

# De Toutes Les Couleurs

*J.-C. Martin*  
*[www.jcmartin.ch](http://www.jcmartin.ch)*  
*3 avril 2025 UNAB*



# De Toutes Les Couleurs

*Le physicien, le peintre, l'informaticien ou l'imprimeur ont chacun leur définition de la sensation de couleur. Visions objectives ou subjectives, cette présentation fait une synthèse cohérente de ces définitions et modèles adaptés à chaque utilisateur.*

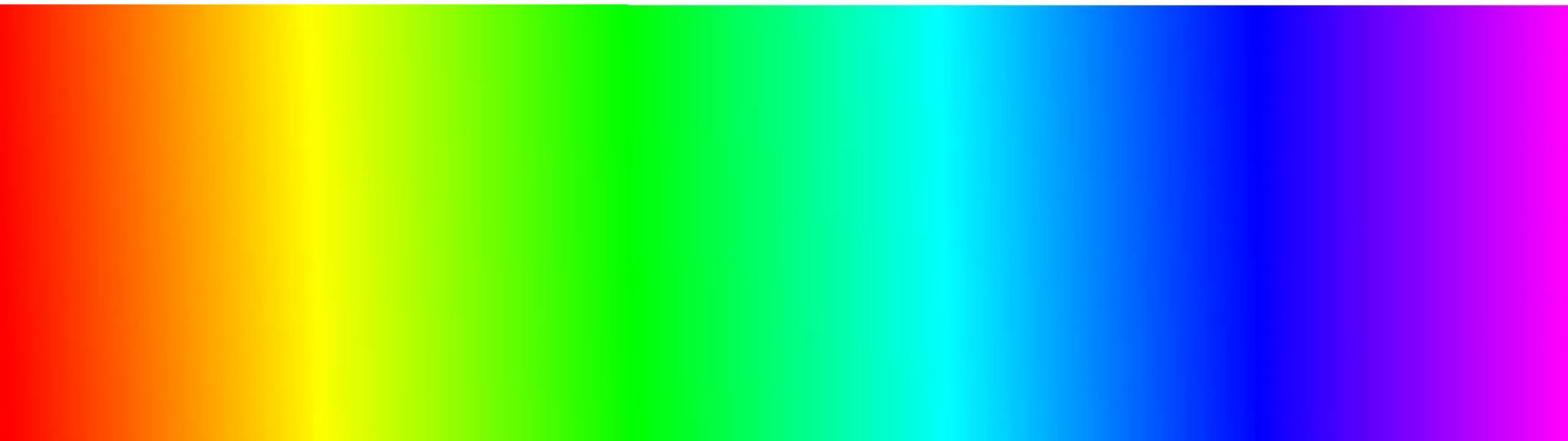
*Seulement les couleurs vues par l'homme.*

**De toutes les couleurs**



# Comment **mesurer** la couleur ?

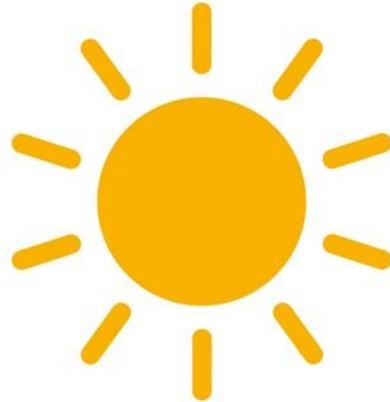
- associer à chaque couleur une ou plusieurs valeurs numériques (3 dimensions ?)
- quelle(s) unité(s) ?
- différents modèles de couleurs



# Plan de la présentation

- 1- Définitions du physicien
- 2- Les couleurs à travers les âges
- 3- Le cercle des couleurs de Newton
- 4- L'œil humain, les couleurs du médecin
- 5- Norme CIE des couleurs
- 6- Modèles de couleurs
- 7- Conclusions sur un espace à 3 dimensions

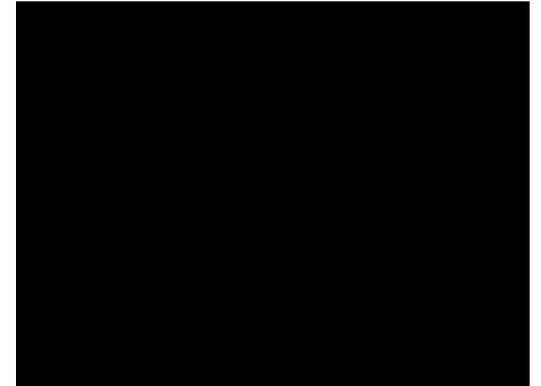
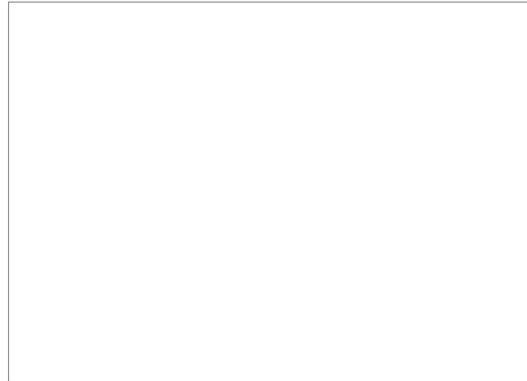
# 1- Définitions du physicien



## L'énergie solaire La lumière

# L'énergie solaire et la lumière

- Sans lumière, pas de couleur !
- C'est donc tout noir ...
- Au soleil, c'est tout blanc ...

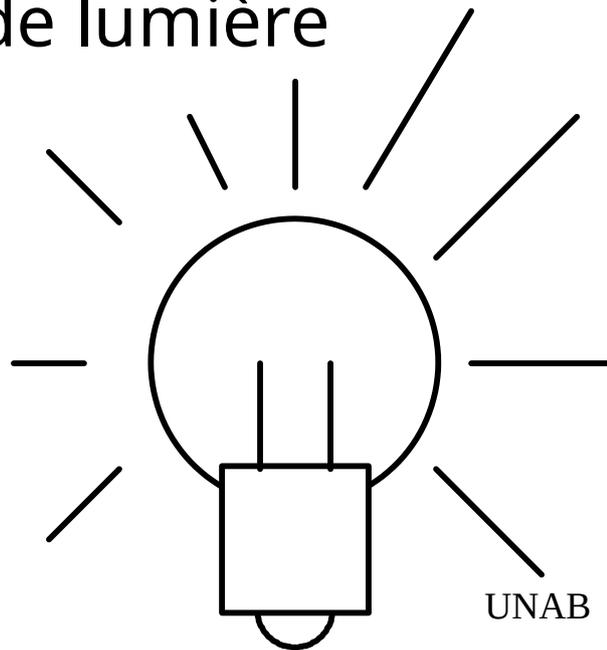


Noir et blanc font-ils partie des couleurs ???

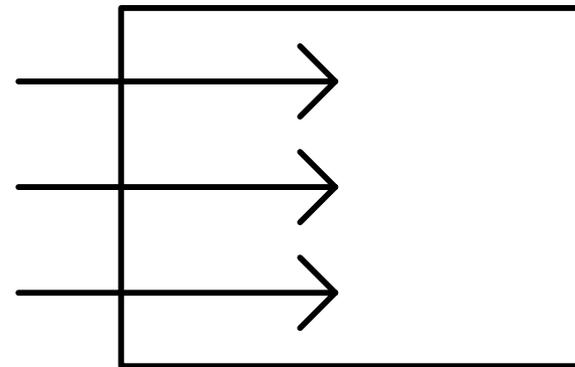
# Mesure de la lumière et unités

- Rayonnement (intensité) : cd ou W/sr
- Propagation (flux) : lumen (lm ou W)
- Éclairement : lux (lx, lm/m<sup>2</sup> ou W/m<sup>2</sup>) *c'est la grandeur facile à mesurer*

source de lumière  
flux

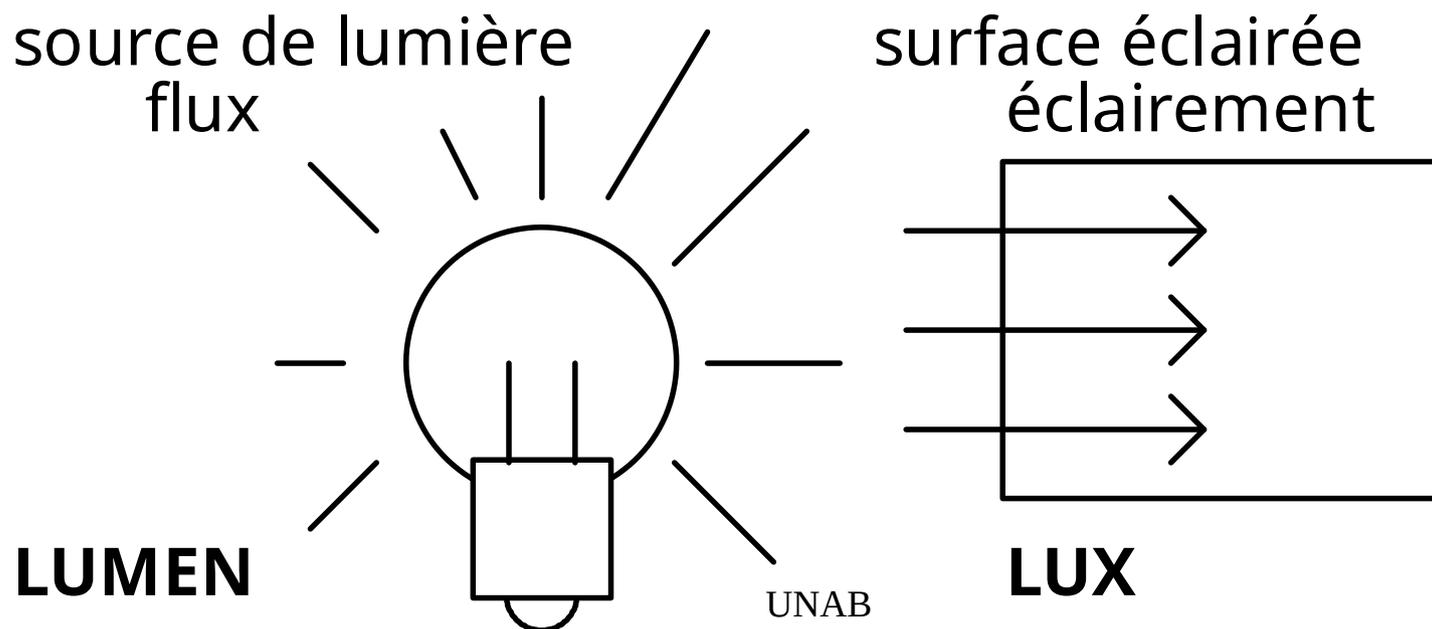


surface éclairée  
éclairement

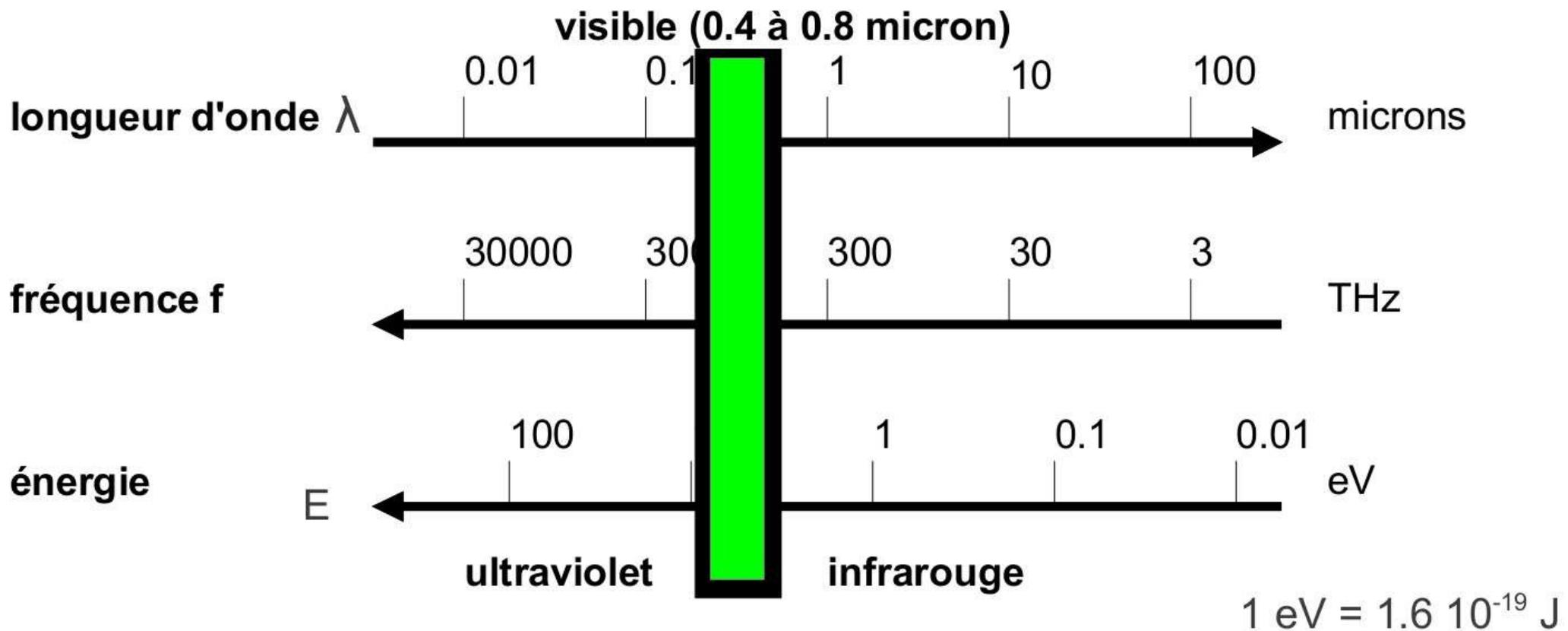


# Mesure de la lumière et unités

- La couleur est une propriété de la **lumière**
- La **couleur** est dans deux grandeurs mesurables : l'énergie et la longueur d'onde.



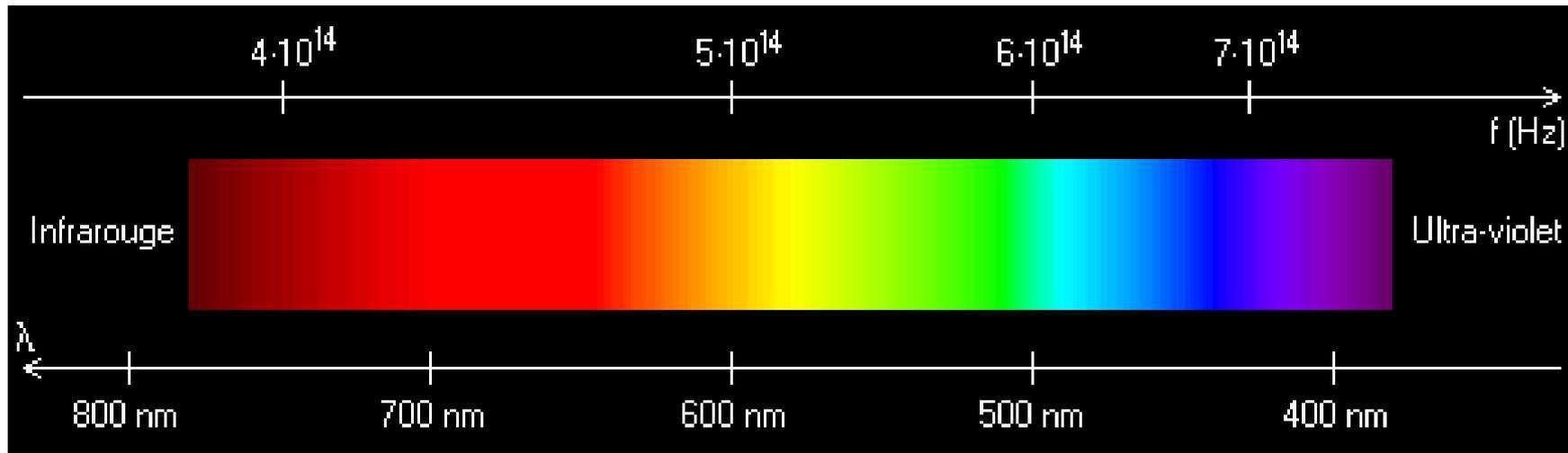
# Ondes électromagnétiques, et mesure de la lumière **visible**



# Les couleurs du physicien

La couleur est donc une grandeur mesurable

- par une longueur d'onde (nm) pour les couleurs



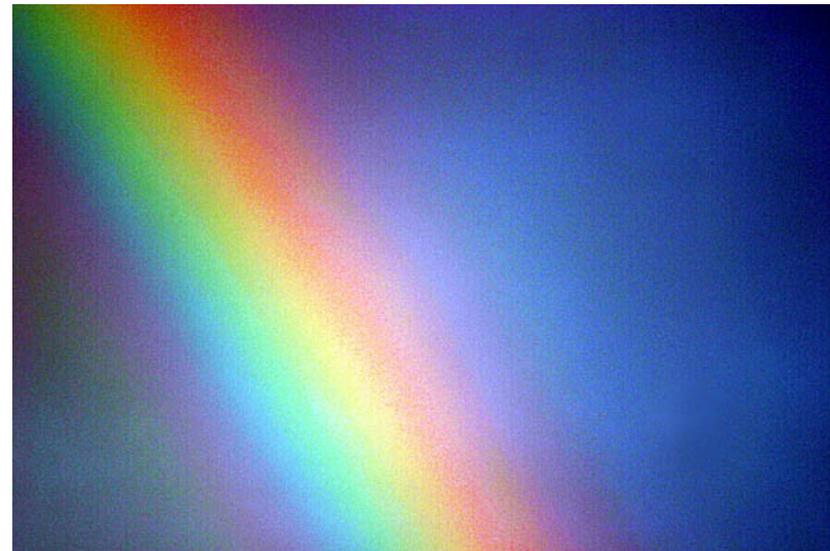
- par l'éclairement (lx) pour le noir et le blanc



# Les couleurs du physicien

Les couleurs **pures** ou **monochromatiques** ( $\lambda$  unique) sont celles de l'arc-en-ciel

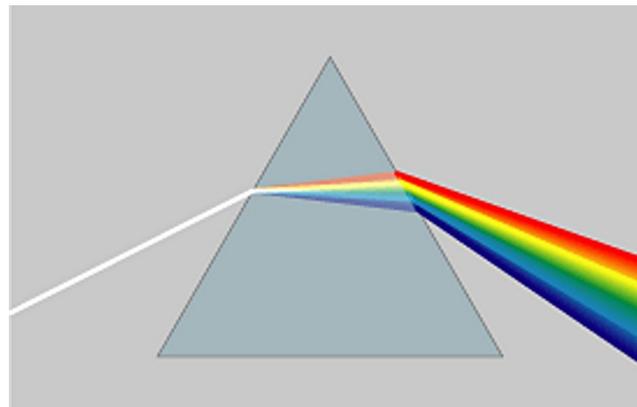
Photo d'un arc-en-ciel  
avec toutes les couleurs  
du spectre



# Les couleurs du physicien

- Nous avons une définition objective et mesurable des couleurs (longueur d'onde et intensité)
- Rouge orange jaune vert bleu indigo violet
- Noir et blanc

Spectre obtenu avec un prisme et décomposition de la lumière blanche



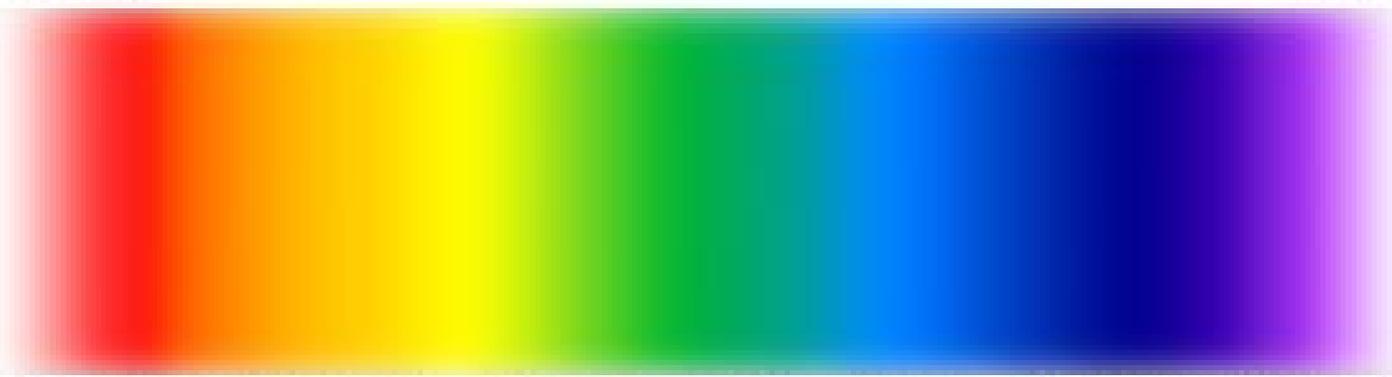
# Les couleurs du physicien

- Avec un prisme, on peut voir toutes les couleurs **monochromatiques** de 400 à 800 nm environ

*750 nm*

*550 nm*

*446 nm*



*rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo, violet*

- Mais il y a aussi d'autres couleurs que celles de l'arc-en-ciel, les mélanges de couleurs ...

# Couleurs du physicien

- Longueur d'onde et intensité
- ... il manque tous les **mélanges** de plusieurs longueurs d'ondes
- Vision donc insuffisante avec 2 mesures !

## 2- Les couleurs à travers les âges



Lascaux  
17'000 ans



# Préhistoire

- On ne sait pas grand chose ...
- Couleurs réalisées avec des pigments



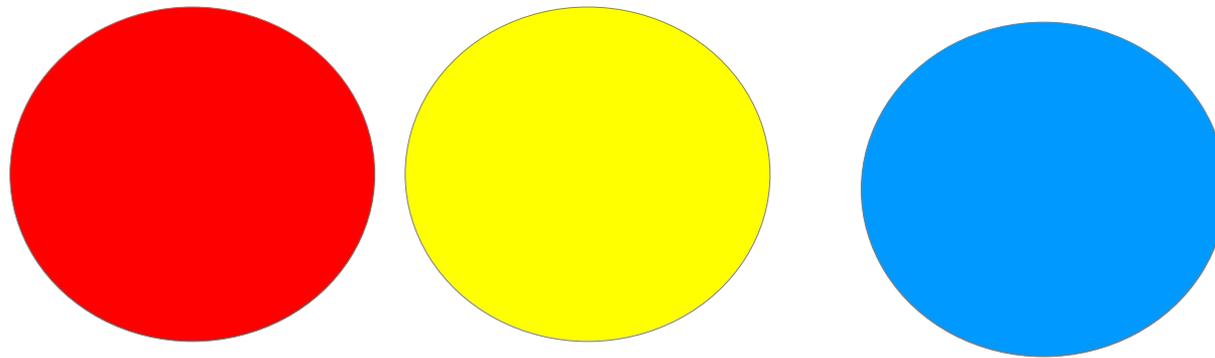
# Égypte antique





# Les couleurs des Égyptiens

- Valeurs symboliques des couleurs
- Peintures religieuses très codifiées
- Trois couleurs de base, rouge, jaune et bleu
- C'est encore les couleurs de base du peintre aujourd'hui

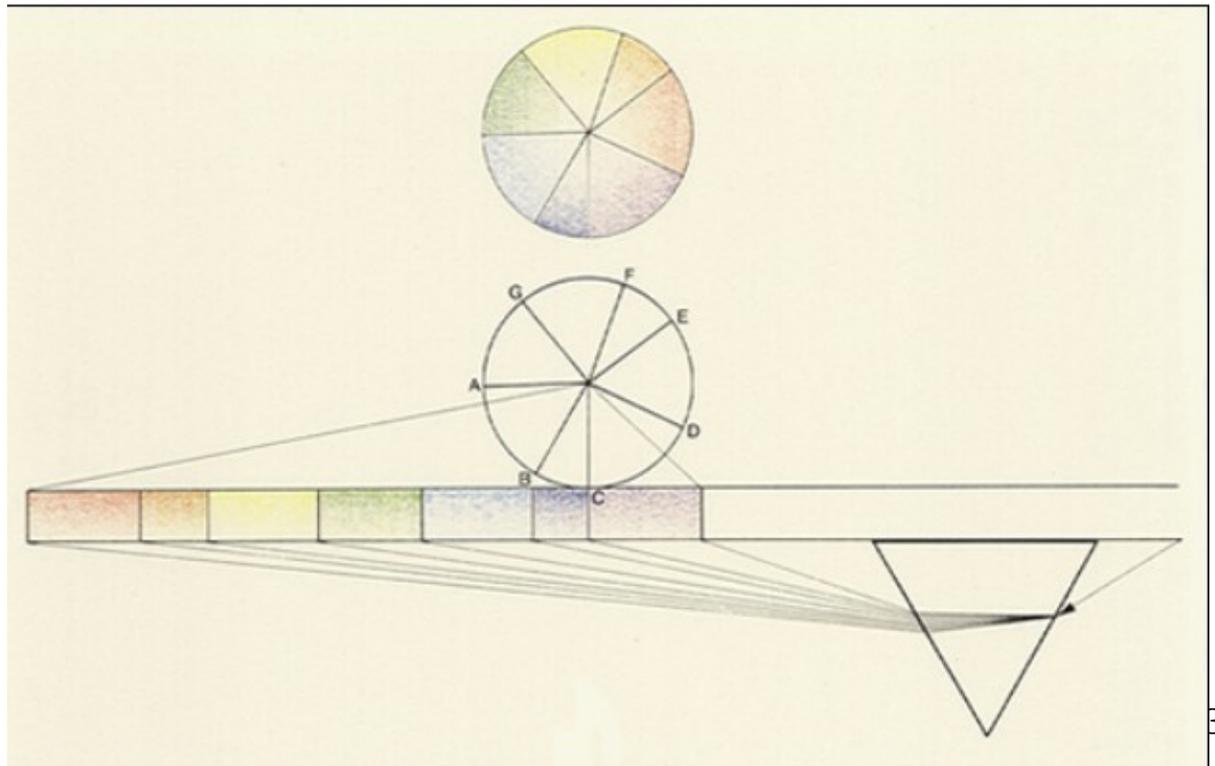


# Exemples de symboles

- **Blanc** : joie et faste
- **Noir** : couleur de la nuit et du royaume des morts, mais aussi renaissance et fertilité
- **Jaune** : or, soleil et immortalité
- **Rouge** : violence, désert, feu, sang, mais aussi symbole de la victoire
- **Bleu clair** : air, ciel et Dieu Amon

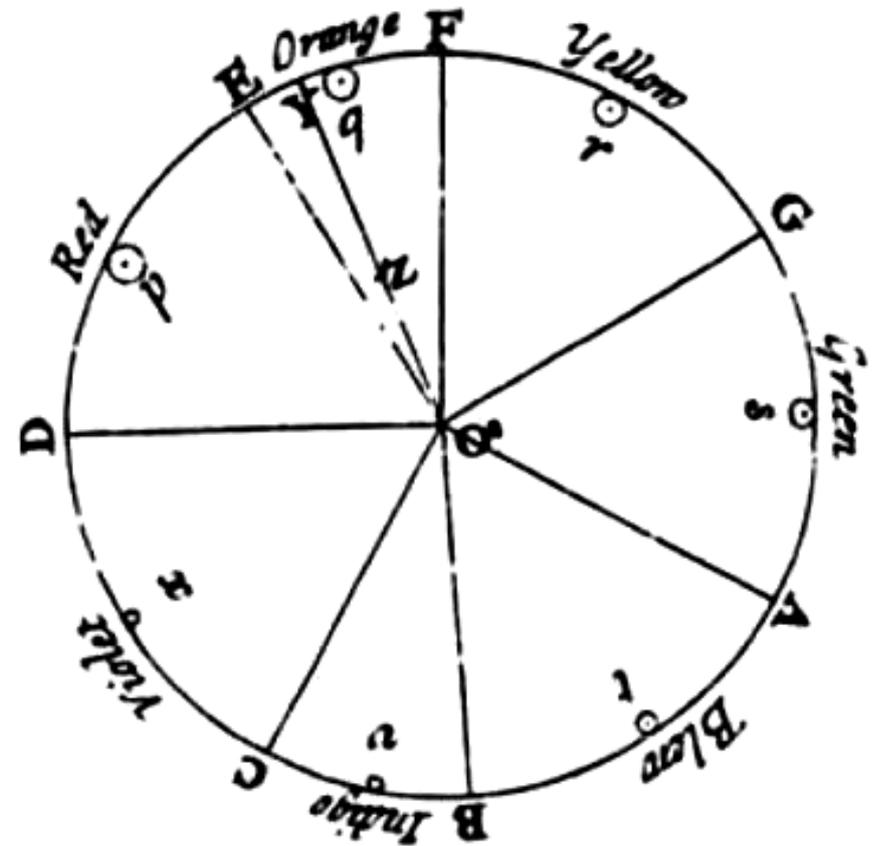
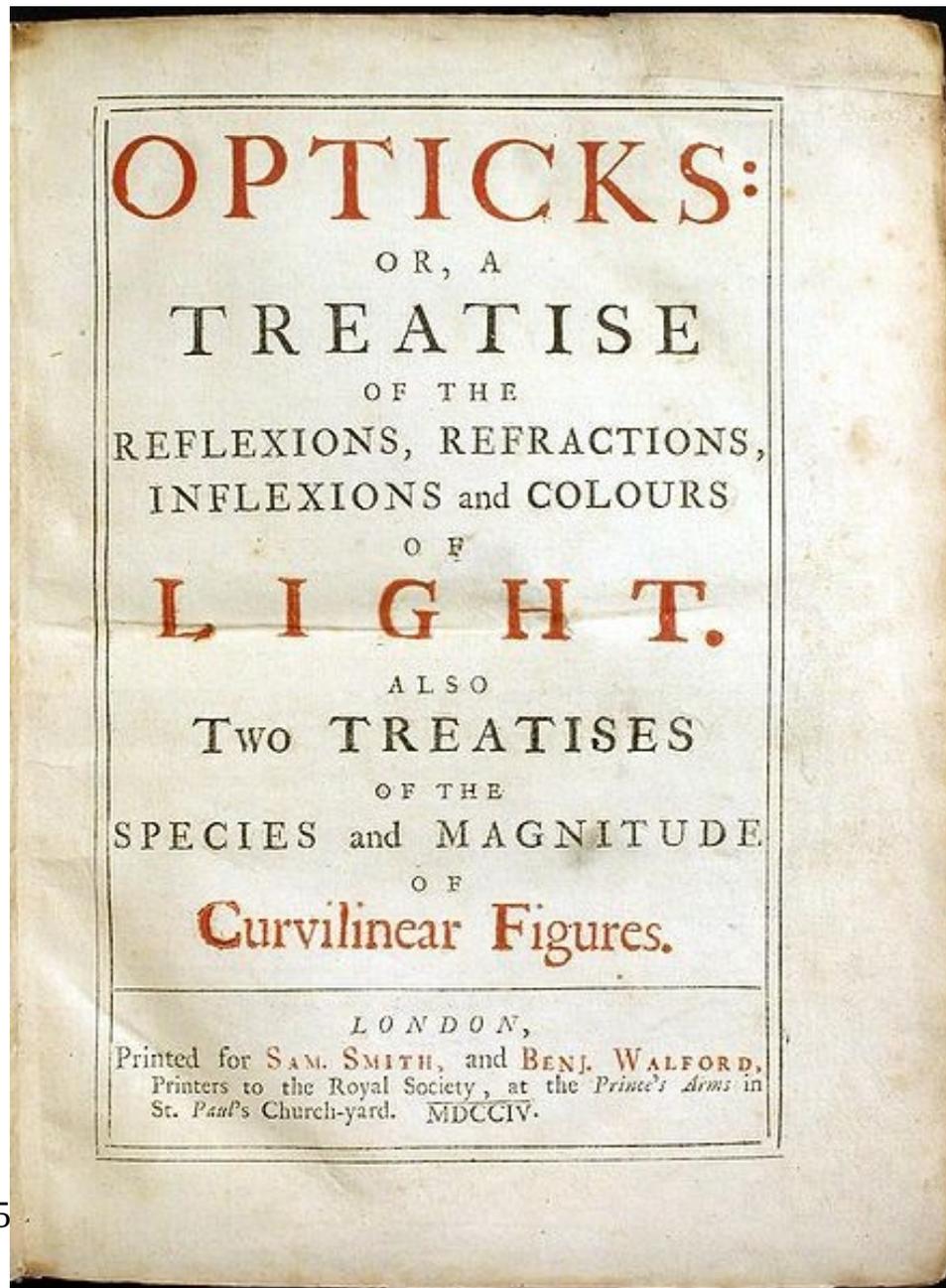
# 3- Le cercle des couleurs de Newton

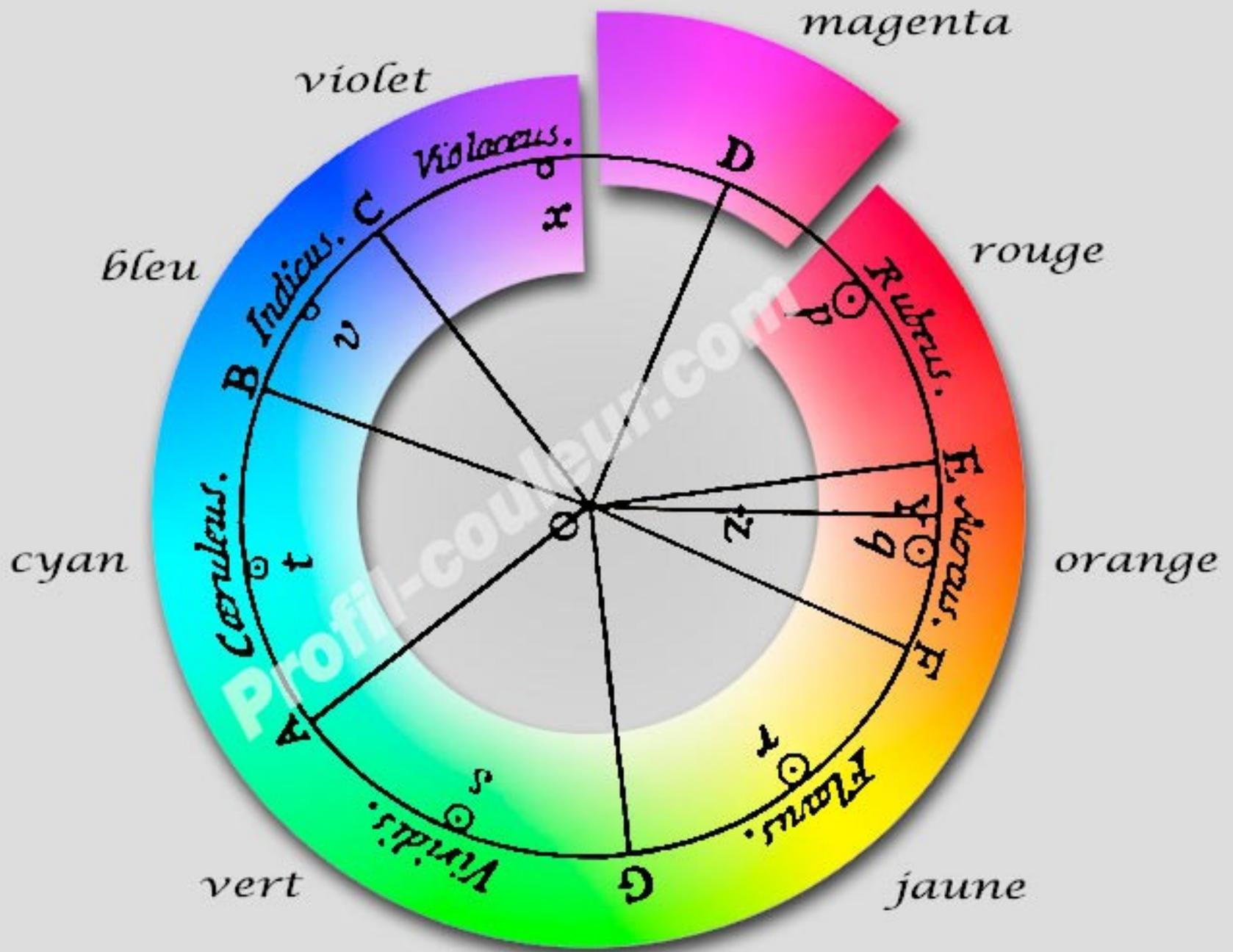
- Cercle chromatique de Newton (1642-1727)
- Passage continu entre toutes les couleurs
- Associe les couleurs et les notes musicales

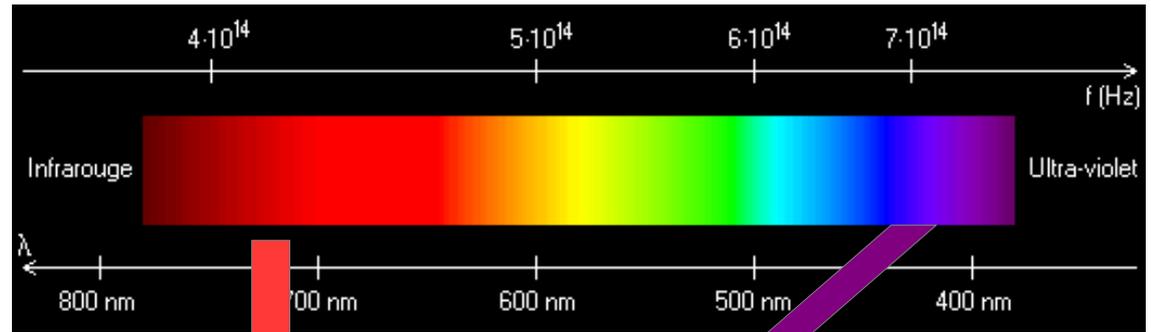


Newton - prisme

# Cercle des couleurs de Newton 1704

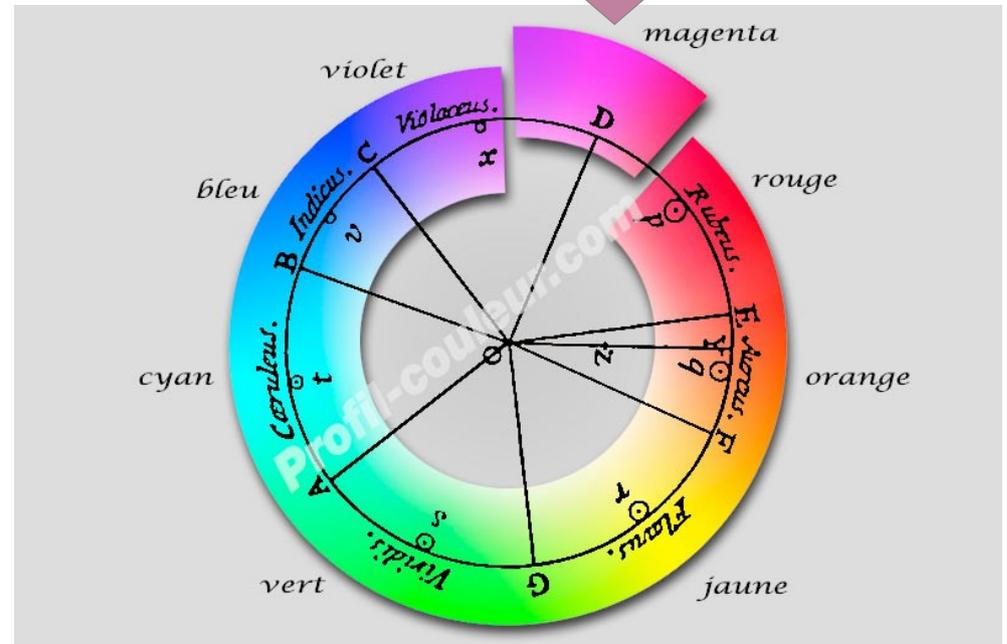




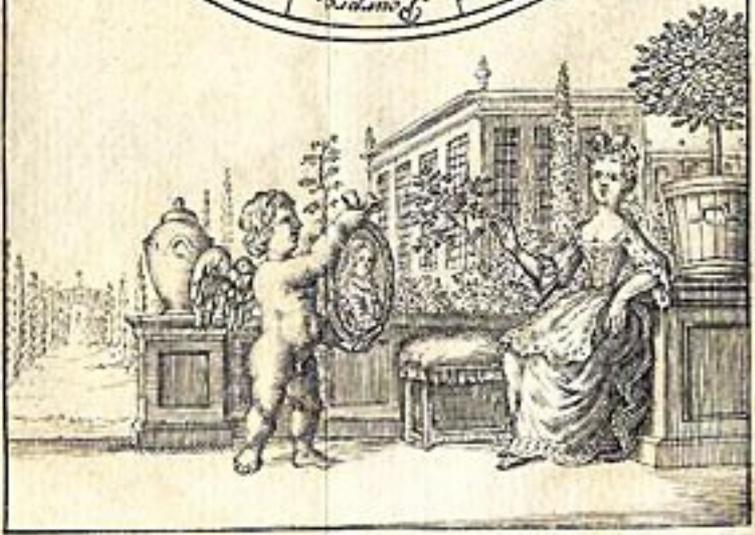
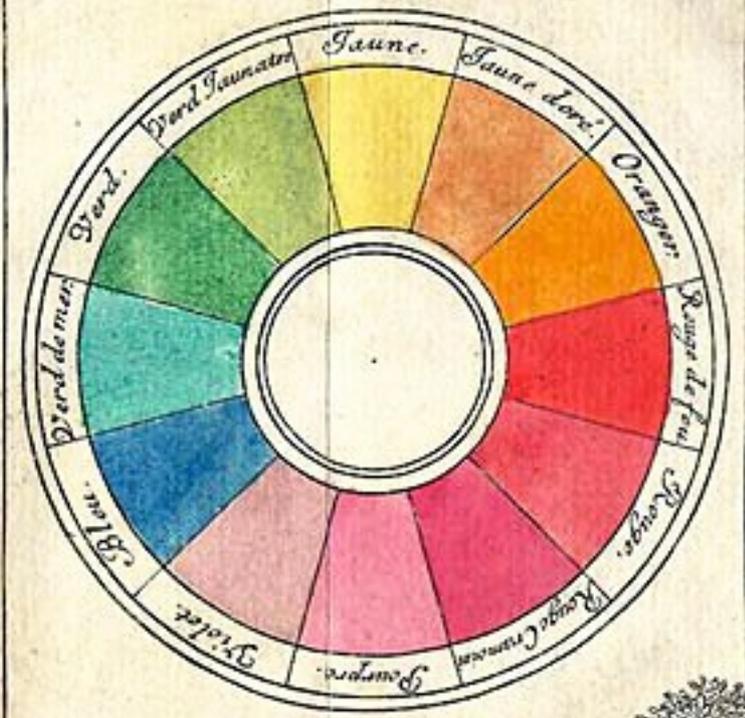
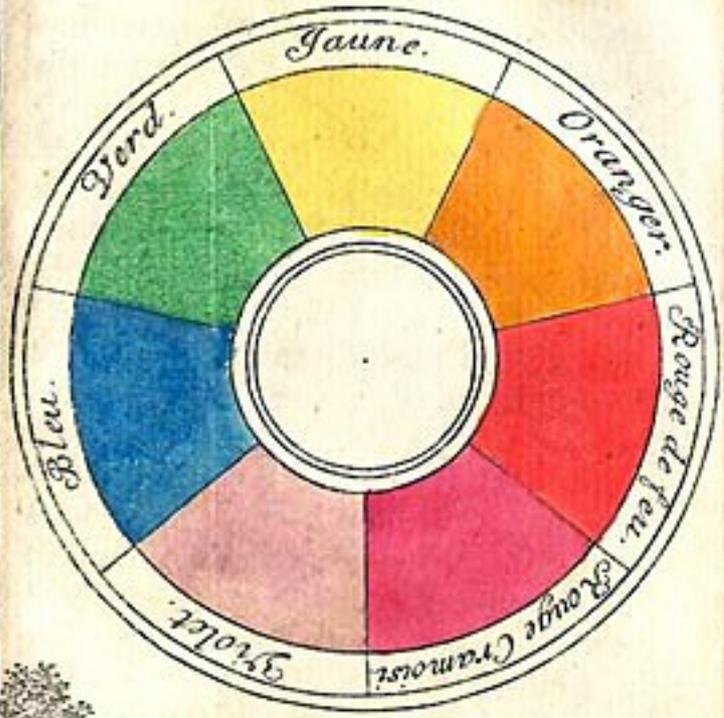


Il y a des couleurs entre le rouge et le violet : magenta

Magenta = rouge + bleu



Entre Page  
154 & 155.

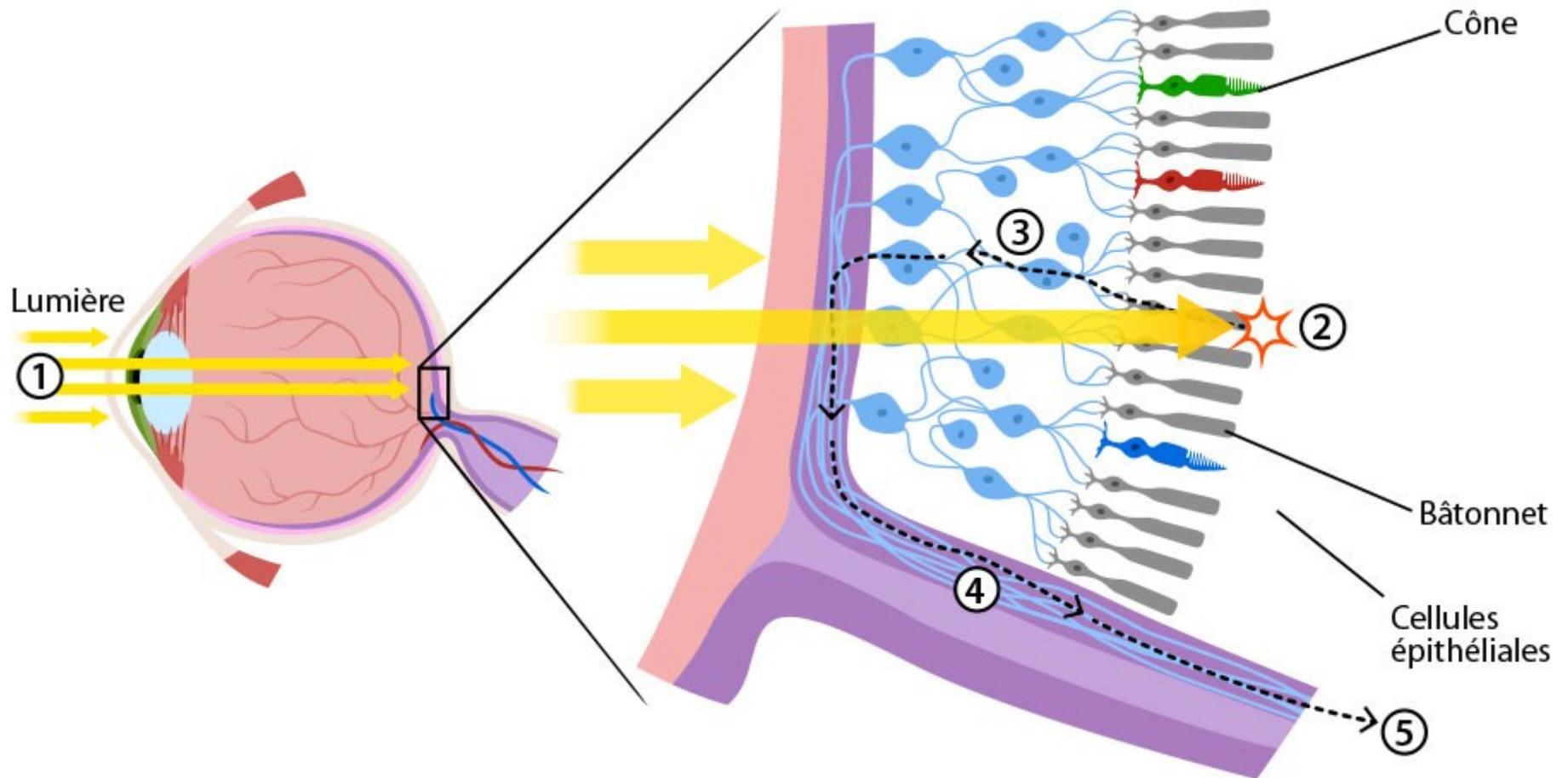


## 4- Les couleurs du médecin

- La vision est assurée par des éléments sensibles de la rétine au fond de l'œil
- La couleur est une impression subjective différente pour chaque individu
- La sensibilité de l'œil est maximum pour le vert, et diminue vers le rouge et vers le violet
- Elle est différente le jour et la nuit



# Structure de l'œil humain



Réf. <https://askabiologist.asu.edu>

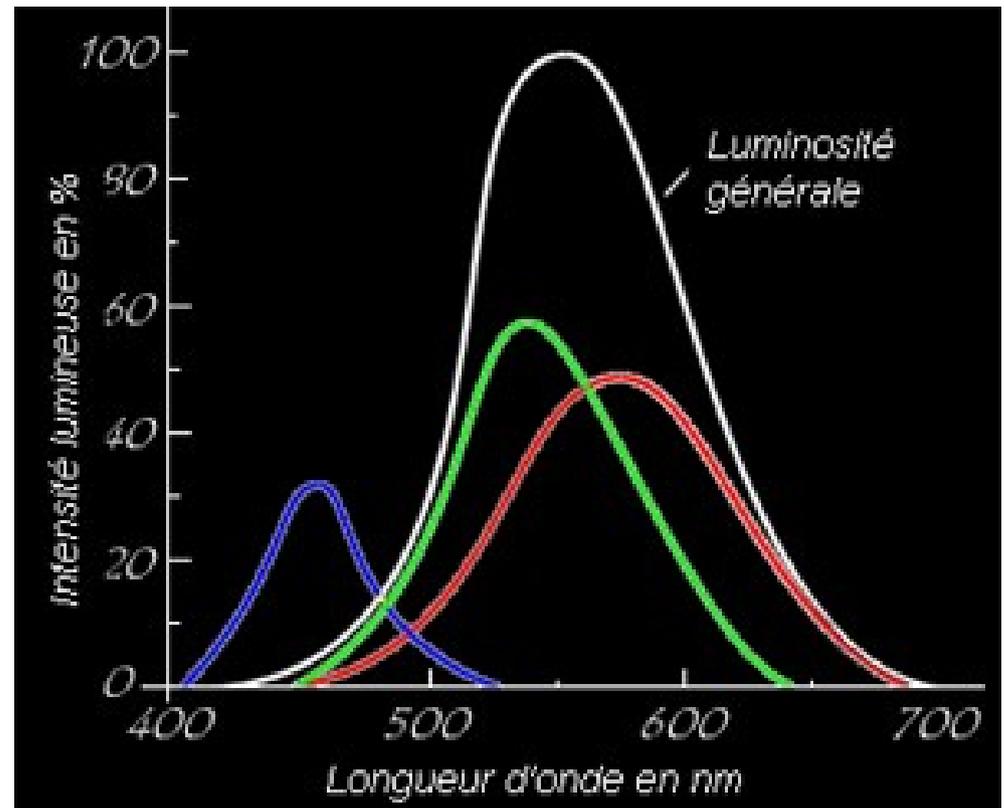
# Les couleurs de l'homme

- Les bâtonnets et trois sortes de cônes permettent au cerveau de distinguer les couleurs

- Cônes R 570 nm

- Cônes V 535 nm

- Cônes B 445 nm



Réf. <http://www.raman-scattering.eu>

# La nuit, tous les chats sont gris

- Dans la pénombre, la vision est principalement assurée par les bâtonnets, plus sensibles
- On ne distingue donc plus les couleurs !



# Daltonisme

- C'est un défaut de vision des couleurs dû à l'insensibilité de un ou plusieurs types de cônes au fond de l'œil
- Exemple de vision sans les cônes verts (on parle de deutéranopie)

réf. : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Daltonisme>



Vision normale



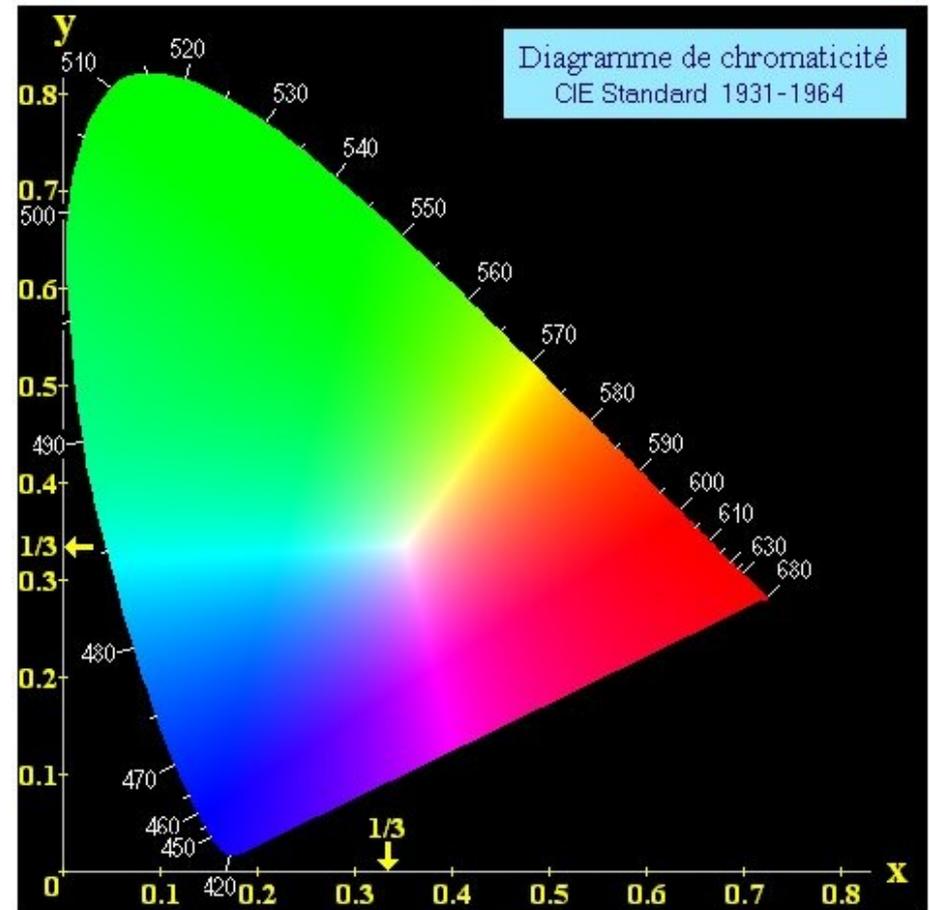
Vision sans le vert

# Quelques symboles actuels

- **Rouge** symbole de la chaleur et du danger
- **Orange** évoque le soleil et le feu
- **Jaune** c'est l'or et la richesse
- **Vert** de la nature et de l'écologie
- **Bleu** du ciel, du calme
- **Violet** symbole de la connaissance et religion
- **Noir**, couleur du deuil en Europe, **blanc** symbole de la pureté

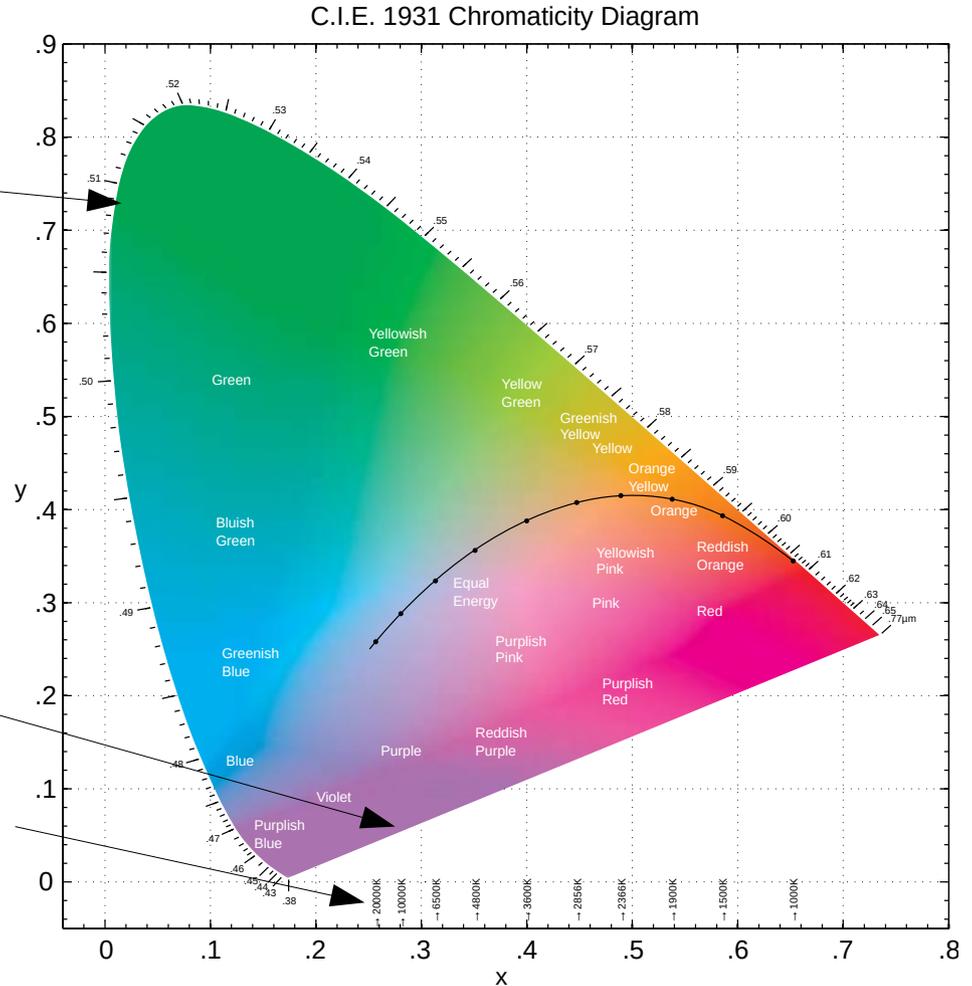
# 5- Les couleurs de la norme CEI

- Le diagramme de chromaticité ou **gamut** représente l'ensemble des couleurs vue par l'homme [réf. 1]
- Les **couleurs** monochromatiques sont au bord ( $\lambda$  noté en nm), le **blanc** au centre ( $x = y = 1/3$ ) avec  $S=0$



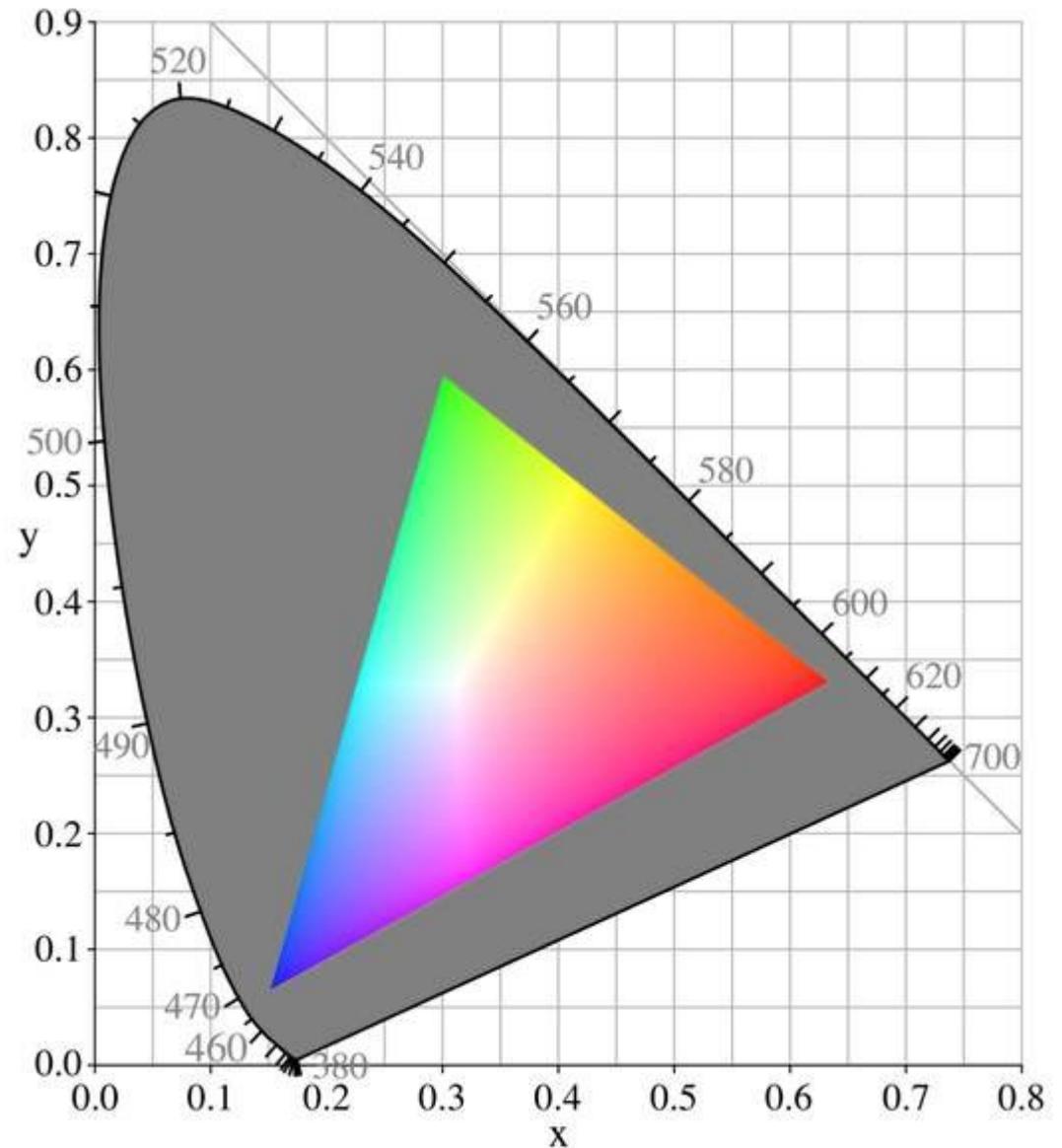
# Diagramme de chromaticité

- Les couleurs saturées sont au bord
- La ligne inférieure représente des couleurs saturées non monochromatiques violet, magenta etc.
- Température du blanc



# Les couleurs de l'homme

Notez que votre écran d'ordinateur ne peut afficher toutes les couleurs du gamut (exemple des couleurs visibles d'un écran dans le triangle)

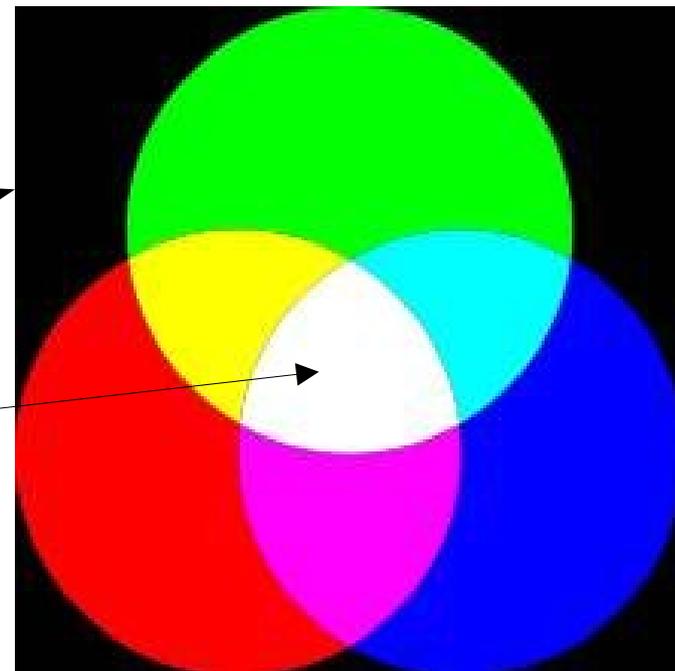


# 6- Modèles de couleurs

- Systèmes pour choisir une couleur :
- RJB modèle du peintre (depuis longtemps)
- RGB (RVB) le plus utilisé aujourd'hui
- TSV
- Couleurs héraldiques
- CMJN modèle de l'imprimeur
- Le cube des couleurs

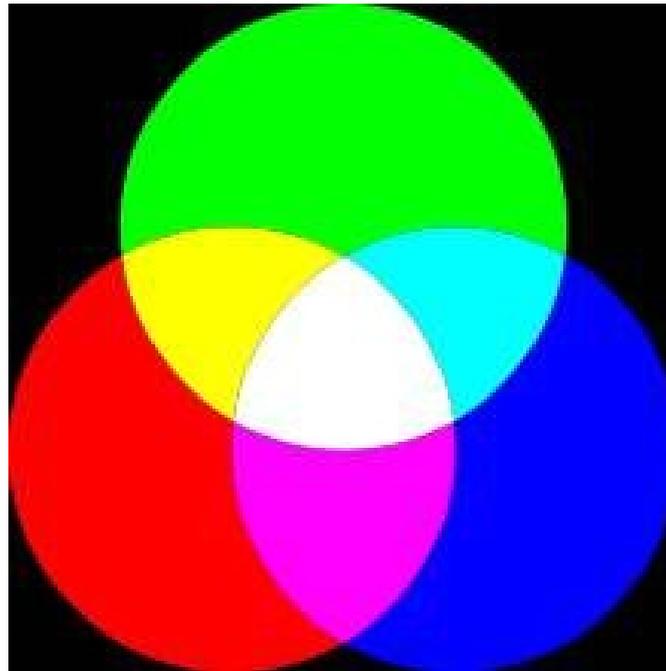
# Les couleurs additives

- C'est les couleurs d'un écran, il est noir quand il n'y a pas de couleurs.
- On **ajoute** un éclairage coloré
- Exemple de 3 couleurs primaires, modèle **RVB**
- **Rouge vert bleu**  
rouge+vert = jaune  
vert+bleu = cyan  
bleu+rouge = magenta
- Le fond est noir
- rouge+vert+bleu=blanc



# Le modèle RGB

- Définition par 3 valeurs de 0 à 1
- Rouge (1, 0, 0)
- Vert (0, 1, 0)
- Bleu (0, 0, 1)
- Blanc (1, 1, 1)
- Noir (0, 0, 0)
- Jaune (1, 1, 0)



# Normes des couleurs **RVB**

- La Commission Internationale de l'Éclairage (CEI) a défini les normes pour les trois couleurs primaires :
- **R** (rouge, *red*)  $\lambda = 700 \text{ nm}$
- **V** (vert, *green*)  $\lambda = 546.1 \text{ nm}$
- **B** (bleu, *blue*)  $\lambda = 435.8 \text{ nm}$

**RVB est remplacé par *RGB* en anglais**

# Définition des couleurs

couleur	Longueur d'onde (nm)	Fréquence (THz)	Énergie de photon (eV)	Symbole (anglais)
	> ~ 780-1000	< ~ 384-300	< ~ 1,6	
	~ 620-800	~ 483-375	~ 1,6 - 2,0	R
	~ 585-625	~ 508-472	~ 2,0 - 2,1	O
	~ 560-590	~ 536-508	~ 2,1 - 2,2	Y
	~ 550-575	~ 540-522	~ 2,2 - 2,4	
	~ 497-560	~ 604-536	~ 2,2 - 2,4	G
	~ 492 - 530	~ 600	~ 2,4	
	~ 487-492	~ 612-606		C
	~ 465-487	~ 652-625		
	~ 435-465	~ 689-645		B
	~ 380-440	~ 790-682	~ 2,8 - 3,2	V
	~ 380-420 + ~ 700-780			M
blanc				W
noir				Bk

# La saturation, modèle TSV

- À l'intensité (énergie ou puissance) et la longueur d'onde (couleur) on ajoute la lumière blanche (toutes des couleurs à la fois)
- La **saturation S** indique la « pureté » de la lumière colorée par rapport à la blanche.
- S varie de 0 à 1. S=1 indique une couleur pure, S=0 indique la lumière blanche ou grise. Entre 0 et 1, c'est un mélange un peu coloré.



# La valeur

- La **valeur  $V$**  est une manière normalisée d'indiquer l'intensité de la couleur
- $V$  varie de 0 à 1.  $V=0$  indique le noir, sans photon.  $V=1$  indique l'intensité maximum de blanc et de couleur



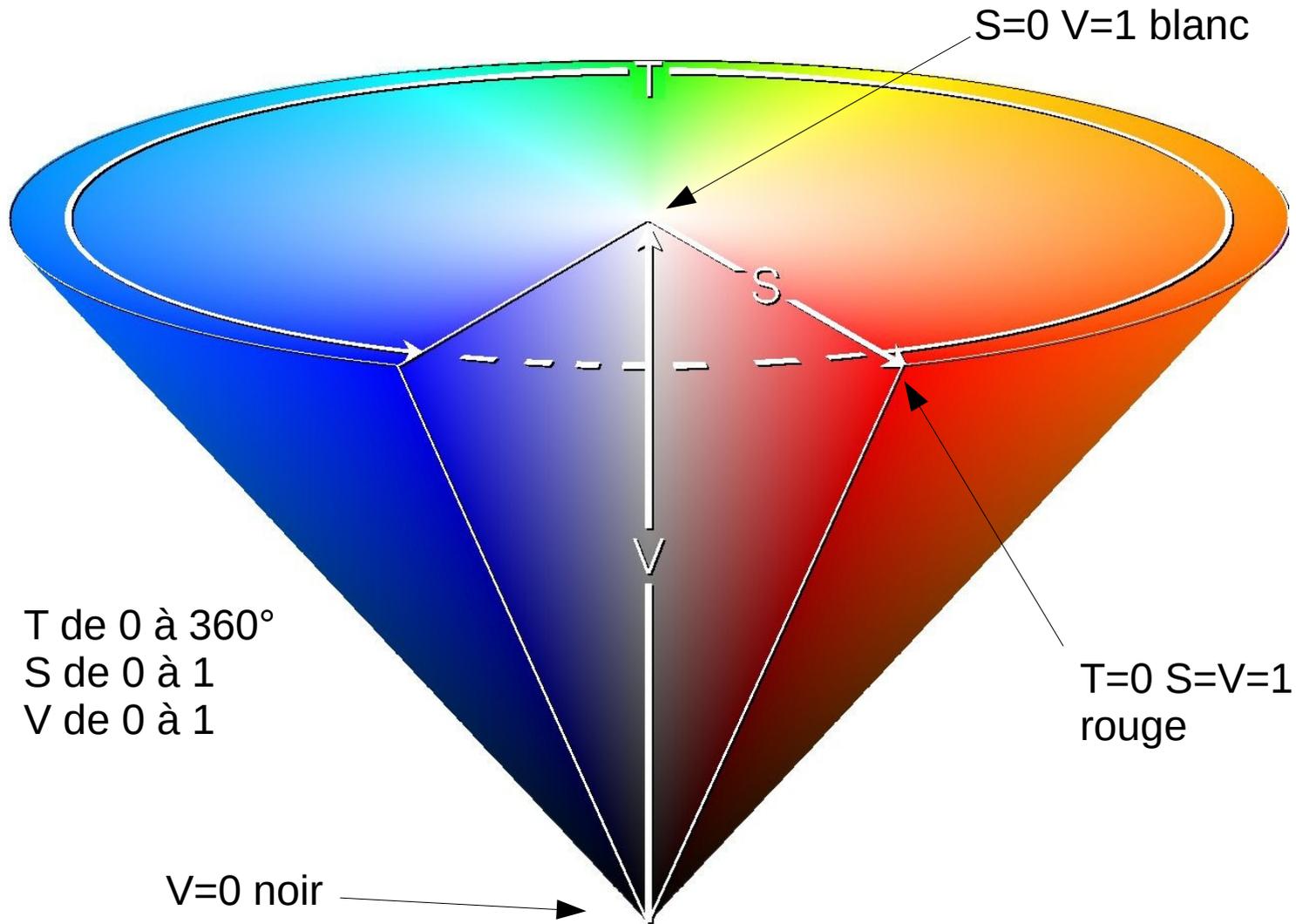
$V=0$  noir

$V=1$

# Modèle **TSV** des couleurs

- Le modèle **TSV** utilise trois grandeurs **intuitives et normalisées** pour caractériser la couleur, issues des grandeurs physiques
- **T pour teinte** (exprimé avec un angle de 0 pour le rouge à 360 degrés pour le violet)
- **S pour la saturation** (de 0 à 1)
- **V pour valeur** (de 0 pour le noir à 1 pour le maximum du flux de lumière)

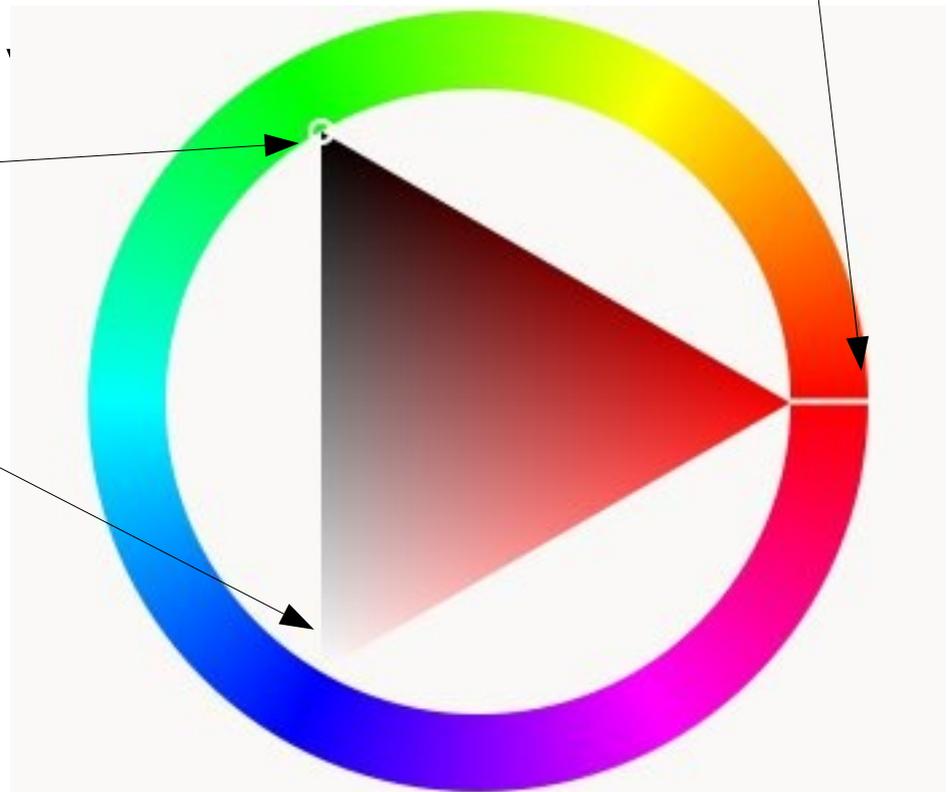
# Modèle TSV de la couleur



# Modèle **TSV** de la couleur

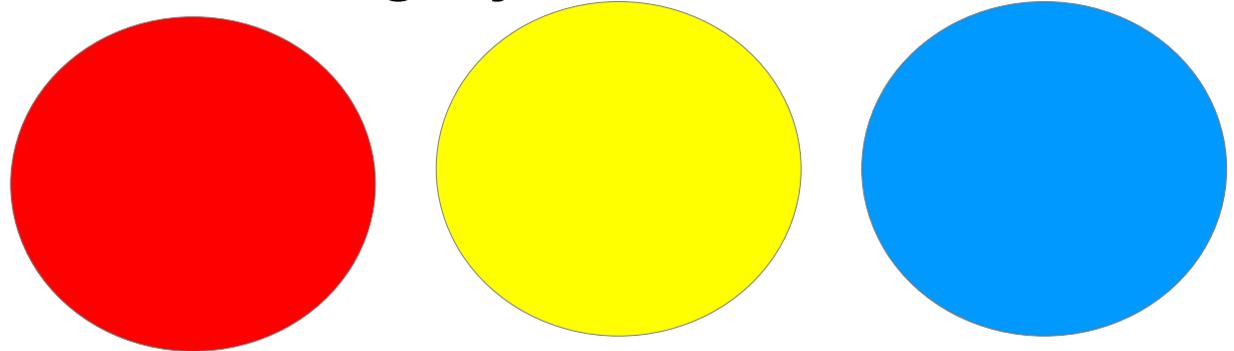
Représentation du modèle **TSV** dans le logiciel GIMP [ref. 2], pour choisir une couleur

- Le **cercle** représente la teinte **T** (ici rouge)
- Le **triangle** la valeur **V** (noir pour  $V=0$ ) et la saturation **S** (sommet blanc pour  $S=0$ )

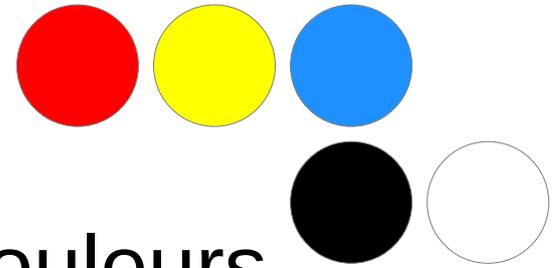


# Les couleurs du peintre

- 3 couleurs de base, rouge jaune et bleu

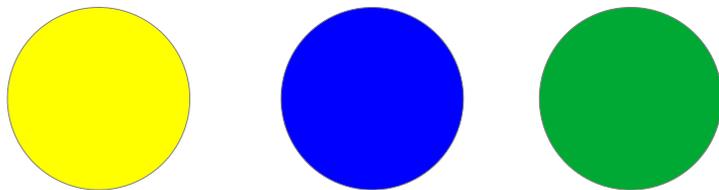


# Les couleurs du peintre



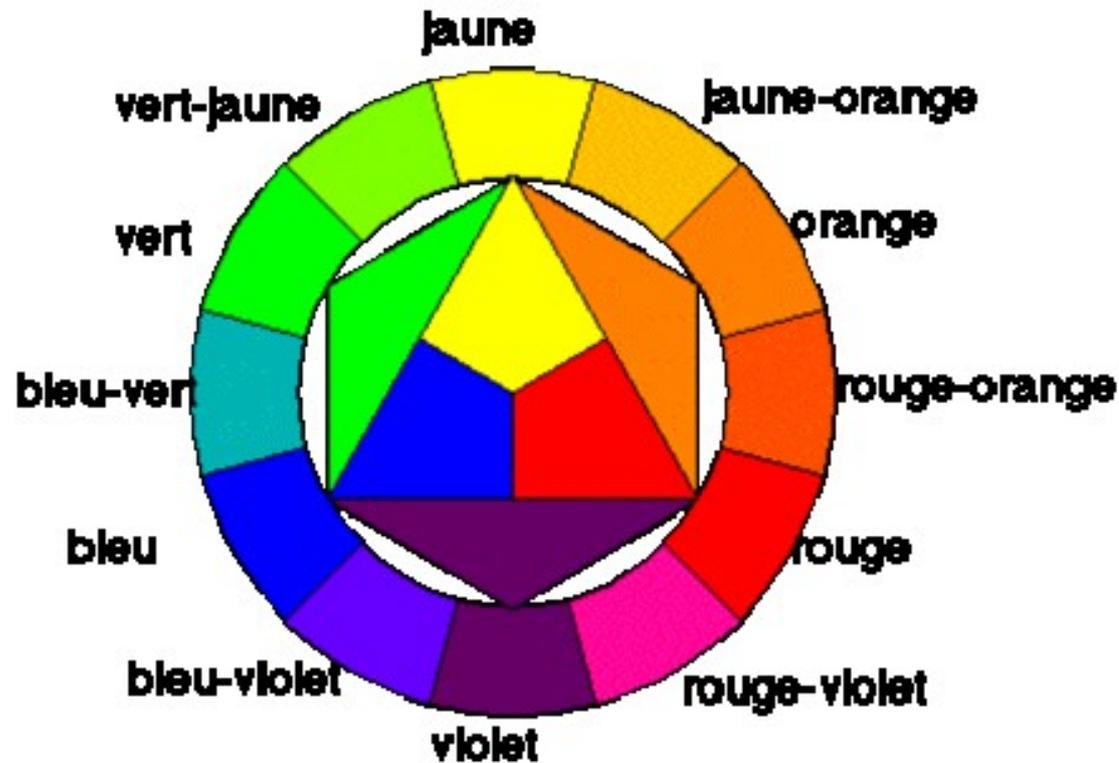
- En peinture, on compose les couleurs par des mélanges.
- On a **trois couleurs de base** rouge jaune bleu, plus noir et blanc.
- Exemple

jaune + bleu = vert



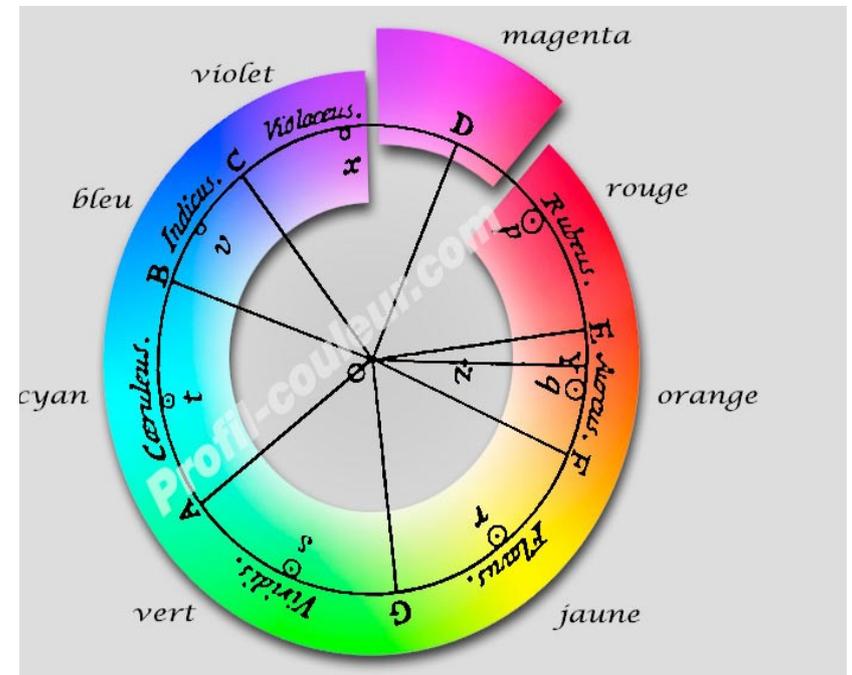
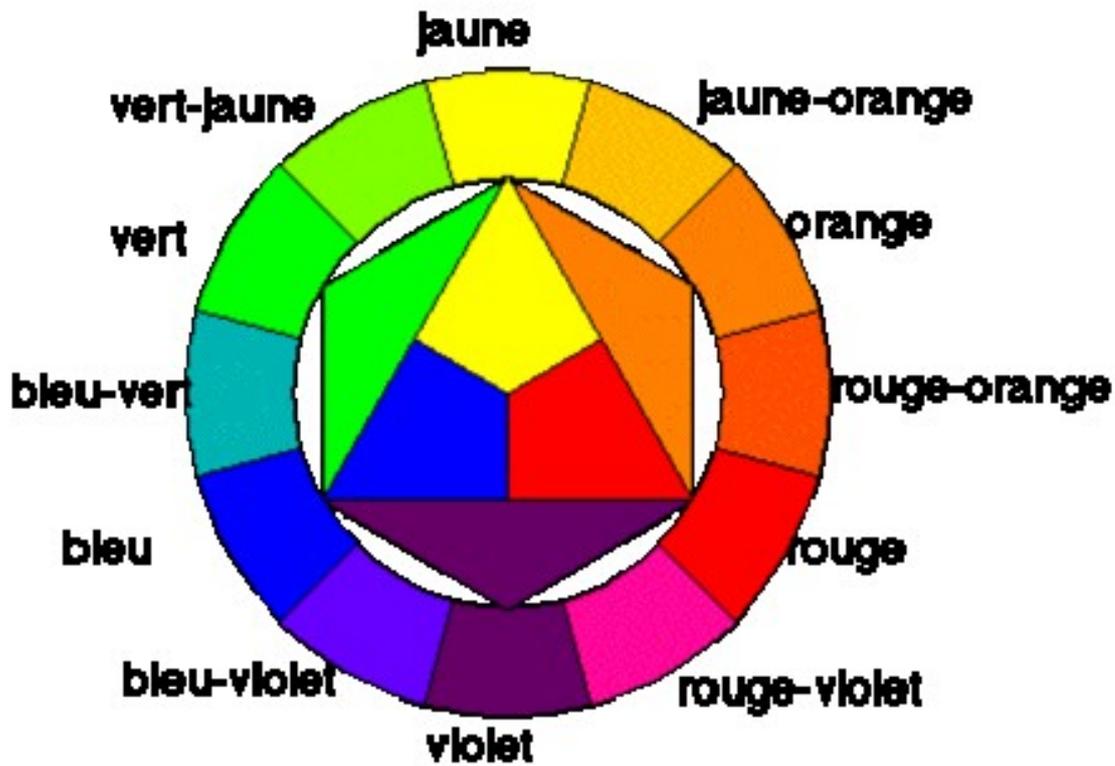
# Modèle RJB

- Le cercle chromatique obtenu par mélange de couleurs



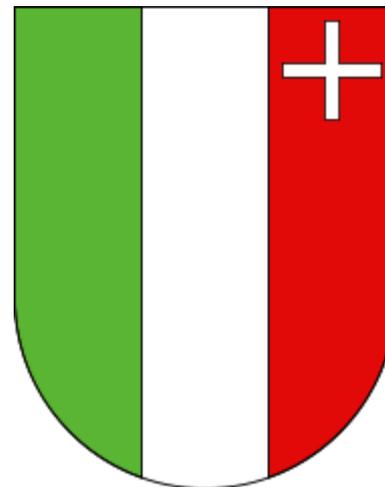
# Modèle RJB

- Cercle de Newton :



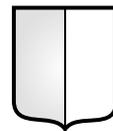
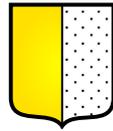
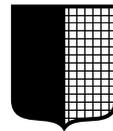
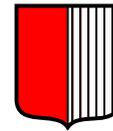
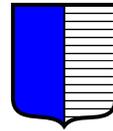
# Les couleurs héraldiques

- Ce sont les couleurs des blasons et armoiries
- Trois types de couleurs, les émaux, les métaux et les fourrures
- Exemple à Neuchâtel

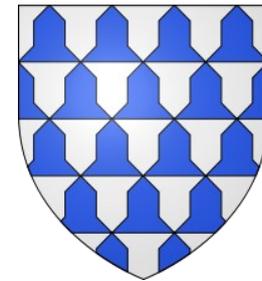


# Les couleurs héraldiques définitions :

- le bleu (azur)
- le rouge (gueules)
- le noir (sable)
- le vert (sinople)
- le jaune (or)
- le blanc (argent)



- vair (fourrure)



Réf. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Couleur\\_\(héraldique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Couleur_(héraldique))



Tiercé en pal de sinople, d'argent et de gueules,  
une croisette du second senestre du chef



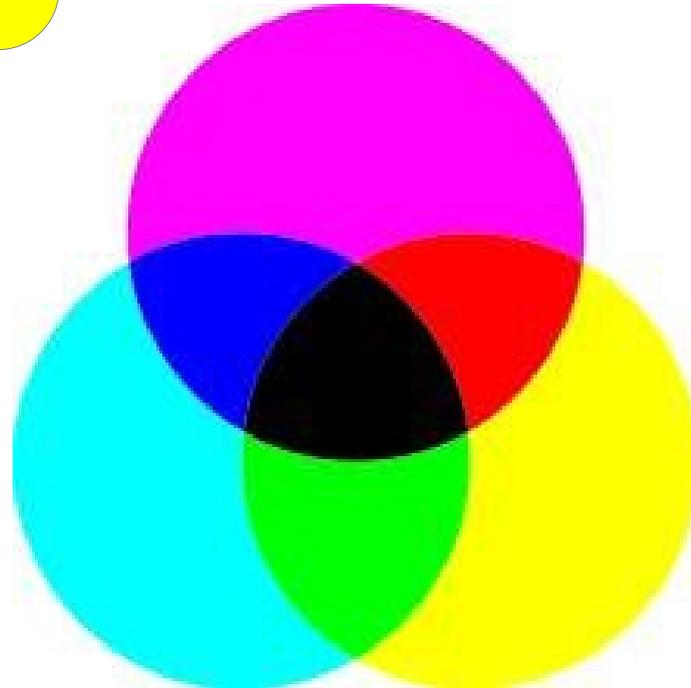
De gueules à la bande d'or chargée  
d'un ours passant de sable armé,  
lampassé et vilené de gueules

# Couleurs soustractives, CMJN

- C'est les couleurs de l'imprimeur. Il débute avec une feuille blanche et **enlève** des couleurs,

- modèle **CMJ**   
3 couleurs primaires  
**cyan magenta jaune**  
**cyan+jaune = vert**

- Le fond blanc



# Couleurs de l'imprimeur

- L'imprimerie utilise le **modèle soustractif**, puisqu'il part généralement d'une feuille blanche (modèle CMJ) ... mais
- Il doit ajouter du noir N (pour éviter le gaspillage de toutes les couleurs)
- C'est donc CMJ+N donc le **modèle CMJN**
- C'est aussi (souvent) les couleurs des cartouches de votre imprimante.

# Cartouche d'imprimante

- CMJN    Cian Majanta Jaune Noir



# Photos « argentiques »



- On réalise généralement un **négatif**
- Le négatif : noir → blanc et blanc → noir
- On inverse aussi les photos couleurs :  
rouge vert et bleu → cyan magenta jaune

# Négatif noir et blanc

Original



Négatif



# Original

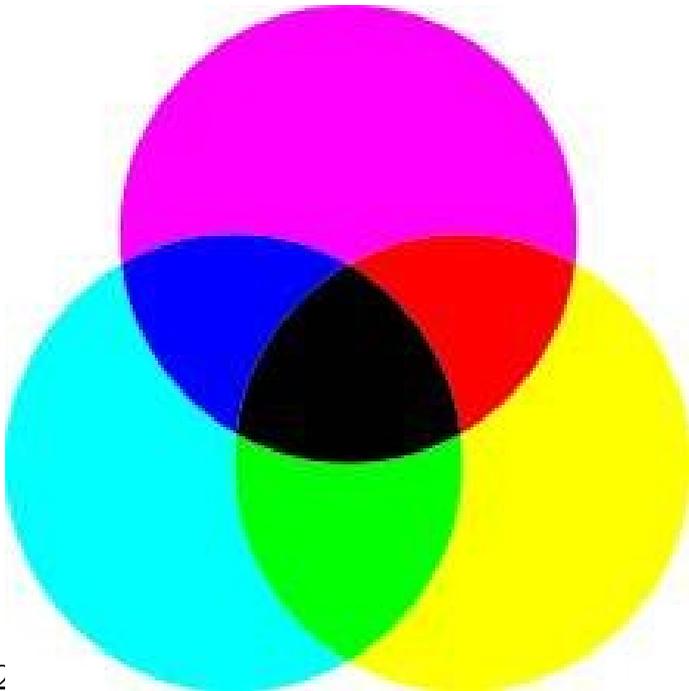


# Négatif

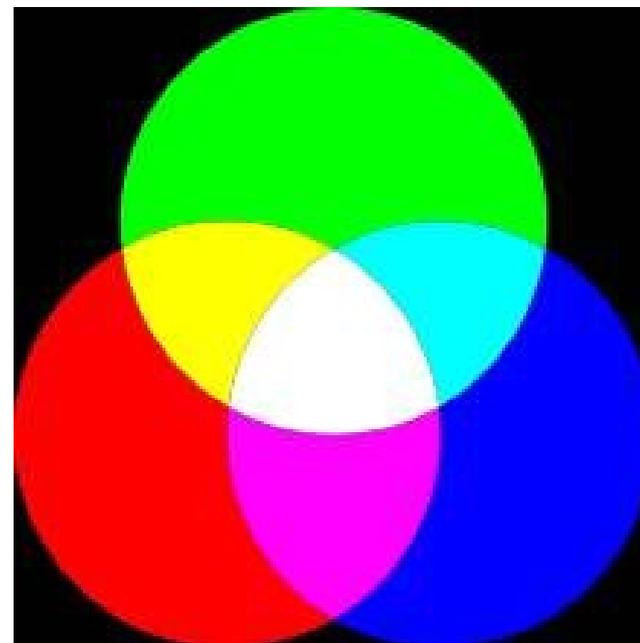


# Couleurs complémentaires

- Notez la complémentarité des couleurs dans les deux modèles, **R-C**, **V-M** et **B-J**
- Les modèles CMJ et RVB sont complémentaires, avec **6 couleurs saturées**



3.5.202

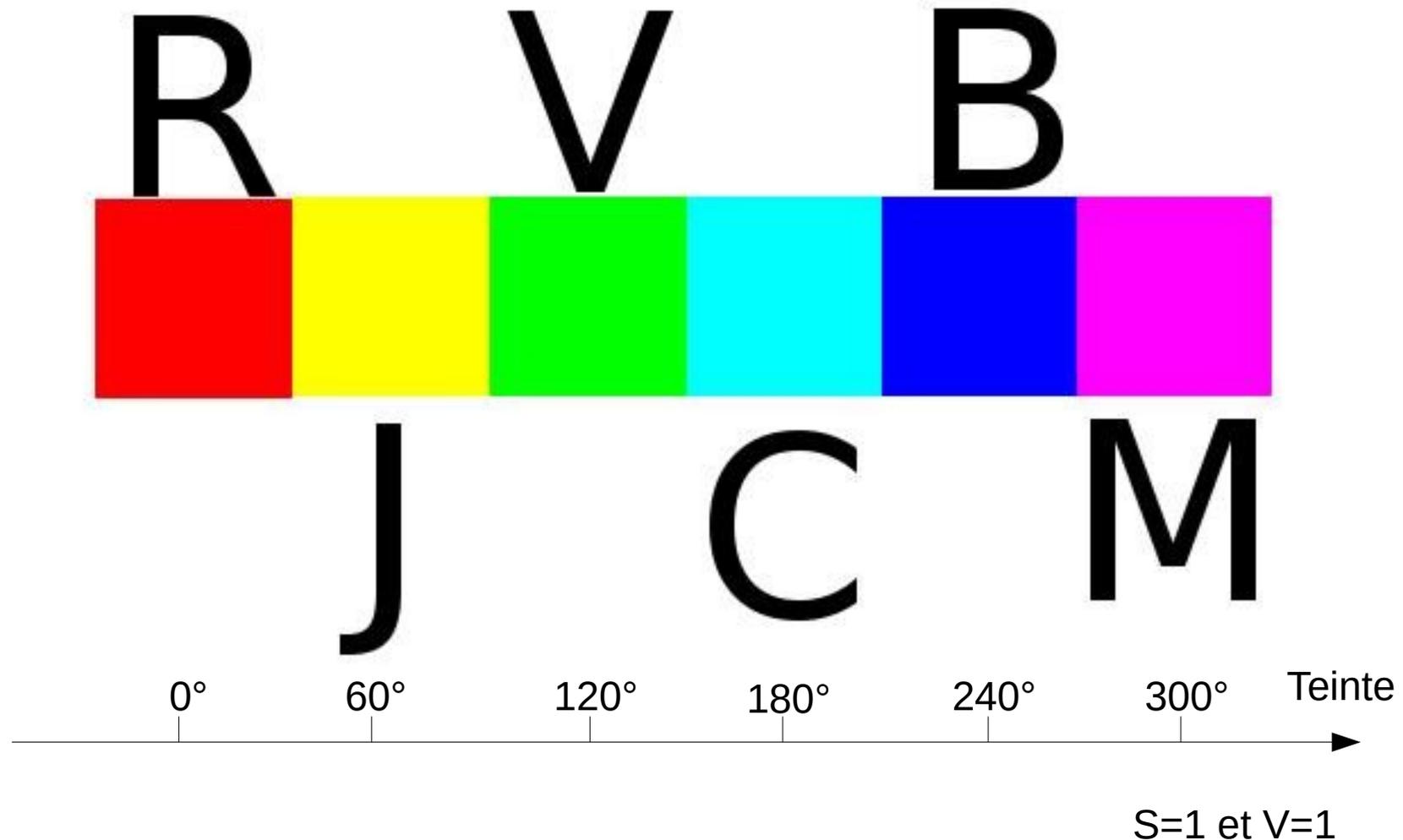


UNAB

61

# Couleurs saturées

C'est la teinte (T) du modèle TSV (mesurée de 0 à 360°)



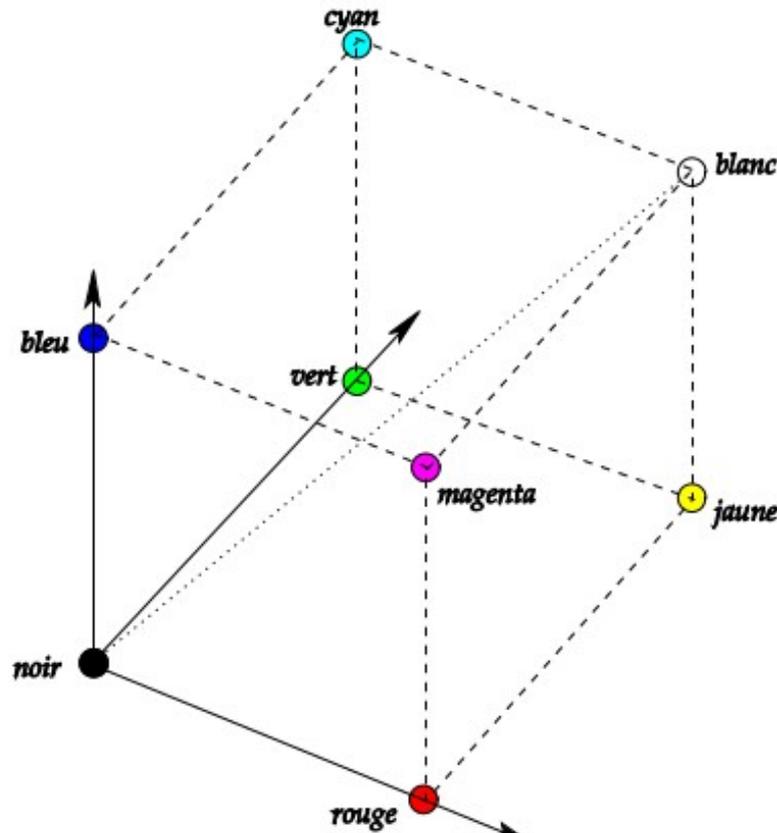
# Couleurs de l'informaticien

- Les deux modèles RVB et CMJ utilisent les mêmes couleurs, mais complémentaires.
- Les valeurs de chaque couleur sont normées (de 0 à 1)
- Toutes les couleurs sont donc dans un cube, c'est le cube des couleurs de l'informatique
- L'origine du modèle RGB est le noir, celle du modèle CMJ est le blanc

# Cube des couleurs

- Cube des couleurs, avec trois couleurs de base rouge vert et bleu (modèle RVB)

[réf. 3]

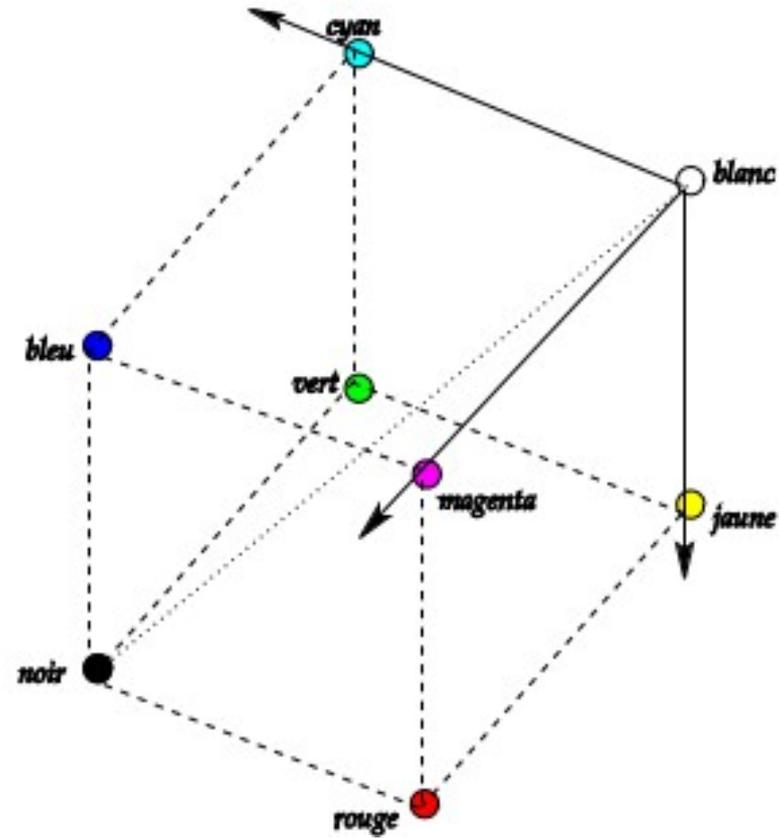
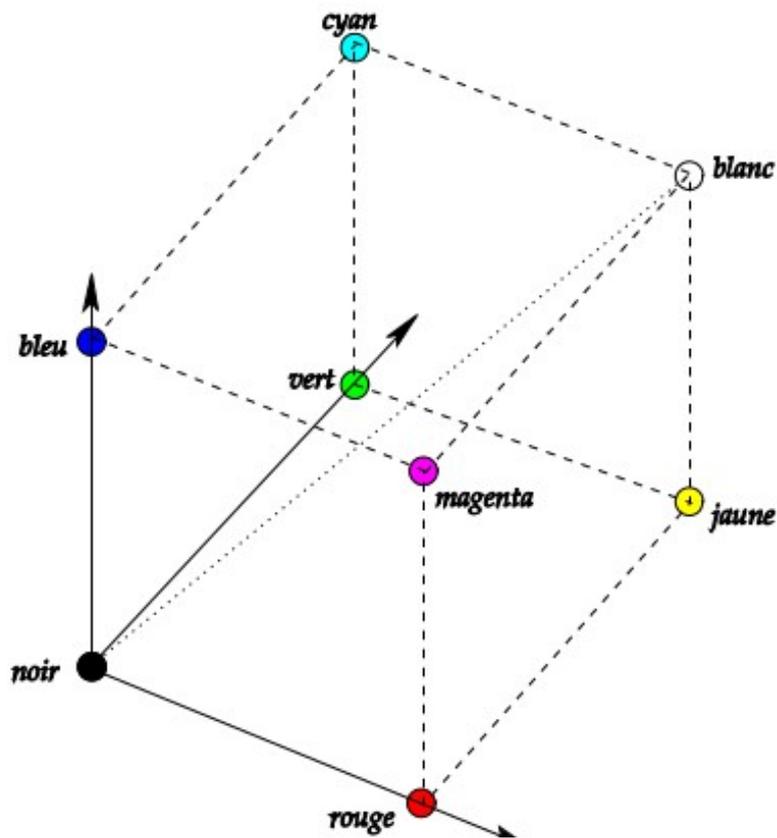


# Cube des couleurs

- Chaque point dans le cube représente une couleur, il est repéré par ses coordonnées
- La somme de deux couleurs correspond à une somme vectorielle
- La valeur normalisée de chaque couleur est comprise entre 0 et 1
- Blanc =  $(1,1,1)$ , noir =  $(0,0,0)$ , rouge =  $(1,0,0)$

# Couleurs de l'informaticien

- Cube des couleurs, pour RVB et CMJ
- Chaque couleur est représentée par ses coordonnées dans le cube RVB ou CMJ



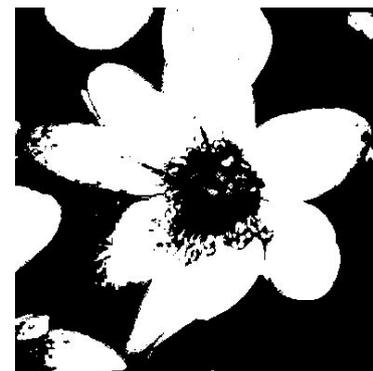
# Couleurs de l'informaticien

- Exemple du noir, RVB=(0 0 0), CMJ=(1 1 1)
- C'est le même cube pour les deux modèles de l'informaticien.
- On peut passer d'un modèle à l'autre par un simple changement de coordonnées
- On peut aussi représenter chaque couleur du cube par des coordonnées polaires, avec le modèle TSV

# Couleurs pour internet

- Presque toujours avec affichage sur écran, c'est donc le **modèle RVB** qui est utilisé
- La valeur de chaque couleur est codée avec 8 bits, donc  $2^8=256$  valeurs sont possibles
- Cette valeur est souvent indiquée en notation hexadécimale, par exemple ff correspond à la valeur décimale 255
- Exemple le rouge sera noté (ff,00,00)
- Ce modèle distingue  $256^3=$  plus de 16 millions de couleurs

# Noir et blanc (NB)



- Les images en niveaux de gris
- ... ont toutes les couleurs au même niveau
- ... ont une saturation nulle ( $S=0$ )
- ... chaque point est sur la diagonale NB du cube

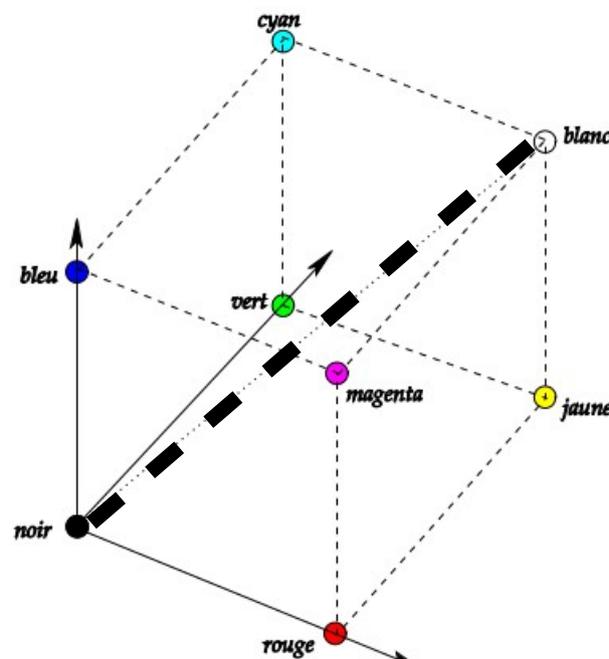


Image en niveaux de gris

# La télévision couleur

- Le signal de la télévision NB (noir et blanc) utilise un seul signal pour chaque pixel indiquant la luminosité, c'est la **luminance** (signal Y)
- Pour la couleur, la télévision a ajouté deux composantes (U et V) qui composent la **chrominance**.
- Les signaux YUV s'obtiennent à partir des signaux RGB par calcul algébrique

# Couleurs de la publicité



# Couleurs de la publicité



# Brillance

- L'état de surface (mat ou réfléchissant) a aussi un effet optique
- La lumière peut être plus ou moins absorbée ou réfléchi
- Par exemple pour les carrosseries de voitures

# Conclusions

- La couleur est un espace à **3 dimensions** (il faut 3 chiffres pour la caractériser)
- Le modèle des peintres **RJB** est **inadapté** à l'écran
- Le modèle **RVB** (ou **RGV**) à 3 couleurs est le plus utilisé pour tous les écrans
- Les couleurs RGV et leur complémentaires CMJ forment l'ensemble des **6 couleurs saturées** (T de 0 à 360°) du modèle TSV, qui est différent des couleurs de l'arc-en-ciel.
- La couleur est une **unité de mesure** adaptée à l'oeil humain

