

## Programme de l'enseignement autour des mots « *image(s) numérique(s)*»

### TS

#### Transmettre et stocker de l'information

<b>Notions et contenus</b>	<b>Compétences exigibles</b>
<b>Images numériques</b>  Caractéristiques d'une image numérique : pixellisation, codage RVB et niveaux de gris.	Associer un tableau de nombres à une image numérique.  <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numériques par exemple) pour étudier un phénomène optique</i>

---

### SCIENCES ET LABORATOIRE EN CLASSE DE SECONDE GÉNÉRALE ET TECHNOLOGIQUE

#### Enseignement d'exploration

#### Informations et communications

##### Prélever des informations

##### **Mots clefs :**

- \* Appareils photographiques, caméscope. Microphones.
  - \* *Capteurs.*
-

1. Module Image

Notions et contenus	Capacités
Photographie numérique : Photo détecteurs. Photographie argentique. Capteur : sensibilité et résolution.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mettre en œuvre expérimentalement une photodiode ou un phototransistor.</li> <li>-Expliquer le principe des capteurs photosensibles CCD d'un appareil photographique numérique. -Réaliser une activité expérimentale pour relier l'éclairement reçu par un capteur et la grandeur électrique mesurée. -Interpréter l'image argentique par un procédé photochimique. -Comparer la sensibilité d'un capteur numérique et celle d'une pellicule argentique à une norme. -Relier la sensibilité à la résolution et à la surface du capteur.</li> </ul>
Synthèses additive et soustractive des couleurs. Systèmes chromatiques. Filtres.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Illustrer expérimentalement les synthèses additive et soustractive des couleurs. -Illustrer expérimentalement le principe du système RVB. -Exploiter un logiciel dédié pour déterminer les caractéristiques d'une couleur : composantes (R, V, B) ou teinte, luminosité, saturation (T, L, S). -Interpréter la pureté d'une couleur dans le diagramme chromatique (CIE 1931). -Citer des procédés de production d'images faisant appel à la synthèse additive ou à la synthèse soustractive.</li> </ul>
Traitement d'image.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Définir le pixel et estimer ses dimensions dans le cas de l'appareil photo numérique, d'un écran vidéo.</li> <li>-Expliquer le principe du codage en niveaux de gris et en couleurs RVB. -Énoncer qu'une image numérique est associée à un tableau de nombres. -Déterminer expérimentalement la résolution d'un convertisseur analogique/numérique. -Effectuer une opération simple (filtrage) de traitement d'image à l'aide d'un logiciel approprié. -Interpréter le chronogramme de sortie d'un capteur CCD.</li> </ul>
Reconstitution de l'image avec divers imageurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Expliquer le principe de reconstitution des couleurs par une imprimante, un écran numérique ou un vidéoprojecteur.</li> </ul>

## Physique-chimie - cycle terminal de la série STD2A

Voir des objets colorés, analyser et réaliser des images

### Sources de lumière artificielle

Chaîne de lumière.

### Lumière et couleurs des objets

La lumière : spectre de la lumière blanche, spectres d'émission, spectres d'absorption, longueur d'onde.

Modèle corpusculaire de la lumière : le photon.

Luminescences.

Les ondes électromagnétiques

### La vision

Constitution et modélisation de l'œil.

Lentilles minces convergentes : images réelle et virtuelle, foyer, distance focale, vergence.

Lentilles minces divergentes.

Les défauts de l'œil ; les corrections.

### Images photographiques

Photométrie visuelle.

L'appareil photographique. Réglages.

L'image argentique.

L'image numérique.

### Images de l'invisible

Analyses scientifiques d'œuvres d'art :

Rayons X, microscopie électronique, stratigraphie, gammagraphie, accélérateurs de particules, chromatographies, etc.

## **1 Pixel**

« **Définition** » d'une image, « **Résolution** » d'une image

## **2 RVB**

Synthèses additive et soustractive des couleurs  
Codages de la couleur, RVB, CMJN, TLS

## **3 Couleur**

Caractéristiques d'une couleur, CIE, gamut,  
Contraste, luminosité,  
Histogramme  
Filtrage,  
Couleurs spectrales,  
Couleur perçue, l'œil récepteur de couleur, ses défauts

## **4 Lumière**

Phénomènes physiques mis en œuvre dans l'éclairage naturel ou artificiel  
Source thermique, lois de Stefan, Wien  
Source à spectre discontinu et continu (non thermique)  
Température de couleur, indice de rendu de couleur  
Grandeurs photométriques et énergétiques (lumen-watt), (lux-watt/m<sup>2</sup>)

## **5 APN**

Principe, mise au point auto, ouverture,  
Profondeur de champ, balance des blancs

## **6 Codage numérique et Fichiers**

Une image est un tableau de nombres  
Codage binaire 8bits  
Compression

## 1 Pixel

Définir le pixel et estimer ses dimensions dans le cas de l'appareil photo numérique, d'un écran vidéo

Caractéristiques d'une image numérique : pixellisation

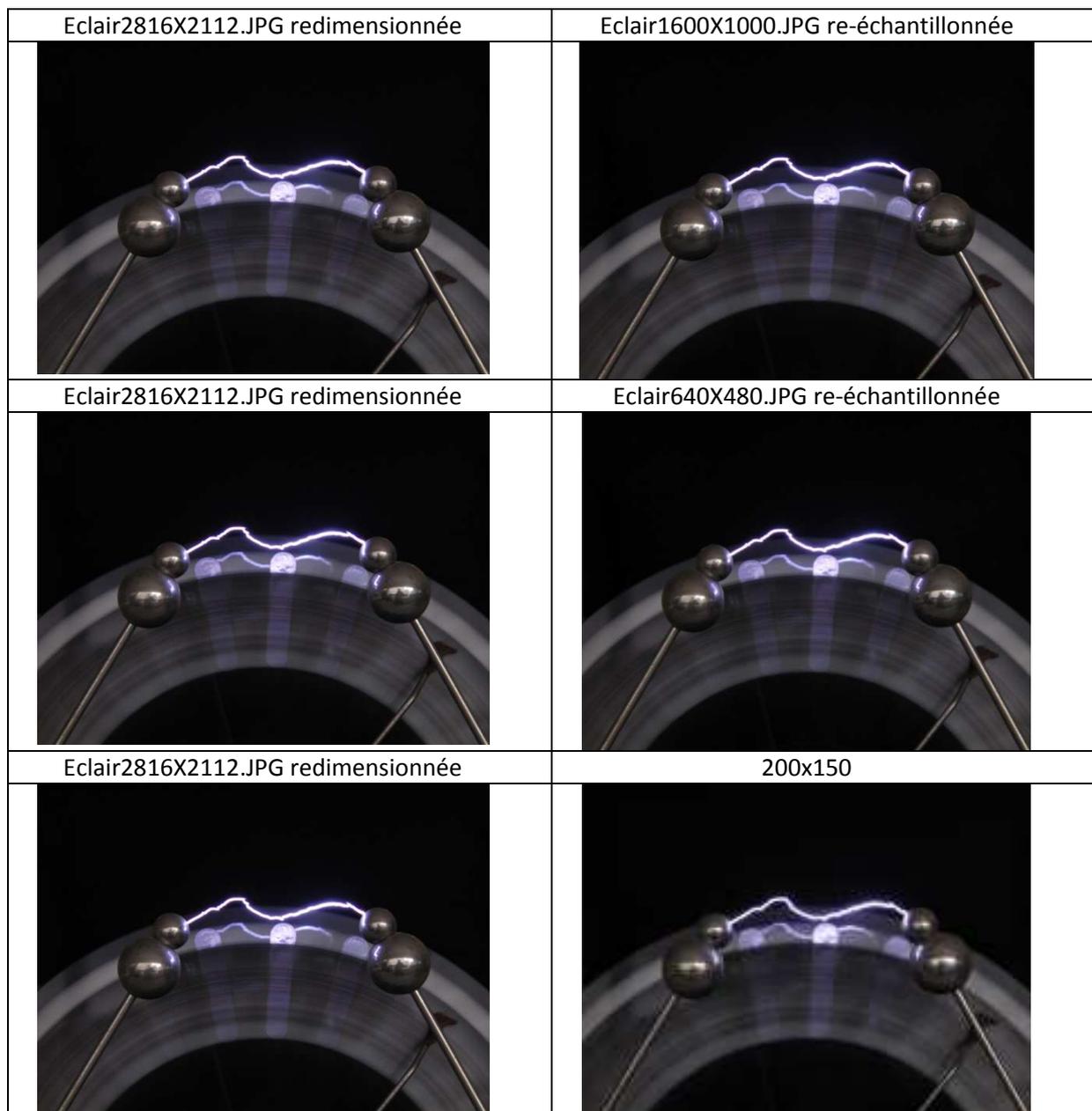
Pixel=Picture element

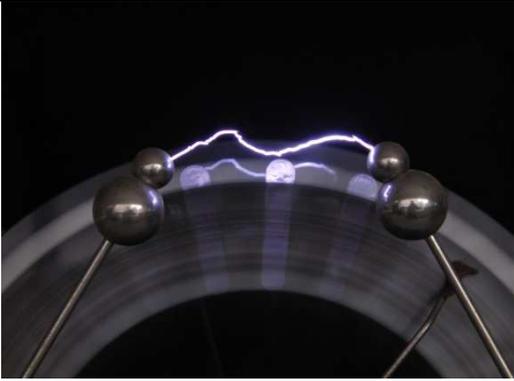
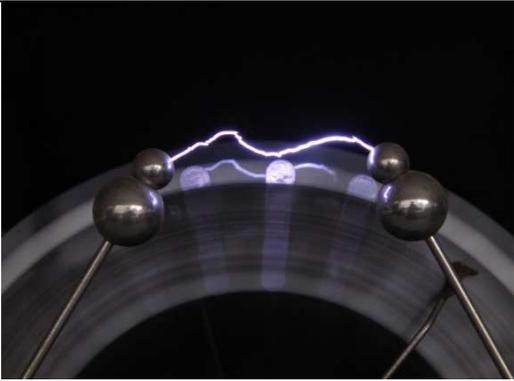
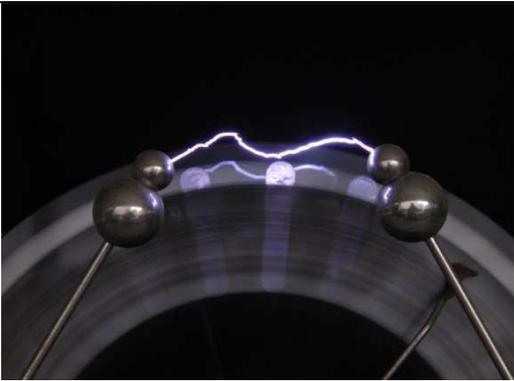
C'est l'unité de base permettant de mesurer la définition d'une [image numérique](#) matricielle,

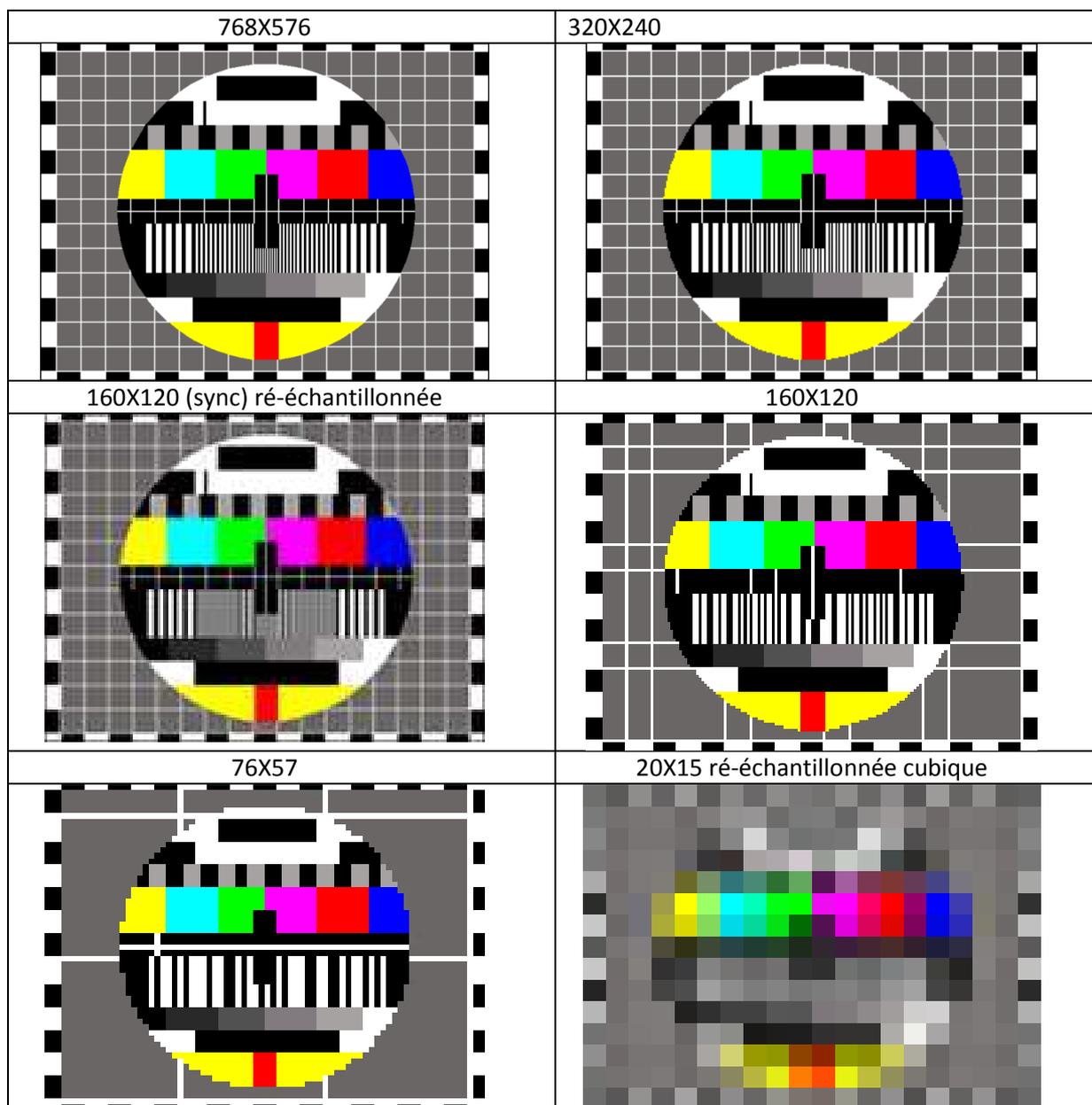
« **Définition** » d'une image : nombre de pixels qui composent l'image en hauteur et en largeur : *640 pixels par 480 pixels* par exemple, noté souvent « 640 × 480 » pour environ '300k'. Une image obtenue avec un appareil photo type 2014 est de 12 à 22M, la plus grande( ?) image, fin 2013 est de 150-gigapixel (panoramique de Tokyo <http://360gigapixels.com/tokyo-tower-panorama-photo/>)

« **Résolution** » d'une image : nombre de pixels par unité de longueur, en « ppp » (point par pouce)=«dpi » (dot per inch) ou en « ppm » (point par mm). Les écrans ont par exemple une résolution de 72 dpi, les imprimantes peuvent aller de 200 à 4800dpi et les scanners de 100 à 4800dpi.

Exemples :



<p>Eclair2816X2112.JPG redimensionnée</p> 	<p>80x60</p> 
<p>Eclair2816X2112.JPG redimensionnée</p> 	<p>40x30</p> 
<p>Eclair2816X2112.JPG redimensionnée</p> 	<p>34X25</p> 
<p>Eclair2816X2112.JPG redimensionnée</p> 	<p>20X15</p> 



Attention : pour avoir la même taille à l'impression, il faut changer Définition ET Résolution en même temps



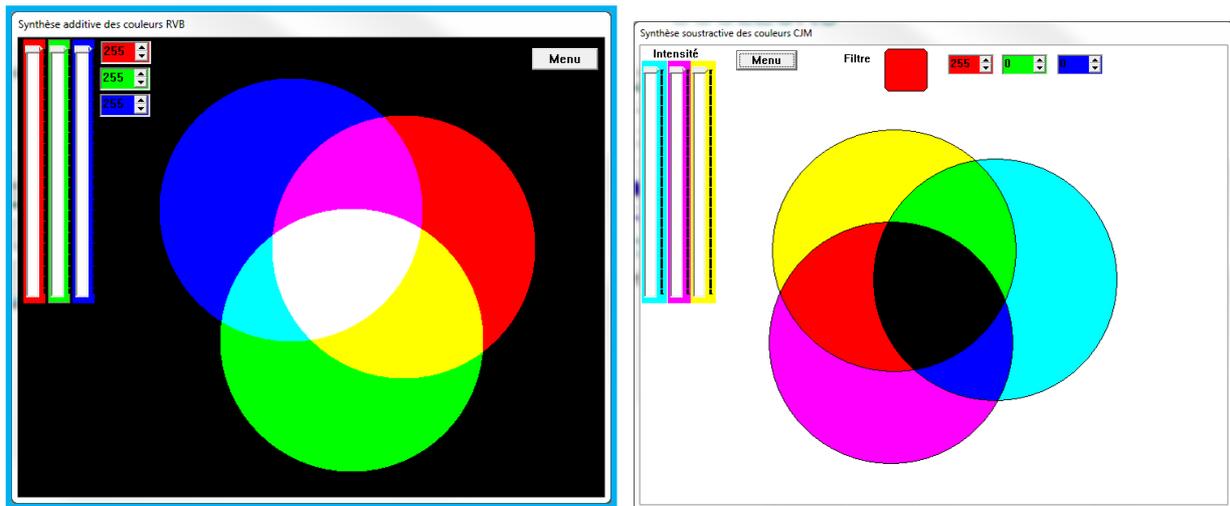
Les couleurs sont bien conservées, mais pas les détails (sans compression)

## 2 RVB

Illustrer expérimentalement le principe du système RVB.

Illustrer expérimentalement les synthèses additive et soustractive des couleurs

Expliquer le principe de reconstitution des couleurs par une imprimante, un écran numérique ou un vidéoprojecteur

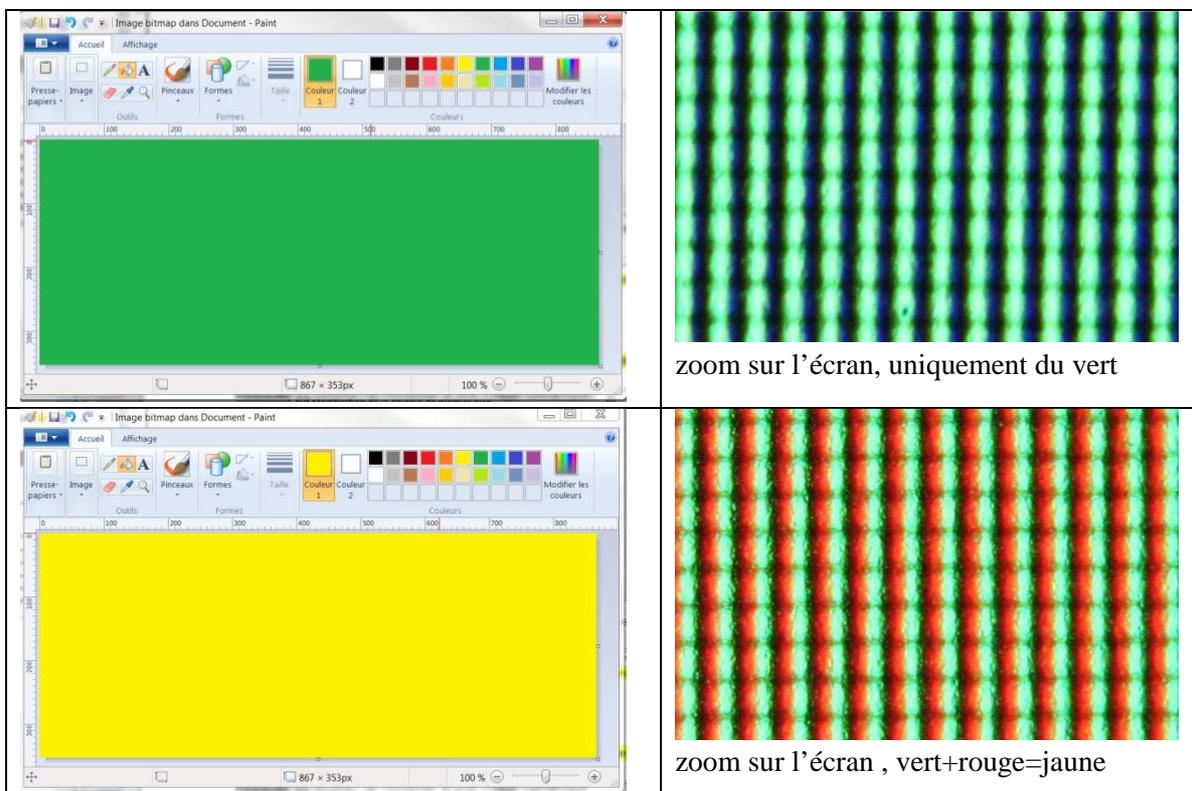


C'est une expérience classique du collège, « Synthèse additive », utiliser 3 spots Rouge, Vert et Bleu et observer les zones où les couleurs se superposent. Observer également les zones où il « manque » une couleur, les ombres donnent la synthèse soustractive.

Pour travailler sur une image simple, on peut la créer avec Paint (ou Gimp):

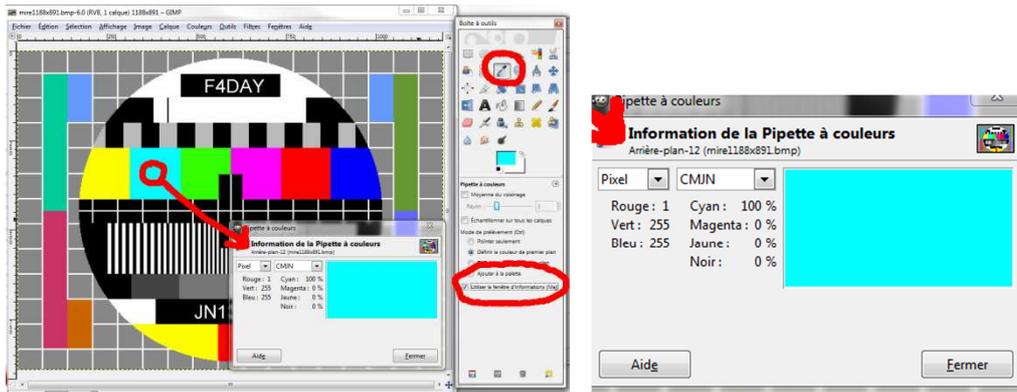
ouvrir Paint : Dessiner un rectangle rempli de différentes couleurs, dont les couleurs primaires.

Selon la couleur choisie on verra les pixels plus ou moins lumineux en zoomant avec la webcam.



Observer l'écran (LCD ou cathodique) avec une loupe ou une webcam (vidéomicroscope) vers le vidéo projecteur pour différentes couleurs affichées. Interpréter l'influence de la distance sur la couleur perçue.

Caractériser un pixel, pour une couleur quelconque en utilisant la pipette de Gimp (activer « Utiliser la fenêtre d'information »)



On peut voir ici les différents codages de la couleur, RVB, CMJN, TLS.

Une imprimante utilise des pigments de couleurs CMJN, comme pour la peinture, il s'agit d'une synthèse soustractive si les pigments se mélangent, (mais les pigments n'ont pas besoin de se mélanger, si les grains sont très petits, l'œil percevra le mélange des couleurs comme pour l'écran LCD et les pixels vus de « loin »).

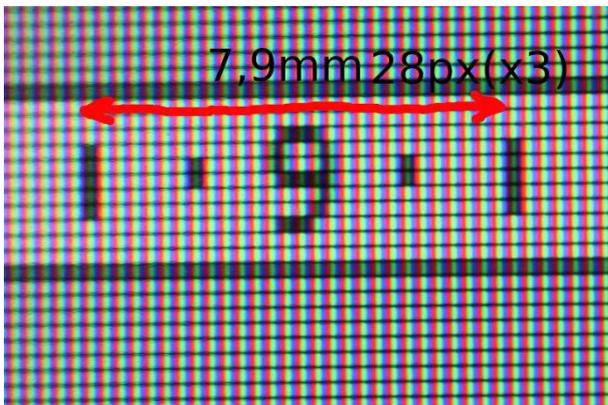
Ecrans et vidéoprojecteurs utilisent une synthèse additive RVB en général.

Ecran : série de pixels des 3 couleurs RVB dimensions de l'ordre du 1/10mm, (pour chaque couleur, un pixel est rectangulaire H=3L)

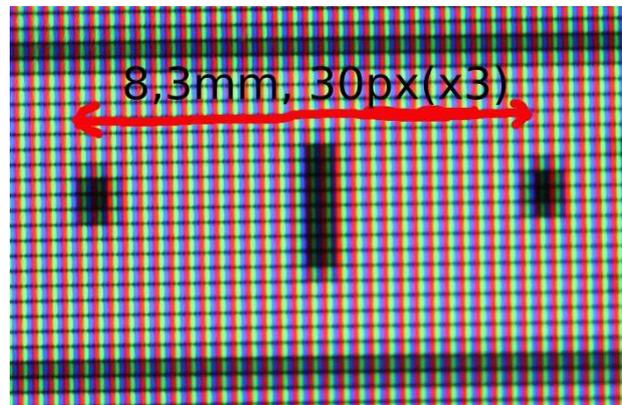
**Ecran DELL P2110 22" : Optimal Resolution: 1680 X 1050 at 60 Hz, Color Support: 16.7 million colors**

**Pixel Pitch: 0.282 mm (94µm de large pour une couleur)**

1680X1050

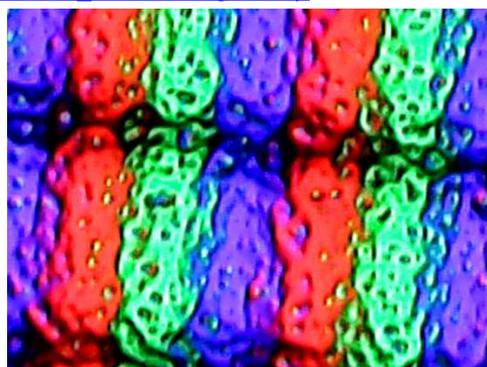


800X600



Vidéoprojecteur : Différents systèmes existent mais se ramènent tous à une addition des 3 couleurs par des systèmes de filtres LCD ou de micro-miroirs.

[http://www.lne.fr/download-pdf/download\\_these-bringier.asp](http://www.lne.fr/download-pdf/download_these-bringier.asp)

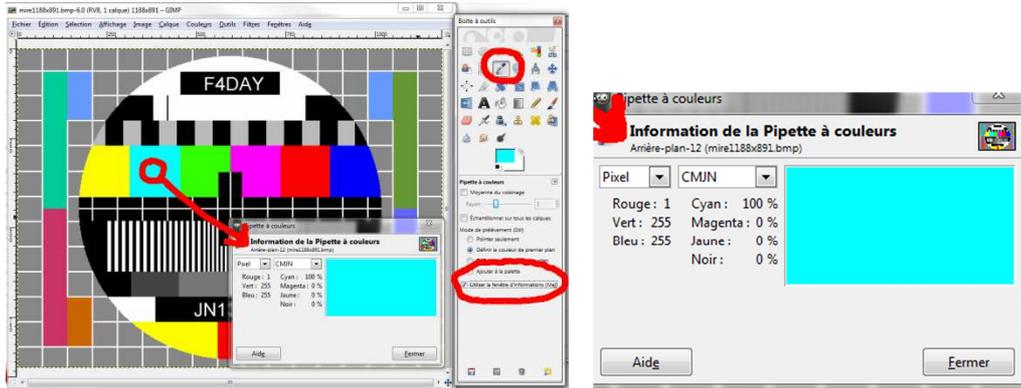


écran environ X200

### 3 Couleur

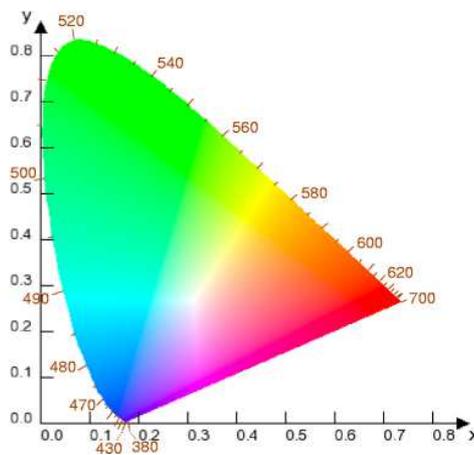
Exploiter un logiciel dédié pour déterminer les caractéristiques d'une couleur : composantes (R, V, B) ou teinte, luminosité, saturation (T, L, S)

On reprend l'image de la mire TV avec le logiciel Gimp



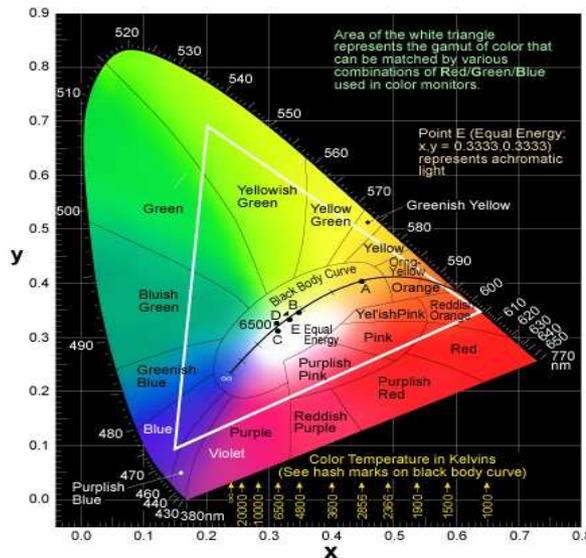
Le logiciel permet d'afficher les caractéristiques d'une couleur par différents paramètres RVB ou TLS.

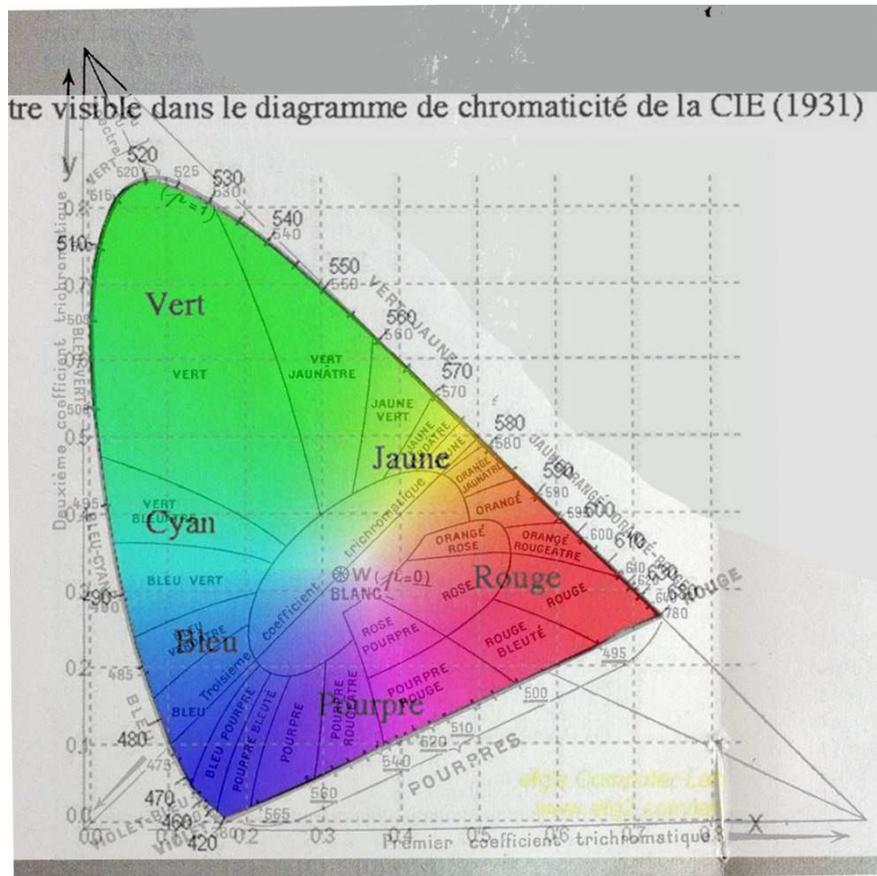
RVB correspond à la description d'une couleur à partir de l'intensité de chaque couleur comprise entre 0 (éteinte) et 255 (intensité maximale). Les couleurs sont définies par une norme CIE qui représente dans l'espace RVB « toutes » les couleurs possibles (visibles par l'œil humain). Dans l'espace de couleur de CIE 1931 XYZ, on peut lire les valeurs des longueurs d'onde pour les couleurs sur la périphérie du diagramme.



ou sur les diagrammes suivants les couleurs du corps noir pour différentes températures, ainsi que les noms des couleurs intermédiaires.

<http://www.everredtronics.com/C.I.E.Diagram.html>

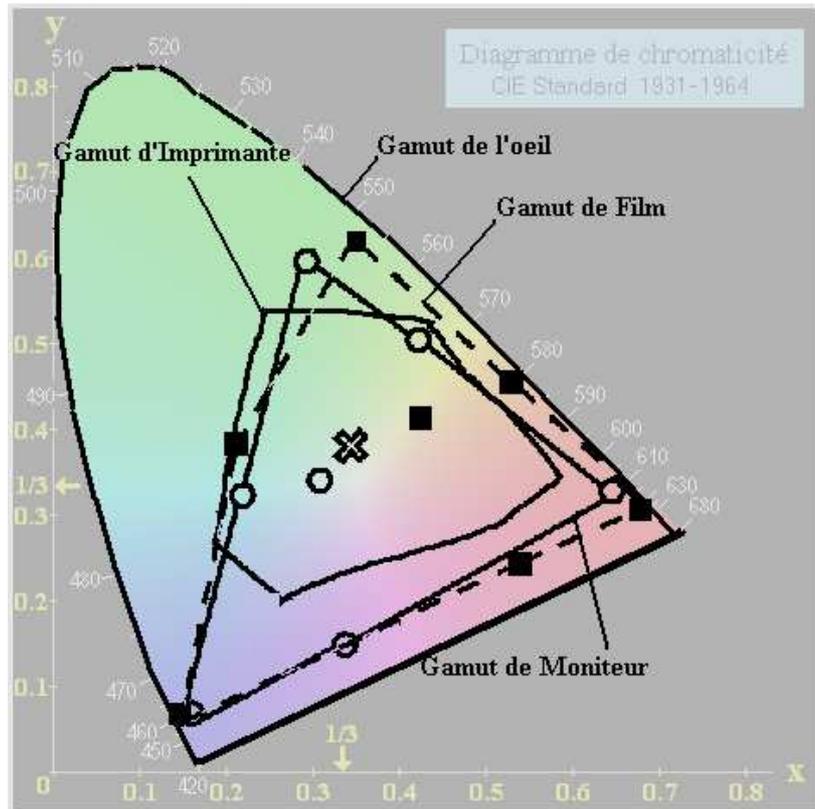




On peut passer du diagramme RVB au diagramme TLS par des relations linéaires (qui sortent sûrement du programme !) ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage\\_informatique\\_des\\_couleurs](http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage_informatique_des_couleurs))

Chaque périphérique peut représenter un sous-ensemble de couleurs du diagramme complet (= ensemble des couleurs perçues par l'œil humain)

Un ensemble de couleurs est nommé « Gamut »



<http://www.profil-couleur.com/>

Distinguer contraste et luminosité d'une image.  
 Réaliser, interpréter et exploiter l'histogramme d'une image numérisée

Parmi les caractéristiques d'une image, il y a le contraste et la luminosité ;  
 La *luminosité* donne une indication sur l'aspect lumineux de la couleur étudiée : plus la couleur est sombre, plus sa luminosité est faible.

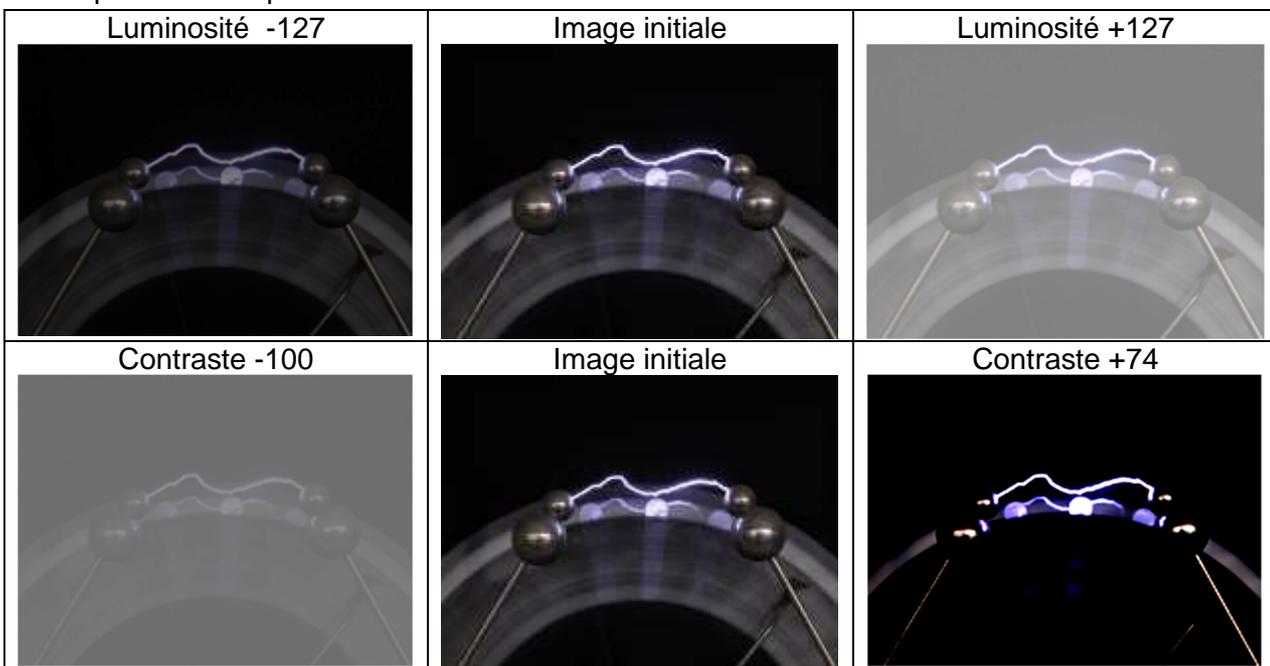
Le modèle (T,L,S) utilise directement la luminosité dans la définition d'une couleur, alors que pour le modèle (RVB), la luminosité est calculée par :

$$L = (\text{Max}(R,V,B) + \text{Min}(R,V,B)) * 240 / (2 * 255)$$

Le *contraste* est un caractère de la répartition lumineuse d'une image globale ou entre deux points voisins d'une image. (Cette notion est aussi vue en optique physique, les interférences obtenues avec des fentes d'Young et une source étendue pour laquelle on peut obtenir un « inversion de contraste » lorsque la frange centrale devient sombre). Si I est l'intensité lumineuse,  $C = (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} + I_{\text{min}})$ , (appelé aussi Visibilité).

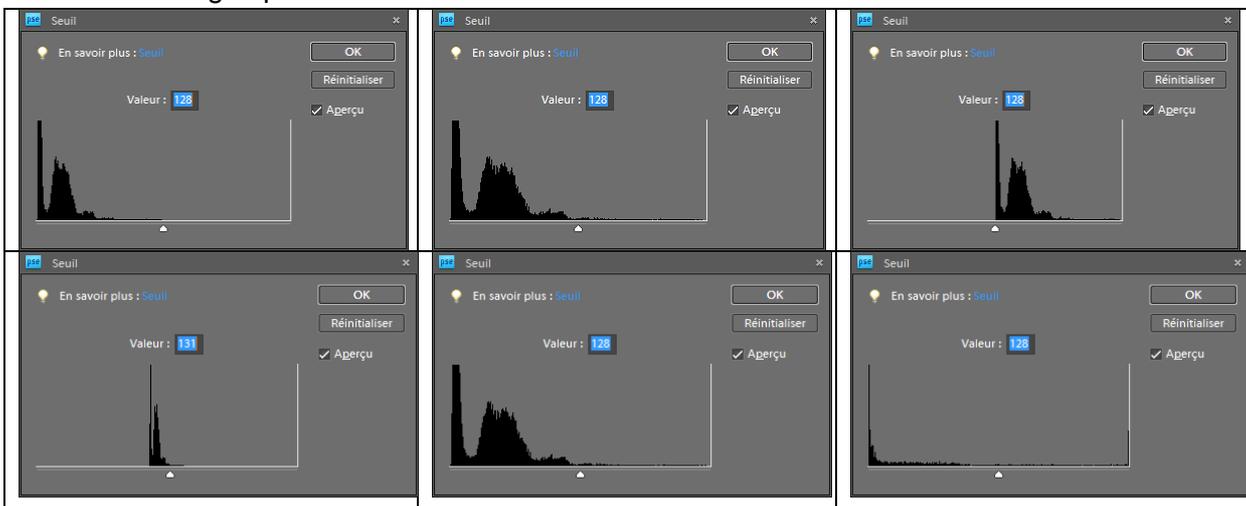
Les logiciels de traitement d'image ont tous une fonction ajustement luminosité/contraste.

Exemple avec Gimp :



L'histogramme d'une image représente la distribution des nombres de pixels d'une même luminosité.

Pour les 6 images précédentes :



Les représentations des histogrammes précédents correspondent à l'image complète RVB, le logiciel peut également traiter chaque couleur indépendamment..

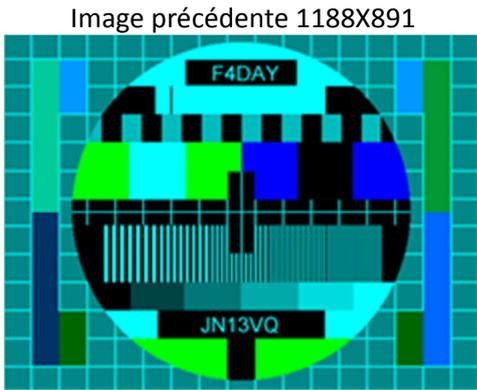
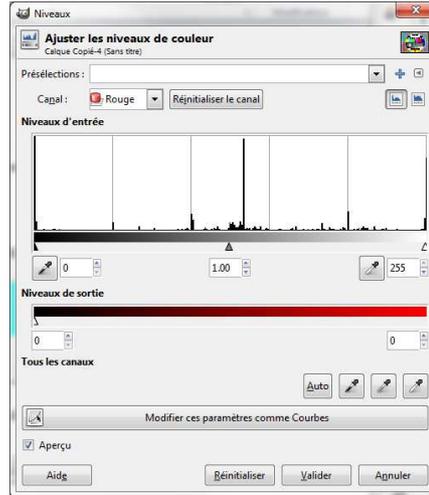


Image précédente 1188X891 dans laquelle le rouge a été mis à 0 avec l'outil Niveaux appliqué au canal Rouge.



**Filtrage :**

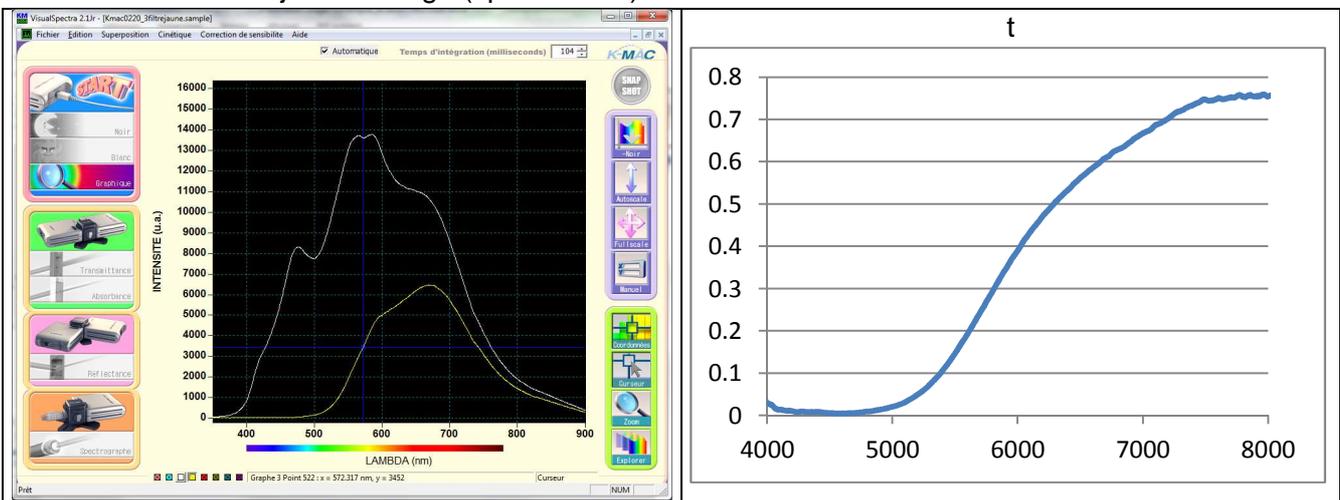
Une image peut être « filtrée », (= on applique un filtre), analogiquement ou numériquement (=sélectionner un algorithme de transformation).

Analogiquement en utilisant un filtre coloré dont l'effet sera de laisser passer une partie plus ou moins large du spectre.

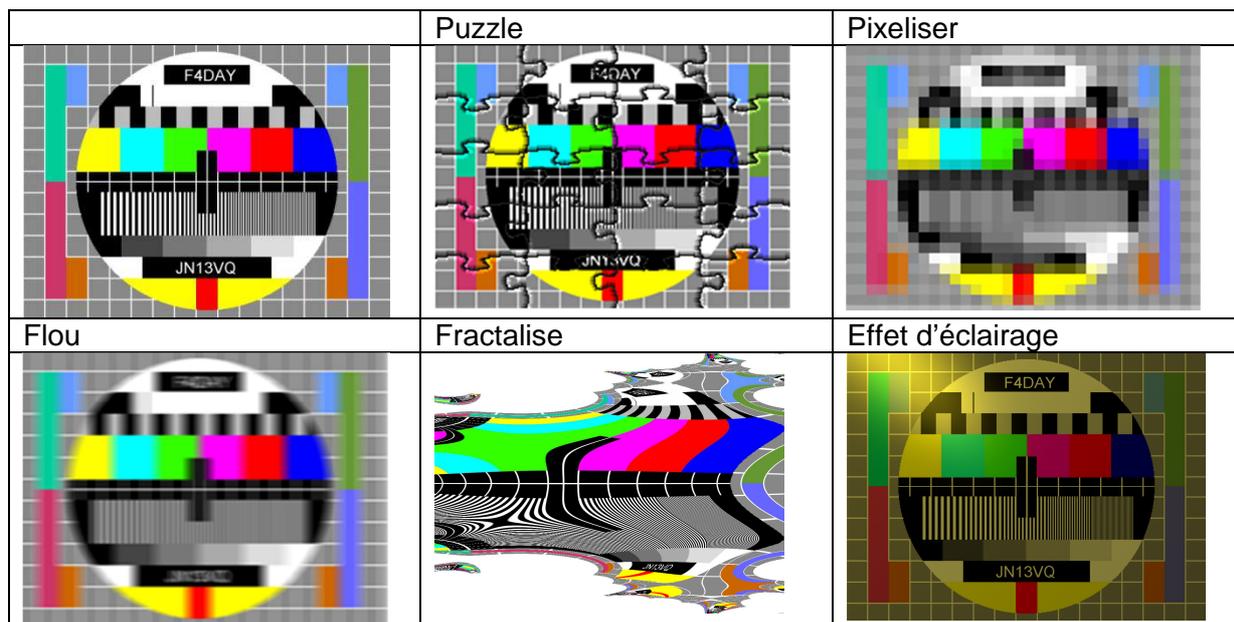
Exemple analogique:



**Transmission du filtre jaune-orangé (spectroOvio)**

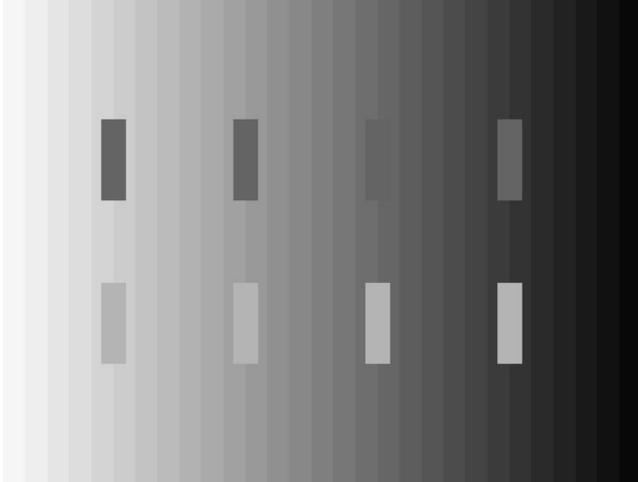


Exemple de filtres numériques :



Comparaison entre une couleur spectrale (jaune Sodium) et l'addition de deux couleurs monochromatiques (lasers rouge et vert)



<p>Les couleurs perçues sont toujours liés aux récepteurs de la rétine mais le cerveau apporte toujours une « touche personnelle ».</p> <p>Les couleurs perçues dépendent de l'environnement.</p> <p>Dans l'exemple suivant les petits rectangles ont sur la même ligne tous le même gris.</p>	
--	--

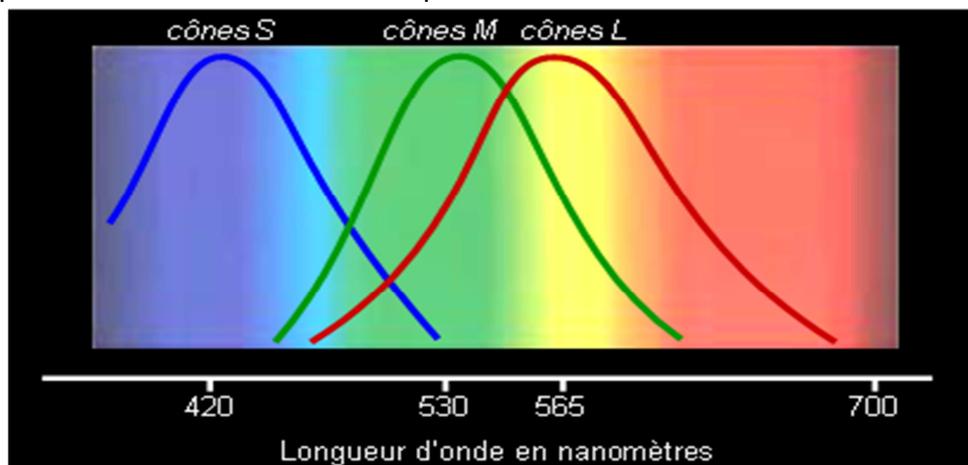
[http://www.perret-optic.ch/optometrie/Vision\\_des\\_couleurs/vis-couleur\\_f.htm](http://www.perret-optic.ch/optometrie/Vision_des_couleurs/vis-couleur_f.htm)

La rétine comporte 4 types de récepteurs, les cônes sensibles aux couleurs et les bâtonnets sensibles à la (faible) luminosité.

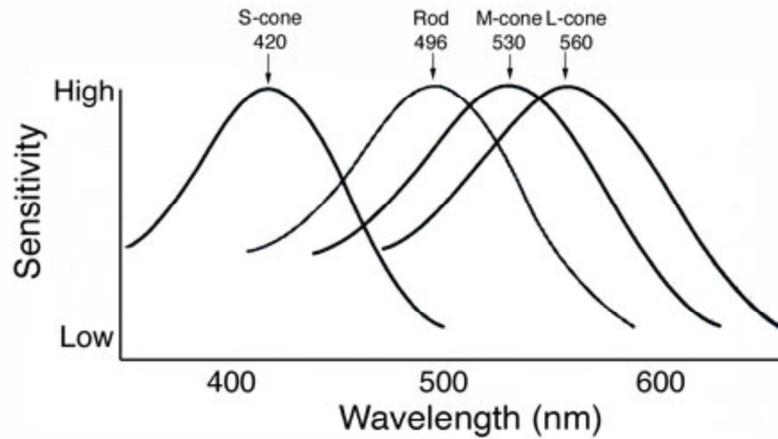
Les trois types de cônes

Les cônes ne correspondent pas exactement à une couleur primaire précise qui serait le rouge le vert et le bleu, mais plutôt à des régions progressives du spectre des couleurs qui se chevauchent de manière importante. La trichromatie s'appuie ainsi sur trois zones : la zone des grandes longueurs d'onde dans la région du rouge (cônes L), la zone des longueurs d'onde moyennes dans la région du vert (cônes M) et celle des courtes dans la région du bleu (cônes C).

On retrouve les trois pigments présents dans chaque type de cône, mais il y a toujours une couleur dominante dans chaque cône. Les lettres L, M ou C désignent les longueurs d'onde longues, moyennes et courtes d'absorption maximale des différentes opsines.



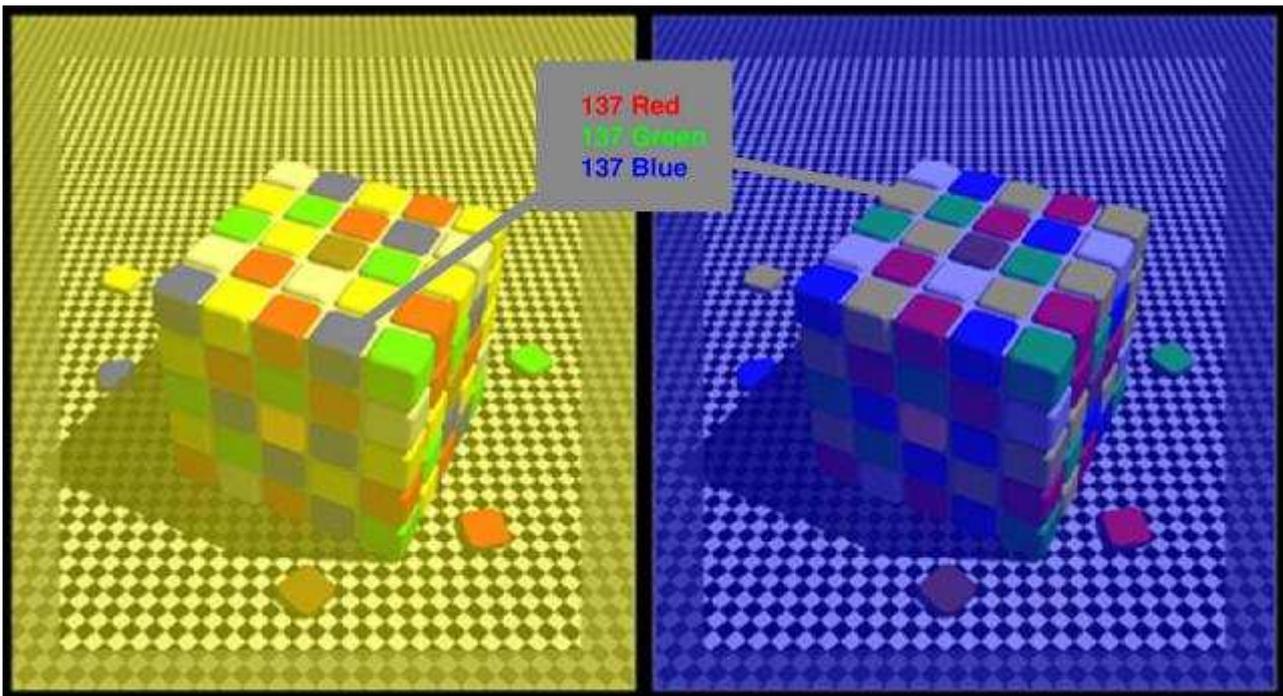
<http://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/compositions-colorees/2-lumiere-visible-couleurs/3-3-vision-couleurs.html>



[https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/3660/Beaulieu\\_Catherine\\_2009\\_these.pdf?sequence=2](https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/3660/Beaulieu_Catherine_2009_these.pdf?sequence=2)

Une couleur donnée va donc exciter différemment les 3 types de cône. Le vert par exemple va surtout stimuler les cônes verts, mais aussi les rouges à un moindre degré et très légèrement les bleus. Notre perception des couleurs dépend de la conjugaison des absorptions de chacun des cônes.

Les illusions d'optique en sont le meilleur exemple avec l'utilisation du disque de Newton (persistance rétinienne), disque de Behnam qui conjugue persistance rétinienne et temps de réponse différents de chaque type de cône

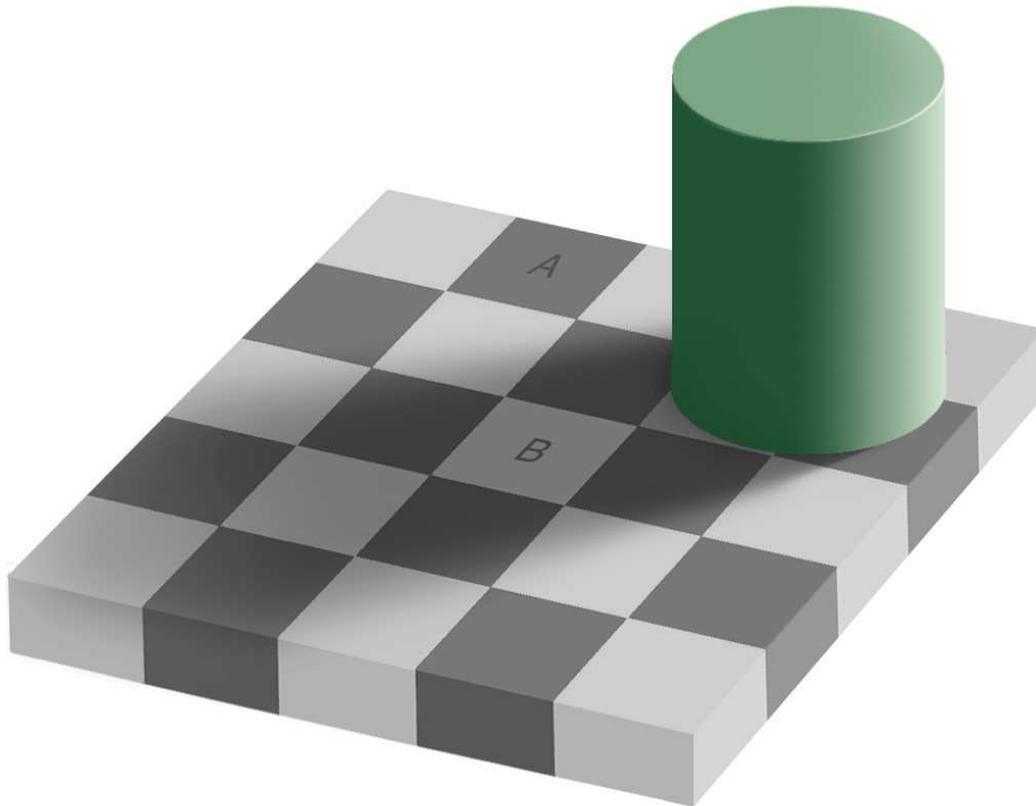


<http://www.photo-lovers.org/color.shtml.fr>

<http://kscent.org/index.php/physique/32-optique/32-les-couleurs> § **Comment expliquer la couleur des objets ?**

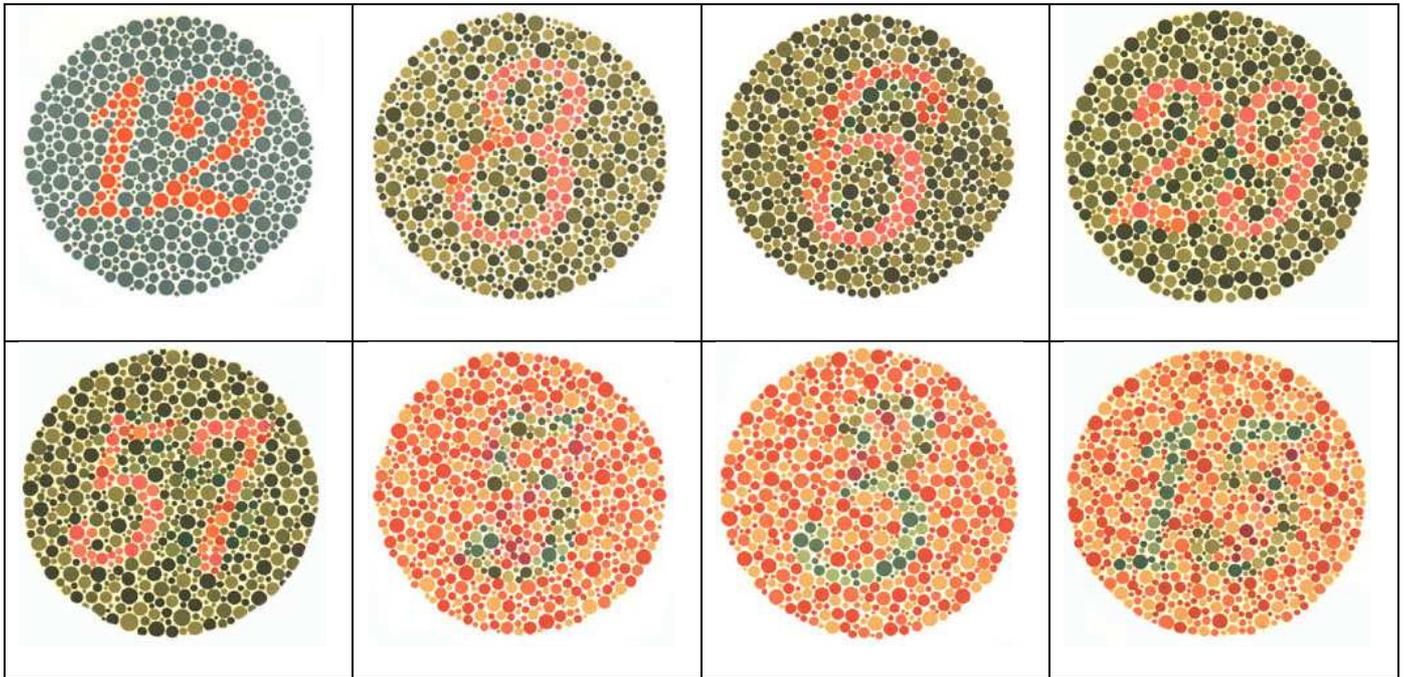
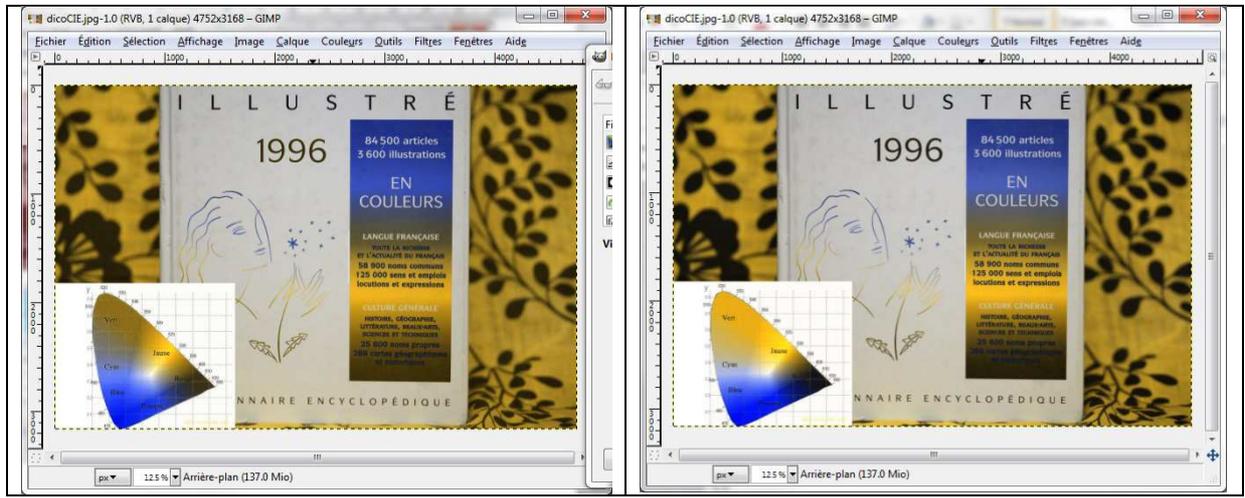
Les faces unitaires pointées sur chacun des deux cubes émettent exactement le même type de rayonnement: elles sont gris médian (autant de rouge que de vert et de bleu). Pourtant, la face apparaît bleu dans un environnement jaune (à gauche) et jaune dans un environnement bleu (à droite)

Dans les nuances de gris, il y a l'Échiquier d'Adelson : la teinte grise du carré A est la même que celle du carré B



Cas des daltoniens ; <http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/> (images) et <http://gmazzocato.altervista.org/fr/colorwheel/wheel.php> (textes)

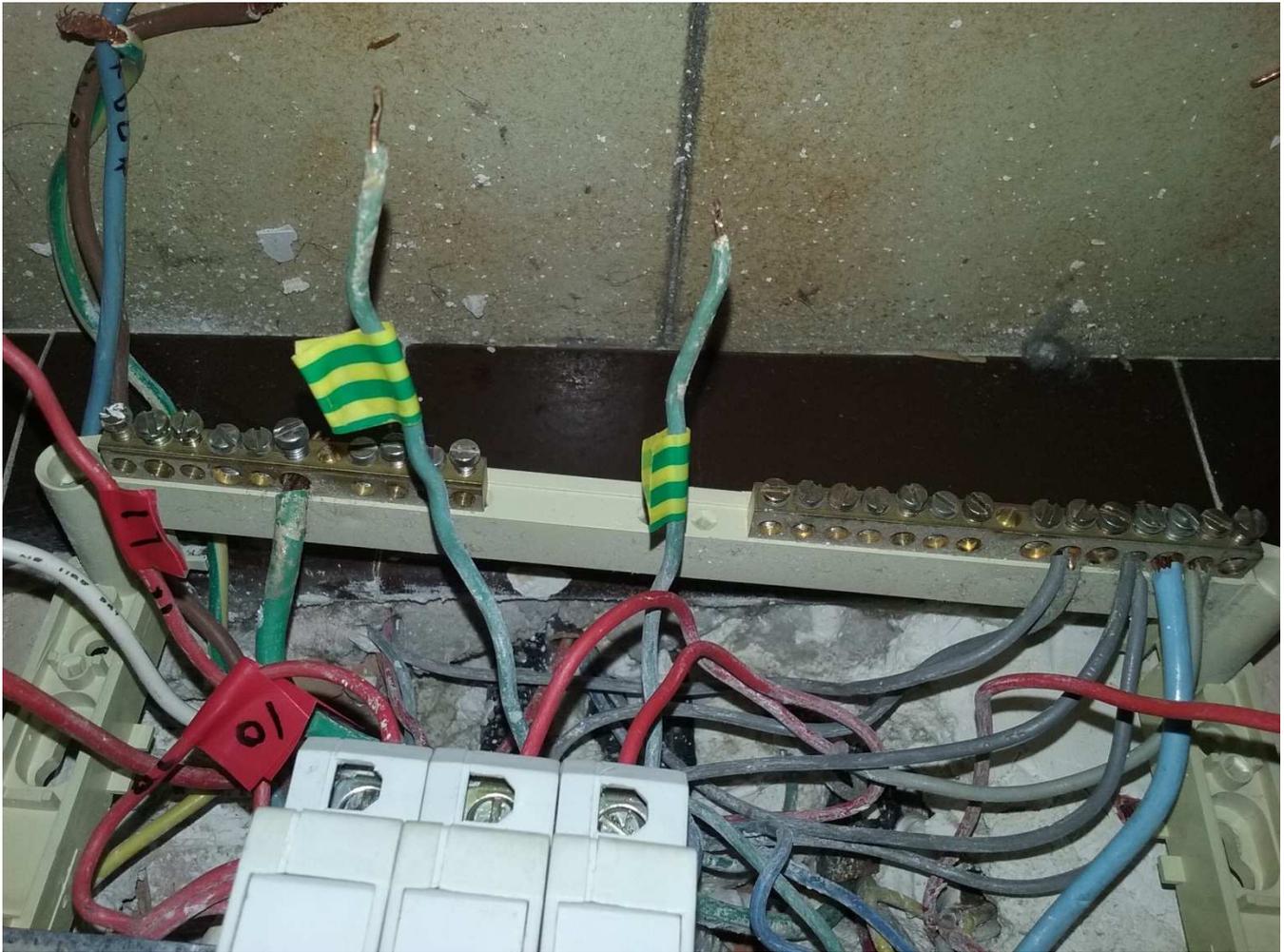
<p><b>Œil normal</b></p> <p>The screenshot shows a GIMP window with a book cover titled 'ILLUSTRÉ 1996 EN COULEURS'. The cover features a woman's face and floral patterns. A color wheel is overlaid on the bottom left, showing a full spectrum of colors. The text on the cover includes '84 500 articles', '5 600 illustrations', and 'LANGUE FRANÇAISE'.</p>	<p><b>Tritanopie (insensibilité au bleu)</b></p> <p>The screenshot shows the same book cover as seen by someone with tritanopia. The color wheel is distorted, with blue missing and red and green being more prominent. The text on the cover is the same as in the normal vision screenshot.</p>
<p><b>Deutanopie (insensibilité au vert)</b></p>	<p><b>Protanopie (insensibilité au rouge)</b></p>



<http://www.photo-lovers.org/color.shtml.fr>

Exemple concret pour préparer le TP sécurité:

Quelle(s) est (sont) la (les) couleur(s) des fils marqués ?



(On peut utiliser GetRGBColor)

## 4 Lumière

Expliciter les phénomènes physiques mis en œuvre dans l'éclairage artificiel.

Distinguer réflexion spéculaire et réflexion diffuse.

Distinguer flux lumineux et éclairement lumineux

L'œil voit les objets lumineux, sources de lumière primaires ou secondaires.

Les sources lumineuses primaires sont les sources qui émettent une lumière propre (c'est elle qui la produit) et les secondaires transforment une lumière reçue par réflexion diffusion ou transmission, le terme général est « par diffusion ».

Sources primaires :

Soleil, lampe à incandescence, fluorescente, à décharge, LED, I

Les sources primaires sont soit à spectre continu, (thermique ou luminescence) soit discontinu (lampe à décharge, led monochromatique, lasers) soit mixte (tubes fluorescents).

**Source thermique** : C'est la loi du rayonnement du corps noir qui régit ce type de rayonnement.

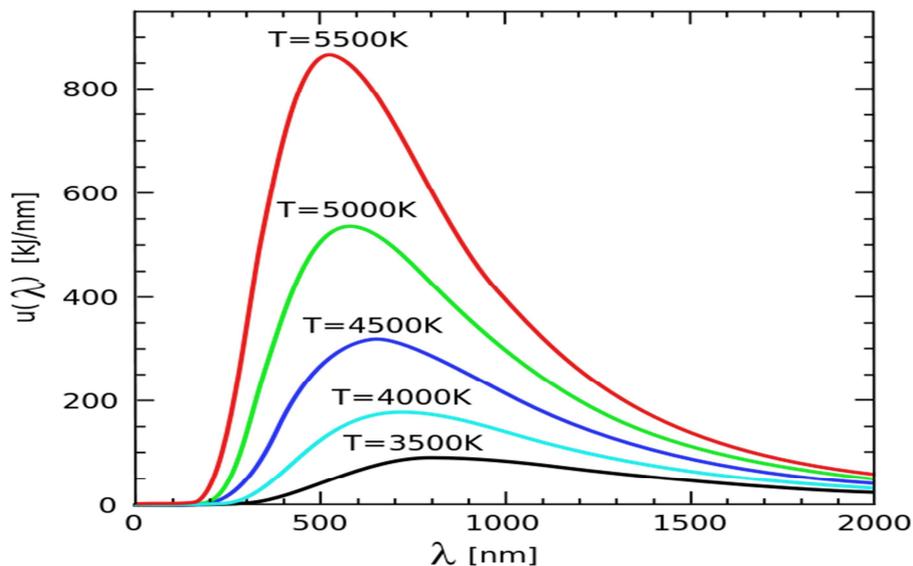
Le rayonnement thermique est le rayonnement électromagnétique émis par un corps à la température T. Le rayonnement émis dépend de la nature du corps, cependant les lois du rayonnement de tous les corps se réfèrent au rayonnement d'un corps particulier, le corps noir. Celui-ci est défini comme étant capable d'absorber tout rayonnement qu'il reçoit. La théorie du corps noir a marqué l'histoire de la physique par la confirmation du caractère discret des échanges énergétiques matière-rayonnement et l'introduction du photon (M. Planck entre 1894 et 1900, prix Nobel en 1918).

La densité spectrale d'énergie  $u(\lambda, T)$  du corps noir représente l'énergie interne par unité de volume du corps noir à la température T pour les radiations du domaine  $(\lambda, \lambda + \delta\lambda)$ . On définit de même la densité  $u(\nu, T)$  si on précise le domaine spectral en fréquence. Cette densité s'exprime par la loi de Planck :

$$u_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(\frac{hc}{\lambda kT}) - 1} \text{ ou}$$

$$u_\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{\exp(\frac{h\nu}{kT}) - 1} \quad \text{car } u_\lambda d\lambda = -u_\nu d\nu$$

La représentation de  $u(\lambda)$  est donnée sur la figure 1



densité spectrale énergétique du rayonnement thermique

Les maximums des courbes pour diverses températures vérifient la **loi de déplacement de Wien** :

$$(\lambda T)_{\text{maximum d'émission}} = \text{Cte} = 2898 \mu\text{m K.}$$

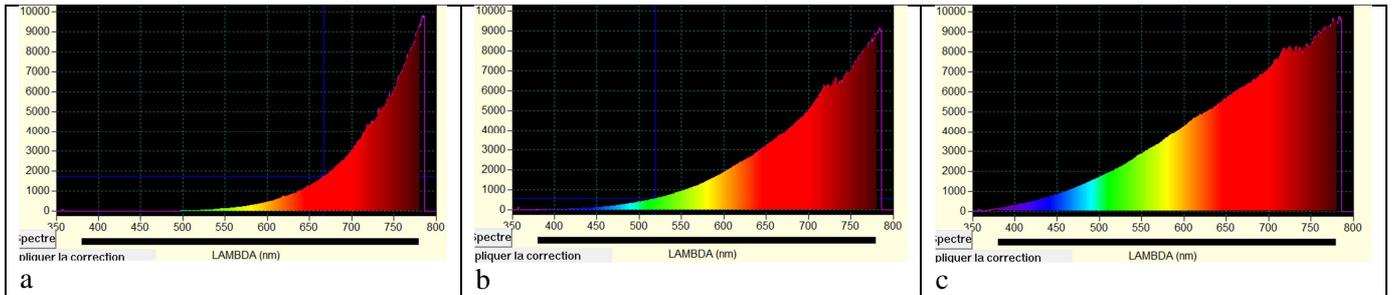
## Loi de Stefan

La connaissance de la fonction de Planck donnant  $u_\lambda$  permet de calculer  $L_\lambda$  et donc le pouvoir émissif  $E$  total du corps noir (puissance totale rayonnée par unité de surface) – voir la référence 1-:

$$E = \int_0^\infty E(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4$$

avec  $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5,671 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  constante de Stefan.

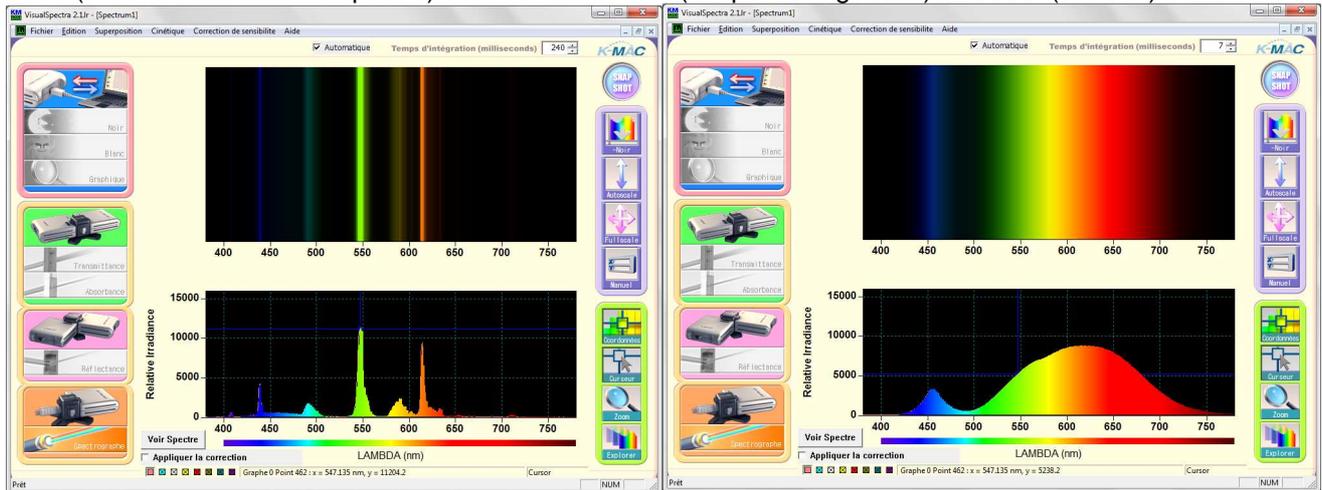
En étudiant la lumière émise par une lampe à filament de tungstène, on peut obtenir les spectres suivants (après correction) :



Images des spectres pour 2.1V, 6, 14V pour une lampe QI 12V,50W

Source à spectre discontinu (décharge d'un gaz et poudre fluorescente)

Spectres (sans la correction du spectro) du tube fluorescent (lampe BC à gauche) et diode (à droite)



Technologie des diodes :

### « La synthèse additive »

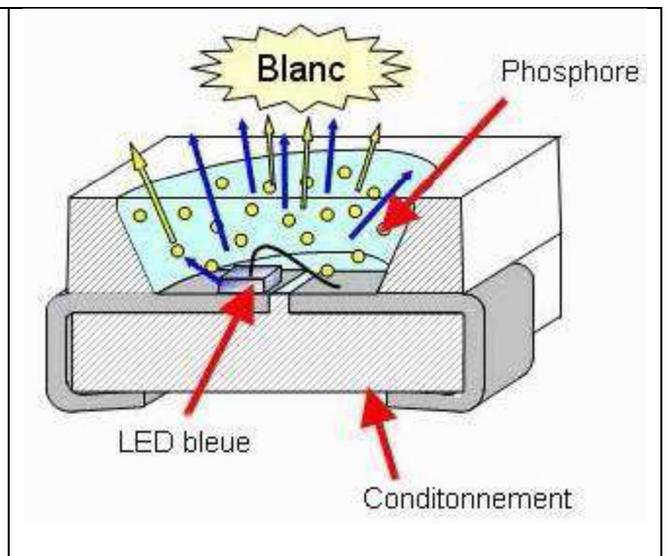
- rouge + vert + bleu = blanc
- Limitations
  - Rendu de couleurs médiocre
  - Besoins de contrôle électronique = coût élevé
  - Problèmes d'optique car source étendue
- Intérêt
  - Rendement maximum des LEDs

### La conversion de longueur d'onde

- Une partie de la lumière émise par une diode bleue est convertie en jaune par un luminophore
- Intérêt

- Pas cher
- Meilleur rendu de couleurs car spectre large des luminophores
- Limitations
  - Chute du rendement liée aux luminophores

[www.rop.cnrs.fr/IMG/pdf/LEDsUltrabrillantesMottier.pdf](http://www.rop.cnrs.fr/IMG/pdf/LEDsUltrabrillantesMottier.pdf)



## La température de couleur et l'index de rendu de couleur(IRC)

Une source de lumière a deux caractéristiques: sa **température de couleur** et son **index de rendu des couleurs**.

<http://pics.idemdito.org/fr/tech/physique/metamerisme.htm>

<http://color-indepth.blogspot.fr/search/label/A.01>. Les courbes spectrales de sources lumineuses

### Température de couleur

Une source de lumière peut avoir une teinte plus ou moins chaude: une lampe à filament donne une teinte chaude, tandis que l'éclairage par tube fluorescent donne traditionnellement une teinte plus froide. C'est à l'ombre que les teintes sont les plus livides.

### Index de rendu des couleurs IRC

Une indication de la température de couleur de tubes luminescents de type 'industrie' n'a pas beaucoup de sens, car la lumière produite ne forme pas une courbe avec un pic (comme dans le cas de lampes à filament), mais une série de pics avec de nombreux trous entre. La température de couleur est une moyenne des différents pics.

L'index de rendu des couleurs détermine la qualité de blancheur de la lumière (si toutes les teintes sont présentes). Les lampes au sodium basse pression utilisées sur les grands axes routiers produisent une lumière jaune monochromatique et ont un index nul.

Les tubes luminescents se situent entre les deux. Un tube luminescent est rempli de vapeur de mercure à basse pression. Une forte tension produit l'allumage du tube qui rayonne dans l'ultra-violet. Une couche placée sur la surface interne du tube transforme le rayonnement ultra-violet en rayonnement visible. On utilise plusieurs composants différents selon les besoins: un rendement élevé pour les tubes 'industrie' et un bon rendu des couleurs pour les tubes 'domestiques'.

Un tube noté 827 signifie que sa température (de couleur) est 2700K et son IRC de 80

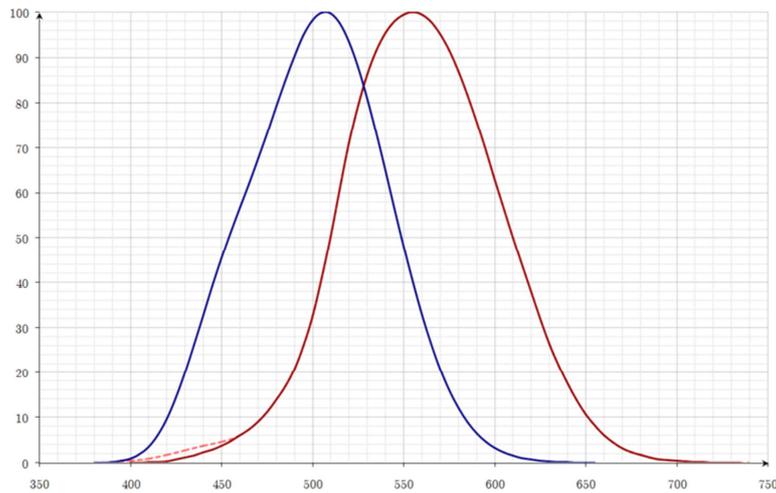
## Un peu de photométrie : Grandeurs photométrique et énergétique (radiométrique)

Les grandeurs photométriques correspondent à la vision humaine, les unités sont la candela, le lumen, le lux,

Les grandeurs radiométriques sont dites « objectives » puisqu'elles sont indépendantes de la perception humaine, , les unités sont le watt par stéradian, le watt, le watt par mètre carré

Grandeur photométrique	Symbole	Unité SI (symbole)	Dimension	Équivalent radiométrique	Symbole	Unité SI (symbole)	Dimension
Flux lumineux <sup>Z</sup>	$\phi_v$	lumen (lm)	J·Ω	Flux énergétique (puissance rayonnée) <sup>Z</sup>	$\phi_e$	watt (W)	M·L <sup>2</sup> ·T <sup>-3</sup>
Intensité lumineuse <sup>Z</sup>	$I_v$	candela (cd)	J	Intensité énergétique <sup>Z</sup>	$I_e$	watt par stéradian (W·sr <sup>-1</sup> )	M·L <sup>2</sup> ·T <sup>-3</sup>
Éclairement lumineux <sup>Z</sup>	$E_v$	lux (lx)	J·L <sup>-2</sup> ·Ω	Éclairement énergétique / Irradiation / Irradiance	$E_e$	watt par mètre carré (W·m <sup>-2</sup> )	M·T <sup>-3</sup>

La sensibilité maximale de l'œil humain est atteinte pour une longueur d'onde de 555 nanomètres en vision diurne et 507 nanomètres en vision nocturne

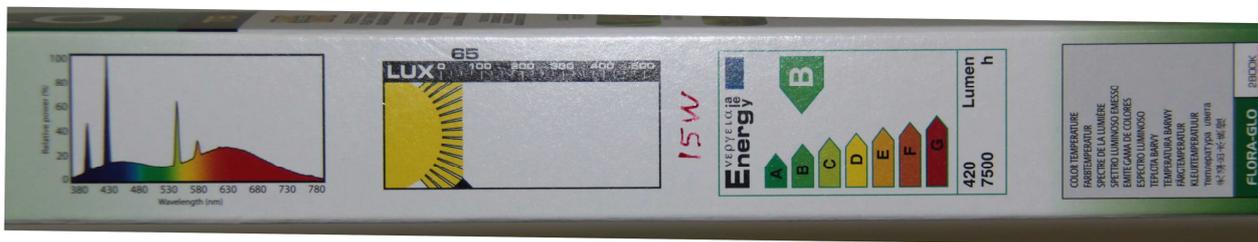


Efficacités relatives des visions scotopique CIE 1951 (en bleu) et photopique 2° CIE 1924 (trait plein) et 2° CIE 1988 (pointillé)

L'appareil de mesure de flux lumineux le plus courant est le luxmètre, il tient compte de la correction de sensibilité de l'œil (exemple bpw21 <http://www.farnell.com/datasheets/6518.pdf>, SLD-70BG2, <http://www.farnell.com/datasheets/16350.pdf>).

Pour les mesures de flux énergétique (par exemple pour étudier un capteur solaire), il faut un pyranomètre (à base de thermopiles) <http://www.phywe.fr/786/pid/2773/Thermopile-selon-Moll.htm>

Avec l'arrivée sur le marché de produits de nouvelles technologies, les informations qui sont données aux consommateurs ne sont pas toujours bien définies. Une lampe peut être vendue avec une puissance en watt, des lumens ou des lux, difficile de comparer.



Sur cet emballage, on peut lire 65LUX, 420 Lumen, 2800K, 15W, est-ce bien cohérent ?

65lux : à quelle distance ? 15W : puissance électrique ou puissance rayonnée ?

Exemple numérique :

On mesure 22lux à 3,16m d'une lampe à incandescence de 120W. Quel est le flux lumineux en lumens produit par cette lampe isotrope à l'exception de la zone du culot qui occulte un angle solide de 30° ? quel est son rendement en lm/W ?

Solution ;

$$\text{L'éclairement lumineux à 1m est } E_1 = (d_2/d_1)^2 * E_2 = (3,16/1)^2 * 22 = 220 \text{ lm/m}^2$$

$$\text{à 1m cela représente } 220 \text{ lm/m}^2 * 1 \text{ m}^2/\text{sr} = 220 \text{ lm/sr}$$

calcul de l'angle solide irradié :

rappel : la surface d'une calotte sphérique est  $2\pi r h$  où h est la hauteur de la calotte et r le rayon de la sphère

$$\text{ici } h=r (1 - \cos(30^\circ/2)) \text{ soit } \Omega = (4\pi r^2 - 2\pi r^2 (1 - \cos(30^\circ/2))) / r^2$$

$$\Omega = 4\pi - 2\pi (1 - \cos(30^\circ/2)) = 12.35 \text{ sr}$$

Le flux lumineux total est de  $220 \text{ lm/sr} * 12.35 \text{ sr} = 2717 \text{ lm}$

Le rendement est  $2717/120 = 22,6 \text{ lm/W}$

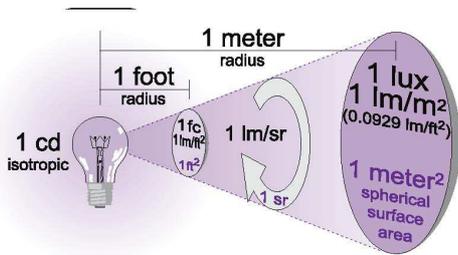


Fig. 7.4 Irradiance.

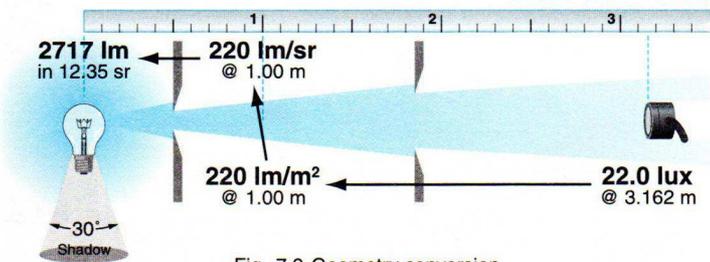


Fig. 7.9 Geometry conversion.

<http://www.intl-lighttech.com/support/ilt-light-measurement-tutorial>

En fonction de la nature des surfaces éclairées, on va avoir deux types de réflexion, réflexion spéculaire et réflexion diffuse :

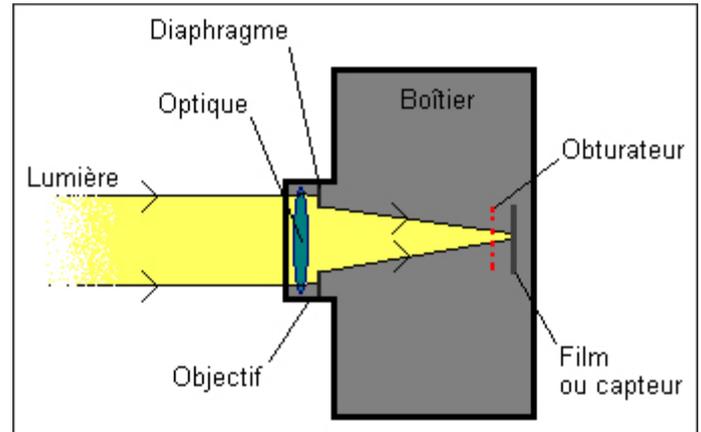
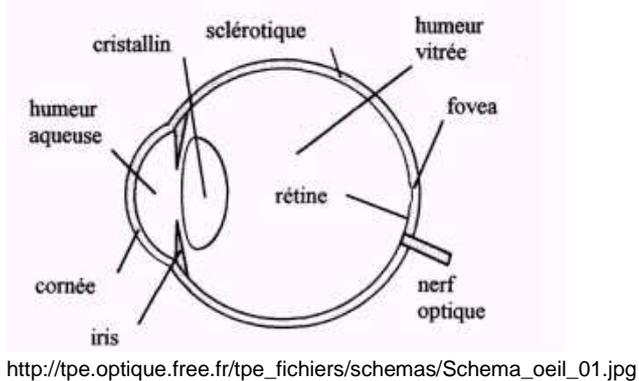
La réflexion est dite spéculaire lorsque le rayon incident donne naissance à un rayon réfléchi unique, c'est l'optique géométrique.

La réflexion diffuse intervient sur les interfaces irrégulières, la lumière est réfléchie dans un grand nombre de directions et l'énergie du rayon incident est redistribuée dans une multitude de rayons réfléchis. Cette diffusion permet de créer, de la manière la plus simple possible, une source lumineuse lambertienne (même luminance dans toutes les directions). C'est le cas des écrans de cinéma, des matériaux mats ou des visages maquillés !.

## 5 APN

<http://www.astrosurf.com/luxorion/photo-numerique3.htm>

Un appareil photographique est analogue à un œil, il y a 4 parties principales, la lentille (cristallin) + le diaphragme (iris) + le capteur (rétine) + un cerveau pour les réglages (l'obturateur est réservé à l'AP pour UNE image, l'œil fonctionne en continu) !



Dans un APN simple, les réglages sont faits par un processeur qui gère tous les réglages :

- - mise au point (si elle existe),
- - temps de pose = temps d'accumulation des photons sur le capteur,
- - enregistrement avec compression sur un support (carte mémoire)

Dans un APN un peu évolué ou un réflex, d'autres réglages sont possibles :

Choix de l'ouverture, de la vitesse, type de mise au point, gestion du flash, balance des blancs, sensibilité équivalente du capteur, qualité de la compression, sur ou sous-exposition, prise de vue en rafale

### Mise au point automatique

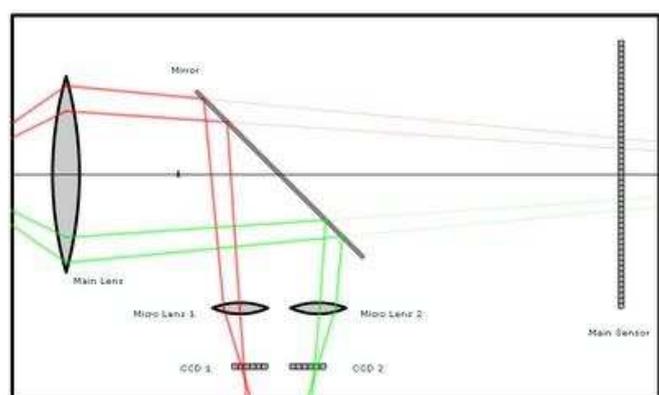
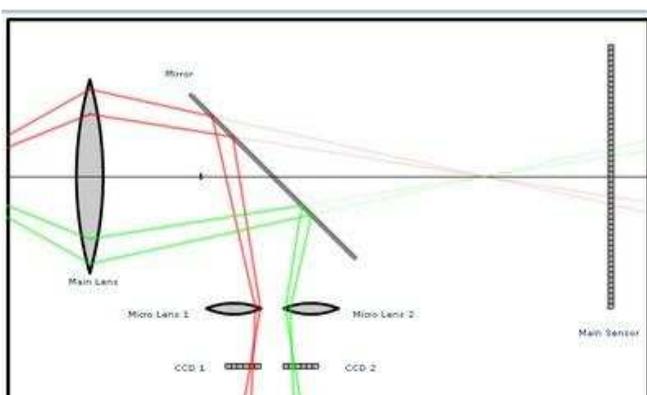
Les appareils modernes disposent d'un ou plusieurs dispositifs d'aide à la mise au point, actifs ou passifs. Actifs : il y a émission d'ultrasons ou d'IR et le processeur règle la mise au point en fonction de la distance calculée. Le défaut principal de ce dispositif est la sensibilité au premier plan ou à la présence d'une vitre transparente.

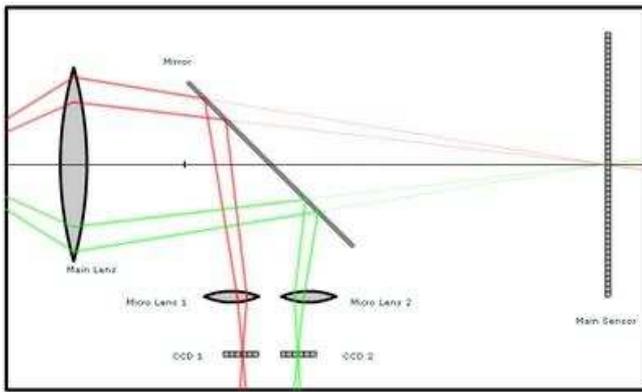
Les dispositifs passifs utilisent des fonctions du processeur avec les méthodes de mesures de contraste ou de détection de phase

Détection de phase : <http://graphics.stanford.edu/courses/cs178-10/applets/autofocusPD.html>

Équivalent aux anciens stigmomètres à prismes

Deux capteurs auxiliaires reçoivent une partie de l'image et « comparent » ce qui est reçu.





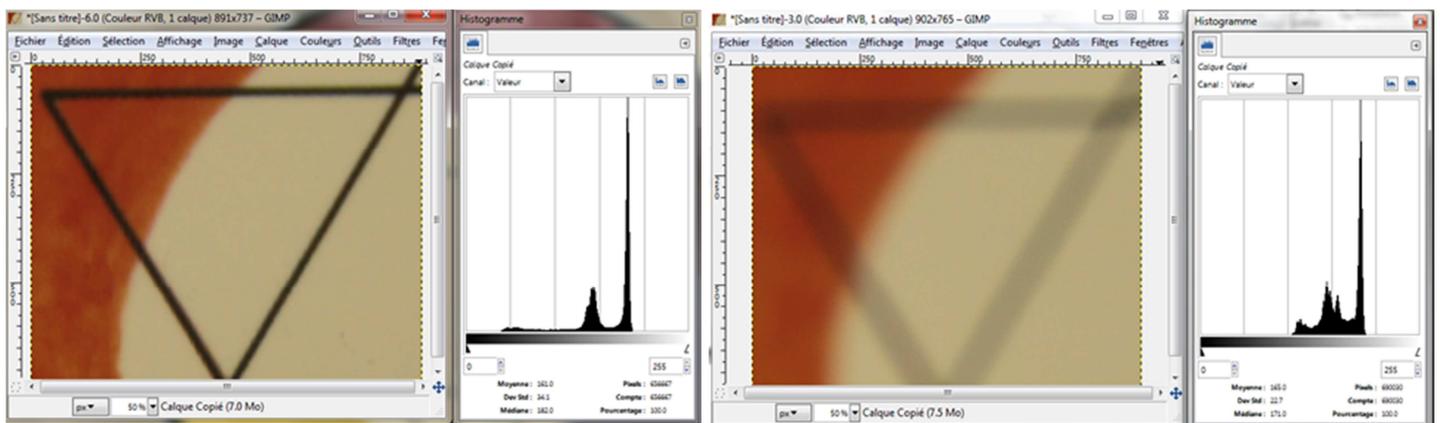
Sur le premier cas, le focus est réalisé en avant du sujet. On constate que l'image qui se projette sur le premier capteur est décalée sur la droite, tandis que sur le deuxième capteur, l'image est décalée sur la gauche.

Sur le deuxième cas, le focus est réalisé derrière le sujet. Cette fois, l'image projetée sur le capteur 1 est décalée sur la gauche tandis qu'elle est située plus sur la droite sur le capteur 2

Dernier cas, le focus est réalisé. Il n'y a plus de décalage entre le capteur 1 et le capteur 2

### Détection de contraste (<http://www.street-photo.fr/fr/technique-theorie/23/36>)

Le contraste entre pixels voisins est meilleur lorsque l'image est nette. En mesurant le contraste local sur une partie de l'image avec l'histogramme comme contrôle. Ce système est moins rapide que la détection dite "de phase" des appareils modernes car il faut dépasser le « bon » réglage pour savoir où est le meilleur réglage, ce qui impose des aller-retour.



L'histogramme est plus bruité avec l'image flou

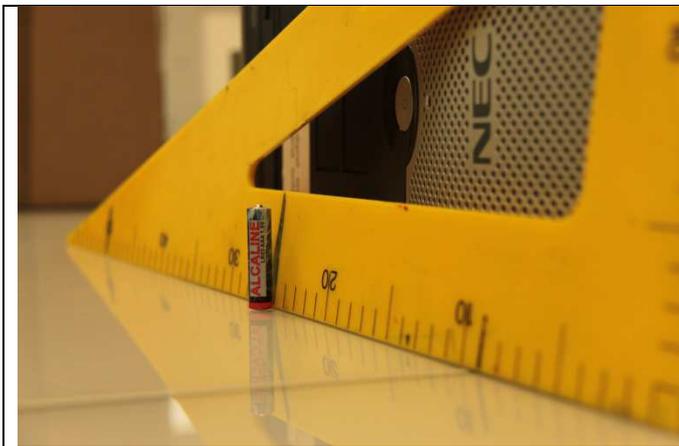
### Temps de pose et ouverture

Le temps de pose est un des trois paramètres avec l'ouverture et la sensibilité qui permettent de gérer l'exposition.

Le temps de pose correspond à la durée pendant laquelle la surface sensible de l'appareil (film argentique ou capteur numérique) est exposée à la lumière lors de la prise d'une photo. La quantité de lumière reçue par le capteur est proportionnelle au temps de pose et à la l'ouverture (=surface) du diaphragme.

L'ouverture est exprimée, par convention, à l'aide de valeur f/O, où O est le rapport entre la focale et le diamètre du diaphragme, une ouverture de f/1 correspond à un diaphragme=focale, (ce qui est exceptionnel).

Les valeurs d'ouverture les plus courantes sont : f/1,4 ; f/2 ; f/2,8 ; f/4 ; f/5,6 ; f/8 ; f/11 ; f/16 ; f/22 ; f/32 (petite ouverture). La valeur de l'ouverture est fondamentale pour gérer la **profondeur de champ**, mais seuls les objectifs des réflex ont des ouvertures importantes (>f/2) permettant de choisir une faible profondeur de champ



f/4,5

f/27

## Enregistrement

L'enregistrement est traité au § suivant

## Réglages complémentaires

« Balance des blancs »

Nos yeux corrigent automatiquement la température de couleur: en effet, la sensibilité de nos yeux pour une certaine teinte diminue quand cette teinte est fortement présente. C'est ainsi que nos yeux voient du "blanc" aussi bien à l'intérieur (éclairage par ampoules incandescentes) qu'en plein soleil. Nos yeux font la balance des blancs automatiquement.

Les APN analysent le contenu de l'image, déterminent le type d'éclairage et effectuent automatiquement une correction.

<http://pics.idemdito.org/fr/tech/physique/metamerisme.htm>

<http://color-indepth.blogspot.fr/search/label/A.01>. Les courbes spectrales de sources lumineuses

Il faut utiliser un éclairage de haute qualité dans toutes les situations où il faut pouvoir "voir" les teintes exactes, comme elles le sont en réalité (imprimerie, studio de photographie,...).

Nos yeux corrigent automatiquement les petits défauts des sources lumineuses: cela fonctionne pour la température de couleur, mais également pour l'index de rendu des couleurs. Les appareils photo numériques peuvent corriger la température de couleur de la source, mais pas l'index de rendu des couleurs. C'est pour cela que l'éclairage par tubes fluorescents est proscrit en studio: son rendu des couleurs est trop mauvais et ne peut être corrigé après que par une balance des blancs.

## 6 Codage numérique et Fichiers

*Notions élémentaires de codage binaire.*

*Expliquer le principe du codage en niveaux de gris et en couleurs RVB.*

*Associer un tableau de nombres à une image numérique.*

*Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numériques par exemple) pour étudier un phénomène optique*

*Citer deux formats de fichiers images en précisant leurs principales caractéristiques*

*Relier la capacité mémoire nécessaire au stockage d'une image numérisée, non compressée, et sa définition*

*Réaliser une conversion de formats de fichiers images à l'aide d'outils logiciels adaptés.*

*Identifier et commenter la nature de l'information contenue dans une image scientifique simple*

Une image est un tableau de nombres : (<http://blogs.lyceecfadumene.fr/informatique/files/2009/10/Image.pdf>.)

Chaque image sera codée par un tableau de nombres qui représentent les pixels en position et niveaux de luminosité (de gris ou de couleur).

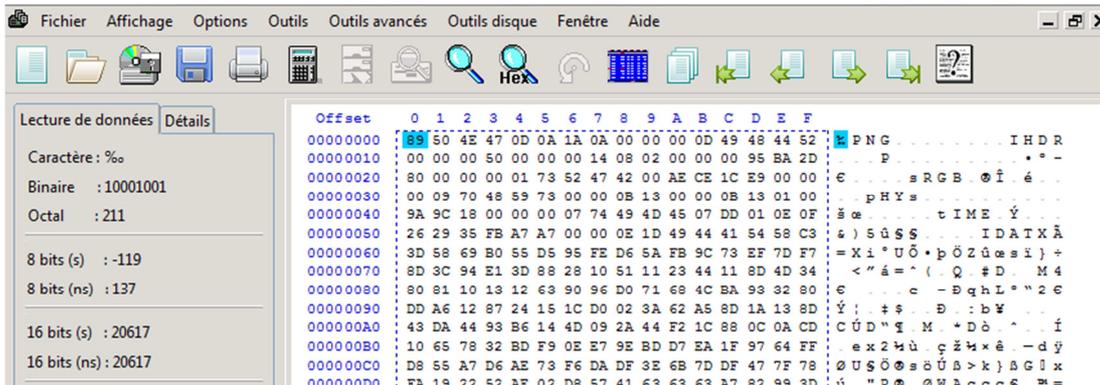
En niveaux de gris 8 bits ( $2^8$ ), les intensités vont de 0 (noir) à 255 (blanc)

En couleur les pixels sont codés sur 3 x 8 bits, sauf dans les anciennes résolutions 256 couleurs pour lesquelles on parle de « Palette de couleur ».

On peut par exemple prendre une photo petit format, avec une webcam, 160x120 (avec vidcap sans compression YUY2 et pas MJPG, sauver au format DIB (Device Independent Bitmaps)

Exemple : 

Ouvrir avec Gimp et sauver sous différents formats (pbm, pgm, png, bmp, tif, jpeg ) pour les analyser ensuite avec **EditHexa**.



Changer quelques octets et regarder le résultat.

Les principaux formats d'images utilisés en 2014 sont dans le tableau suivant

	Type (matriciel/ vectoriel)	Compression des données	Nombre de couleurs supportées	Affichage progressif	Animation	Transparence
<b>JPEG</b>	matriciel	Oui, réglable (avec perte)	16 millions	Oui	Non	Non
<b>JPEG2000</b>	matriciel	Oui, avec ou sans perte	32 millions	Oui	Oui	Oui
<b>GIF</b>	matriciel	Oui, Sans perte	256 maxi (palette)	Oui	Oui	Oui
<b>PNG</b>	matriciel	Oui, sans perte	Palettisé (256 couleurs ou moins) ou 16 millions	Oui	Non	Oui (couche Alpha)
<b>TIFF</b>	matriciel	Compression ou pas avec ou sans pertes	de monochrome à 16 millions	Non	Non	Oui (couche Alpha)

auxquels il faut ajouter un format propriétaire RAW qui est un format "brut", délivré directement des données issues du capteur (CCD ou CMOS). Cependant, pour être exploitable ces données doivent être interprétées afin d'accéder aux informations rouge, vert, bleu qui vont reconstituer l'image en couleurs. Il enregistre les informations données par le capteur sans les traiter, mais un logiciel spécifique et propre à chaque marque permet de réaliser cette opération.

On pourra passer à une image native en RAW et observer l'influence du choix du taux de compression en JPG sur la qualité de l'image et le poids (en ko) du fichier.

*Exemple : Pour une image obtenu avec un capteur 15Mpx, on peut avoir des fichiers de taille 17Mo en format RAW (CR2 pour canon), 44Mo en TIFF, 8Mo en JPEG 100%, 2Mo en JPEG 40% et 1.2Mo en JPEG 20%*

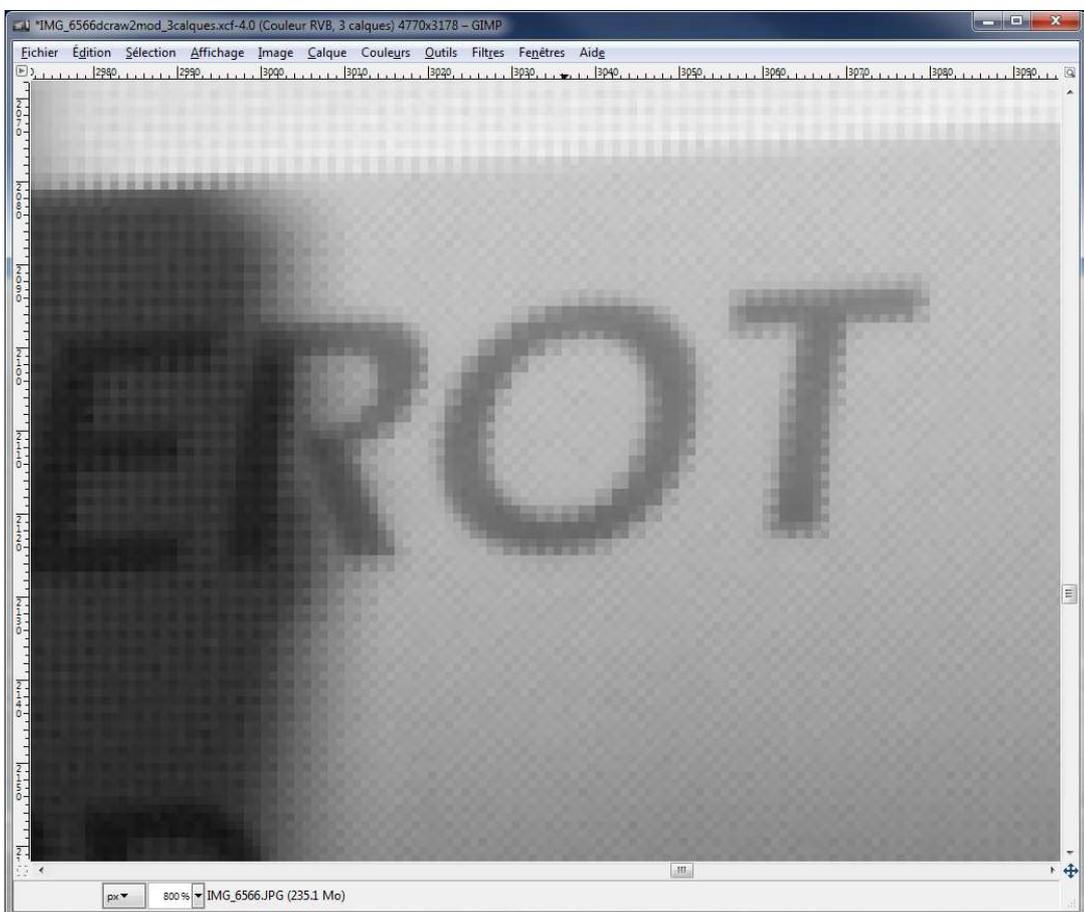
*Question : Quel est le « poids » en Mo de cette image sans compression ?*

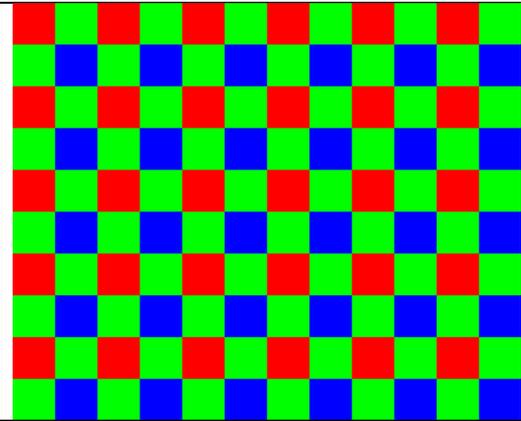
*15Mpx\*3 (pour 3couleurs)= environ 45/1024/1024 =43Mio*

On prend une photo en mode raw+jpeg, pour l'image finale suivante en JPEG



On a en sortie du capteur, un fichier raw en « niveau de gris » tableau (x, y, intensité(0->255)), un zoom x800 donne autour de la zone du nom du bâtiment



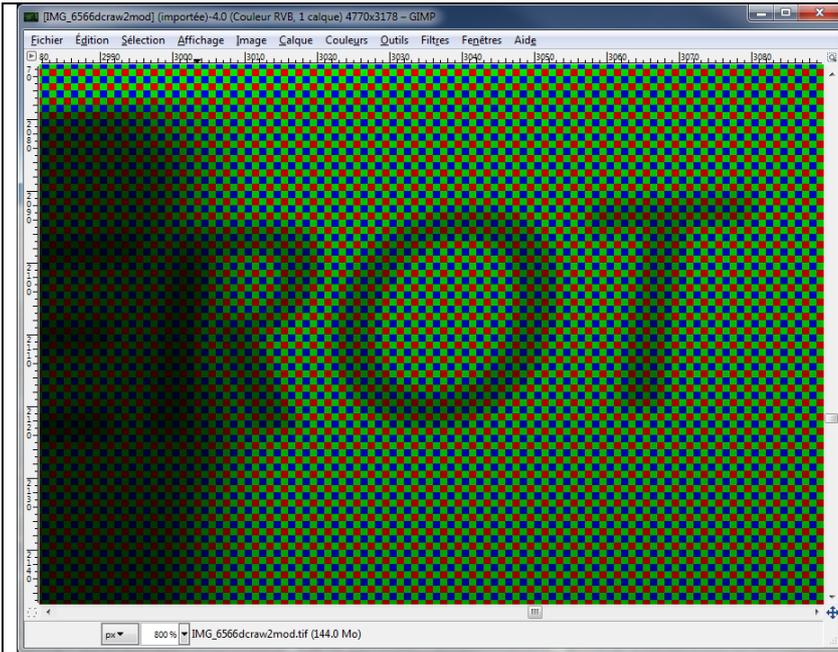


Les valeurs des pixels sont converties en R, G ou B suivant le format du filtre de Bayer, ici RGGG,

<http://renderingpipeline.com/2013/04/a-look-at-the-bayer-pattern/>

RGGG correspond au carré 2x2 initial en haut à gauche, qui se lit RG pour la 1<sup>ère</sup> ligne puis GB 2<sup>ème</sup> ligne.

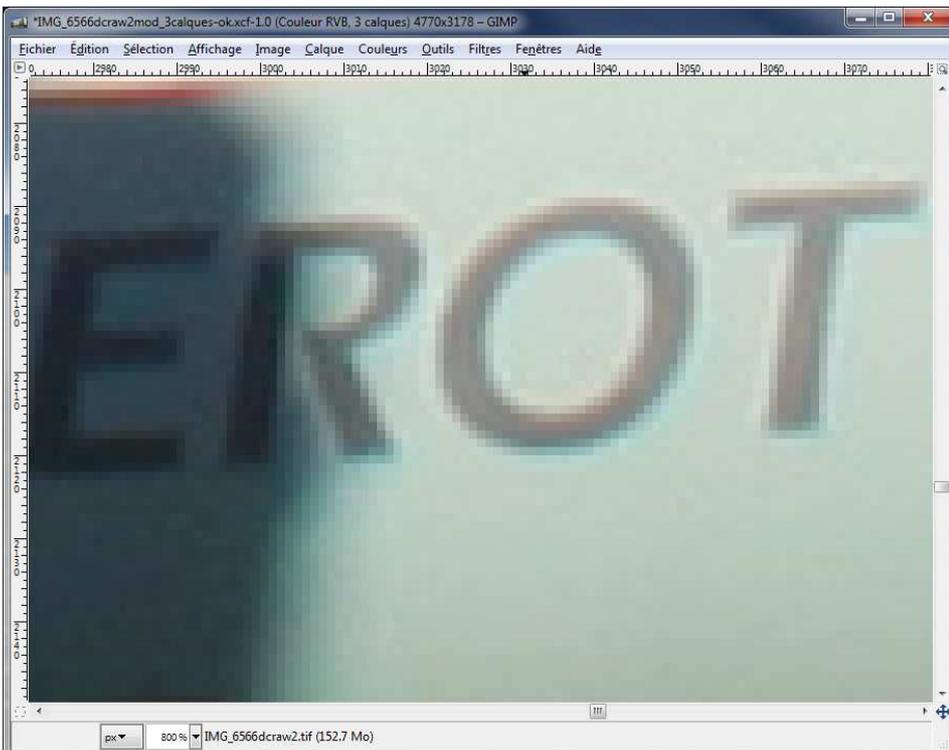
On peut aussi avoir GBRG, GRBG, BGGR ou **RGGG**.



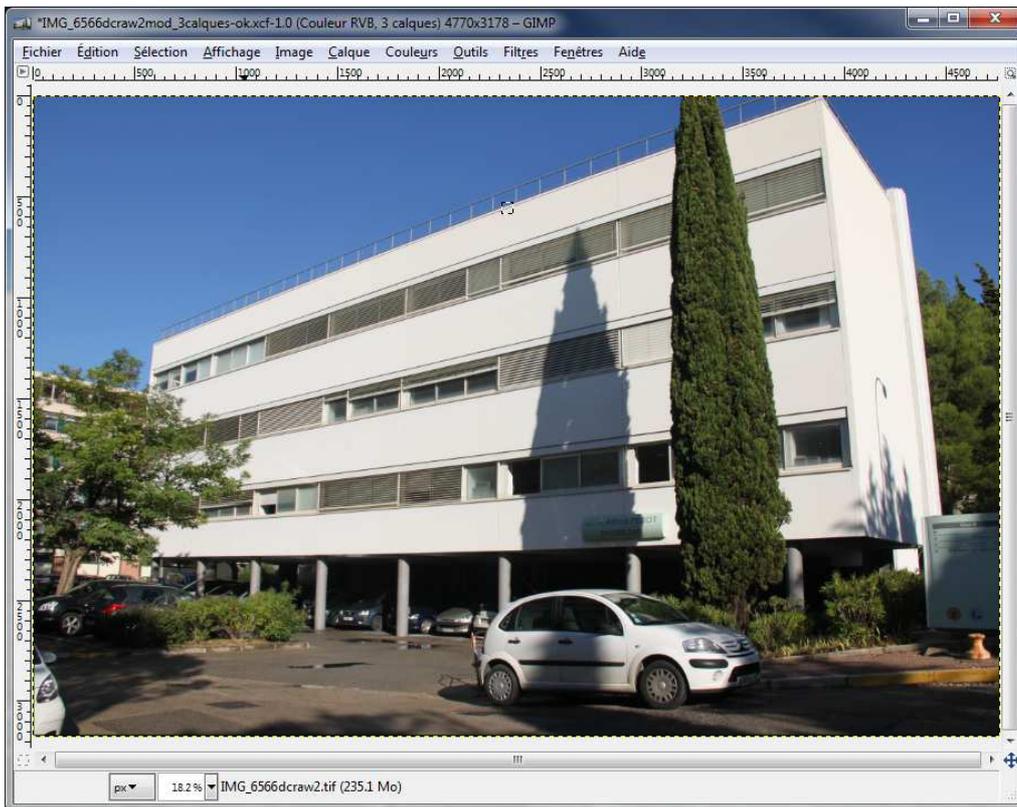
Avant « dématricage » les pixels sont affectés de leur couleur (unique R V ou B)

Le « dématricage » consiste en une série d'opérations qui va permettre d'attribuer un triplé (RVB) à chaque pixel qui était R,V ou B uniquement. Plusieurs algorithmes sont utilisés en général, suivis par une compression, avec ou sans perte

Le même détail dans l'image finale



Pour l'image complète

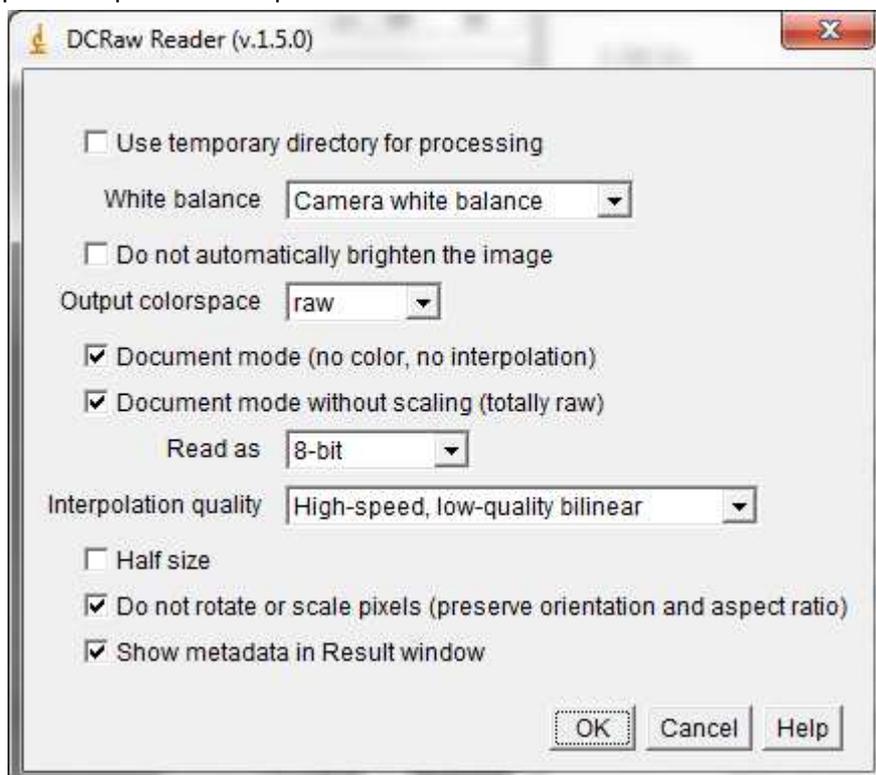


Procédure :

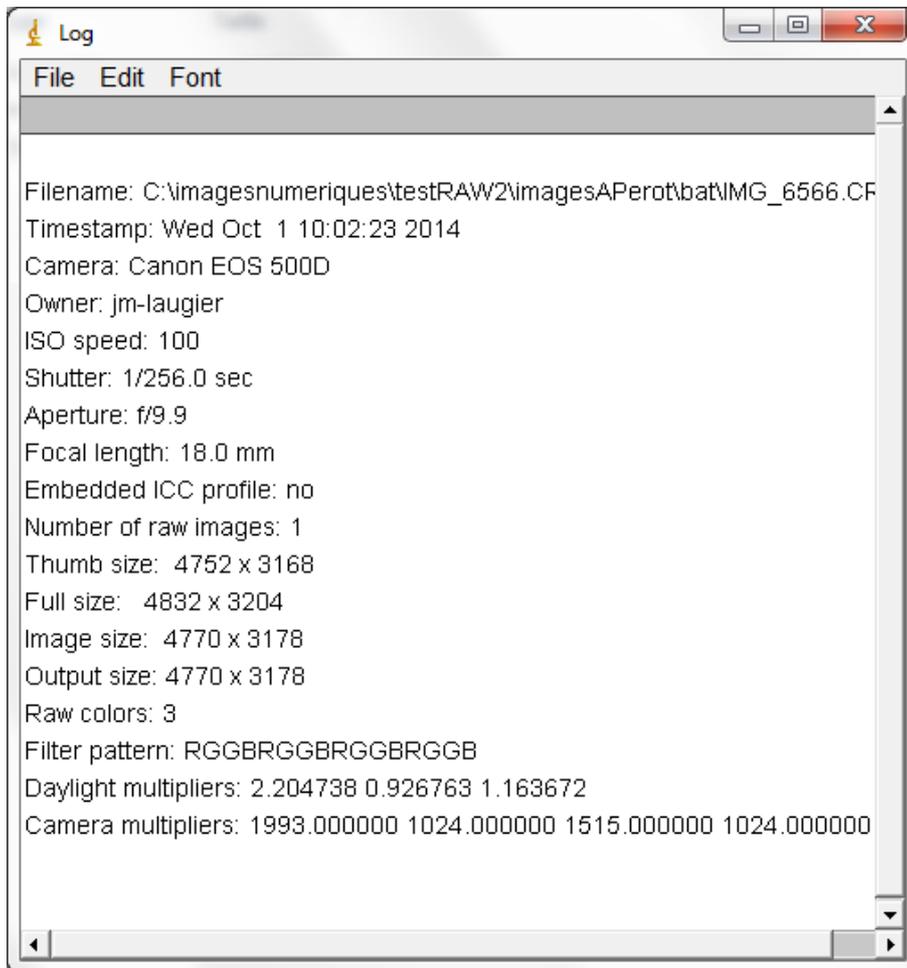
ouvrir xx.CR2 avec ImageJ et le plug in DCRaw

enregistrer en TIF ou BMP

par exemple avec les options



ImageJ affiche une image en niveau de gris « Full size » avec les informations dans le fichier log



Sauver au format TIF

Ouvrir le fichier Python et saisir le nom du fichier à transformer et les noms de sortie,

Lancer le fichier Python, on obtient un fichier dématricé sans aucune interpolation, les pixels sont « purs » R, V ou B (xxmod.tif), l'image est sombre, on n'utilise pas de correction de sensibilité

En superposant dans Gimp les images raw en gris, tif dématricé sans interpolation et jpeg (traité par le logiciel de l'appareil photo), on peut voir que quelques rangées de pixels sont éliminées dans l'image finale

Un logiciel fait aussi une bonne analyse (sans sauvegarde) **Rawanalyze\_2.10.4.0**, disponible sur <http://dave-anderson-photo.com/blog/2010/08/23/gabor-rawanalyze-author-rip/>

## Bibliographie et sites web :

<http://360gigapixels.com/tokyo-tower-panorama-photo/>

[http://www.lne.fr/download-pdf/download\\_these-bringier.asp](http://www.lne.fr/download-pdf/download_these-bringier.asp)

<http://www.everredtronics.com/C.I.E.Diagram.html>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage\\_informatique\\_des\\_couleurs](http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage_informatique_des_couleurs)

[http://www.perret-optic.ch/optometrie/Vision\\_des\\_couleurs/vis-couleur\\_f.htm](http://www.perret-optic.ch/optometrie/Vision_des_couleurs/vis-couleur_f.htm)

<http://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/compositions-colorees/2-lumiere-visible-couleurs/3-3-vision-couleurs.html>

[https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/3660/Beaulieu\\_Catherine\\_2009\\_these.pdf?sequence=2](https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/3660/Beaulieu_Catherine_2009_these.pdf?sequence=2)

<http://www.photo-lovers.org/color.shtml.fr>

<http://kscent.org/index.php/physique/32-optique/32-les-couleurs> §Comment expliquer la couleur des objets ?

[http://nicolas\\_pousset.perso.neuf.fr/Recherche/These%20Nicolas%20POUSSET.pdf](http://nicolas_pousset.perso.neuf.fr/Recherche/These%20Nicolas%20POUSSET.pdf)

<http://pics.idemdito.org/fr/tech/physique/metamerisme.htm>

[http://color-indepth.blogspot.fr/search/label/A.01.Les courbes spectrales de sources lumineuses](http://color-indepth.blogspot.fr/search/label/A.01.Les%20courbes%20spectrales%20de%20sources%20lumineuses)

<http://www.farnell.com/datasheets/6518.pdf>

<http://www.phywe.fr/786/pid/2773/Thermopile-selon-Moll.htm>

<http://www.intl-lighttech.com/support/ilt-light-measurement-tutorial>

<http://www.astrosurf.com/luxorion/photo-numerique3.htm>

<http://graphics.stanford.edu/courses/cs178-10/applets/autofocusPD.html>

[http://www.pierretoscani.com/echo\\_focus.html#](http://www.pierretoscani.com/echo_focus.html#)

<http://www.street-photo.fr/fr/technique-theorie/23/36>

<http://pics.idemdito.org/fr/tech/physique/metamerisme.htm>

[http://color-indepth.blogspot.fr/search/label/A.01.Les courbes spectrales de sources lumineuses](http://color-indepth.blogspot.fr/search/label/A.01.Les%20courbes%20spectrales%20de%20sources%20lumineuses)

<http://blogs.lyceecfadumene.fr/informatique/files/2009/10/Image.pdf>

<http://www.sciences-edu.net/physique/chroma/chroma.htm>

<http://colorimetrie.be>

[https://wiki.inria.fr/sciencinfolycee/Pour\\_pr%C3%A9parer\\_illustrer\\_des\\_cours : l%27image](https://wiki.inria.fr/sciencinfolycee/Pour_pr%C3%A9parer_illustrer_des_cours_%20image)