Analyse et Traitement des **Images Couleur**

Alain Trémeau

Laboratoire LIGIV – Université Saint Etienne – France

http://www.ligiv.org

Ecole Doctorale I2S – 1er juin 2006

Analyse et Traitement des **Images Couleur**

A/ Aspects liés à la physique

B/ Aspects physiologiques de la perception visuelle

C/ Seuils de différentiation

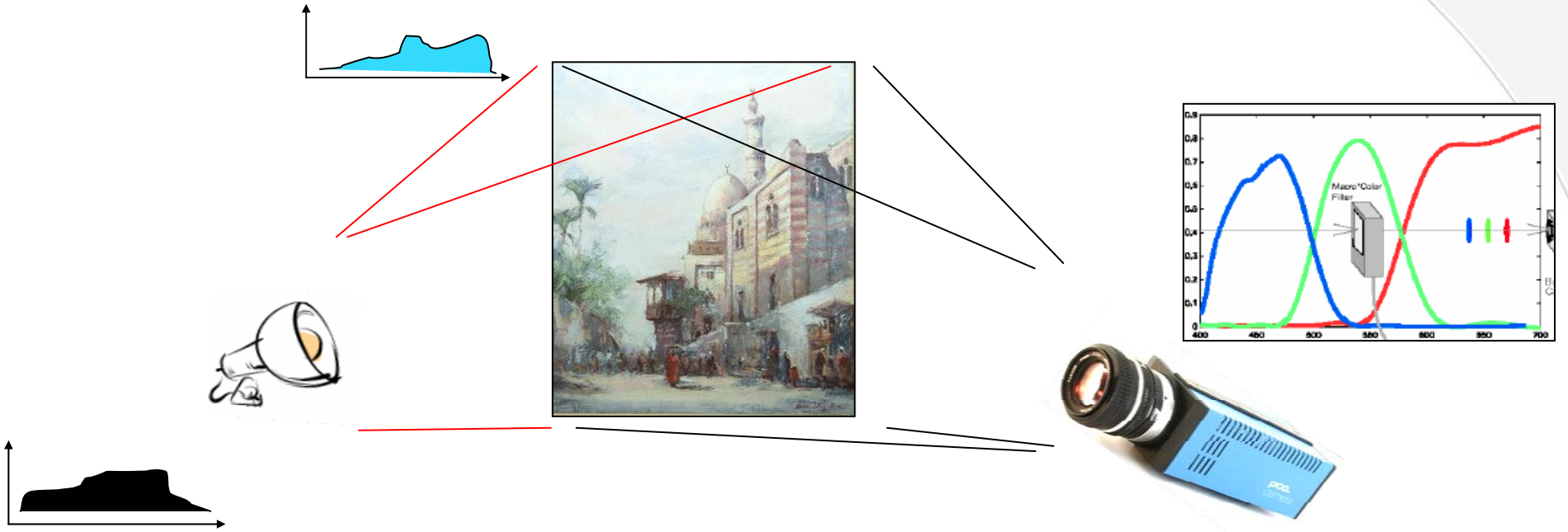
D/ Distances couleur

E/ Les modèles d'apparence couleur

F/ Aspects liés à l'utilisation de dispositifs numériques

G/ Les images couleur

A/ Le triptyque : source d'éclairement – objet -observateur



Pour des raisons historiques et méthodologiques, la **colorimétrie** s'est avant tout appuyée sur des bases physiques, là où des bases psychophysiques, physiologiques, ou cognitives auraient été plus appropriées.

A/ Aspects liés à la physique

Soit :

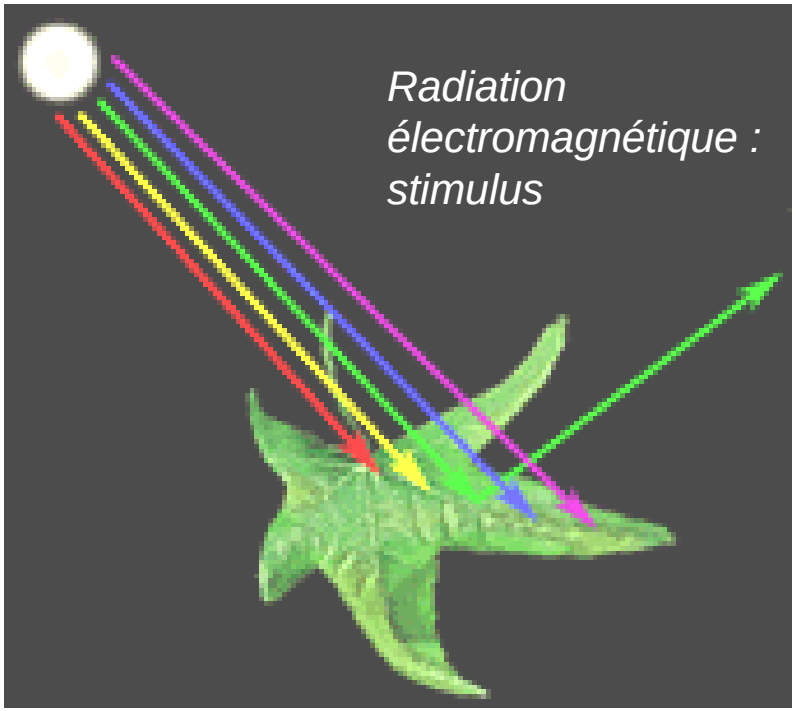
- l(λ), m(λ), s(λ) la sensibilité spectrale des cônes L, M et S de l'observateur standard.
- S(λ) = I(λ) x R(λ) stimulus visuel
  - I(λ) spectre de la source
  - R(λ) spectre de réflectance d'un objet

$$l = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} l(\lambda).I(\lambda).R(\lambda).d\lambda$$

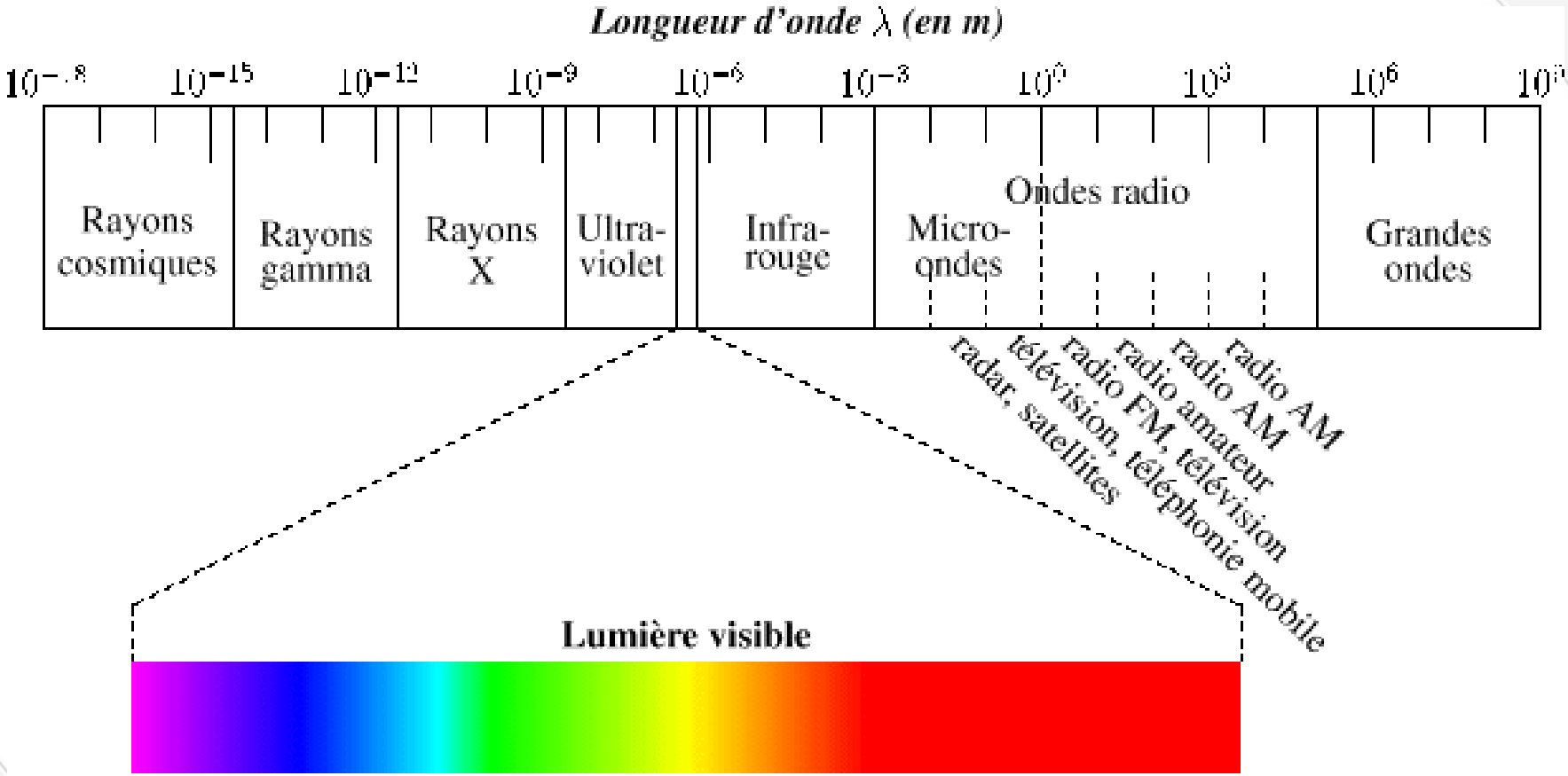
$$m = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} m(\lambda).I(\lambda).R(\lambda).d\lambda$$

$$s = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} s(\lambda).I(\lambda).R(\lambda).d\lambda.$$

Energie incidente : lumière

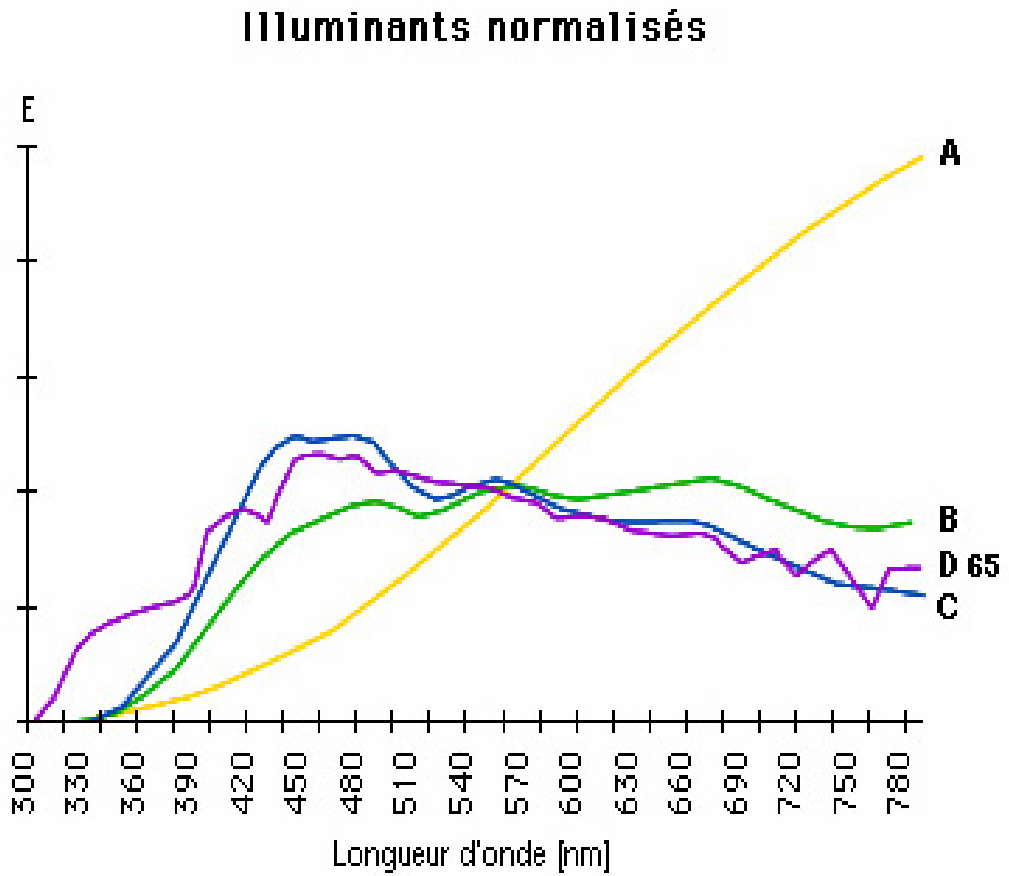


A/ Aspects liés à la physique



Rayonnement électromagnétique dont les radiations ont le pouvoir d'exciter les cellules visuelles de l'homme.

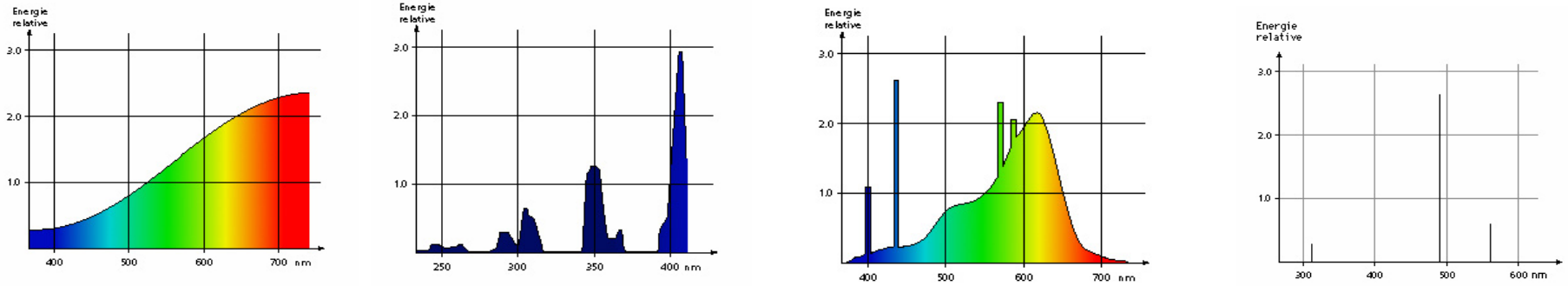
A/ Aspects liés à la physique



Spectre d’énergie de différents illuminants normalisés.

Sans lumière (énergie) il ne peut y avoir de couleur !

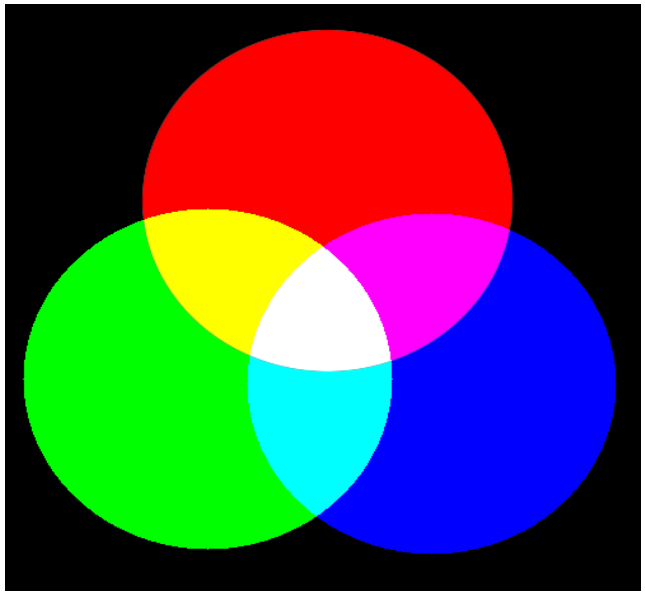
A/ Aspects liés à la physique



Source d'éclairement : continu, discontinu, combiné, laser.

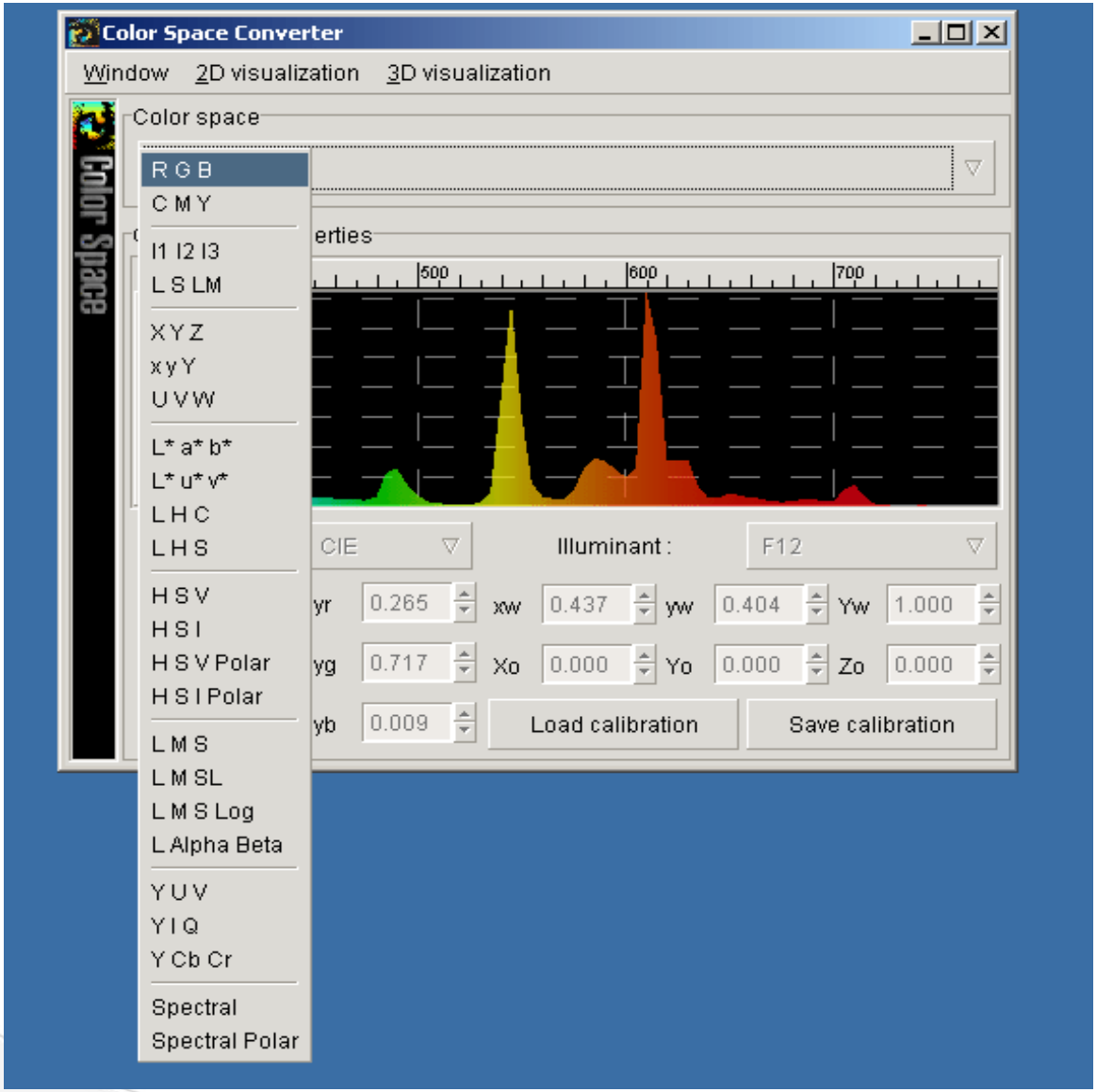
Sans un minimum énergie dans chacune des longueurs d'onde, il ne peut y avoir de colorimétrie !

A/ Aspects liés à la physique

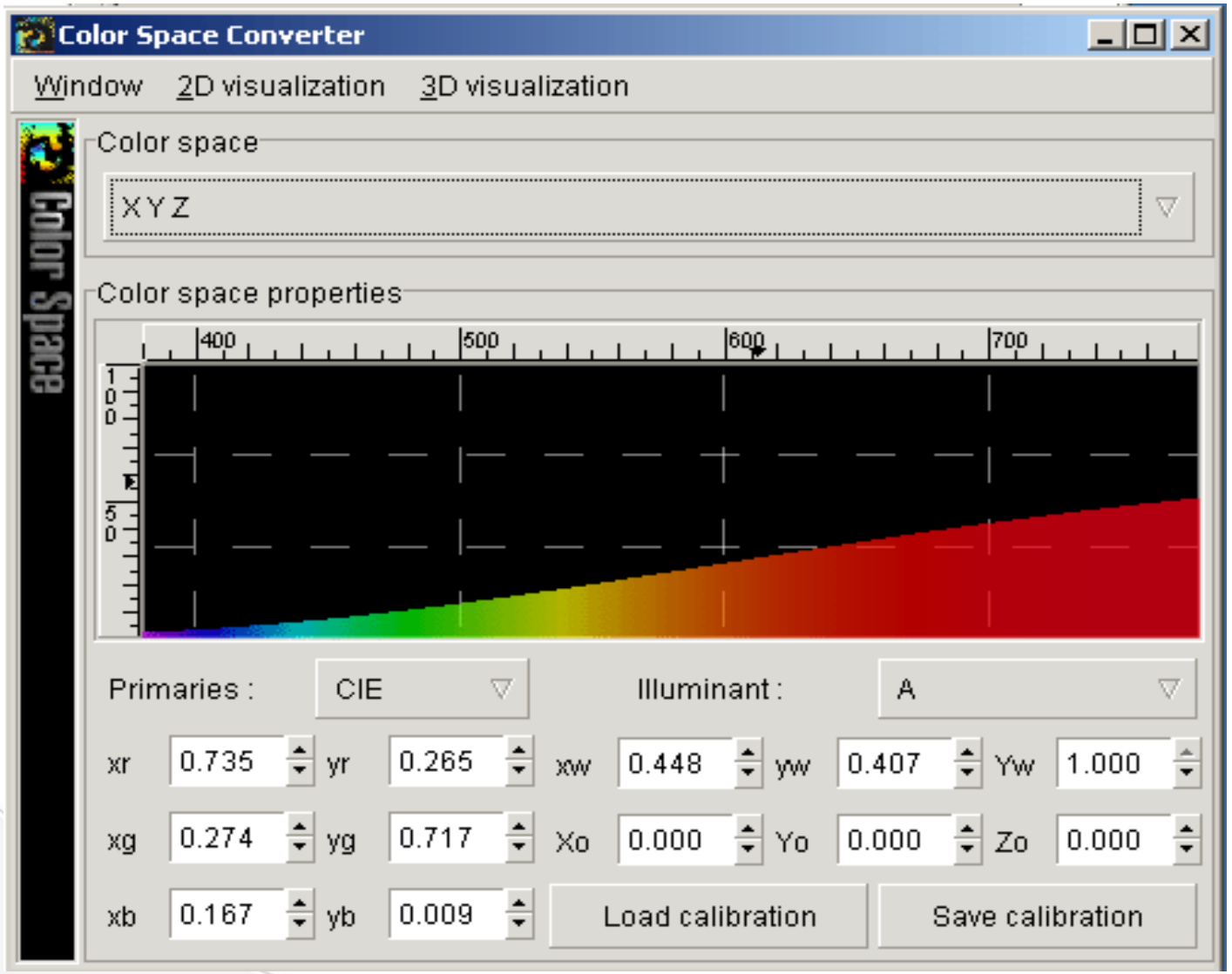


Exemple de simulation d’un changement d’illuminant.

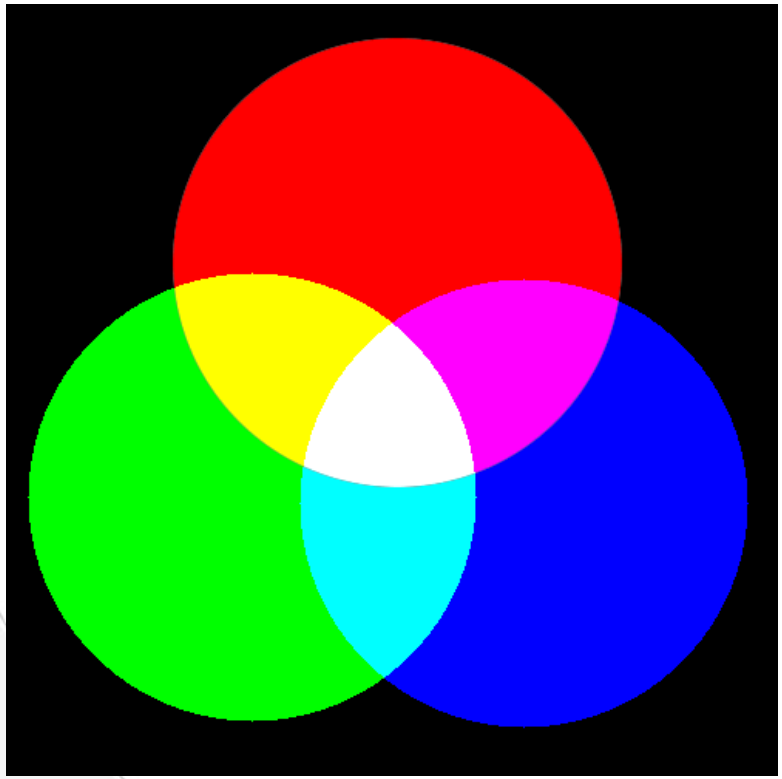
Exemple 1 de simulation d’un changement d’illuminant.

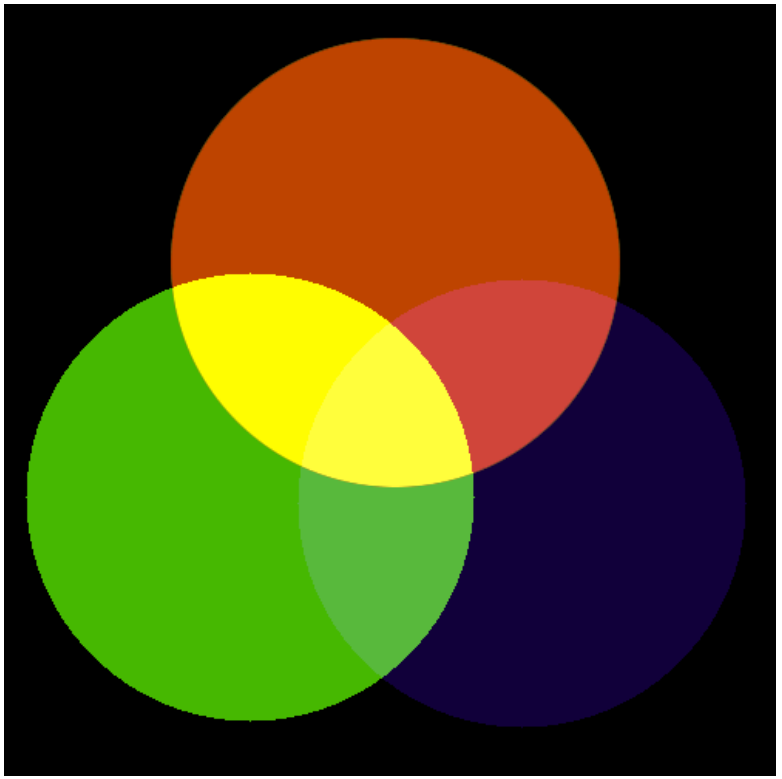


Exemple 1 de simulation d’un changement d’illuminant.

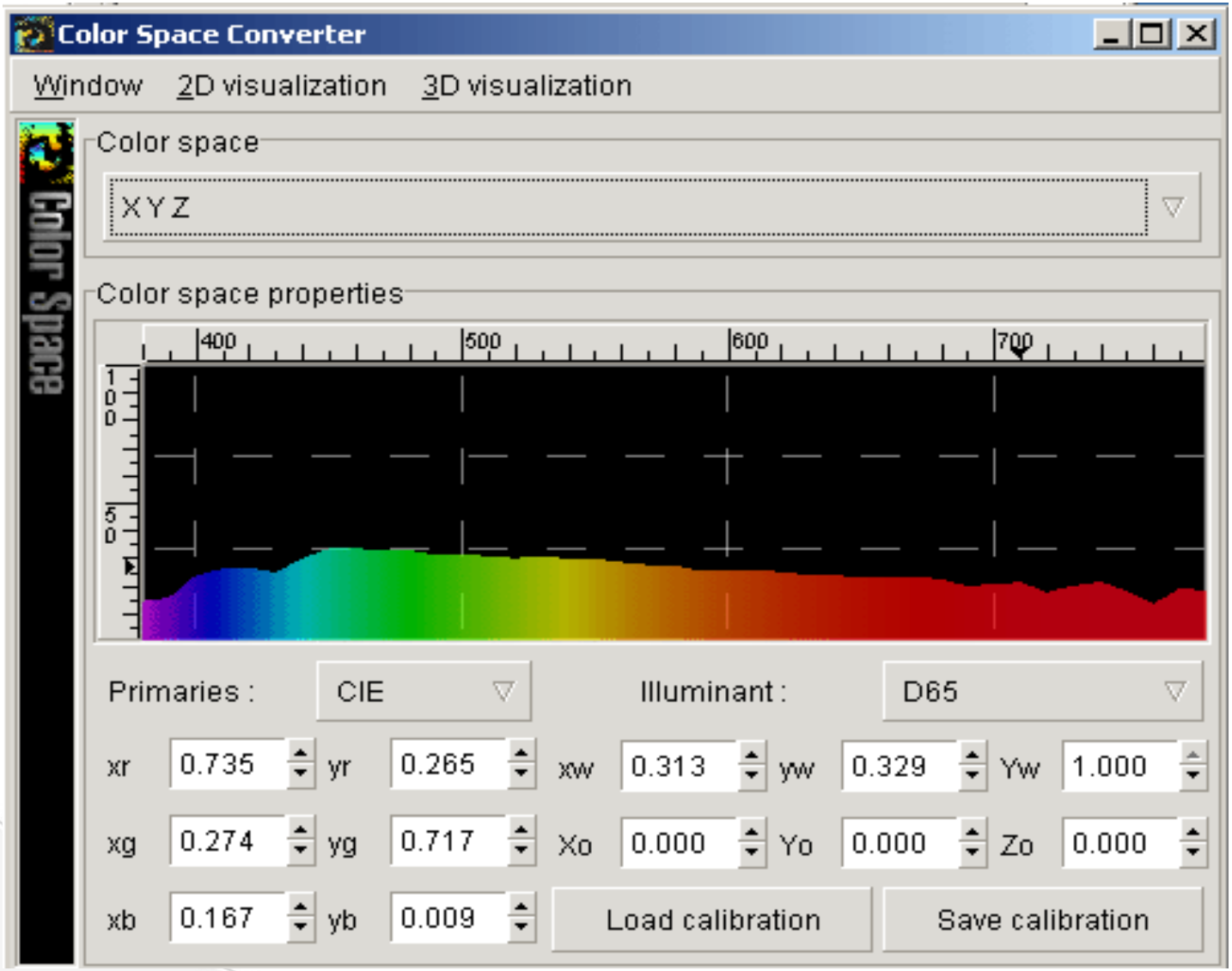


Exemple 1 de simulation d’un changement d’illuminant.

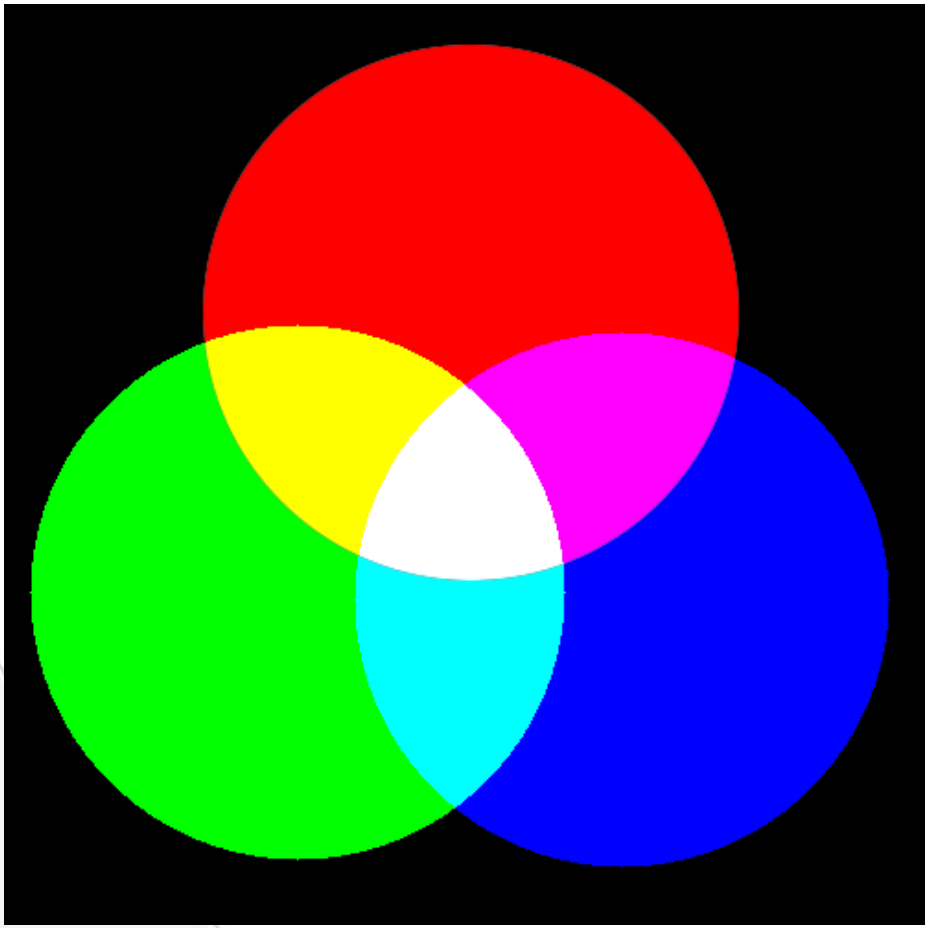


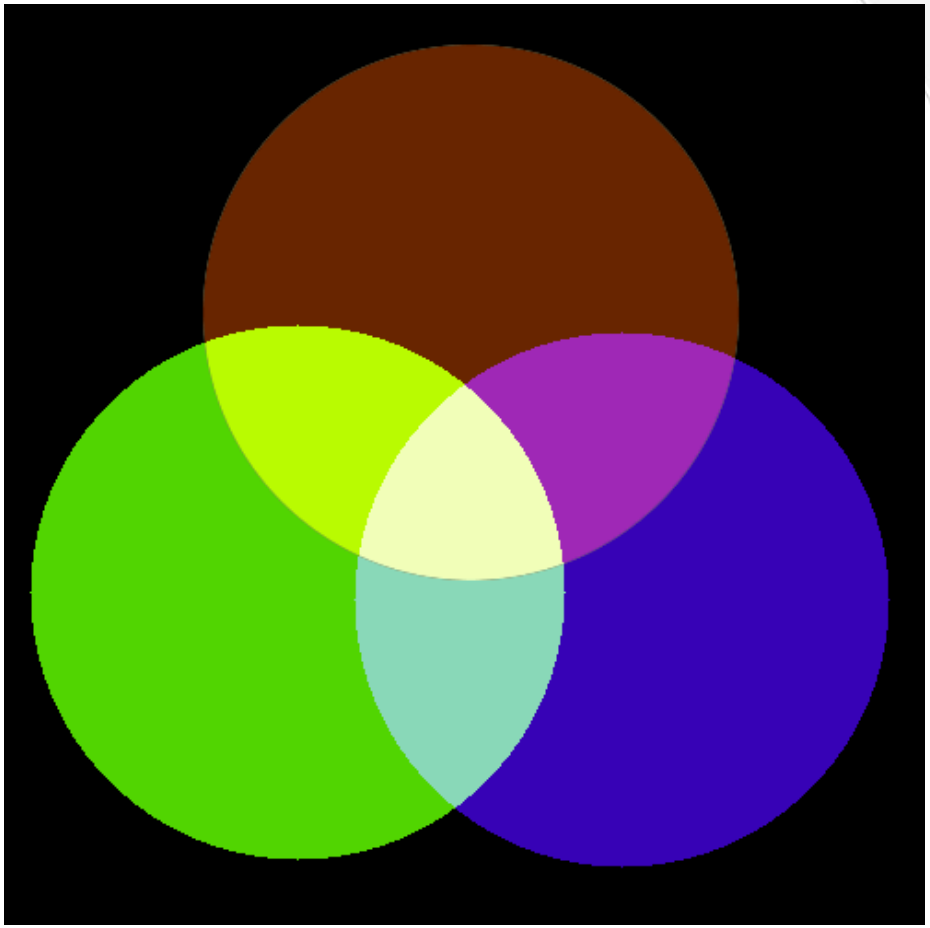


Exemple 1 de simulation d’un changement d’illuminant.

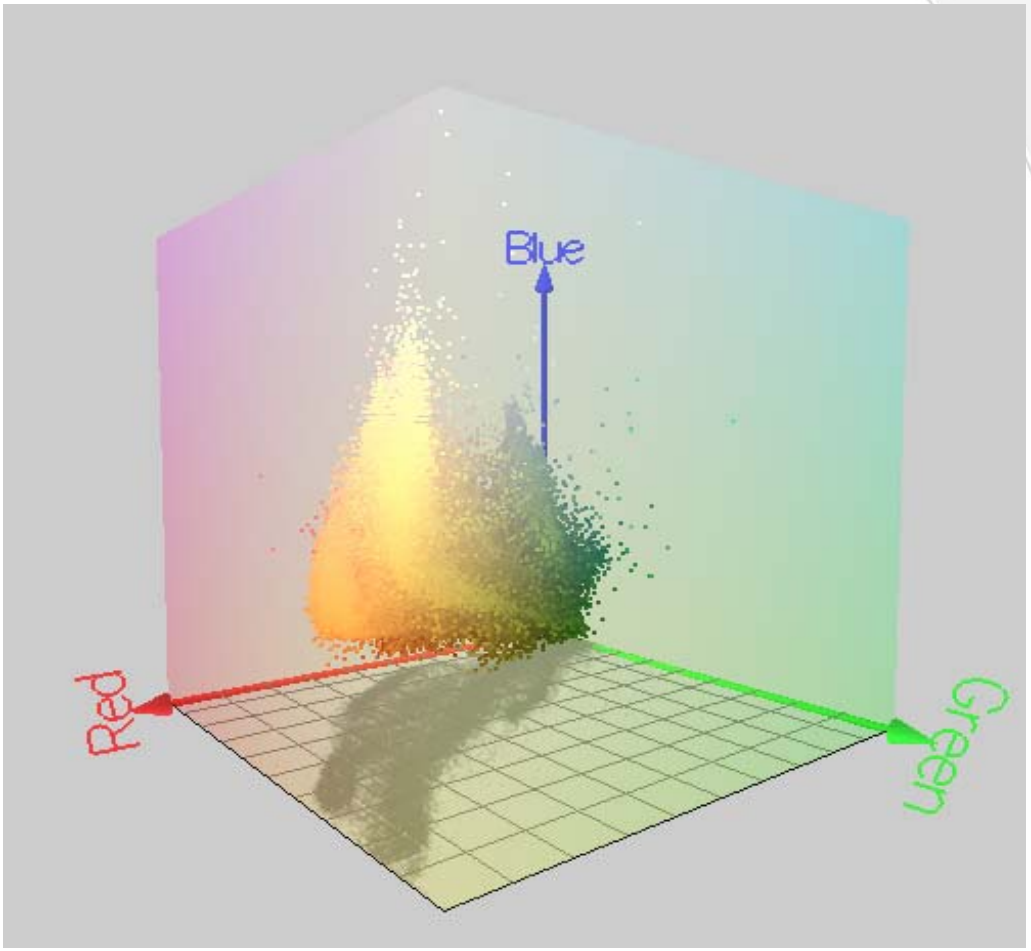


Exemple 1 de simulation d’un changement d’illuminant.

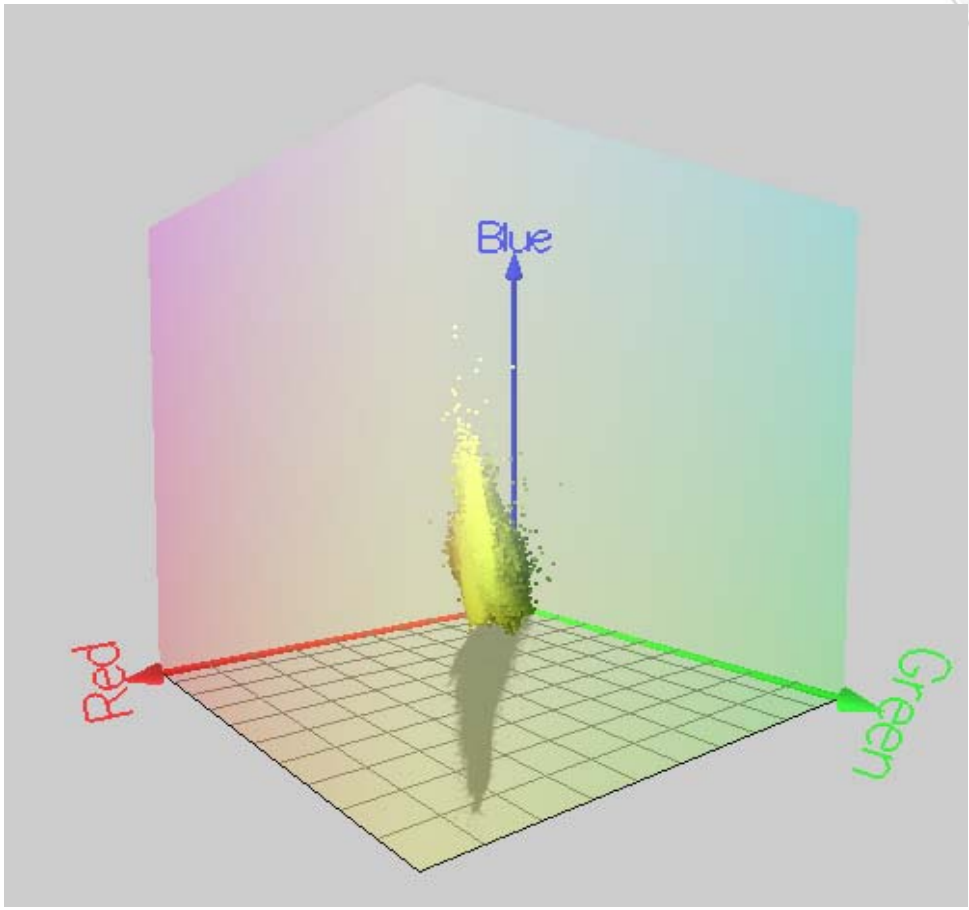




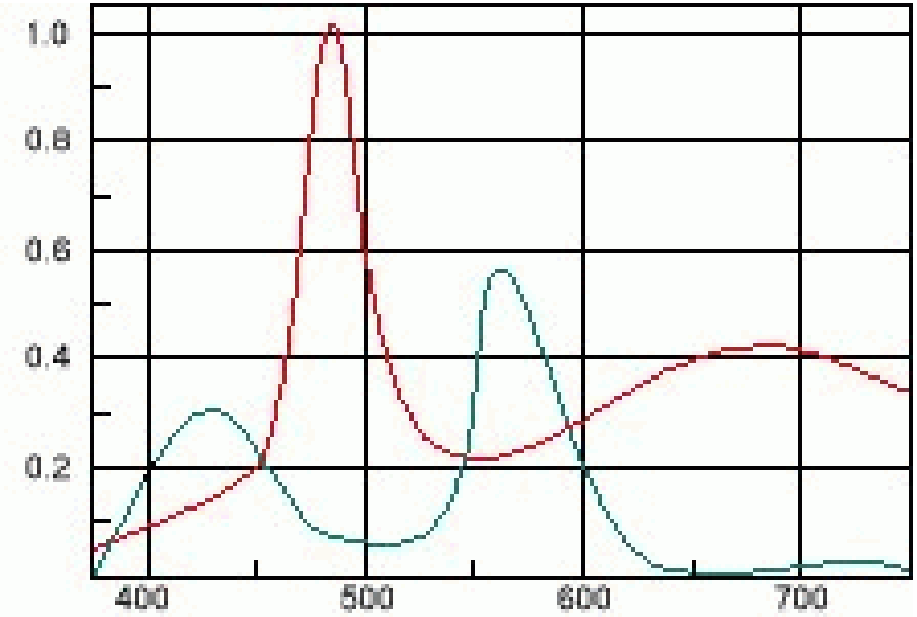
Exemple 2 de simulation d’un changement d’illuminant.



Exemple 2 de simulation d’un changement d’illuminant.



A/ Le métamérisme



$$l = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} l(\lambda).I(\lambda).R(\lambda).d\lambda$$

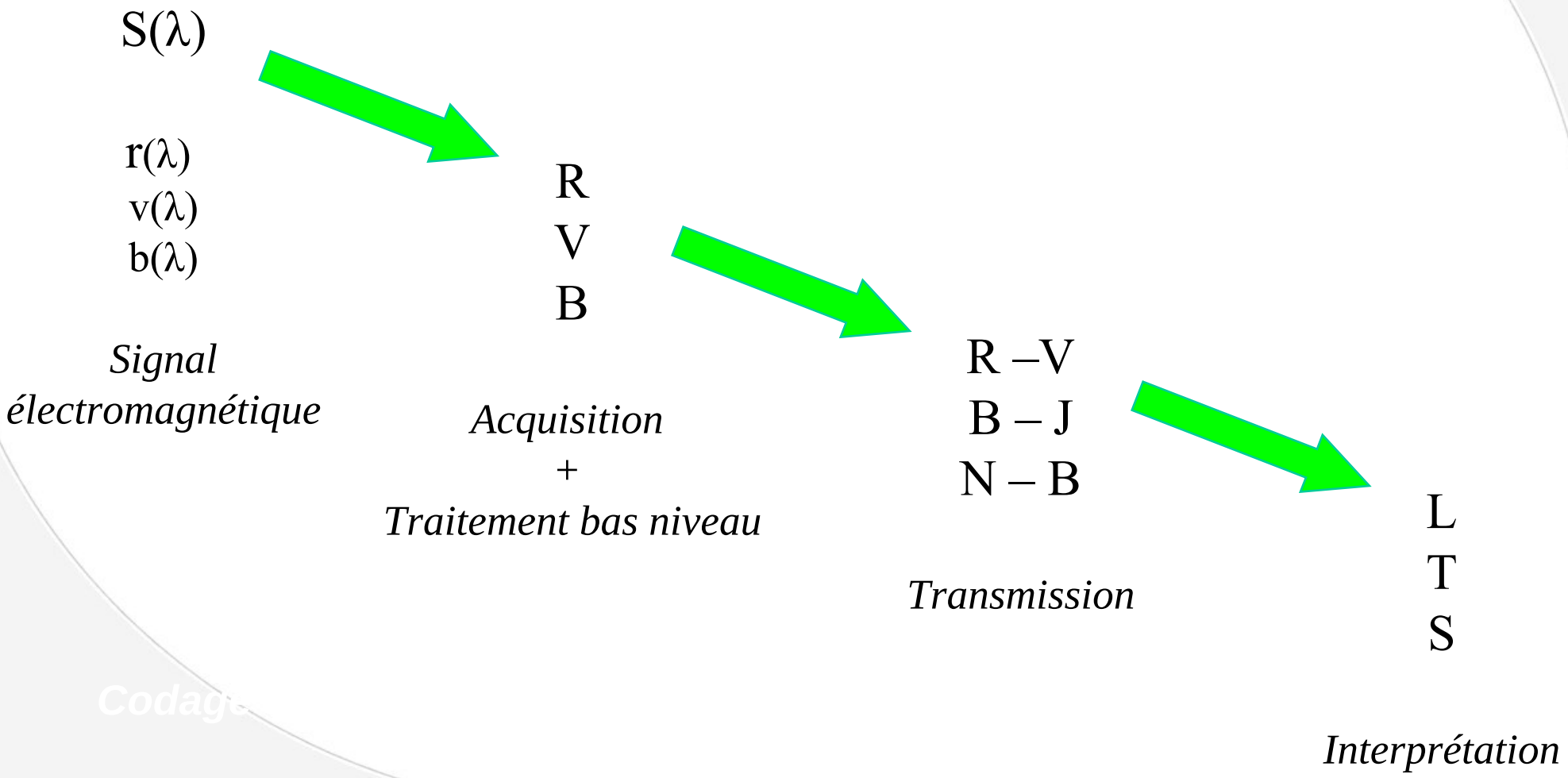
$$m = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} m(\lambda).I(\lambda).R(\lambda).d\lambda$$

$$s = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} s(\lambda).I(\lambda).R(\lambda).d\lambda.$$

Sous un illuminant I(λ) donné, deux objets de réflectance spectrale différente R1(λ) et R2(λ) peuvent parfaitement paraître identiques à un observateur donné, du moment que: l1 ≡ l2, m1 ≡ m2 et s1 ≡ s2.

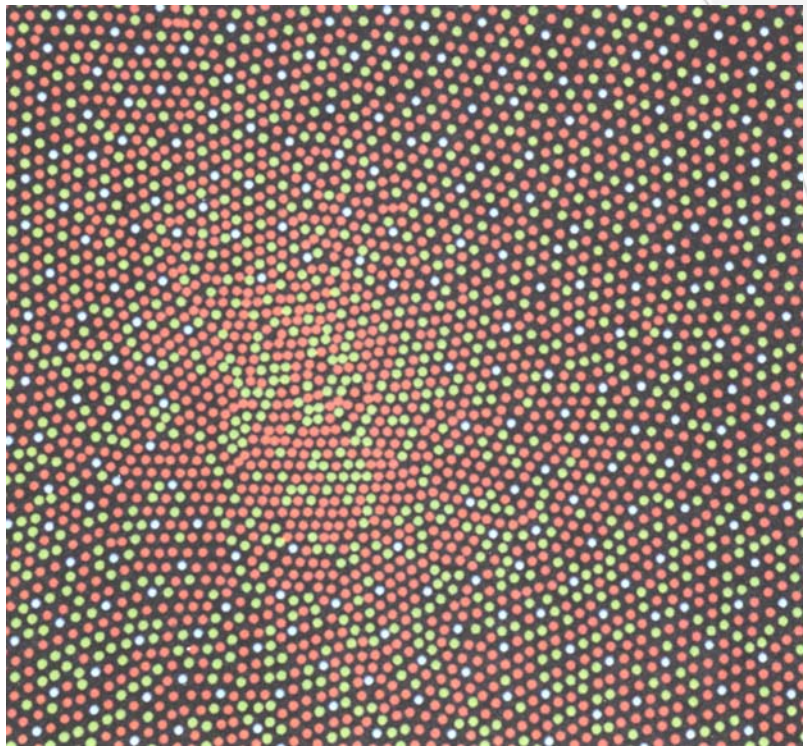
B/ Aspects physiologiques de la perception visuelle

La couleur est un attribut visuel qui intervient à plusieurs niveaux dans le système visuel.



B/ La perception visuelle : aspects physiologiques

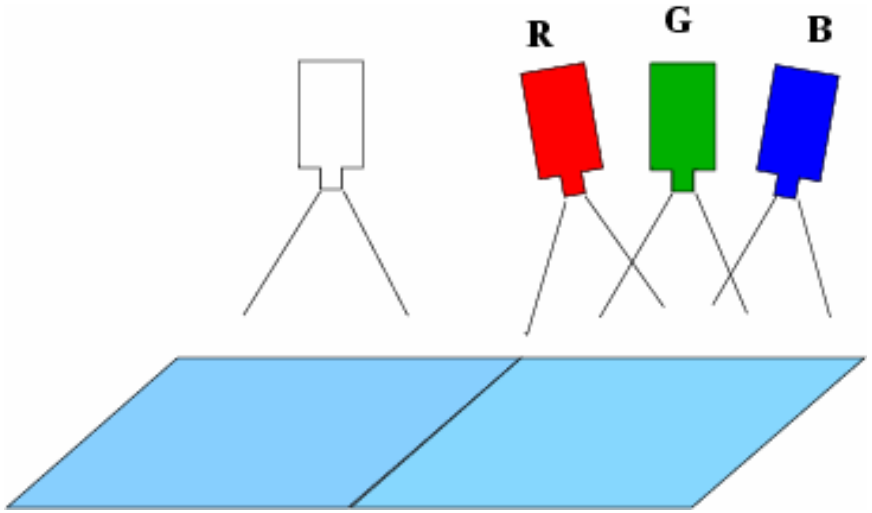
- Les **cônes** permettent la vision des couleurs (photopique). Il y en a entre 6 et 7 millions.
- Les **bâtonnets** permettent la vision sous faible intensité (en niveau de gris, scotopique). Il y en a environ 120 millions.
- Il existe trois types de **cônes (L, M, S)**, chacun ayant une sensibilité différente aux longueurs d'onde.

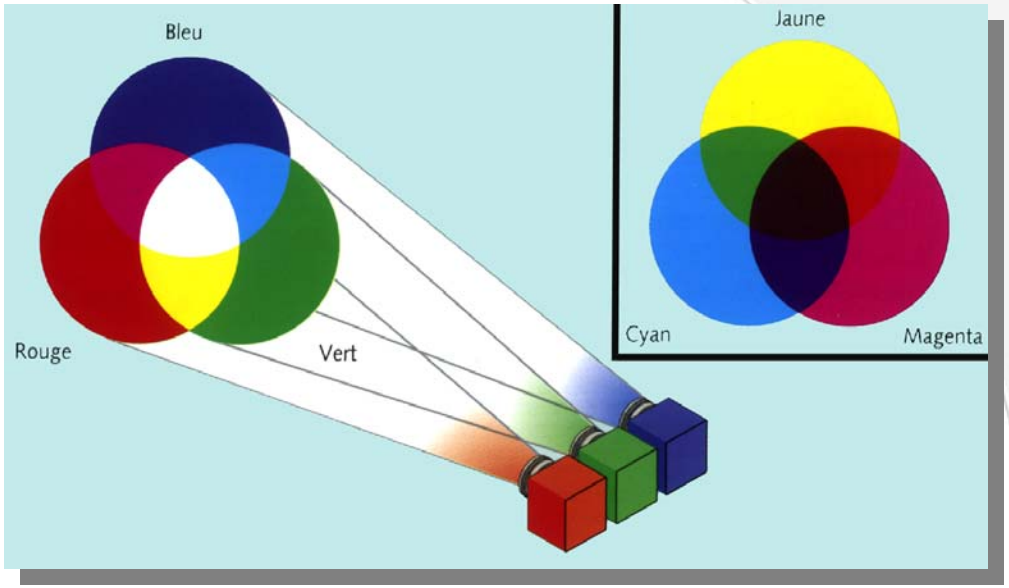


B/ Illustration de la trivariance visuelle

Simulation de la réponse des cônes : L (440 nm), M (545 nm) et S (580 nm)

B/ La trivariance visuelle par synthèse additive





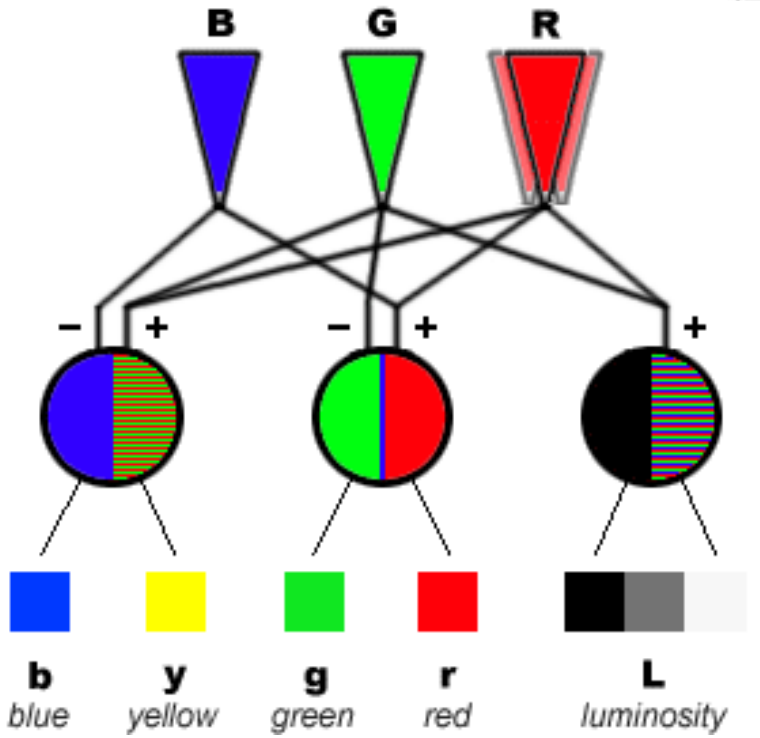
$$S(\lambda) \equiv r(\lambda)\, R + g(\lambda)\, G + b(\lambda)\, B$$

L'égalisation trichromatique repose sur des **conditions expérimentales très spécifiques** (très strictes) basées sur un champ visuel uniforme entouré d'un fond achromatique.

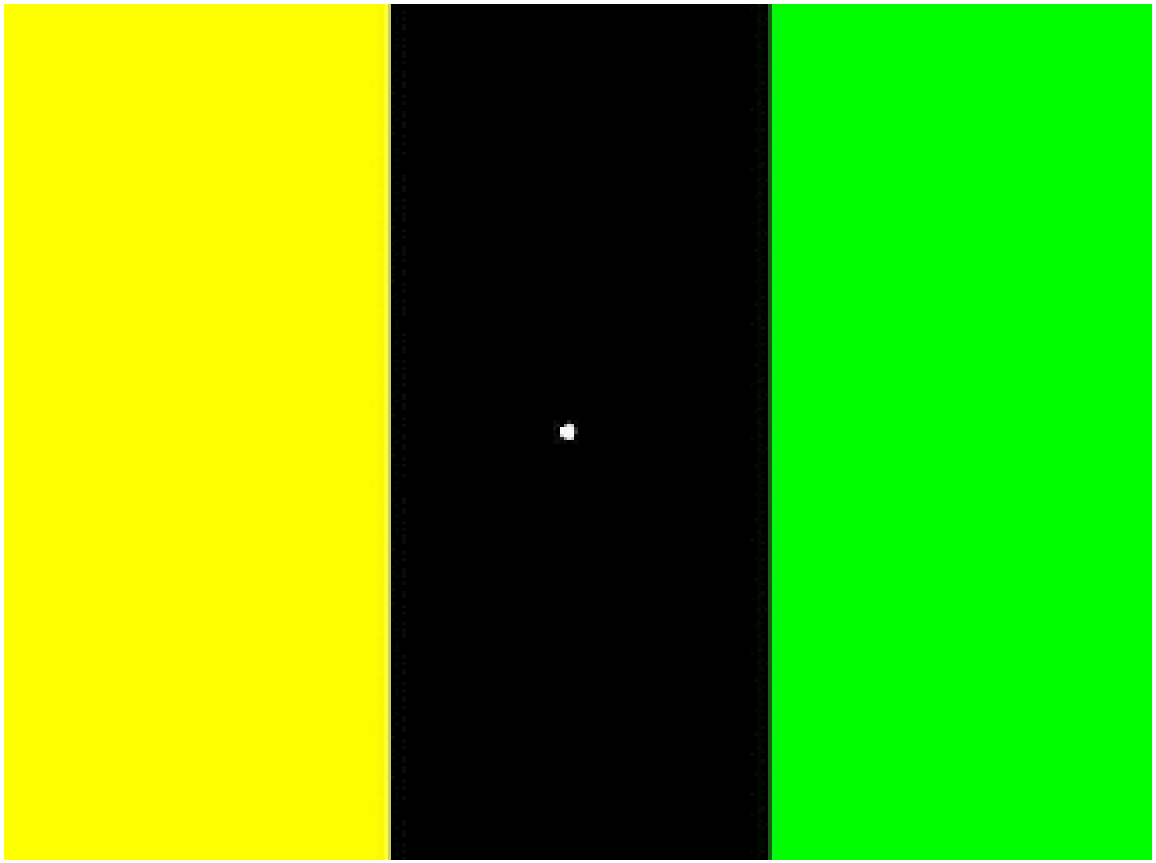
B/ Les différents systèmes de primaire

Les oppositions de couleur mettent en avant :

- une composante achromatique,
- deux composantes chromatiques basées sur les oppositions de couleurs entre cônes de différentes sensibilités.

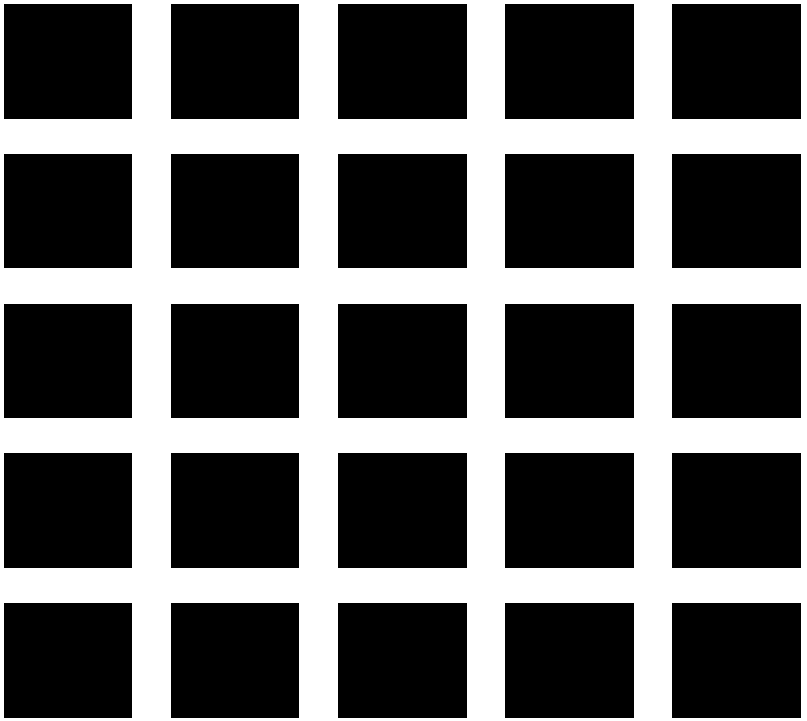


Exemple 1 d’oppositions de couleurs



Exemple 1 d’oppositions de couleurs

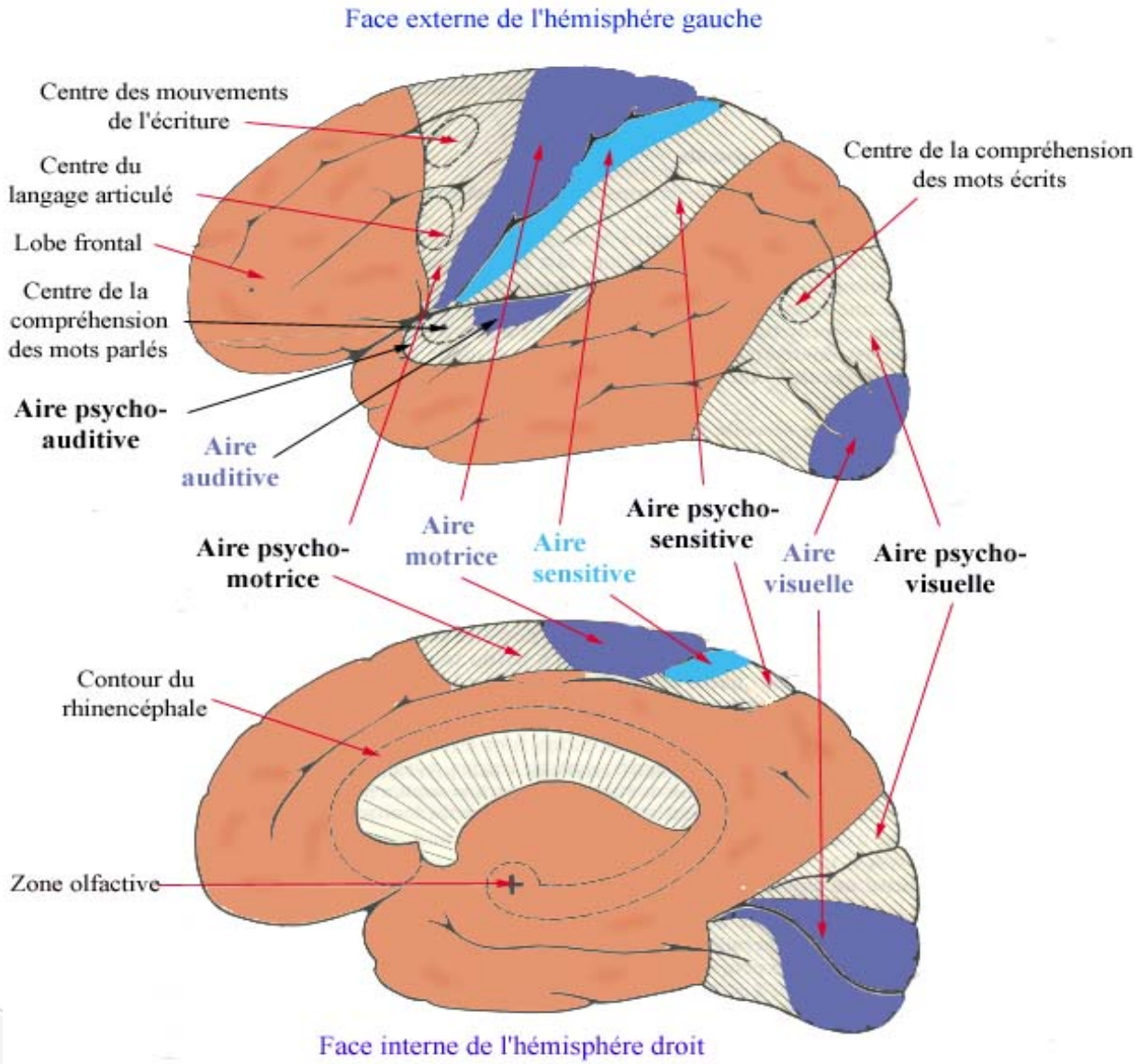
Exemple 2 d’opposition de couleur



Du fait de certains mécanismes psycho visuels d’inhibition/excitation certaines informations apparaissent là ou a priori il n’en existe pas !

B/ Anatomie fonctionnelle du cerveau

(10 milliard de neurones interconnectés)

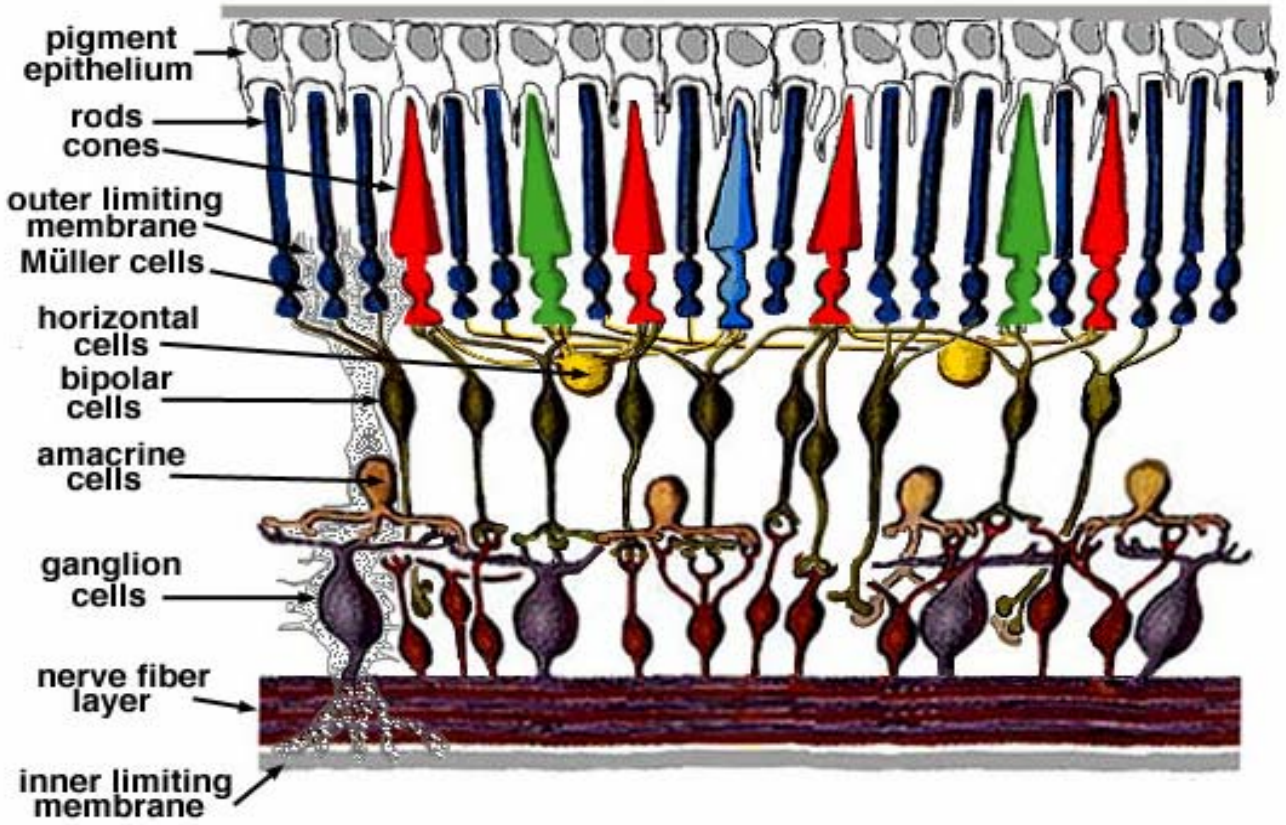


B/ La perception de la couleur à travers le système visuel

Grâce à des expériences psycho visuelles de type illusions d'optique, on peut mettre en évidence que certaines primitives du Système Visuel Humain (SVH) sont traitées à un plus haut niveau que d'autres.

Dès le niveau de la rétine, un certain nombre de traitements interviennent / perception de la couleur

Problème : que ce passe-t-il exactement aux niveaux supérieurs ?



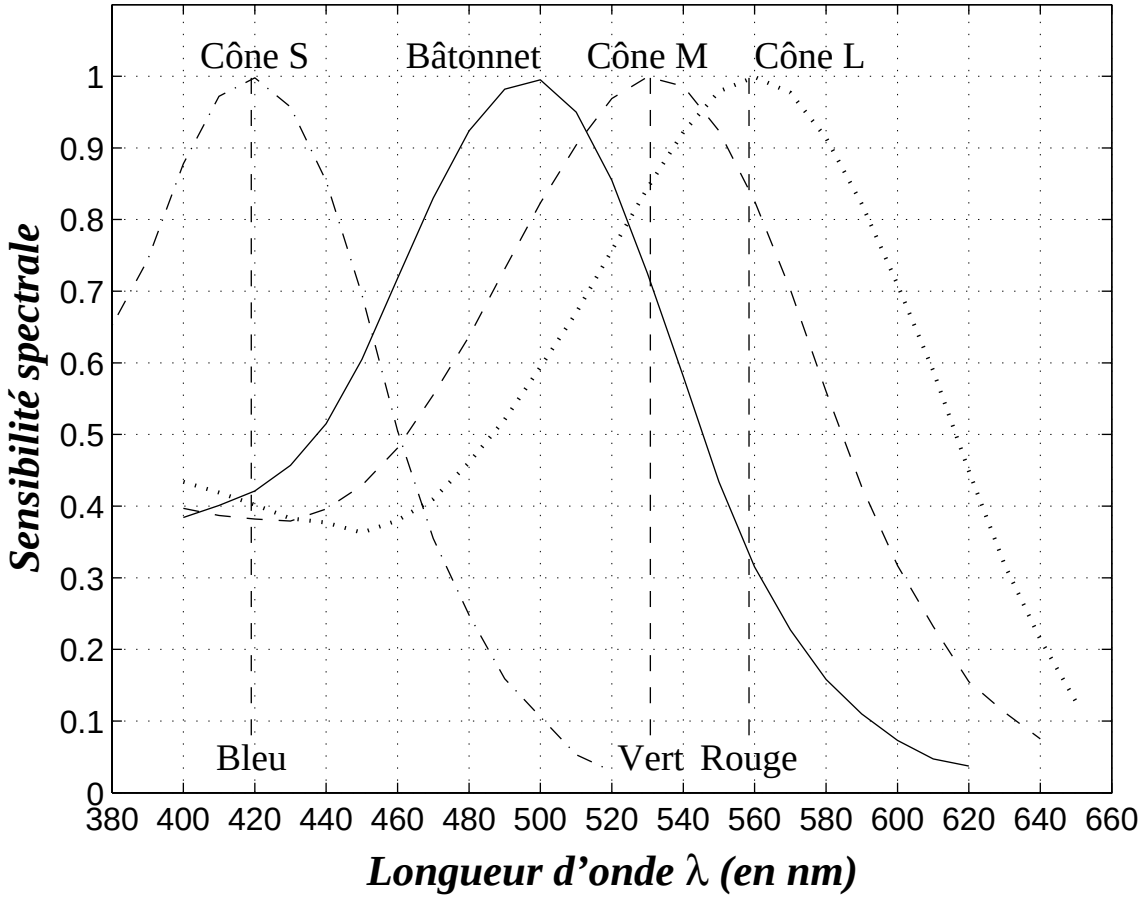
⇦ *Stimulation des photo-récepteurs*

⇦ *Traitements locaux au niveau rétinien*

⇦ *Transmission au cerveau*

La rétine = {connexions cellulaires axiales et latérales}

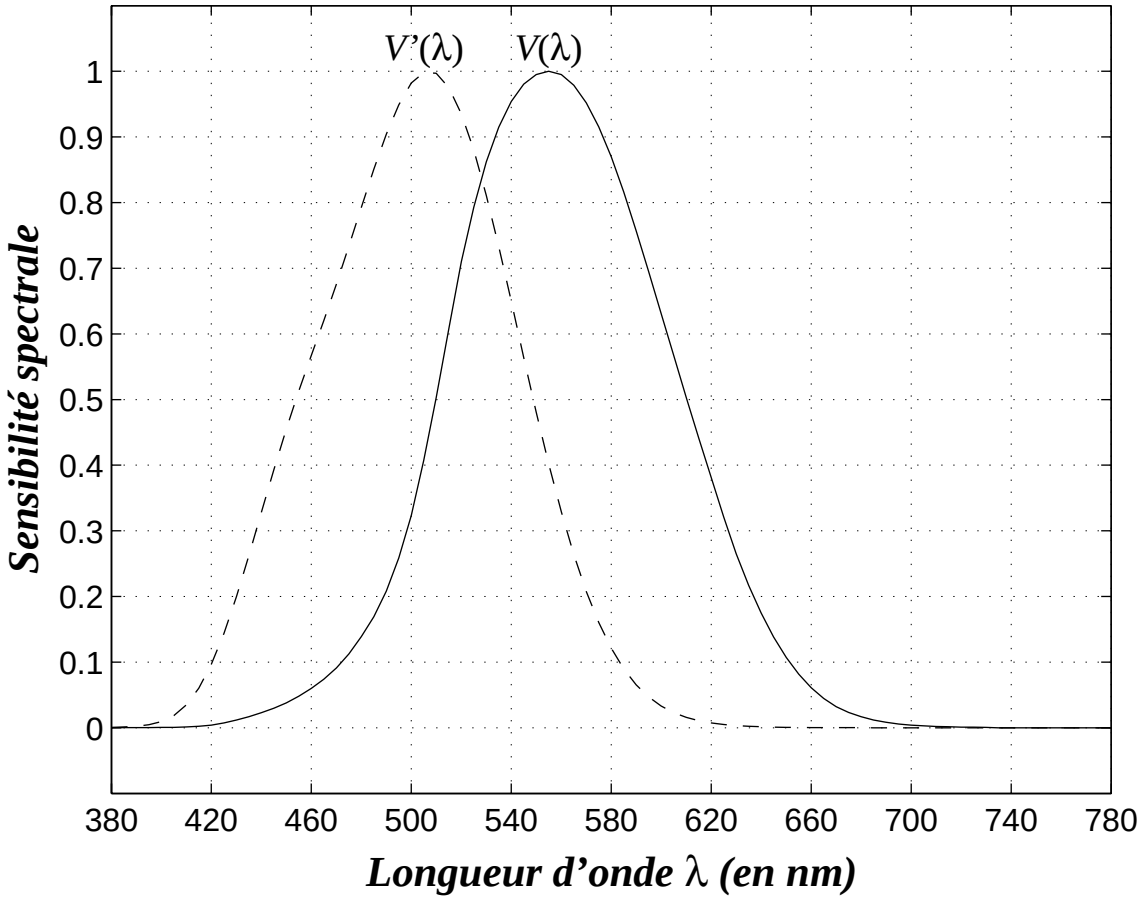
B/ La trivariance visuelle



Sensibilités spectrales des cônes LMS et des bâtonnets pour l'observateur standard CIE 1931 (i.e. sous un angle de vision inférieur à 2°).

Valeurs moyennes statistiques / population d'individus ayant une vision normale.

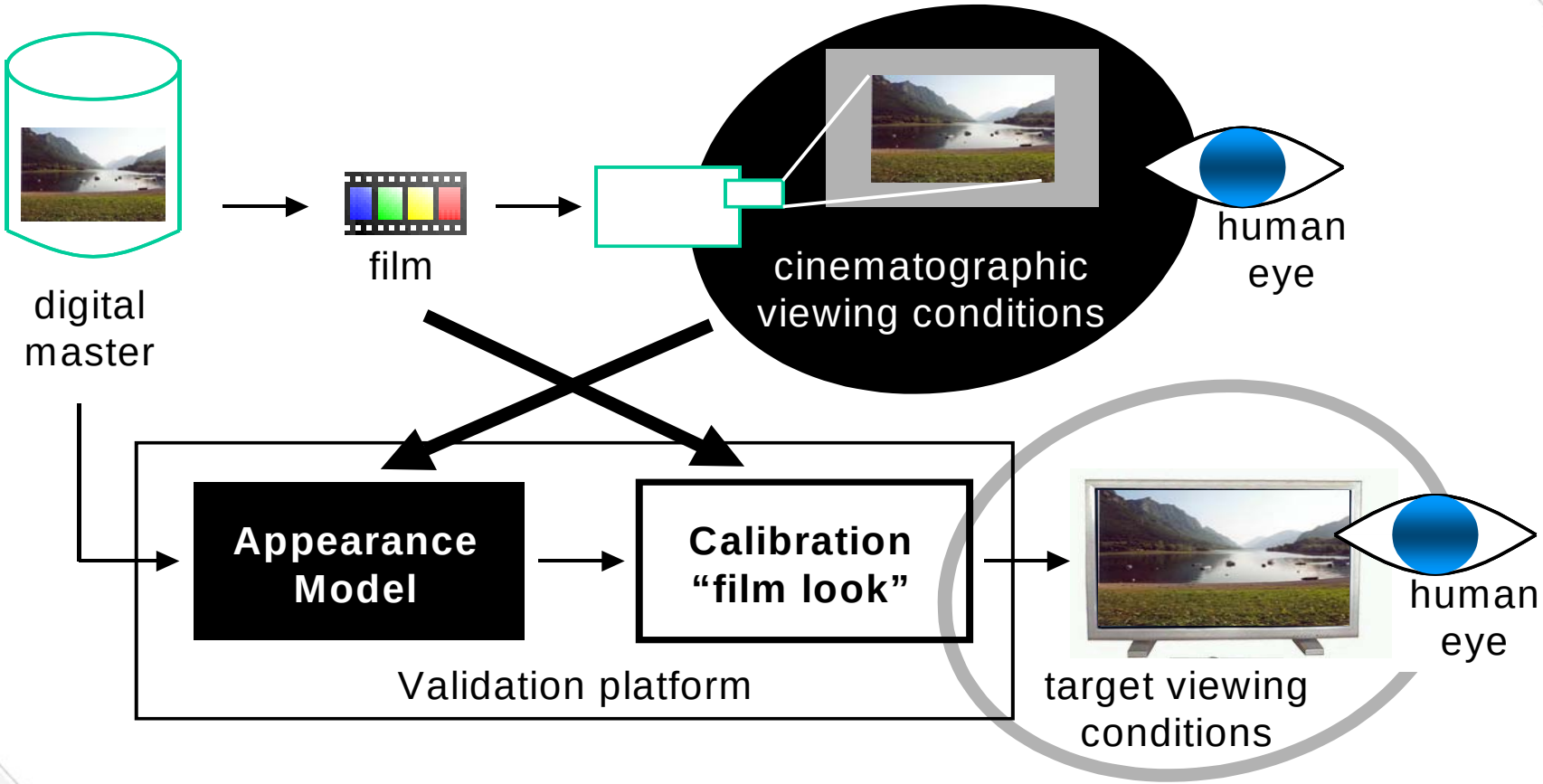
Problème : la sensibilité visuelle n'est pas la même en vision photopique, mésopique et scotopique.



Fonction d'efficacité lumineuse normalisée en vision photopique V(λ) et scotopique V'(λ).

Nb. La sensibilité est maximale pour le vert-jaune (560 nm) en vision photopique.

Exemple de cadre applicatif ou les aspects physiologiques jouent un rôle important

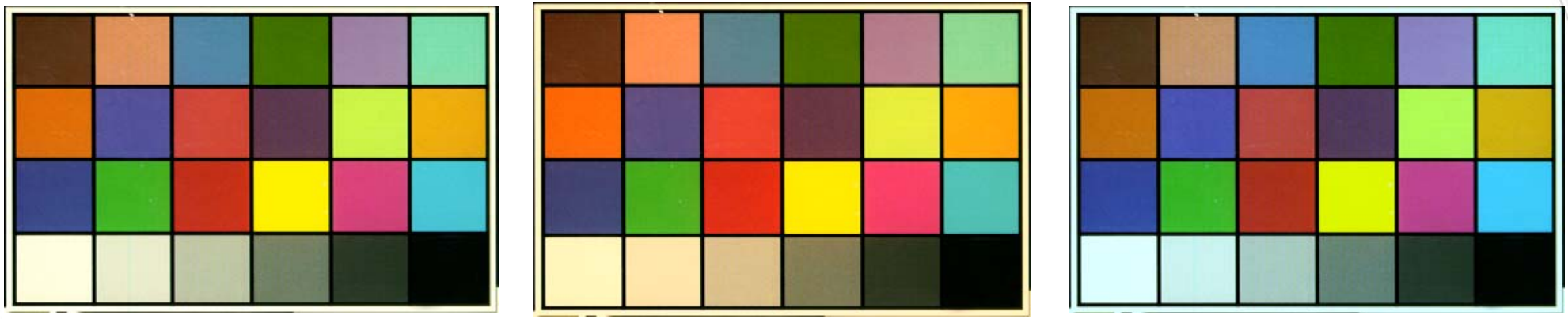


C/ Problème : la sensibilité visuelle aux écarts de couleur varie suivant plusieurs paramètres d'étude.

- L'une des particularités du système visuel humain est qu'il ne discrimine pas avec la même efficacité toutes les couleurs, y compris quand celles-ci sont relativement proches.

- Nous sommes donc confronté à un système de perception dont la sensibilité aux écarts de couleur n'est pas reliée de façon linéaire au comportement des photorécepteurs de l'oeil.

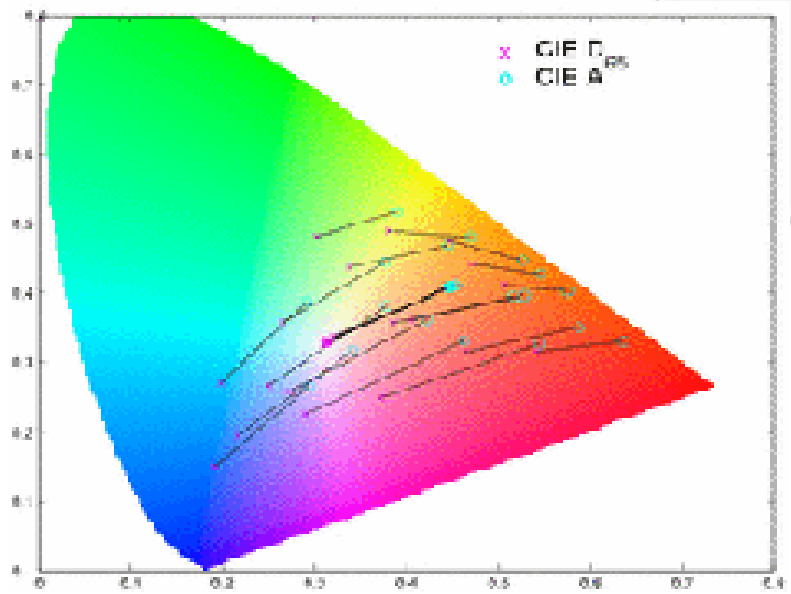
Exemple 1 : La sensibilité visuelle varie en fonction de l’éclairement



Modification du rendu couleur

en fonction du spectre d’éclairement

Exemple 2 : La sensibilité visuelle varie en fonction de l'éclairement



La colorimétrie permet de mesurer des écarts de couleur de faible amplitude.

Comparer deux couleurs de teinte différentes n'a pas de sens car il n'y a pas de relation d'ordre en couleur !