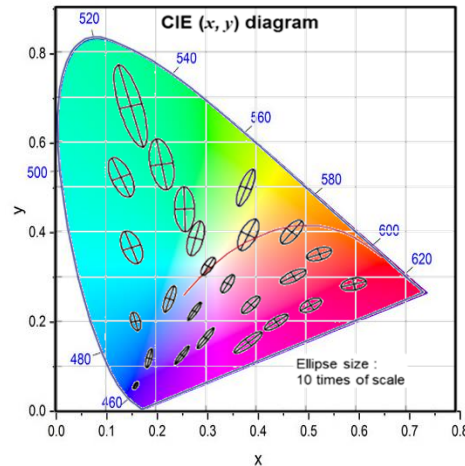
Etalon International de Colorimétrie 'Espace Colorimétrique'



CIE RGB

Une des **premières tentatives** de quantification de la couleur

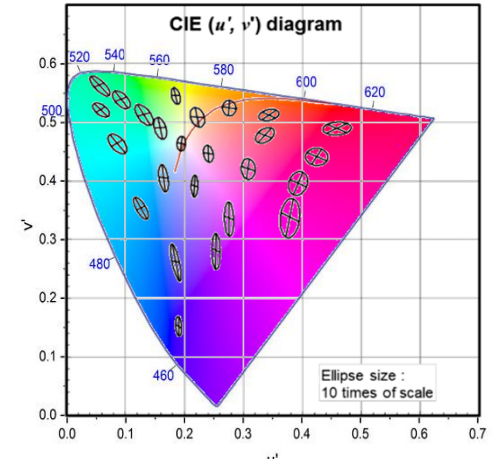
$C_r, C_g, C_b \rightarrow$ repères des Tristimulus XYZ



CIE (x,y) (1931)

Les couleurs sont repérées par leurs coordonnées trichromatiques x et y

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad , \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$



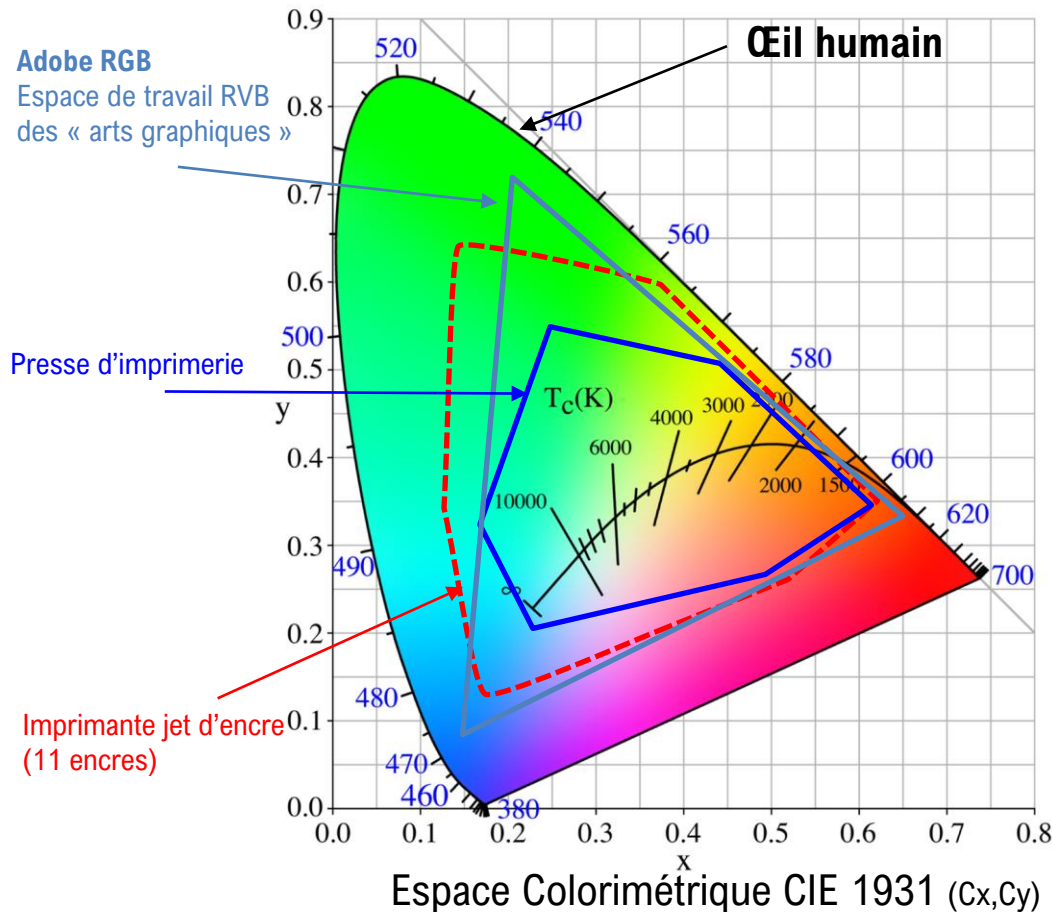
CIE (u',v') (1976)

Amélioration de l'uniformité de répartition des couleurs

$$u' = \frac{4X}{X+15Y+3Z}$$

$$v' = \frac{9Y}{X+15Y+3Z}$$

Comment on utilise l'Espace Colorimétrique?



Gamut des couleurs :

- Toutes les couleurs qu'un écran, moniteur vidéo... est capable d'afficher ou une imprimante, d'imprimer

Courbe de Planck


- Rayonnement du **corps noir**
- Température de couleur T_c(K) d'une **lumière blanche**

Comment sont présentes ces données chez les fabricants !


- Température de couleur → Lumière blanche
- La précision des données doit être rapprochée du produits et de son usage

Accentuation, retail, musée

SOURCE 3000 K	
R _r	96
R _g	102
CCT (K)	3006
D _{uv}	0,0001
x	0,4364
y	0,4036
CIE R _a	98,1
CIE R9	97,8



SOURCE 3000 K	
R _r	84
R _g	98
CCT (K)	3030
D _{uv}	0,0005
x	0,4356
y	0,4050
CIE R _a	84,2
CIE R9	16,1

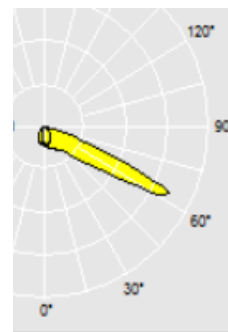


LED Chip on Board haute efficacité Ra97.
 Puissance nominale 18W
 Flux nominal 1881lm
 Indice de rendu des couleurs 97
 CCT nominale 3000K
 SDCM 2

Eclairage général

Performances Initiales (Conforme IEC)

Flux lumineux initial (flux système)	1900 lm	Indice de rendu des couleurs (initial)	>80
Tolérance du flux lumineux	+/-10%	Chromaticité initiale	(0.38,0.38)SDCM<=3
Efficacité lumineuse à 0h du luminaire LED	119 lm/W	Puissance initiale absorbée	16 W
Température de couleur proximale initiale	4000 K	Tolérance de consommation électrique	+/-10%



Source lumineuse: LED

Flux lumineux du luminaire*: 115601 lm

Efficacité lumineuse du luminaire*: 123 lm/W

Efficacité de la lampe: 123 lm/W

Indice min. de rendu des couleurs: 70

Température de couleur: 4000 Kelvin

Tolérance de la couleur (MacAdam initial): 5

Vie utile nominale (B10)*: L80 50000h à 25°C

Puissance du luminaire*: 939 W

Existe-il des critères de qualité/fiabilité d'un luminaire ?

Charte LED défini 20 critères indispensables pour évaluer **qualité /fiabilité** d'un luminaire LED



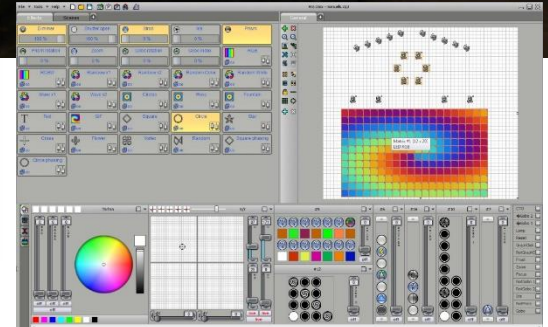
NF EN 62717 : Modules de LED pour éclairage général –
Exigences de performance et ses amendements

9 - Étalement initial de coordonnées trichromatiques
(**ellipses de MacAdam** ou **SDCM**, pour *Standard Deviation Colour Matching*) § 9.1 de la norme

10 - Température de couleur proximale (**CCT**) **T_c**, en kelvin (K) § 9.2 de la norme

11- Indice de rendu des couleurs (**IRC**, **CRI** ou **R_a**) § 9.3 de la norme

Quid du diagramme des couleurs en Eclairage?



Sèvres, Musée National de la Céramique, France
Conception Lumière: Concepto, en collaboration avec BYES France
Maîtrise d'ouvrage: Grand Paris Seine Ouest et Ville de Sèvres
Réalisation: 2011

Comment mesurer les couleurs ?

Des matériels adaptés à chaque grandeur à mesurer :

- Luxmètre
- Luminancemètre
- **Colorimètre**
- **Spectroradiomètre**
- **Vidéo-colorimètre**





MERCI

Association française de l'éclairage

www.afe-eclairage.fr

afe@afe-eclairage.fr



Centre régional Grand Paris Ile-de-France

parisiledefrance@afe-eclairage.fr