



Institut Universitaire
de Technologie
Aix-Marseille Université

Connaissances Complémentaires en Imagerie Numérique

4. Représentation informatique de la couleur

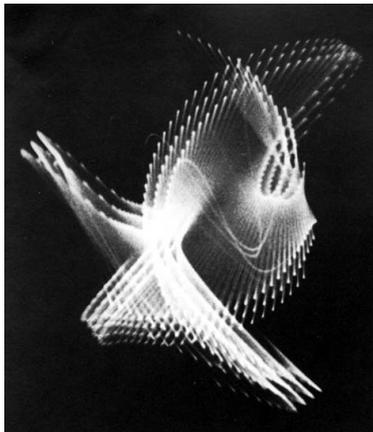
2ème année 2013-2014

Sébastien THON

IUT d'Aix-Marseille Université, site d'Arles
Département Informatique

Introduction

- ❑ Capacité d'afficher des images → intérêt pour CAO, synthèse d'images, multimédia, jeux, ...
- ❑ Amélioration des capacités du matériel → images de plus en plus précises (résolution, nombre de couleurs).



1950



1963



1981



2001

→ Comment représenter une image ?

→ Comment représenter la couleur ?

Comment représenter une image ?

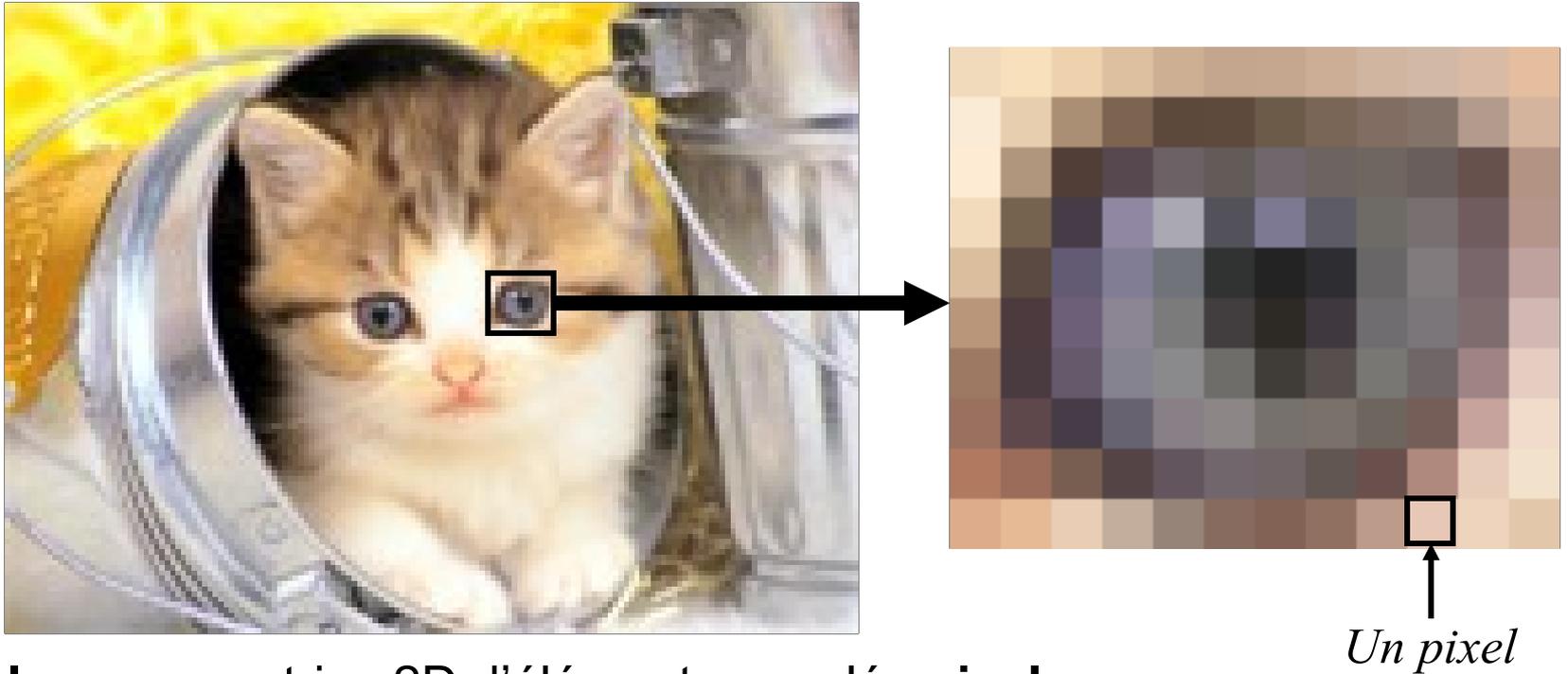


Image = matrice 2D d'éléments appelés **pixels**.
Chaque pixel est caractérisé par sa **couleur**.

(Plus de détails en cours de représentation et codage)

Comment représenter la couleur ?

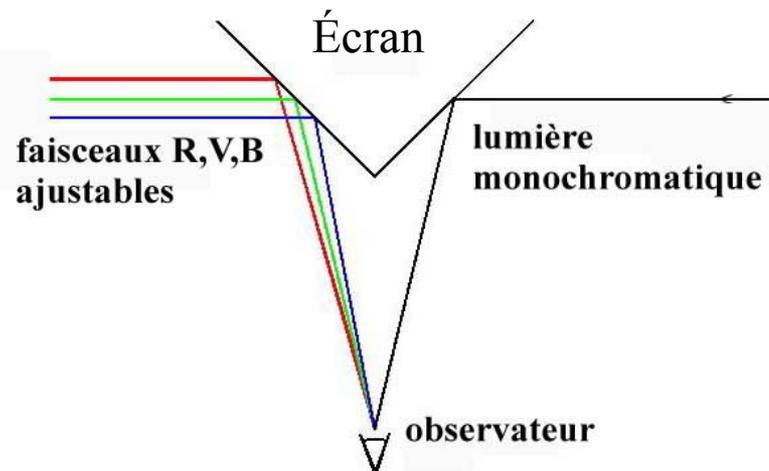
- Plusieurs modèles existants.

- Mis au point pour différentes situations :
 - Affichage sur un écran informatique
 - Impression
 - Algorithmes de traitement d'image
 - ...

→ Notion de **colorimétrie**.

1. Principe de la colorimétrie

Toute la colorimétrie est basée sur la possibilité, montrée par Maxwell, d'égalisation visuelle d'un stimulus coloré par un mélange additif de trois couleurs primaires.



2. Représentation informatique

La représentation informatique de la couleur nécessite deux facteurs :

- Il faut avoir une **base**.
- Il faut faire une **quantification**.

2.1 Premier facteur : *une base*

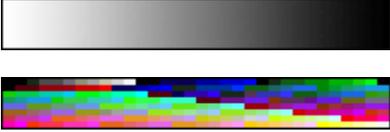
Une **base** est un ensemble fini d'éléments qui ont les propriétés suivantes :

- Toutes les couleurs sont obtenues par **combinaison** des éléments de la base.
- Aucun élément de la base ne peut être une combinaison des autres éléments de la base (**indépendance**).

Ex: rouge, vert et bleu constituent une base.

2.2 Second facteur : *une quantification*

Limitation du nombre de valeurs que peuvent prendre les éléments de la base.

Noir et blanc		1 bit par pixel
4 niveaux de gris		2 bits par pixel
16 niveaux de gris		4 bits par pixel
256 niveaux de gris 256 couleurs		8 bits par pixel
16,7 millions de couleurs		24 bits par pixel



16,7 millions de couleurs



256 couleurs



16 couleurs



256 niveaux de gris



16 niveaux de gris



Noir et blanc

Remarque :

L'œil humain ne peut discerner que 300 000 couleurs différentes et environ un trentaine de niveaux de gris.

3. Synthèse additive et soustractive

Dans la nature, on retrouve 2 principes de combinaison de couleurs primaires :

- La synthèse **additive**
- La synthèse **soustractive**

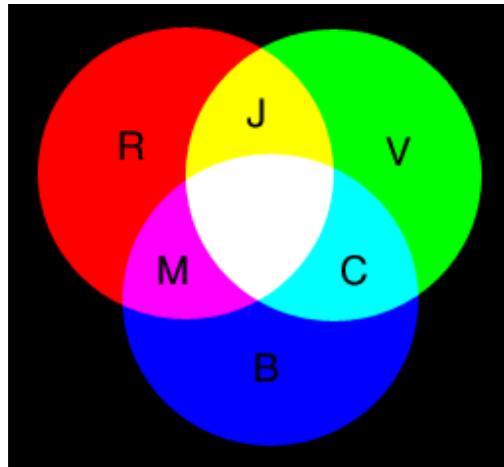
3.1 Synthèse additive

C'est la composition de trois couleurs primaires par **addition** de lumière (par exemple en projetant des spots lumineux sur un fond noir) → télévision, moniteur d'ordinateur, ...

Couleurs primaires : **rouge, vert, bleu.**

Couleurs secondaires : cyan, magenta, jaune.

La superposition des trois couleurs donne le blanc et l'absence de couleur le noir.



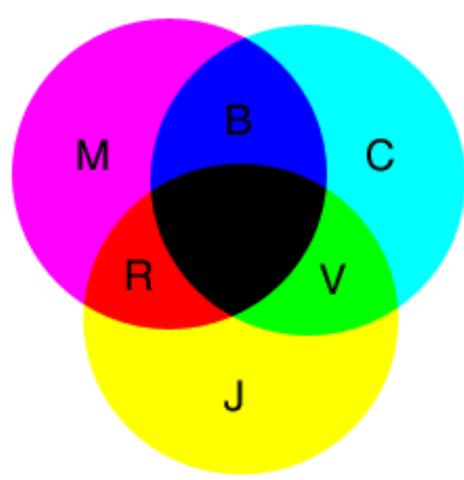
3.2 Synthèse soustractive

C'est la composition de trois couleurs primaires par **soustraction** de lumière (par exemple en superposant des filtres sur une surface blanche) → peinture, impression, ...

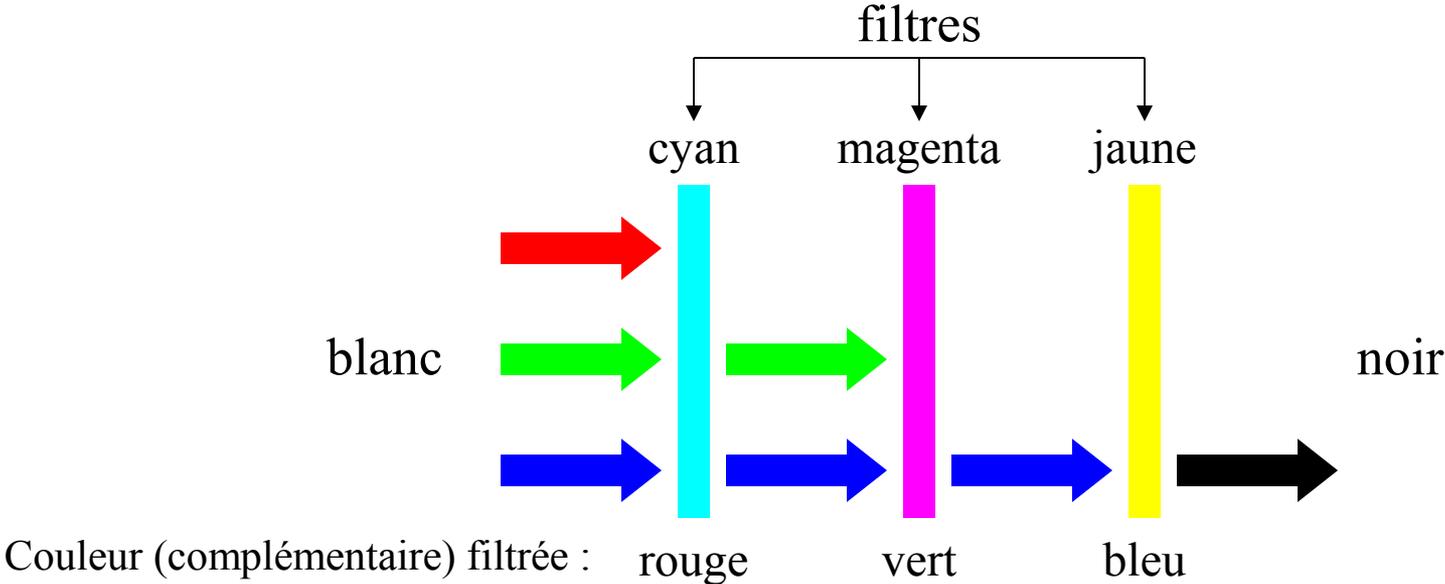
Couleurs primaires : **cyan, magenta, jaune.**

Couleurs secondaires : rouge, vert, bleu.

La superposition des trois couleurs donne le noir et le fond est blanc en l'absence de couleur.



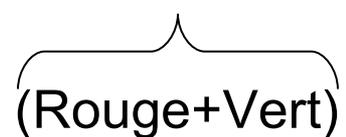
On soustrait à la lumière blanche (RVB) la couleur complémentaire de la couleur du filtre



3.3 Couleurs complémentaires

Deux couleurs sont **complémentaires** si, associées, elles donnent du blanc en synthèse additive ou du noir en synthèse soustractive.

Ex: Le jaune et le bleu sont complémentaires, car en synthèse additive :

$$\text{Jaune} + \text{Bleu} = \text{Blanc}$$


(Rouge+Vert)

De même :

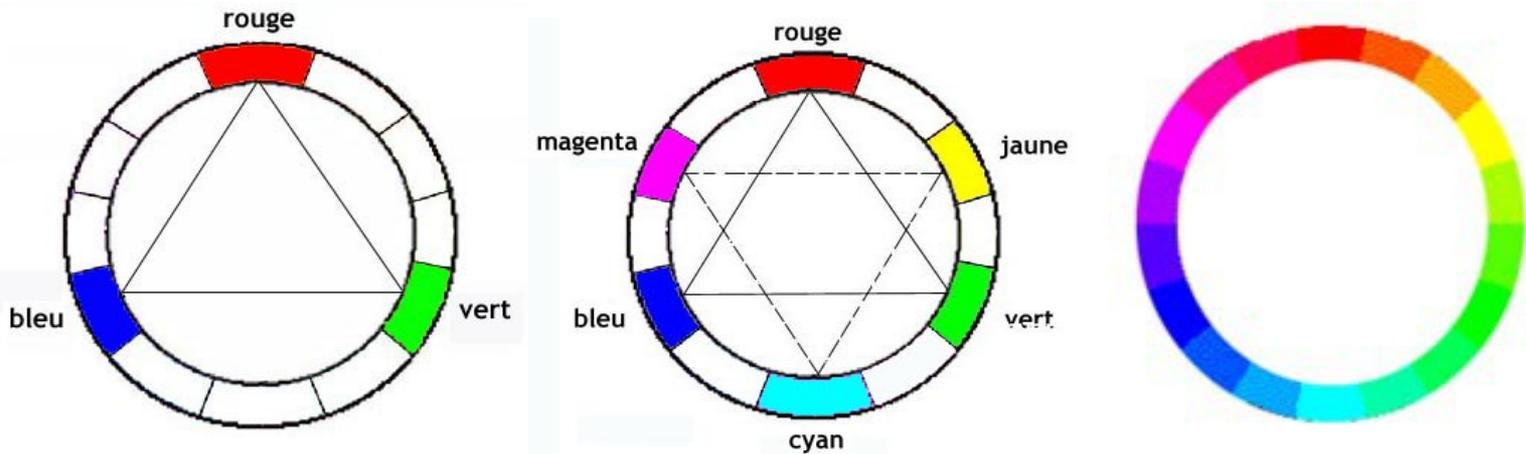
- Le rouge et le cyan sont complémentaires.
- Le vert et le magenta sont complémentaires.

Conséquences :

Le complément d'une couleur est le blanc moins cette couleur.

En mélangeant 2 des 3 primitives, on obtient la couleur complémentaire de la troisième primitive.

Dans le **cercle chromatique**, deux couleurs diamétralement opposées sont complémentaires :



Après avoir fixé longtemps une tache colorée (ici du rouge), on voit sa complémentaire (ici du cyan) en fixant une surface blanche

Les cellules de votre rétine sensibles à la couleur rouge se sont "fatiguées" car elles ont été sollicitées pendant un temps important.

Quand vous avez regardé la page blanche, sa couleur a fait réagir toutes les cellules de votre rétine. Les cônes rouges fatigués n'ont pas pu envoyer l'information au cerveau, qui n'a alors reçu qu'une information tronquée.

→ au lieu de voir du blanc, vous avez vu du cyan (la couleur due à l'activation de tous les cônes sauf ceux sensibles au rouge).

4. Modélisation informatique de la couleur

La modélisation de la couleur en informatique s'appuie sur la théorie de Maxwell.

Il existe de nombreux modèles, utilisés selon les applications :

- RGB
- HSL
- CMY(K)
- YIQ
- YUV
- CIE 1931
- CIE Lab
- ...

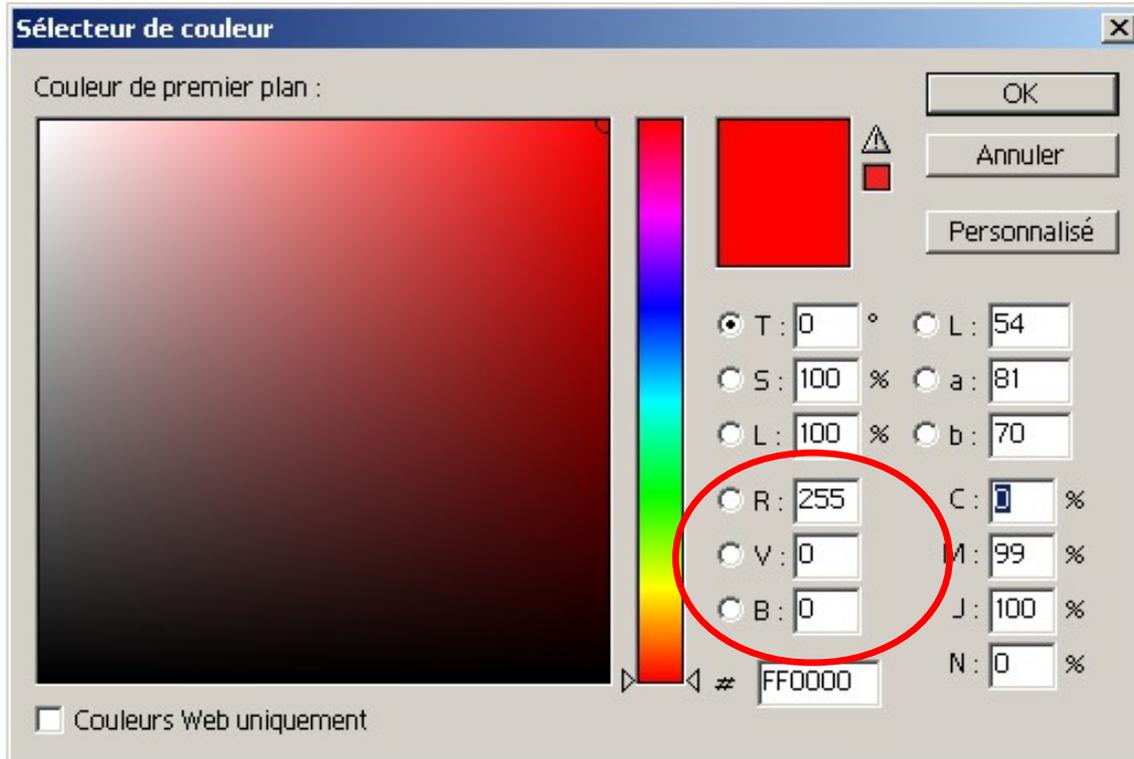
4.1 Le modèle RGB

Système RGB (Red, Green, Blue)
ou RVB (Rouge, Vert, Bleu)

C'est le principe de la **synthèse additive** des couleurs, à la base des écrans d'ordinateurs.

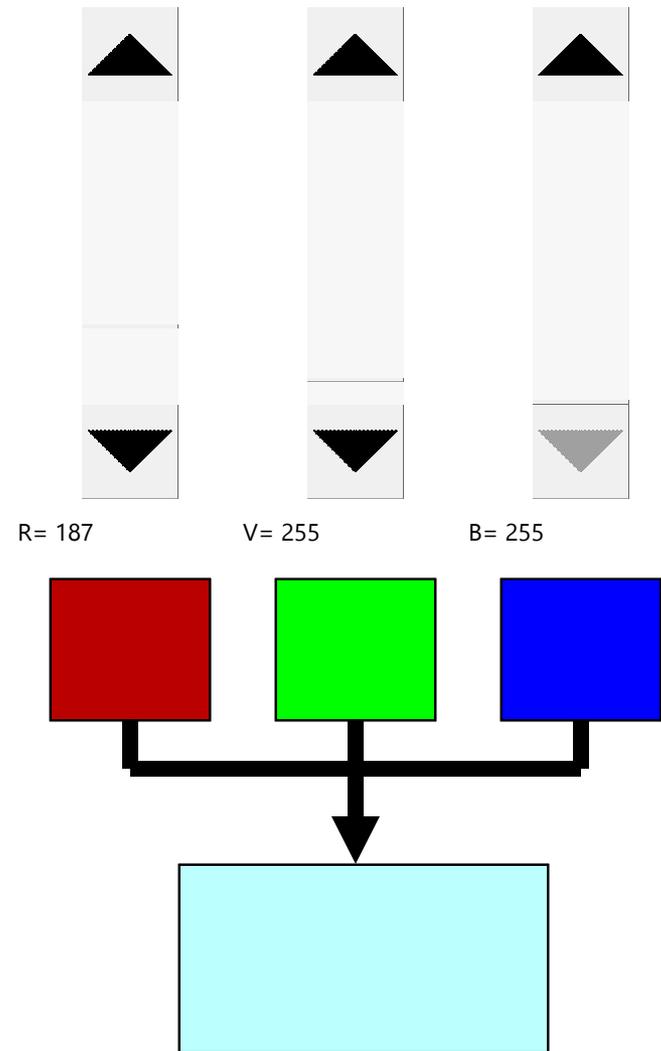
Toute couleur est obtenue en ajoutant différentes quantités de rouge, de vert et de bleu qui sont les seules couleurs dont on dispose à la base.

Ces quantités de rouge, de vert et de bleu peuvent être exprimées sous forme de pourcentage ou sous forme de nombres (généralement compris entre 0 et 255).

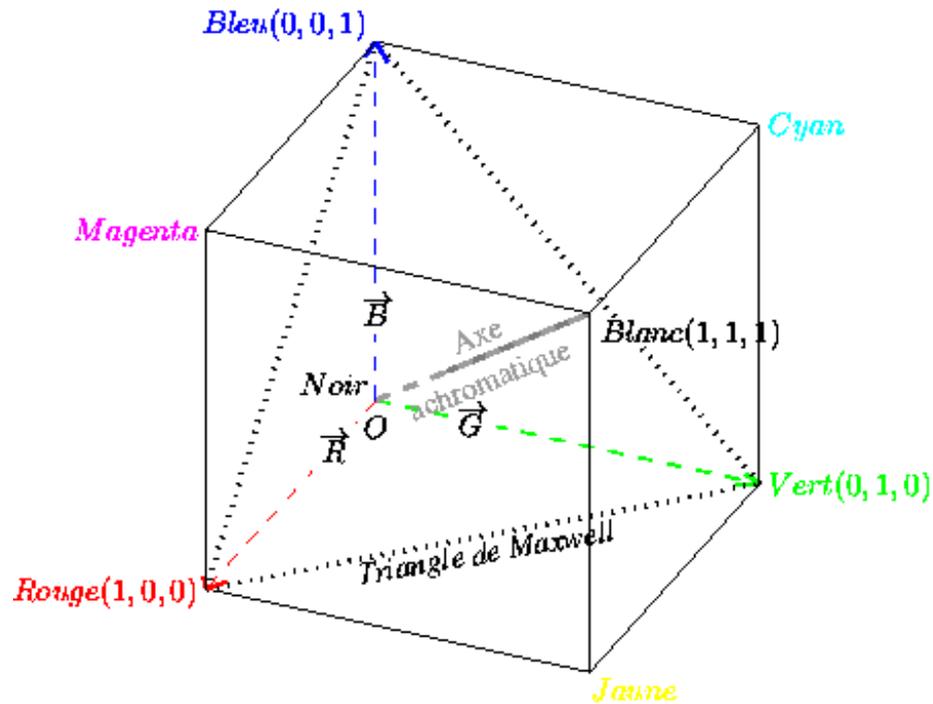


Sélecteur de couleur sous Photoshop

	R	V	B
Noir	0	0	0
Bleu	0	0	255
Vert	0	255	0
Cyan	0	255	255
Rouge	255	0	0
Magenta	255	0	255
Jaune	255	255	0
Blanc	255	255	255



Le système RGB peut être représenté sous la forme d'un cube :



Représentation 3D \rightarrow on parle d'espace couleur.

4.2 Le modèle HSL (TSL)

Système issu des travaux du peintre Albert Munsell (1858-1918).

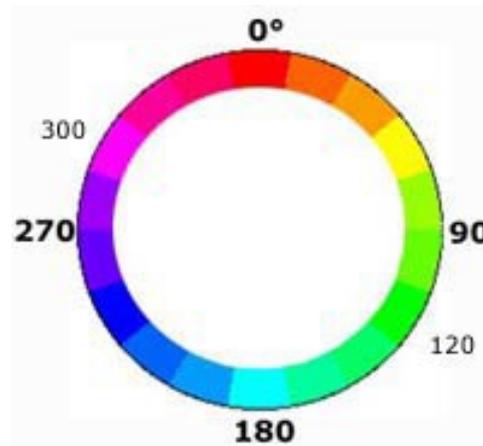
Toute couleur est décrite par :

- une **Teinte** (Hue)
- une **Saturation** (Saturation)
- une **Luminance** (Luminance)

Notion plus intuitive des couleurs pour un artiste.

Teinte

La **teinte** permet de déterminer la couleur souhaitée à partir des couleurs à disposition (rouge, vert, bleu, cyan, jaune, magenta).



La teinte est exprimée par un nombre qui est sa position angulaire sur le cercle chromatique (à partir du haut, dans le sens horaire).

ex : rouge : 0 ; vert : 120 ; magenta : 300.

Effet de la modification de la teinte sur toute une image



Original



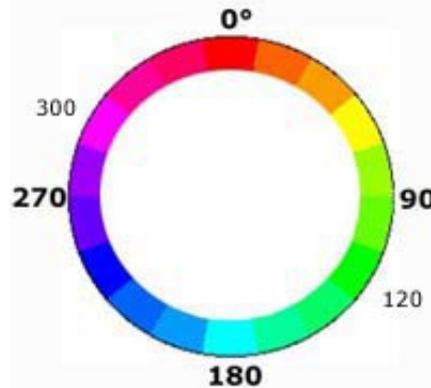
Teinte + 90°



Teinte + 180°

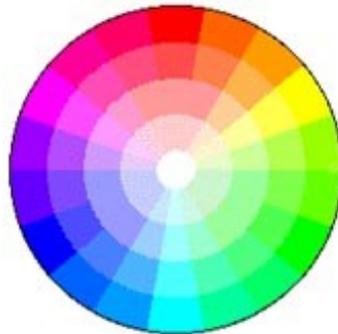


Teinte + 270°



Saturation

La **saturation** mesure l'intensité ou la pureté d'une couleur, c'est-à-dire le pourcentage de couleur pure par rapport au blanc. La saturation permet donc de distinguer une couleur vive d'une couleur pastel.



La saturation est représentée sur le rayon du cercle, par un pourcentage de pureté : elle est maximale sur le cercle (100%) et minimale au centre (0 = gris).

Effet de la modification de la saturation sur toute une image



*Saturation
- 100%*



*Saturation
- 50%*



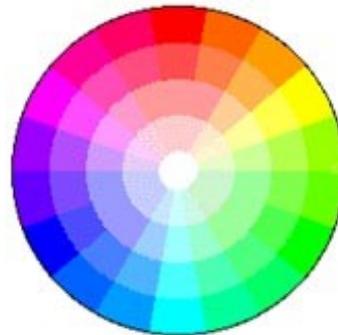
Original



*Saturation
+ 50%*

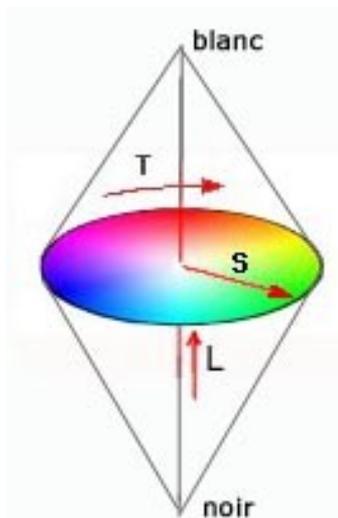


*Saturation
+ 100%*



Luminance

La **luminance** permet de définir la part de noir ou de blanc dans la couleur désirée (→ couleur claire ou sombre).



L'ensemble des couleurs est représenté à l'intérieur d'un double cône. La luminance varie sur l'axe vertical du double cône (axe des gris) du noir en bas au blanc, en haut.

La luminosité est exprimée par un pourcentage : de 0% (noir) à 100% (blanc).

Effet de la modification de la luminance sur toute une image



*Luminance
- 100%*



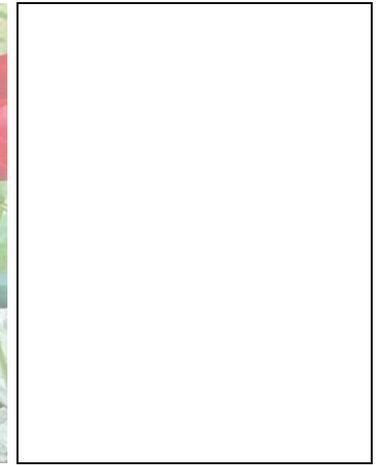
*Luminance
- 50%*



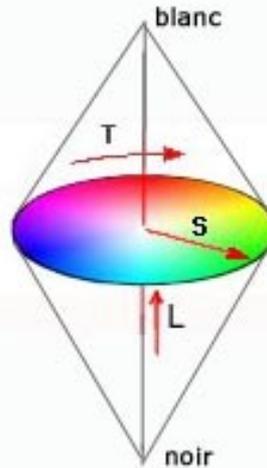
Original

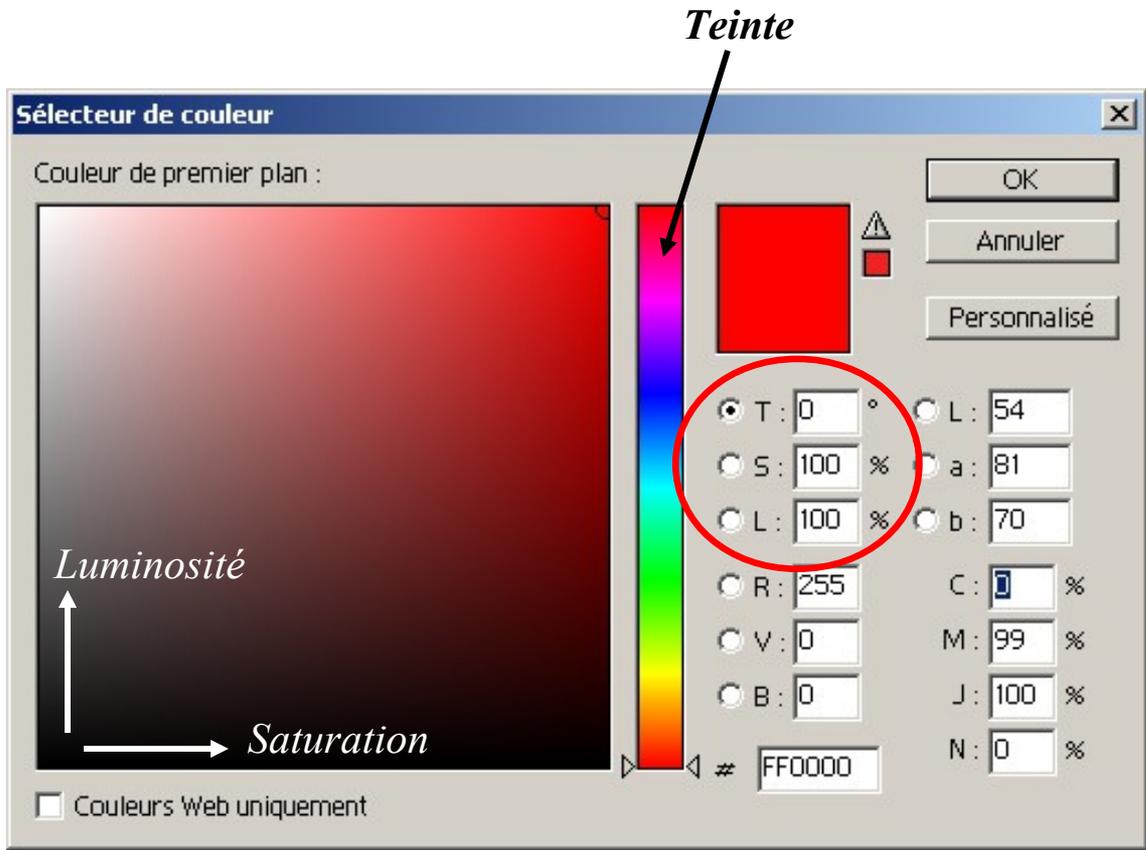


*Luminance
+ 50%*



*Luminance
+ 100%*





Sélecteur de couleur sous Photoshop

En résumé :

- Une augmentation de la luminance d'une couleur la fait tendre vers le blanc.
- Une diminution de sa luminance la fait tendre vers le noir.
- Une diminution de la saturation (couleur désaturée) fera tendre cette couleur vers le gris (axe du double cône).

Transformation RGB → HSL :

1. Ramener R,G,B à l'intervalle [0,1]
(ex: $R=83\%$, $G=7\%$, $B=7\%$ → $R=0.83$, $G=0.07$, $B=0.07$)
2. Trouver le min et le max parmi R,G,B
($min=0.07$, $max=0.83$)
3. Si $min=max$ (donc couleur=gris) → $S=0$, $H=0$
4. Sinon, $L=(min+max)/2$
($L=(0.07+0.83)/2=0.45$)
5. Si $L<0.5$ → $S=(max-min)/(max+min)$
Si $L\geq 0.5$ → $S=(max-min)/(2.0-max-min)$
($L=0.45$ → $S=(0.83-0.07)/(0.83+0.07)=0.84$)
6. Si $R=max$ → $H=(G-B)/(max-min)$
Si $G=max$ → $H=2.0+(B-R)/(max-min)$
Si $B=max$ → $H=4.0+(R-G)/(max-min)$
($R=max$ → $H=(0.07-0.07)/(0.83-0.07)=0$)

Transformation HSL → RGB :

1. Si $S=0 \rightarrow R=G=B=L$
2. Sinon, tester L :
*Si $L < 0.5 \rightarrow temp2 = L * (1.0 + S)$*
*Si $L \geq 0.5 \rightarrow temp2 = L + S - L * S$*
(ex: $H=120, L=52, S=79 : L=0.52$ dans $[0-1]$)
 *$\rightarrow temp2 = (0.52 + 0.79) - (0.52 * 0.79) = 0.899$*
3. $Temp1 = 2.0 * L - temp2$
*($temp1 = 2.0 * 0.52 - 0.899 = 0.141$)*
4. Convertir H dans l'intervalle $[0-1]$
($H=120/360=0.33$)

5. Pour chaque R,G,B, calculer une autre variable temporaire :

$$R : Rtemp3 = H + 1.0/3.0$$

$$G : Gtemp3 = H$$

$$B : Btemp3 = H - 1.0/3.0$$

$$\text{Si } Xtemp3 < 0 \rightarrow Xtemp3 = Xtemp3 + 1.0$$

$$(Rtemp3 = 0.33 + 0.33 = 0.66, Gtemp3 = 0.33, Btemp3 = 0.33 - 0.33 = 0)$$

6. Pour chaque R,G,B faire le test :

$$\text{Si } 6.0 * Xtemp3 < 1 \rightarrow \text{color} = \text{temp1} + (\text{temp2} - \text{temp1}) * 6.0 * \text{temp3}$$

$$\text{Sinon si } 2.0 * Xtemp3 < 1 \rightarrow \text{color} = \text{temp2}$$

$$\text{Sinon si } 3.0 * Xtemp3 < 2 \rightarrow \text{color} = \text{temp1} + (\text{temp2} - \text{temp1}) * ((2.0/3.0) - Xtemp3) * 6.0$$

$$(3.0 * Rtemp3 < 2 \rightarrow R = 0.141 + (0.899 - 0.141) * ((2.0/3.0 - 0.66) * 6.0) = 0.141$$

$$2.0 * Gtemp3 < 1 \rightarrow G = 0.899$$

$$6.0 * Btemp3 < 1 \rightarrow B = 0.141 + (0.899 - 0.141) * 6.0 * 0 = 0.141$$

7. Ramener à l'intervalle 0-100

$$(R=14, G=90, B=14)$$

Exemple : modification de la saturation d'une image

Tous les logiciels de retouche d'image proposent de modifier la saturation d'une image pour donner des couleurs plus vives (ou au contraire pour désaturer l'image pour lui donner un aspect plus délavé, plus proche du niveaux de gris).

Pour programmer facilement cette opération, on peut transformer les pixels de l'image de l'espace RVB vers l'espace TSL, là on peut facilement accéder à la valeur de la saturation (S) qu'on peut modifier, puis on repasse dans l'espace RVB pour afficher le résultat.



désaturation



saturation



L'algorithme de modification de la saturation d'une image ressemblera à celui-ci :

```
pour y=0 à hauteur-1
  pour x=0 à largeur-1
    lit_pixel (x,y, r,v,b)
    conversion_RVB_vers_TSL (r,v,b, t,s,l)
    modifie_saturation (s)
    conversion_TSL_vers_RVB (t,s,l, r,v,b)
    ecrit_pixel (x,y, r,v,b)
  fin pour
fin pour
```

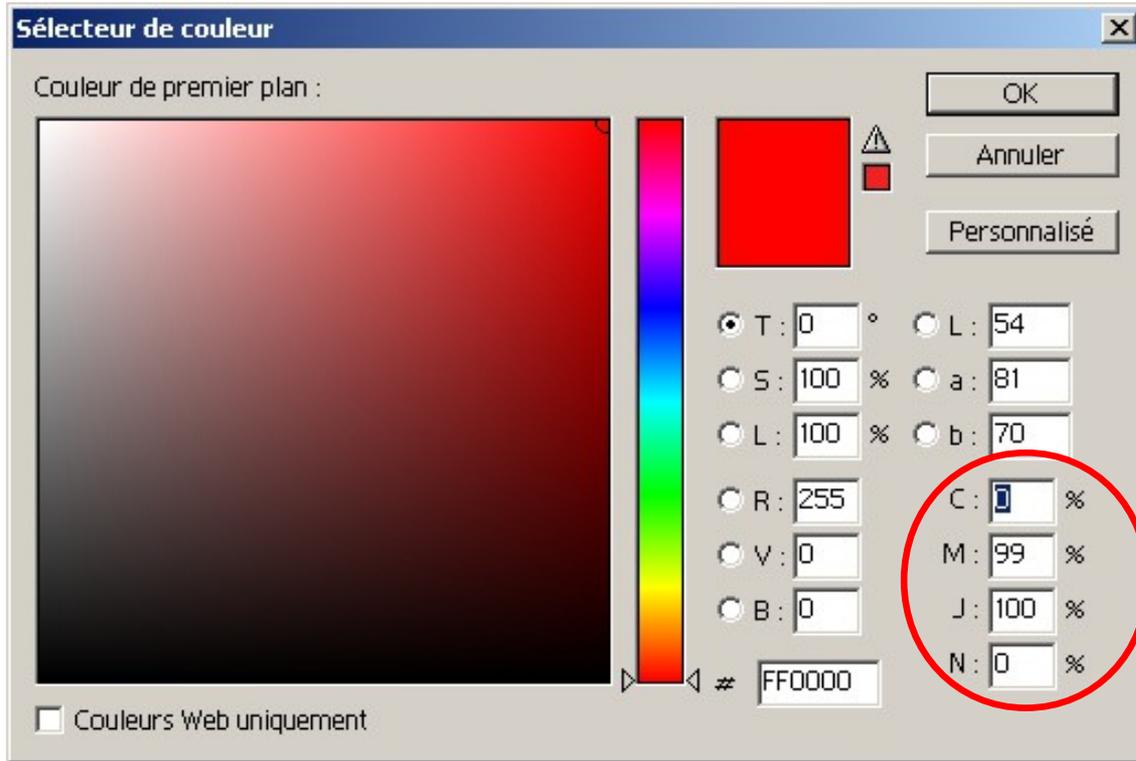
C'est la fonction `modifie_saturation()` qui se charge de modifier la valeur de la saturation. Dans cette fonction, on pourra par exemple multiplier `s` par un coefficient.

4.3 Le modèle CMY(K)

Système CMY (Cyan, Magenta, Yellow)
ou CMJ (Cyan, Magenta, Jaune)

C'est le principe de la **synthèse soustractive** des couleurs, à la base de la plupart des imprimantes.

Les couleurs de base C, M, Y sont en fait des pigments (encres) qui absorbent certaines longueurs d'onde donc certaines couleurs de la lumière blanche (qui contient toutes les couleurs).



Sélecteur de couleur sous Photoshop

	C	M	Y
Noir	255	255	255
Bleu	255	255	0
Vert	255	0	255
Cyan	255	0	0
Rouge	0	255	255
Magenta	0	255	0
Jaune	0	0	255
Blanc	0	0	0

Le système CMY peut être représenté sous la forme d'un cube :

En pratique, c'est le système CMYK (K = KeyBlack) qui est utilisé: on ajoute une encre noire car le système CMY ne peut générer un noir parfait → **quadrichromie**.

Les couleurs de la quadrichromie :



Cyan



Magenta



Jaune



Noir

Pris un à un, les 4 plans de couleurs nécessaires à l'impression en quadrichromie.

Séquence d'impression :



Cyan



Cyan +
Magenta



Cyan +
Magenta +
Jaune

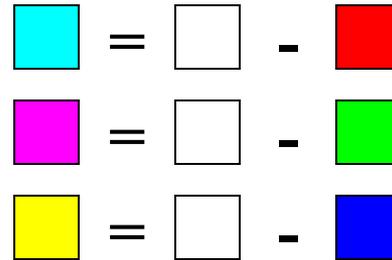


Cyan +
Magenta +
Jaune +
Noir

C'est la superposition progressive des encres d'impression.

Transformation RGB → CMY :

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



4.4 Le modèle YIQ

C'est le format de base utilisé par le standard NTSC.

Y : luminance qui décrit l'image noir et blanc

I, Q : chrominance qui ajoute les couleurs à l'image.

En noir et blanc, on n'affiche que **Y**.

Ce modèle est bien adapté aux compressions digitales ou analogiques mais il ne permet pas de recréer sur un téléviseur toutes les couleurs qui apparaissent sur un écran d'ordinateur.

Transformation RGB → YIQ :

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Notez la prédominance du vert dans l'intensité.

L'œil humain étant plus sensible aux variations de luminosité que de couleur, on peut optimiser le codage en affectant plus d'information à la composante Y qu'aux autres.

Transformation YIQ → RGB :

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.105 & 1.702 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

4.5 Les modèles CIE

Inconvénient des modes de définition de couleurs RGB, HSL, CMY, YIQ :

- Dans ces systèmes, les écarts entre deux couleurs voisines ne sont pas linéaires, c'est à dire représentatifs des écarts de perception.
- A éclairement égal, certaines teintes paraissent plus claires (jaune, vert) que d'autres (rouge, bleu). La sensibilité de l'oeil n'est pas la même pour toutes les longueurs d'onde. De nombreux points du cube RGB produisent des couleurs indifférenciables.

→ C'est pour y remédier que la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) a développé des espaces couleur basés sur la perception humaine :

- Espace CIE XYZ
- Espace CIE Lab
- Espace CIE Luv

L'espace Lab représente de manière uniforme le spectre visible. Il permet de décrire l'ensemble des couleurs visibles indépendamment de tout matériel. De cette façon il comprend la totalité des couleurs RVB et CMJN. C'est la raison pour laquelle des logiciels de traitement d'image utilisent ce mode pour passer d'un espace couleur à un autre.

4.6 Les nuanciers

Il ne s'agit pas de modèles de couleurs au sens mathématique du terme.

Ce sont des **tables de références** comportant plusieurs centaines de couleurs identifiées par un numéro.

Chacune des couleurs référencées correspond à un mélange déterminé d'encres de base, ce qui évite des surprises lors de l'impression.

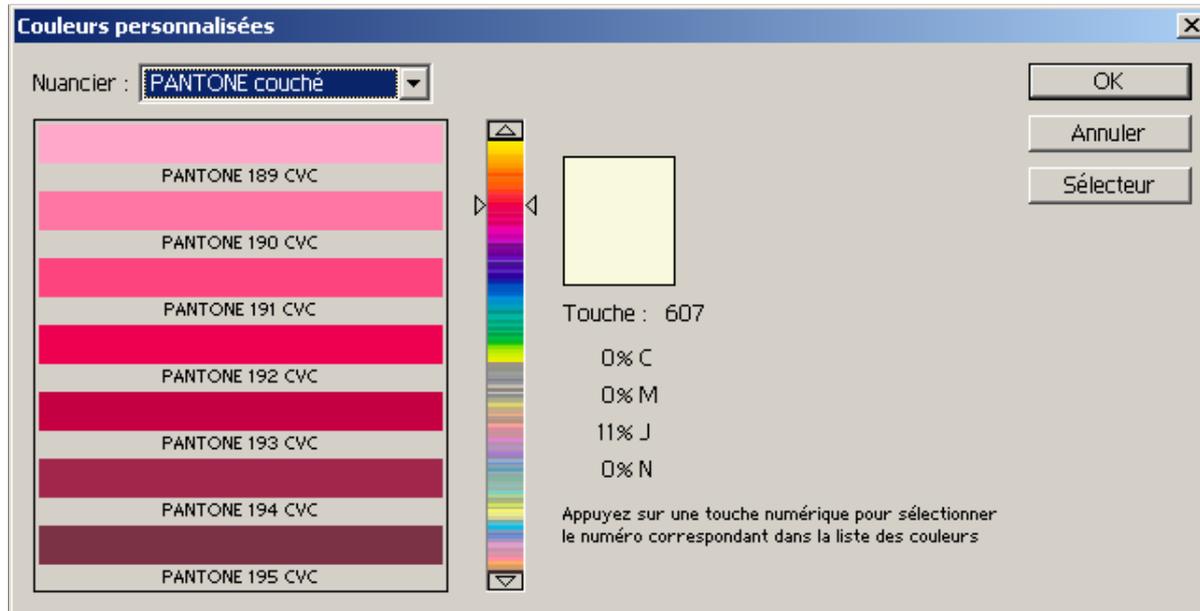
→ Très utilisé dans l'industrie.

Le nuancier Pantone

Système dénommé "*Pantone Matching System*" (ou "*PMS color*") développé par la société Pantone (USA) décrivant plus d'un millier de couleurs.

Système de sélection des couleurs fréquemment utilisé par les professionnels des arts graphiques.





Utilisation du nuancier Pantone sous Photoshop

Autres nuanciers

RAL

<http://www.ral.de/farben/en/>

Munsell

<http://www.gretagmacbeth.com/Source/Solutions/munsell/index.asp>

Notation ISCC-NBS

<http://www.anthus.com/Colors/NBS.html>

NCS

<http://www.crb.ch/fr/color/farbsystem.htm>

etc.

5. Distance couleur

C'est la distance entre deux points (=2 couleurs) d'un espace couleur.

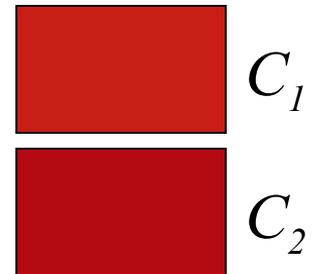
Soient deux couleurs $C_1(R_1, G_1, B_1)$ et $C_2(R_2, G_2, B_2)$

$$\text{dist}(C_1, C_2) = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2}$$

Exemple :

Soient $C_1(200, 30, 22)$ et $C_2(180, 10, 18)$, alors :

$$\begin{aligned} \text{dist}(C_1, C_2) &= \sqrt{(200 - 180)^2 + (30 - 10)^2 + (22 - 18)^2} \\ &= 28,56 \end{aligned}$$



Cette distance permet de savoir si une couleur est plus ou moins proche d'une autre.

N'a de sens que pour des couleurs proches

(« *Le rouge est-il plus proche du vert que du bleu ?* » est absurde).

Selon l'espace couleur, la distance sera ou non perceptuellement uniforme.

Perceptuellement non uniforme : RGB, CMY, YIQ

Perceptuellement uniforme : CIE Lab

Notion de distance entre couleurs utilisée pour :

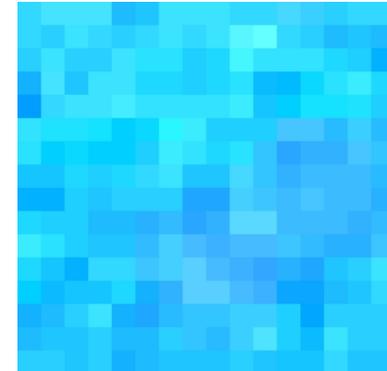
- réduire le nombre de couleurs d'une image
- compresser une image
- segmenter une image
- évaluer une tolérance (outil « pot de peinture »)
- évaluer une transparence
- ...

Exemple : évaluation d'une tolérance (outil « pot de peinture »)

On veut repeindre le ciel en rouge.

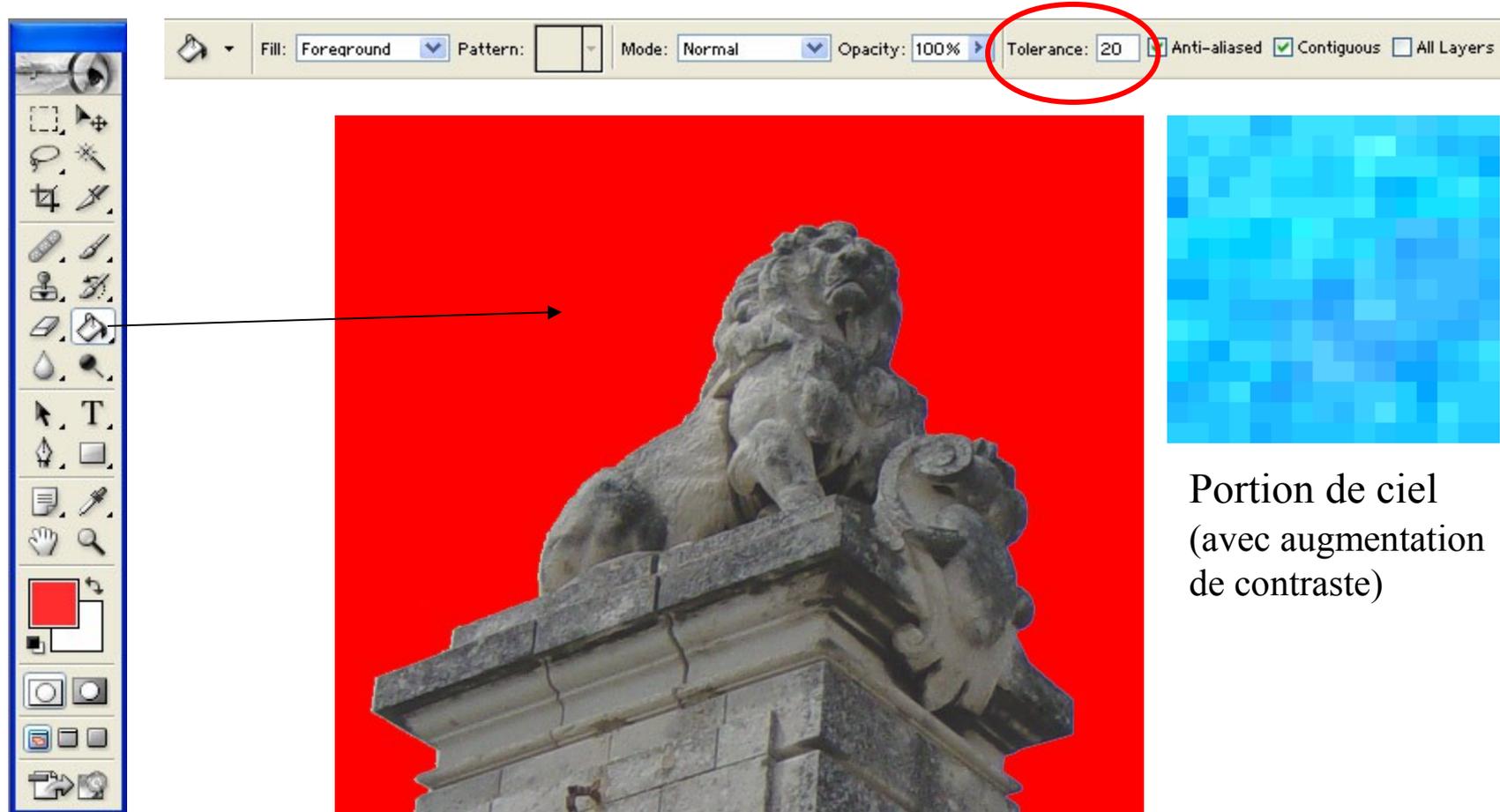


La couleur ne se propage qu'aux pixels ayant **exactement** la même couleur que celui sur lequel on a cliqué.



Portion de ciel
(avec augmentation
de contraste)

On augmente la tolérance : la couleur se propage aux pixels dont la couleur est **peu éloignée** de celle du pixel sur lequel on a cliqué.



Exemple : transparence d'une image avec tolérance

But : traiter comme transparents des pixels proches d'une certaine couleur.

Applications : « fond bleu » ou « fond vert » pour les trucages vidéo (cinéma, météo, ...). On filme des acteurs devant un mur ou une toile colorée.

On peut ensuite **incruster** la vidéo transparente sur une autre vidéo.



Remarques :

Couleur transparente = **couleur clé** (« *chroma key* »).

Couleurs généralement utilisées :

- Bleu : suffisamment éloigné des tons de la chair des comédiens que l'on veut détourner.
- Vert : surtout pour les tournages en vidéo numérique. les capteurs CCD des caméras numériques sont plus sensibles au vert. La composante verte est moins compressée dans le format DV.

6. Mesure physique d'une couleur

Des appareils permettent de mesurer physiquement l'énergie rayonnante :

- Colorimètres
- Spectrocolorimètres

Colorimètre

Le colorimètre à trois filtres simule le travail de l'œil. La lumière réfléchie est enregistrée par un capteur et pondérée par trois filtres qui correspondent, par leur sensibilité, aux récepteurs de l'œil.

Les parts de lumière rouge, verte et bleue (facteur de réflexion spectrale R_x , R_y et R_z) sont converties ensuite en valeurs colorimétriques CIE Lab.



Spectrocolorimètre

Dans un spectrocolorimètre, un monochromateur décompose le spectre lumineux en petites bandes d'ondes (de 10 à 20 nm). Dans ces bandes, on mesure l'intensité de la lumière réfléchie.



7. Le transfert des couleurs

7.1 Problématique

Traitement d'images numériques = suite d'opérations :

- Acquisition (scanner, appareil photo numérique, ...)
- Visualisation (moniteur, ...)
- Restitution (imprimante, ...)

→ Manipulation des couleurs avec des technologies différentes.

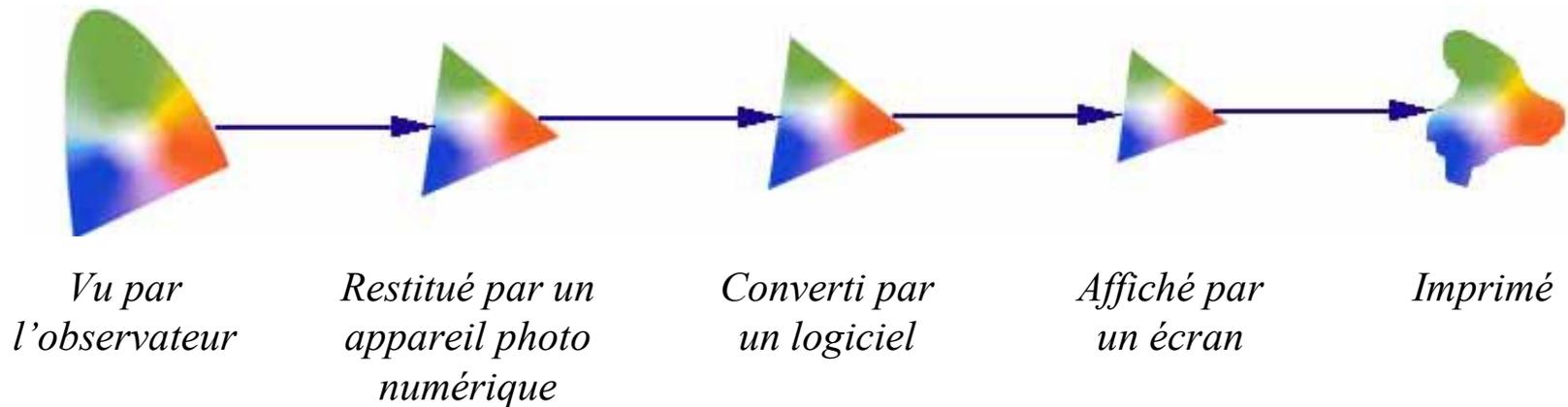
→ Indispensable de connaître l'aptitude d'un périphérique à reproduire les couleurs.

→ Compensation pour transférer les couleurs.

7.2 Espace couleur

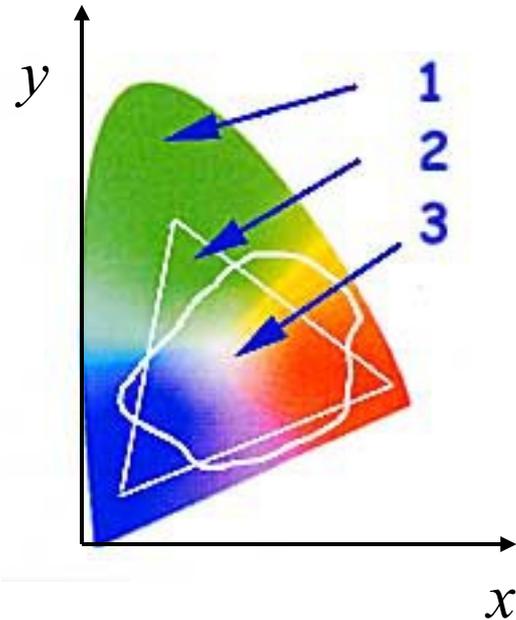
A chaque étape du traitement de l'image numérique, le périphérique d'acquisition, l'écran et l'imprimante restituent chacun différemment les couleurs de l'image originale.

On définit ainsi **l'espace couleur** (ou **gamut**) de chaque matériel.

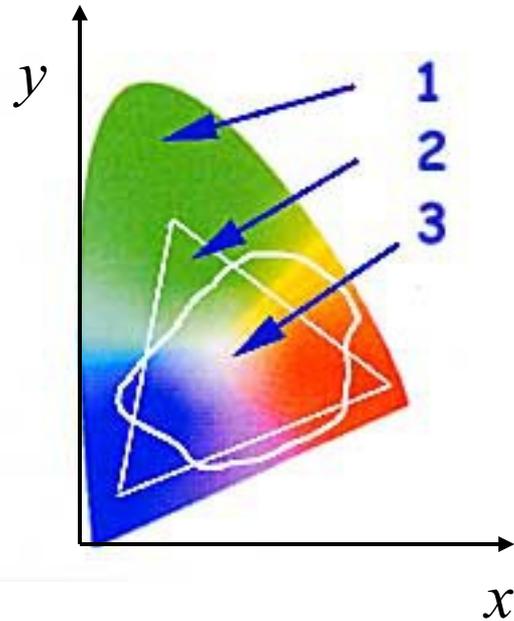


Espace couleur à chaque étape du traitement d'une image numérique

Les espaces couleurs ne sont pas identiques, mais se chevauchent :



1. *Espace couleur CIE xyz (Commission Internationale de l'Éclairage), représentant les couleurs visibles par l'œil humain.*
2. *Espace couleur d'un écran*
3. *Espace couleur d'une imprimante jet d'encre*



L'ensemble des couleurs visibles ne sont pas reproductibles par un écran ou une imprimante.

Certaines couleurs reconnues par un périphérique ne le seront pas par un autre.

Raisons des limitations des espaces couleurs

- **Écrans** : la luminosité min/max, la saturation maximum de chaque luminophore.
- **Imprimantes** : la profondeur du noir / blancheur du papier, la saturation des colorants ou des pigments des encres.
- **Scanners** : la saturation maximum des filtres RVB.

7.3 Système de gestion des couleurs ICC

Une même image sera restituée de façon différente avec tout matériel utilisant un espace couleur différent si aucun système de gestion des couleurs n'est établi.

→ Création en 1993 de l'*International Color Consortium (ICC)*.

→ Définition de normes pour le contrôle et la gestion de la couleur tout au long d'une chaîne colorimétrique.

Le système de gestion des couleurs ICC est basé sur 3 données :

1. Un **espace colorimétrique**
2. Un **profil couleurs**
3. Un **module de gestion des couleurs**

1. Un **espace colorimétrique**

La gestion de la couleur est basée sur les couleurs réellement perçues par un œil "moyen". L'ICC a choisi l'espace **CIE Lab**.

- Espace colorimétrique indépendant du périphérique considéré.
- Représente toutes les couleurs visibles.

2. Un **profil couleurs** (« *profil ICC* »)

Fourni avec le périphérique, c'est un fichier (d'extension **.icc**) qui permet de savoir par quel signal RVB ou CMJN il traduit une couleur Lab, sachant que deux périphériques ne le font pas de la même façon.

Ce fichier peut s'obtenir en effectuant le **calibrage** (ou **profilage**) du périphérique.

L'échange d'information couleur d'un périphérique à l'autre le long de la chaîne se fait en Lab.

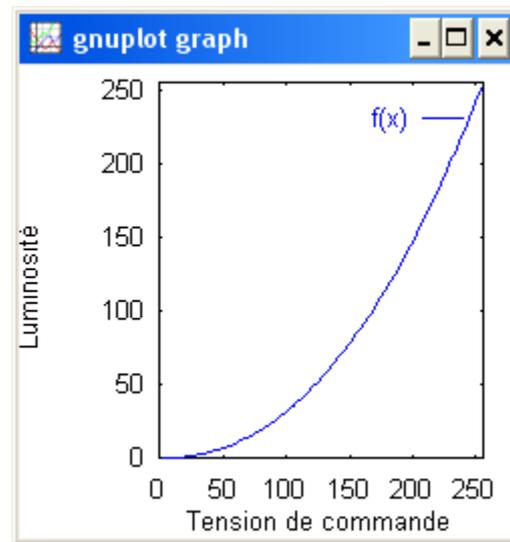
3. Un module de gestion des couleurs

(CMM : *Color Management Module*) Module permettant, à partir des profils de deux périphériques, d'optimiser le passage de l'un à l'autre en minimisant les altérations de couleurs.

7.4 Correction Gamma

Le tube cathodique, de par la constitution chimique de ses photophores, donne une luminosité qui n'est pas parfaitement proportionnelle à la tension de commande.

→ La courbe représentative n'est pas une droite mais une fonction exponentielle, où l'exposant est en général de 2.2 :



$$y = x^{2.2}$$



Image de départ



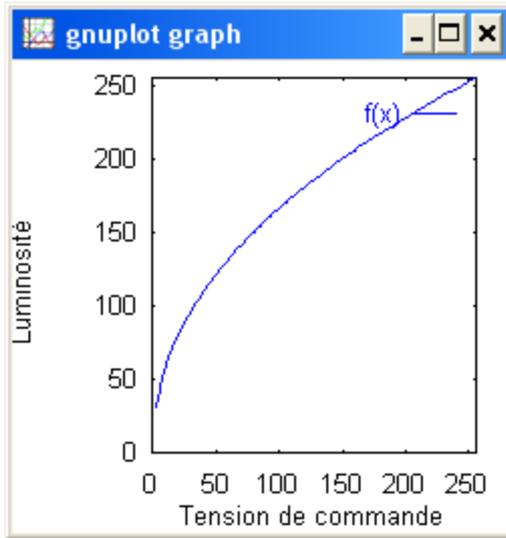
Image affichée

→ Nécessaire pour revenir à un affichage linéaire de corriger les valeurs de l'image selon une exponentielle avant de les envoyer à l'écran.

→ Rectification de la non-linéarité du moniteur par une **correction Gamma**.

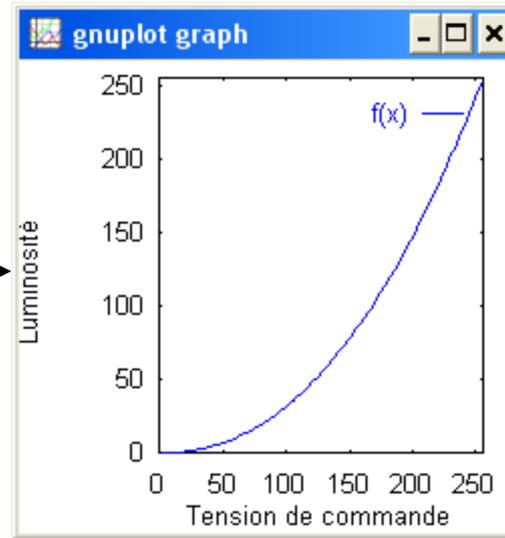
Correction en appliquant une première exponentielle.

On obtient : $x = (x^{0.45})^{2.2}$



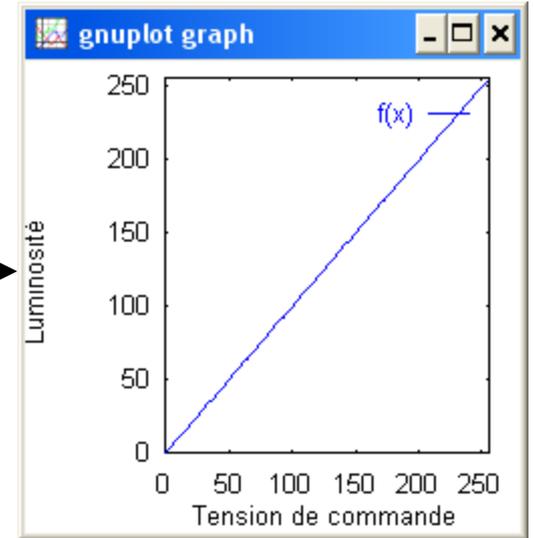
$$y = x^{0.45}$$

*Correction Gamma
sur l'image*



$$y = x^{2.2}$$

*Correction effectuée
par l'écran*



$$y = x$$

Résultat

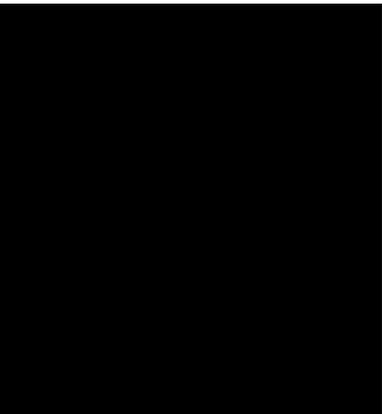
La correction GAMMA est donc une modification des valeurs RVB telle que les valeurs transmises à l'affichage subissent la transformation mathématique suivante, où l'on suppose que les pixels sont codés sur 3 x 8 bits :

$$R_{\text{corrigé}} = 255 \cdot \left(\frac{R_{\text{original}}}{255} \right)^{\frac{1}{\text{Gamma}}}$$

$$G_{\text{corrigé}} = 255 \cdot \left(\frac{G_{\text{original}}}{255} \right)^{\frac{1}{\text{Gamma}}}$$

$$B_{\text{corrigé}} = 255 \cdot \left(\frac{B_{\text{original}}}{255} \right)^{\frac{1}{\text{Gamma}}}$$

Exemples de correction Gamma



Gamma = 0.0



Gamma = 0.5



Gamma = 1.0

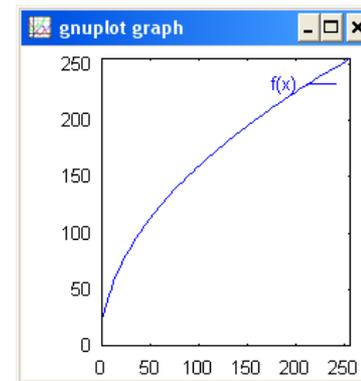
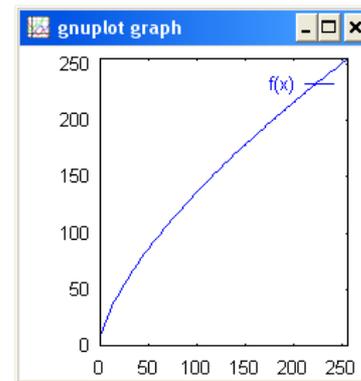
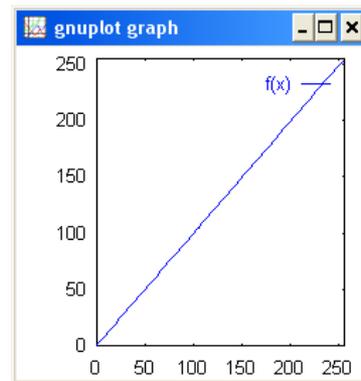
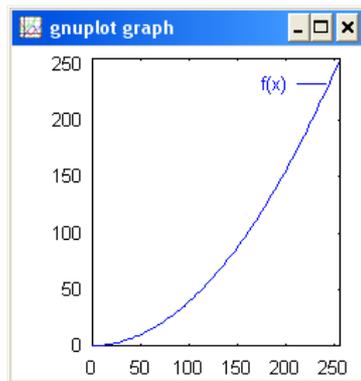
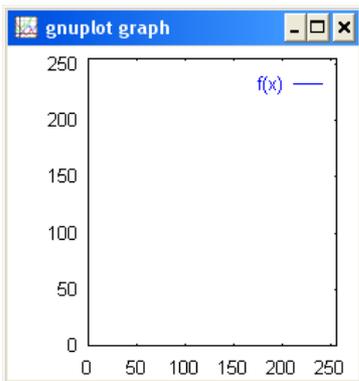


Gamma = 1.5

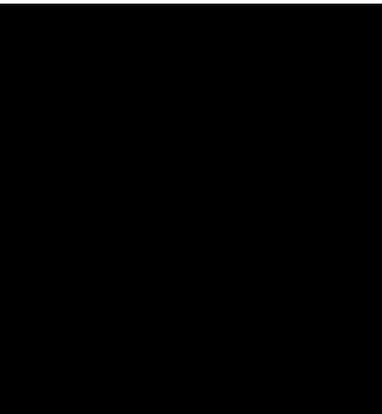


Gamma = 2.0

(original)



Correction Gamma \neq modification de la luminosité



Gamma = 0.0



Gamma = 0.5



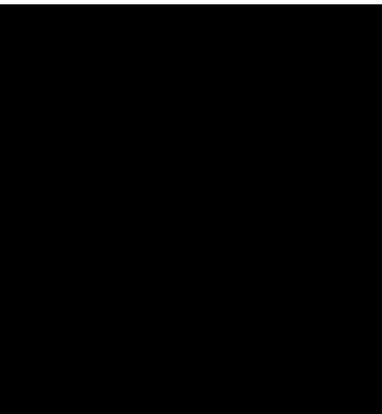
Gamma = 1.0



Gamma = 1.5



Gamma = 2.0



Luminosité-100%



Luminosité-50%



Original



Luminosité+50%



Luminosité+100%