

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

### TS

#### Transmettre et stocker de l'information

Notions et contenus	Compétences exigibles
<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.*
-

**Sciences physiques et chimiques en laboratoire - classe de première de la série technologique STL, spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire**

**1. Module Image**

Notions et contenus	Capacités
Photographie numérique : Photo détecteurs. Photographie argentique. Capteur : sensibilité et résolution.	-Mettre en œuvre expérimentalement une photodiode ou un phototransistor. -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.
Synthèses additive et soustractive des couleurs. Systèmes chromatiques. Filtres.	-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.
Traitement d'image.	-Définir le pixel et estimer ses dimensions dans le cas de l'appareil photo numérique, d'un écran vidéo. -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.
Reconstitution de l'image avec divers imageurs	-Expliquer le principe de reconstitution des couleurs par une imprimante, un écran numérique ou un vidéoprojecteur.

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

Voir des objets colorés, analyser et réaliser des images

<b>Sources de lumière artificielle</b> Chaîne de lumière.
<b>Lumière et couleurs des objets</b>  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
<b>La vision</b> 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.  <b>Images photographiques</b> Photométrie visuelle. L'appareil photographique. Réglages. L'image argentique. L'image numérique.
<b>Images de l'invisible</b> Analyses scientifiques d'œuvres d'art : Rayons X, microscopie électronique, stratigraphie, gammagraphie, accélérateurs de particules, chromatographies, etc.

# ***Images numériques***

***1 Pixel***

***2 RVB***

***3 Couleur***

***4 Lumière***

***5 APN***

***6 Codage numérique et Fichiers***

## **1 Pixel**

*Pixel=Picture element*

« **Définition** » d'une image,

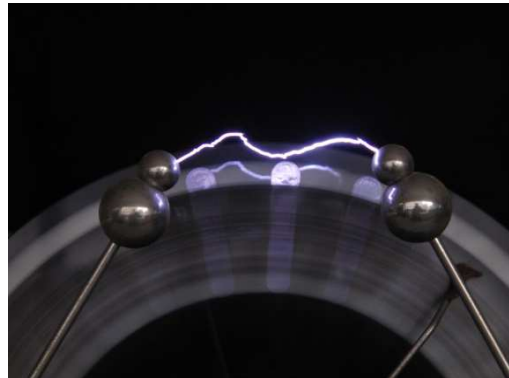
« **Résolution** » d'une image

<http://360gigapixels.com/tokyo-tower-panorama-photo/> 150-gigapixel

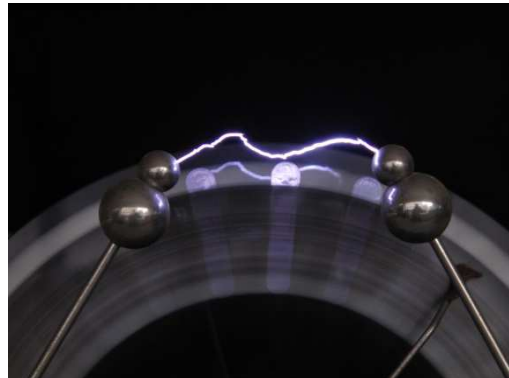
où est le pot de fleur renversé sur le toit terrasse du 2<sup>étage</sup> ?

où est le Pajero immatriculé 5436 ?

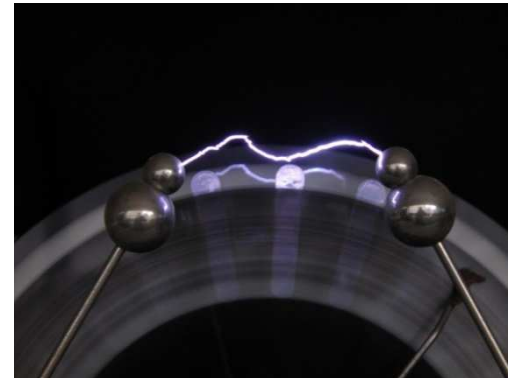
Eclair2816X2112.JPG redimensionnée



Eclair2816X2112.JPG redimensionnée



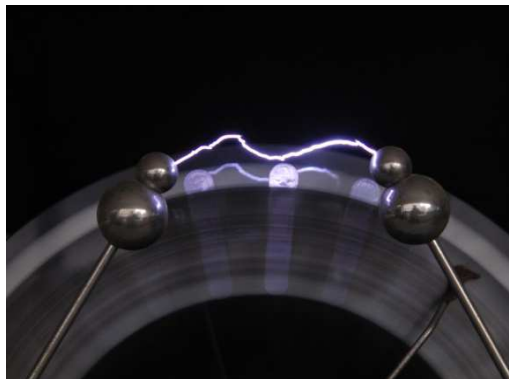
640x480



200x150



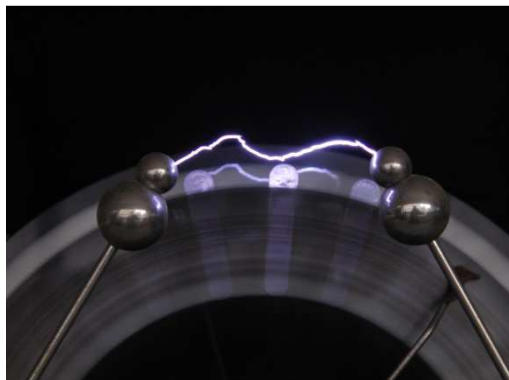
Eclair2816X2112.JPG redimensionnée



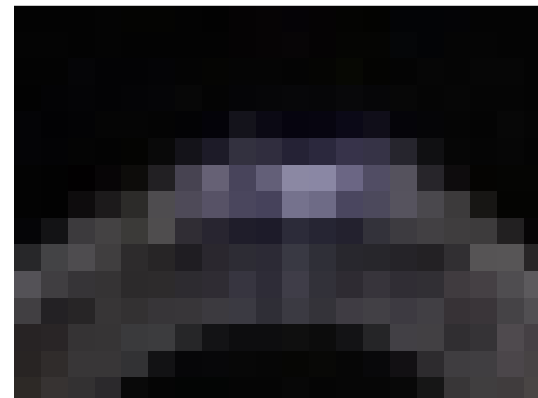
34X25



Eclair2816X2112.JPG redimensionnée

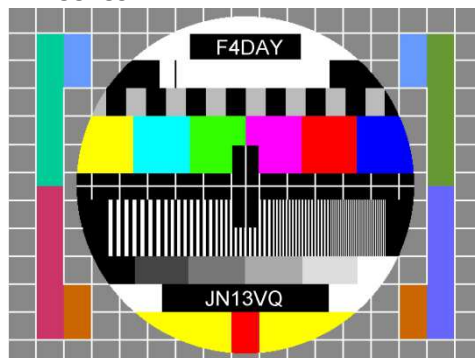


20X15

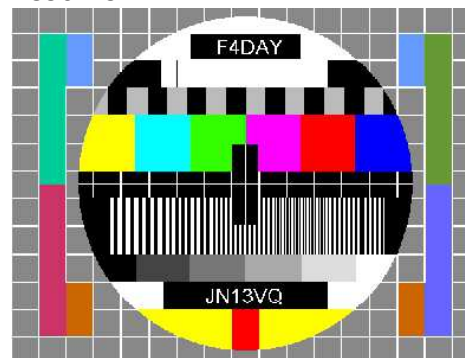


## En couleurs

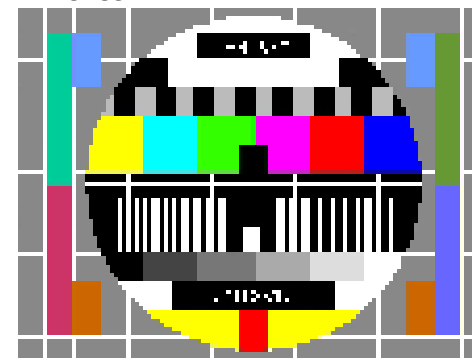
1188X891



396X297



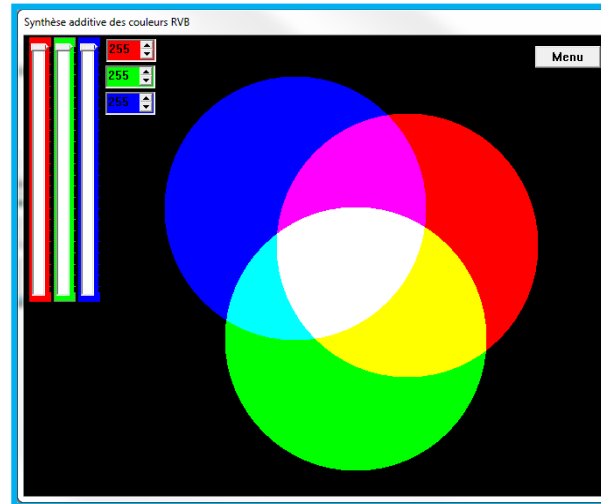
113X85



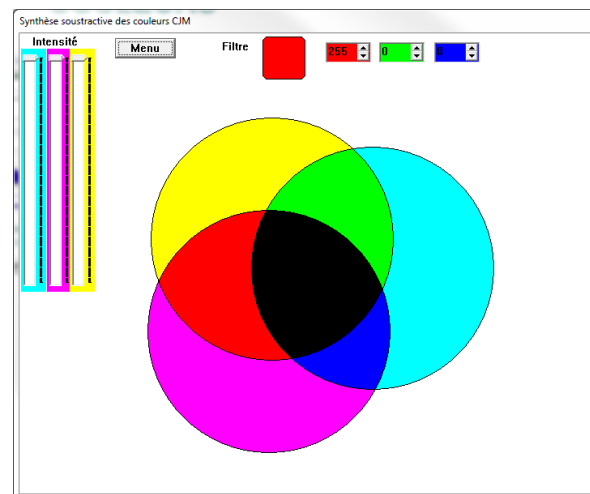


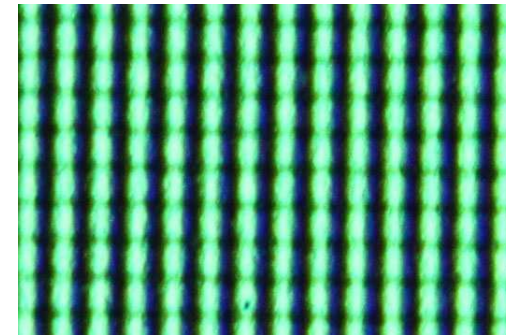
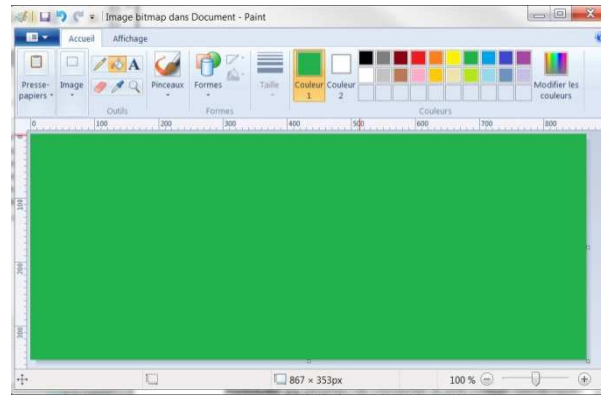
## 2 RVB

### ADDITION

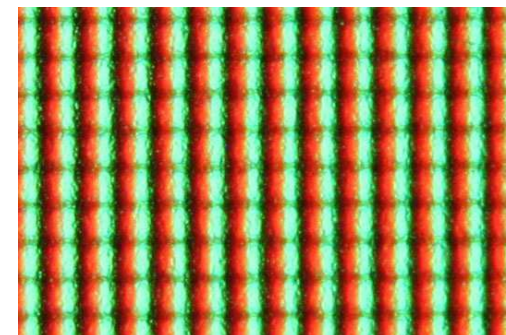
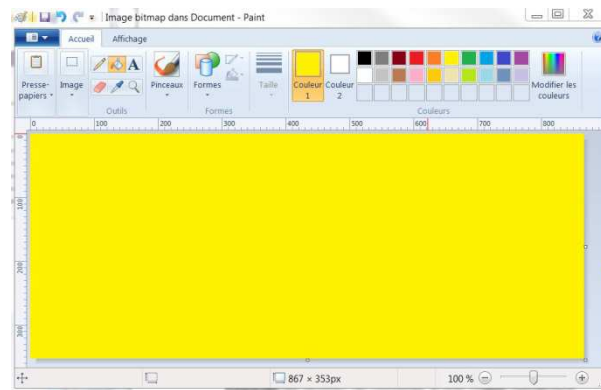


### SOUSTRACTION



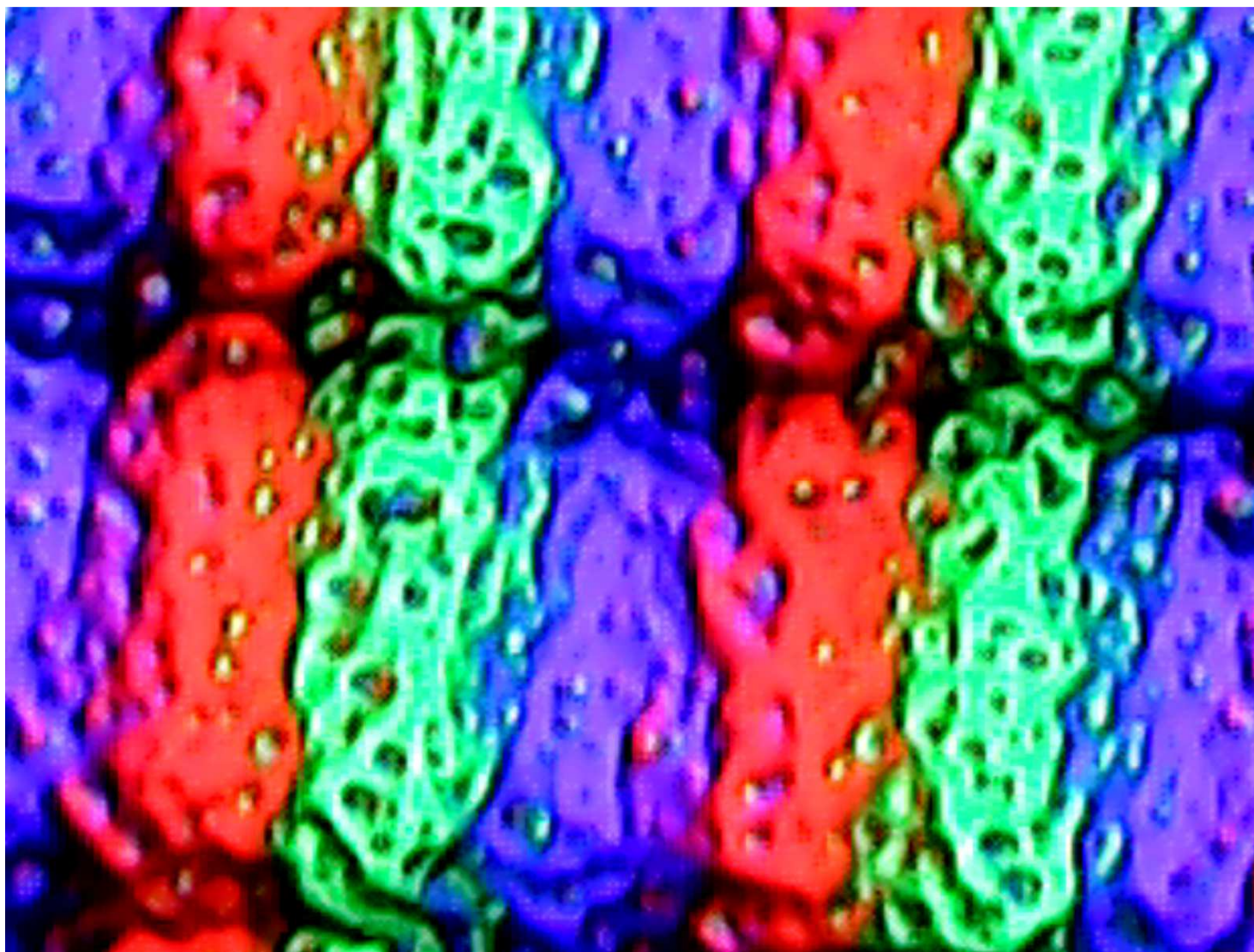


zoom sur l'écran,  
uniquement du vert



zoom sur l'écran ,  
vert+rouge=jaune

Utilisation d'un vidéomicroscope pour voir de près un pixel

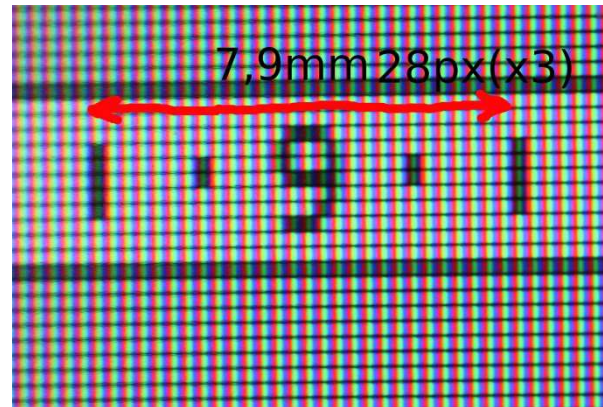


Vue d'un écran LG, avec Mini Microscope Digital USB 500X 2MP Photo Vidéo LED (20€)

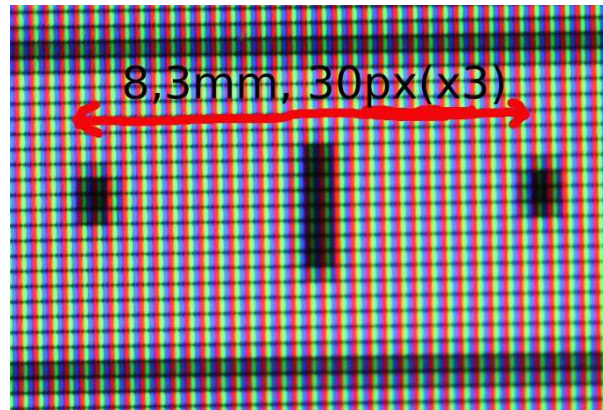


## Dimension d'un pixel

Ecran 1680X1050



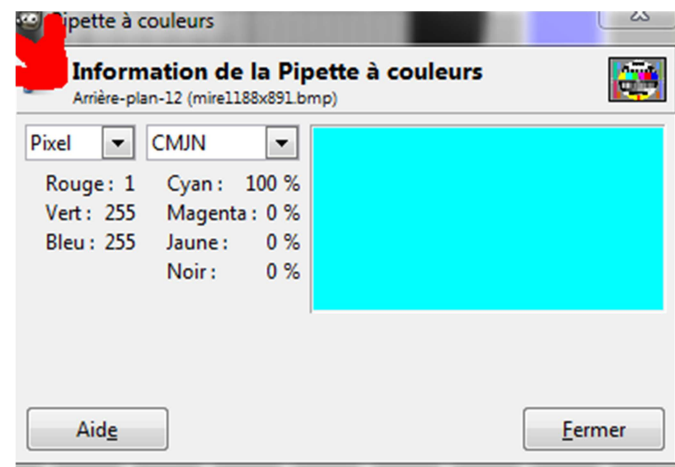
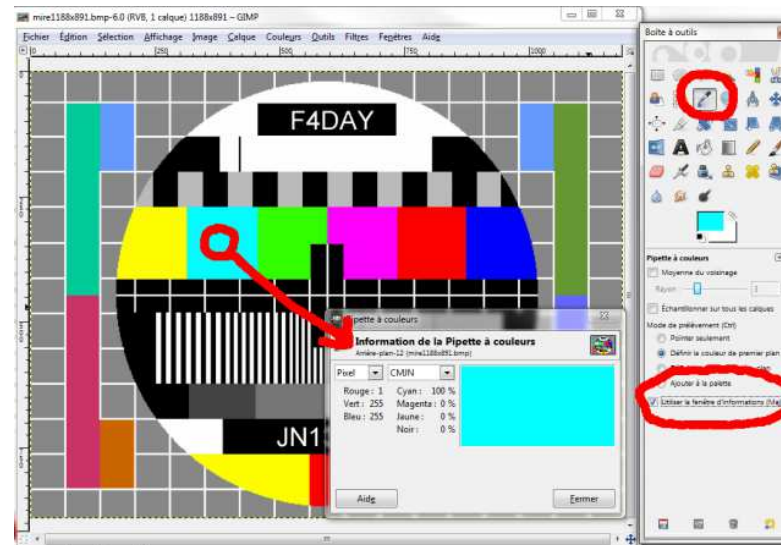
800X600



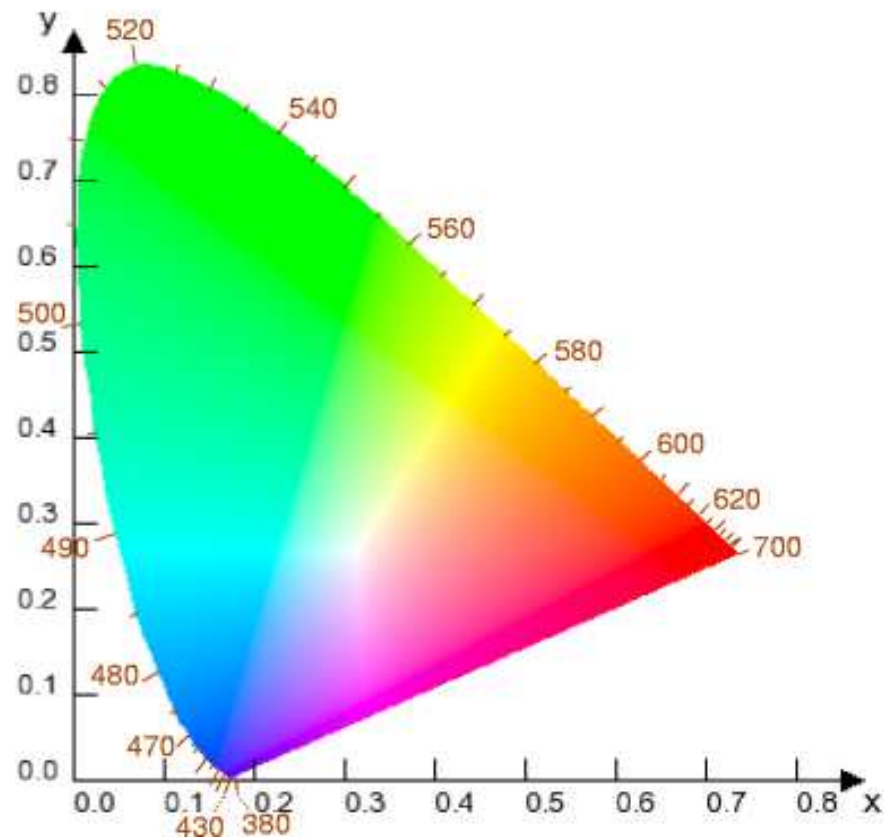
**Ecran DELL P2110 22"**: Optimal Resolution: 1680 X 1050 at 60 Hz, **Color Support**: 16.7 million colors  
**Pixel Pitch**: 0.282 mm (94µm de large pour une couleur)

# 3 Couleur

Caractériser un pixel avec [GIMP](#)

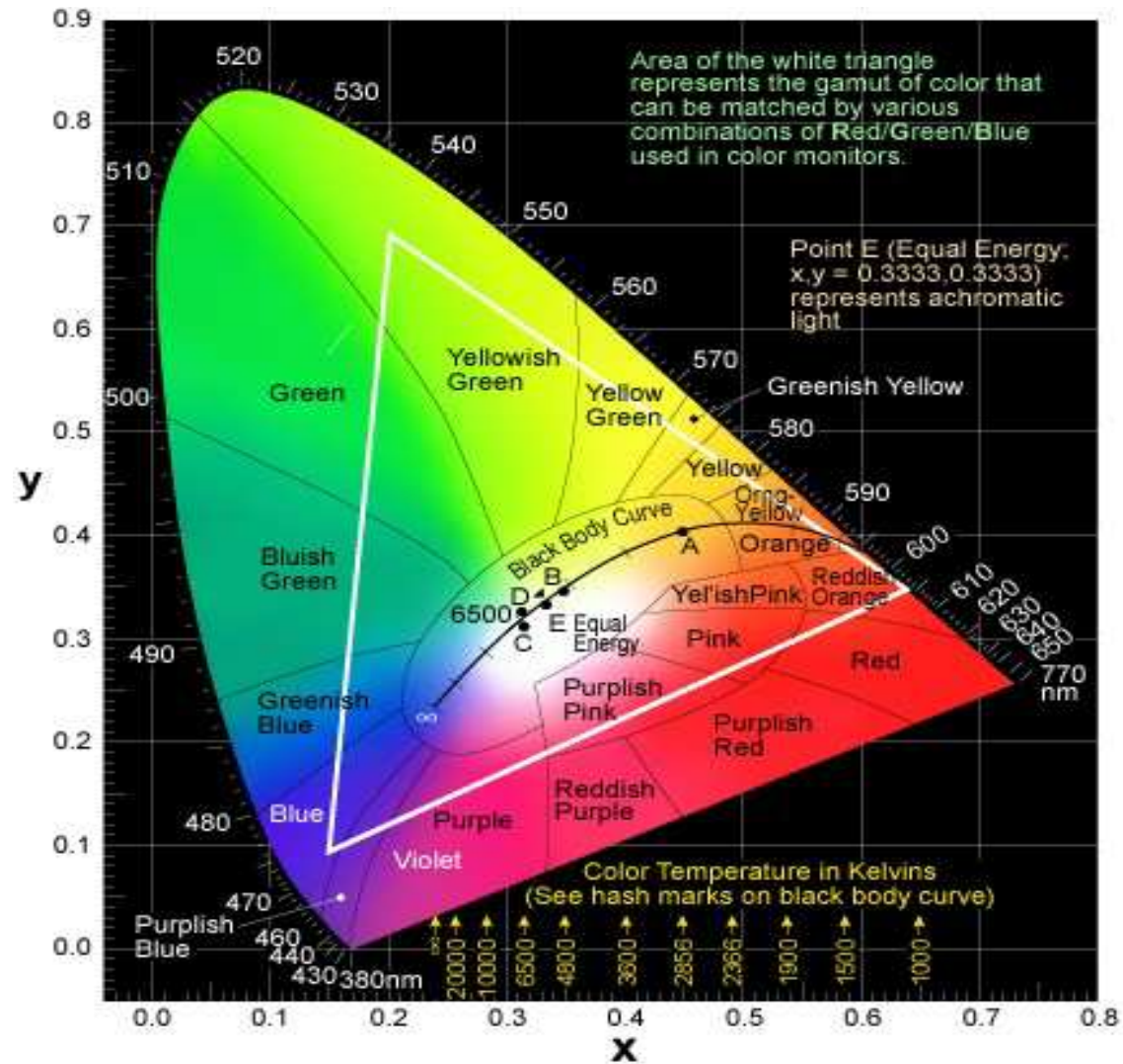


## RVB



Les couleurs sont définies par une norme CIE qui représente dans l'espace RVB « toutes » les couleurs possibles  
(visibles par l'œil humain).

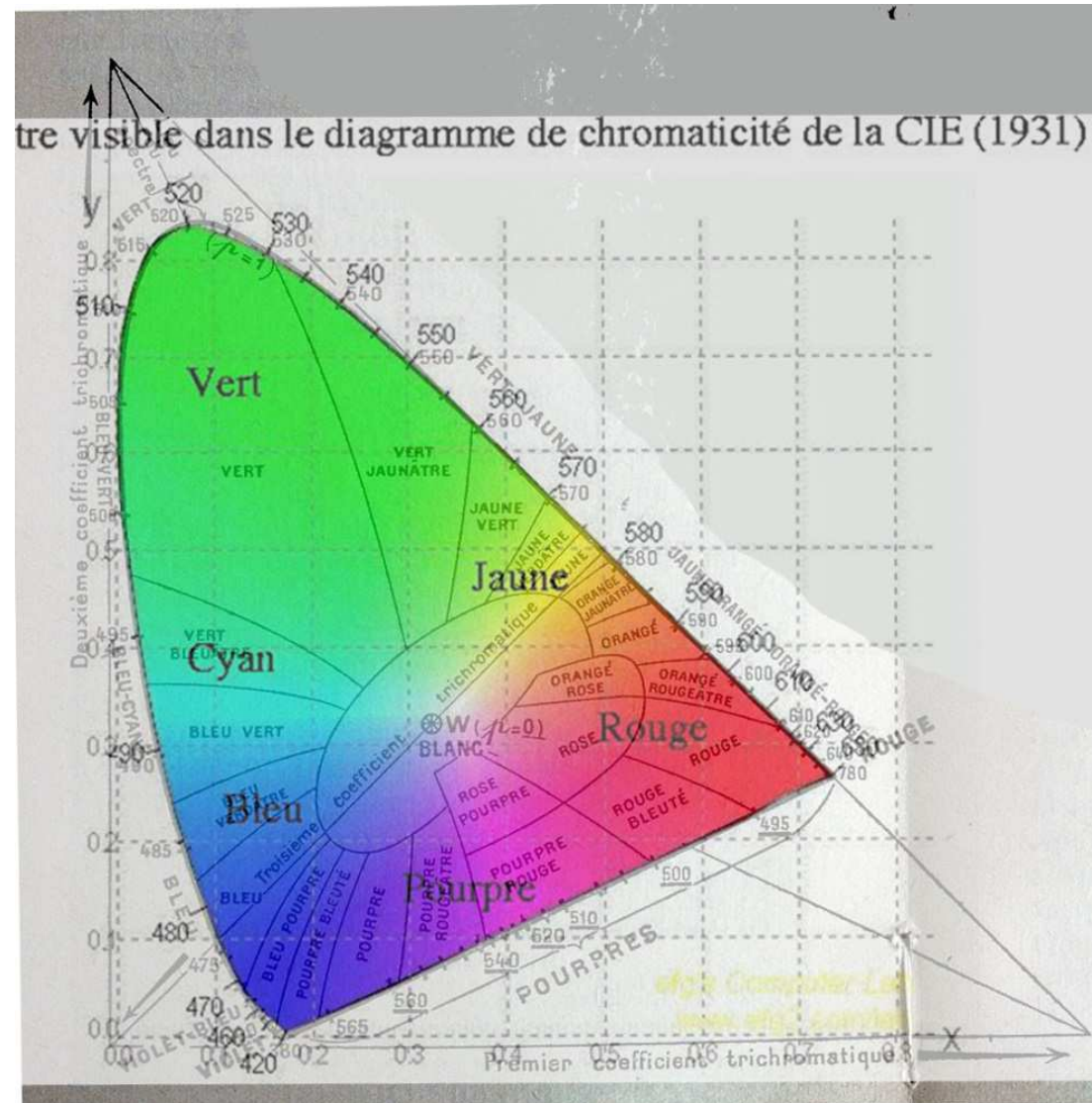
Avec les noms des couleurs et le corps noir



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

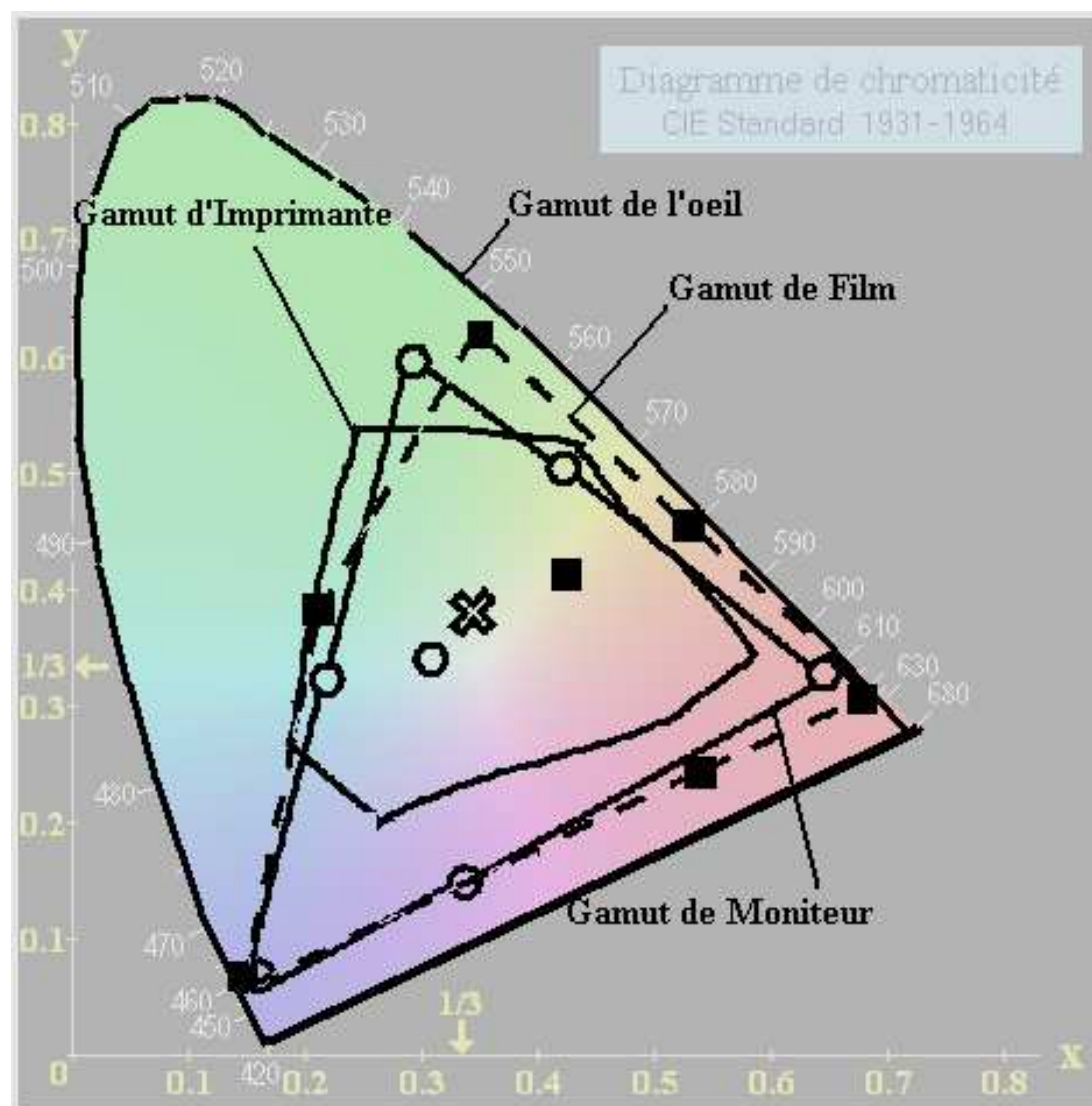


En français

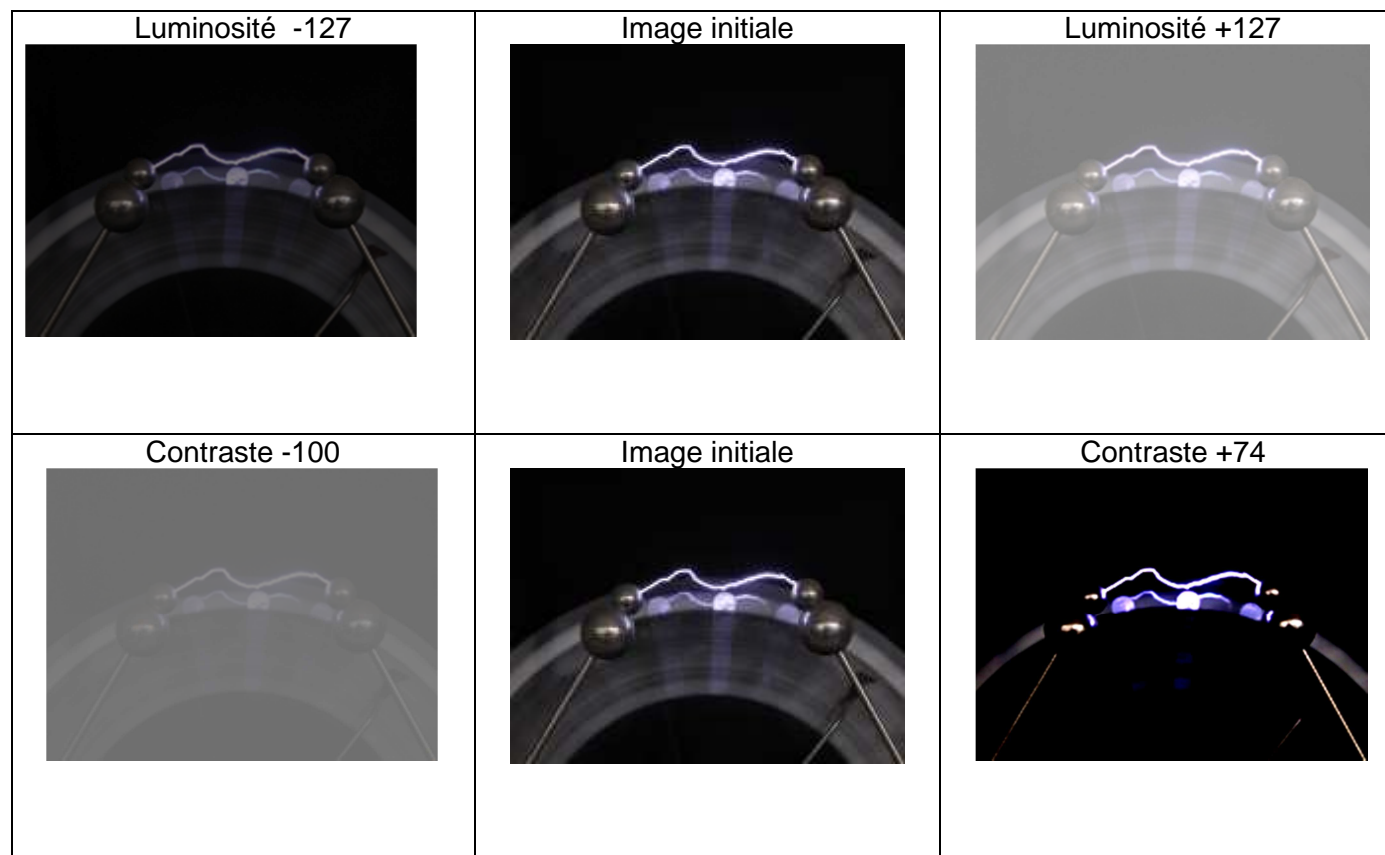




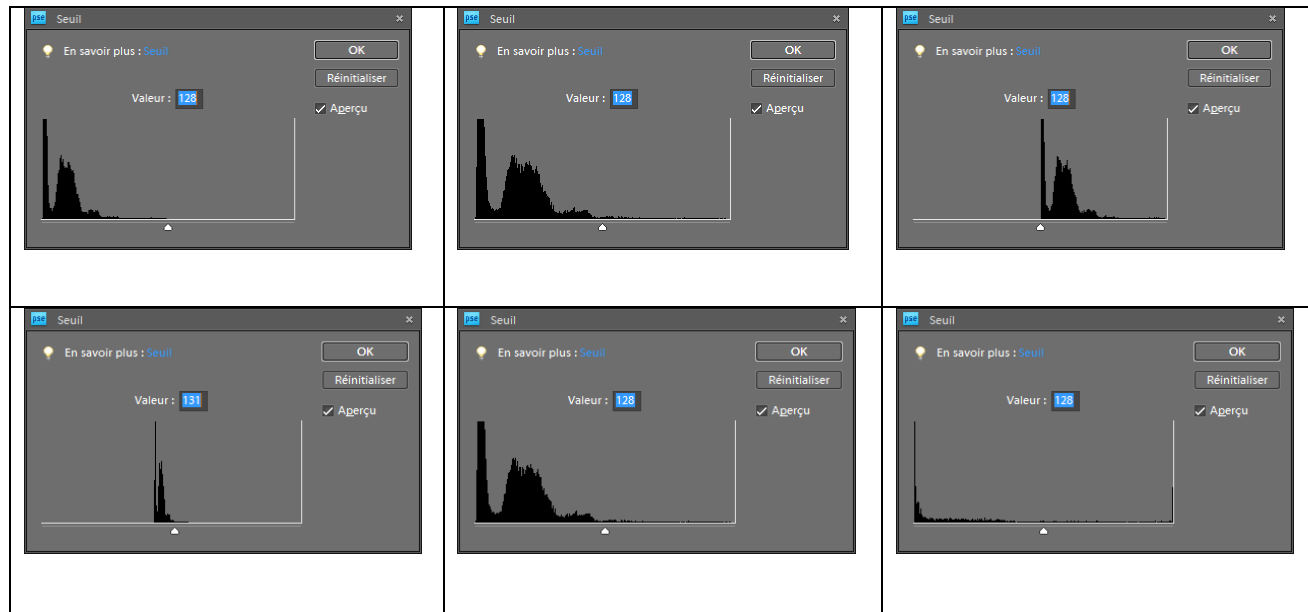
## Gamut d'un un appareil « imageur »



## contraste et luminosité



## Histogramme (global)

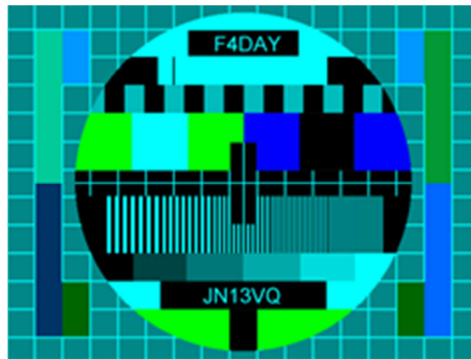


→ Utilisé dans la MAP des APN

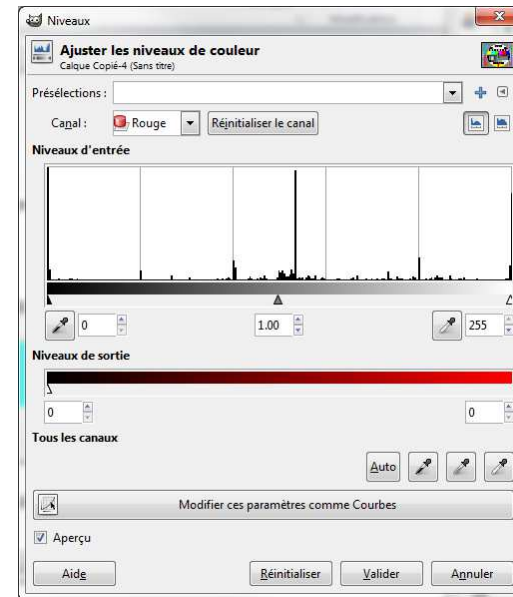
## Histogramme

(un canal)

Image précédente 1188X891



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



[Ex Gimp](#)

## Filtrage analogique

Original

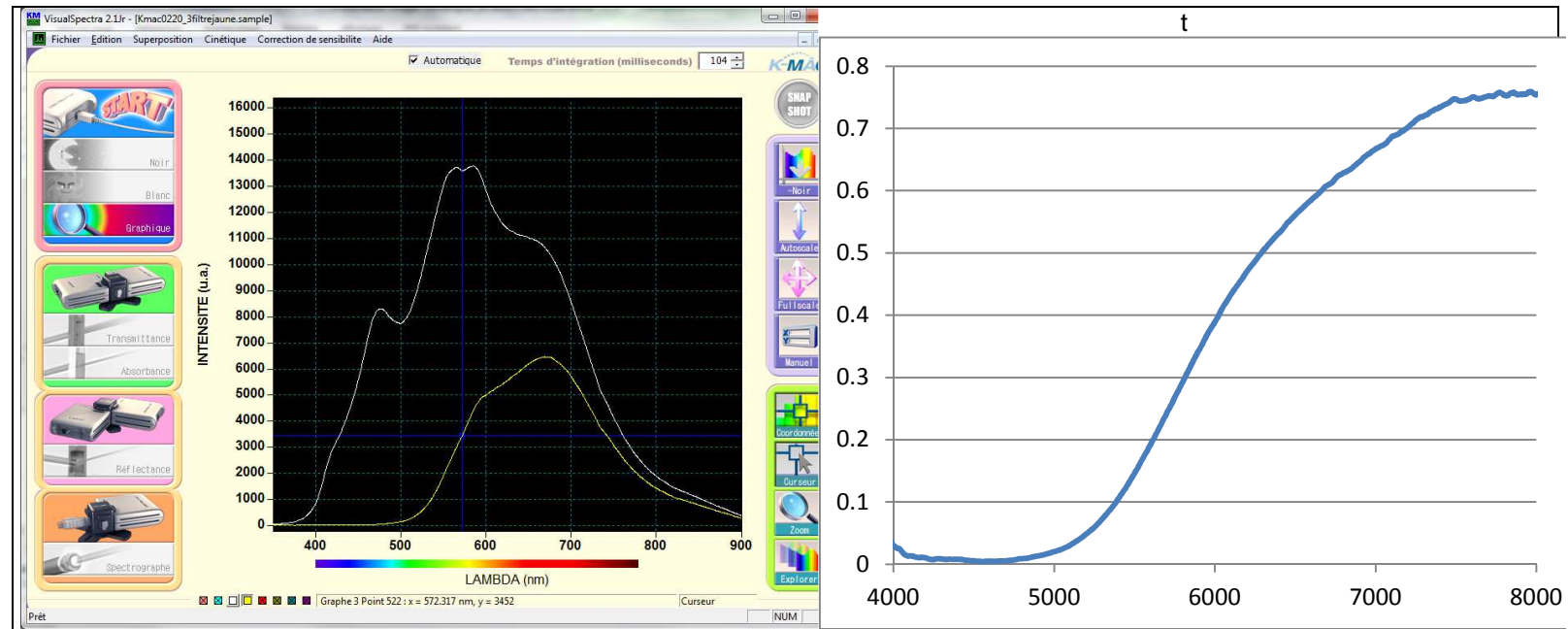


Filtrée



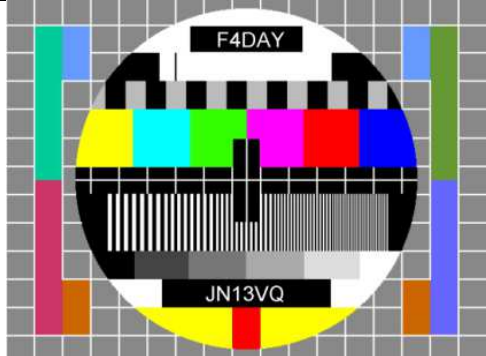
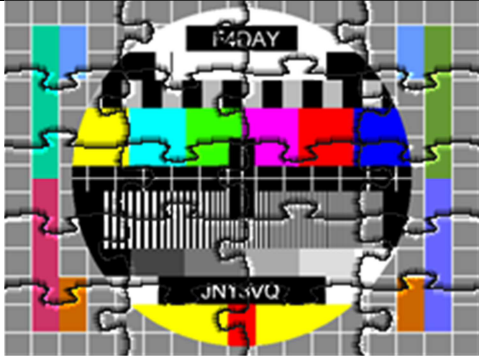


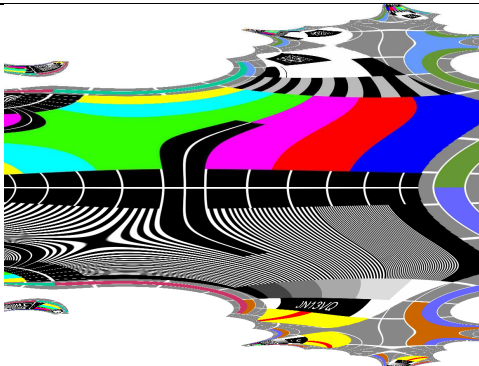
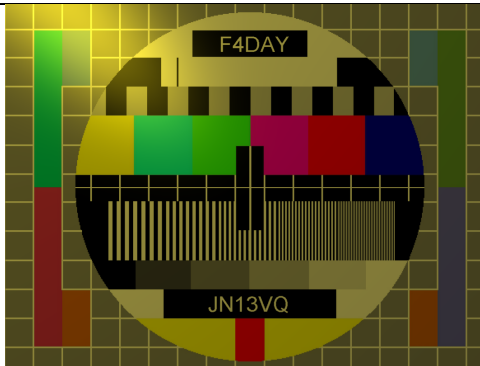
## Analyse avec un spectro

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

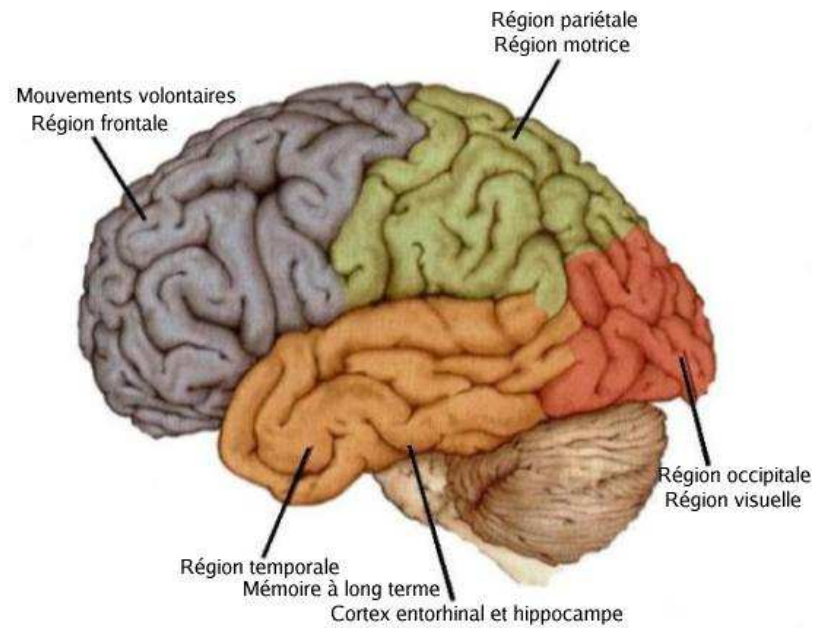
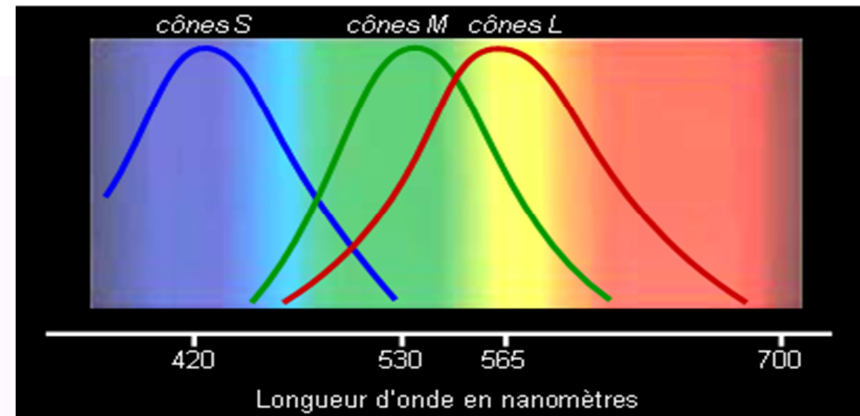
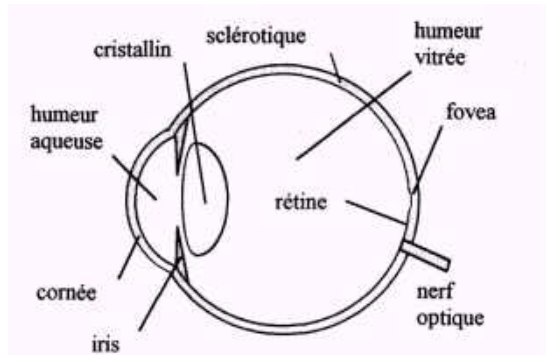




## Filtrage numérique

	Puzzle	Pixeliser
		
Flou	Fractalise	Effet d'éclairage
		

## Couleur perçue = œil+rétine+cerveau

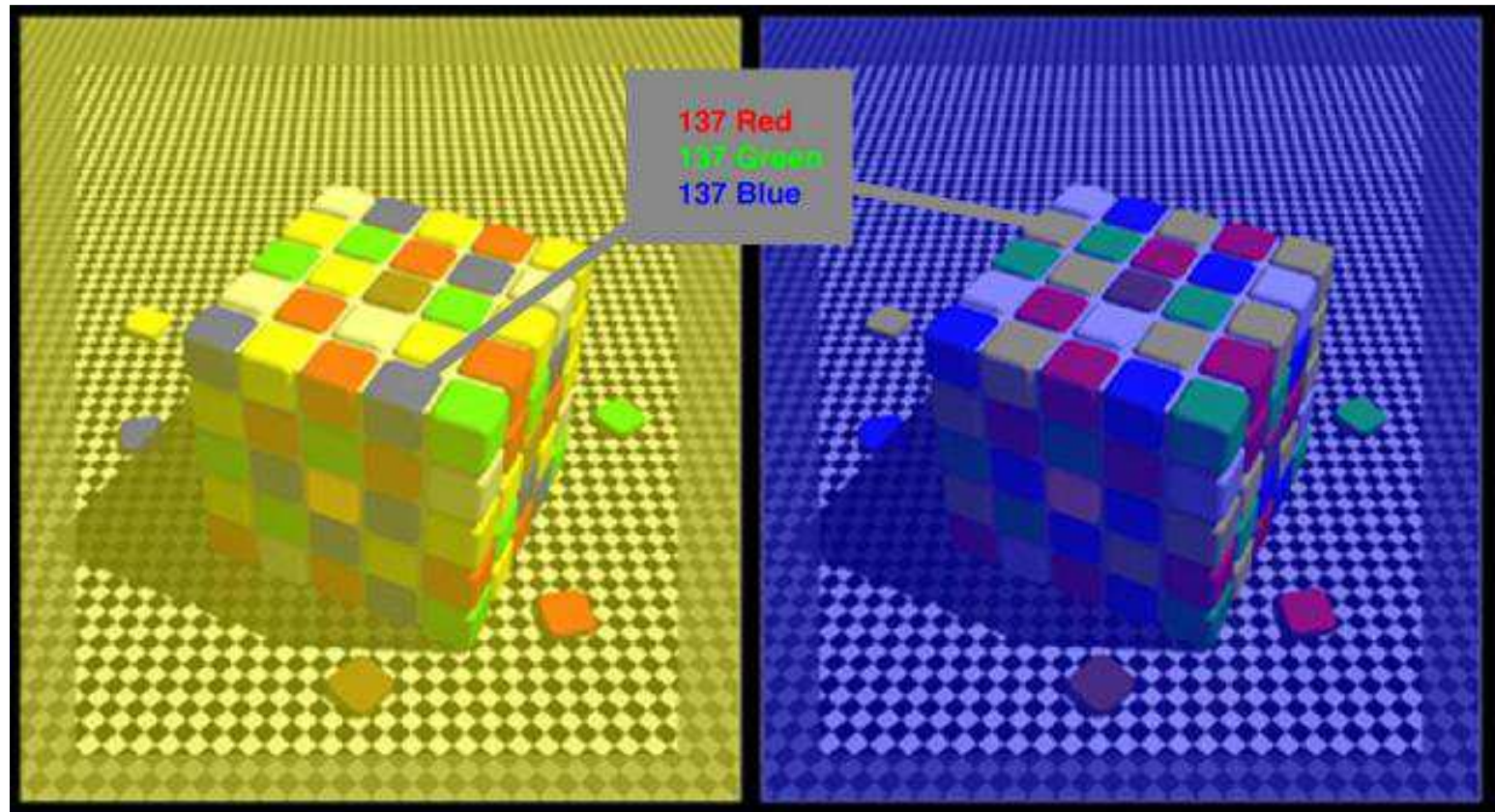




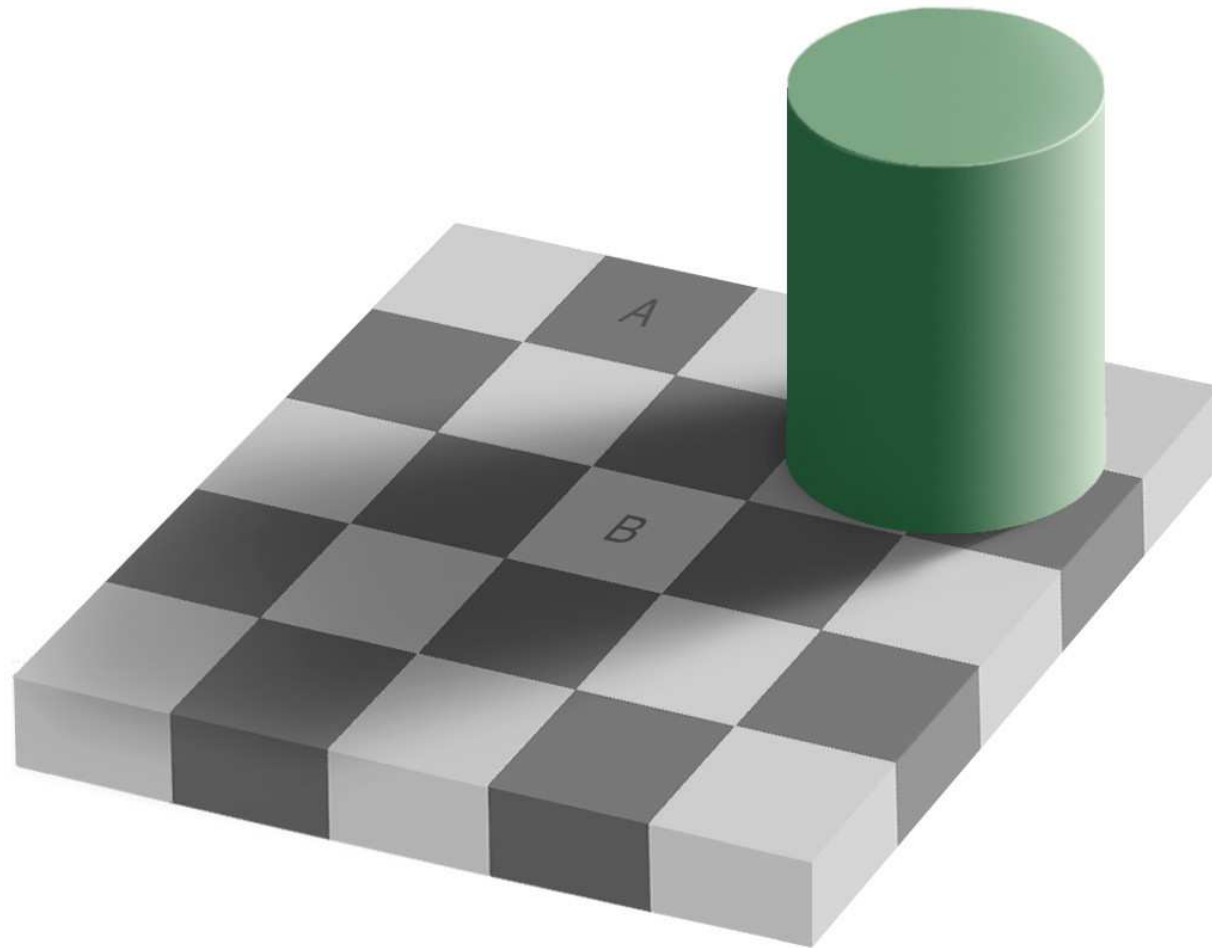
## illusions d'optique

disque de Newton, disque de Behnam

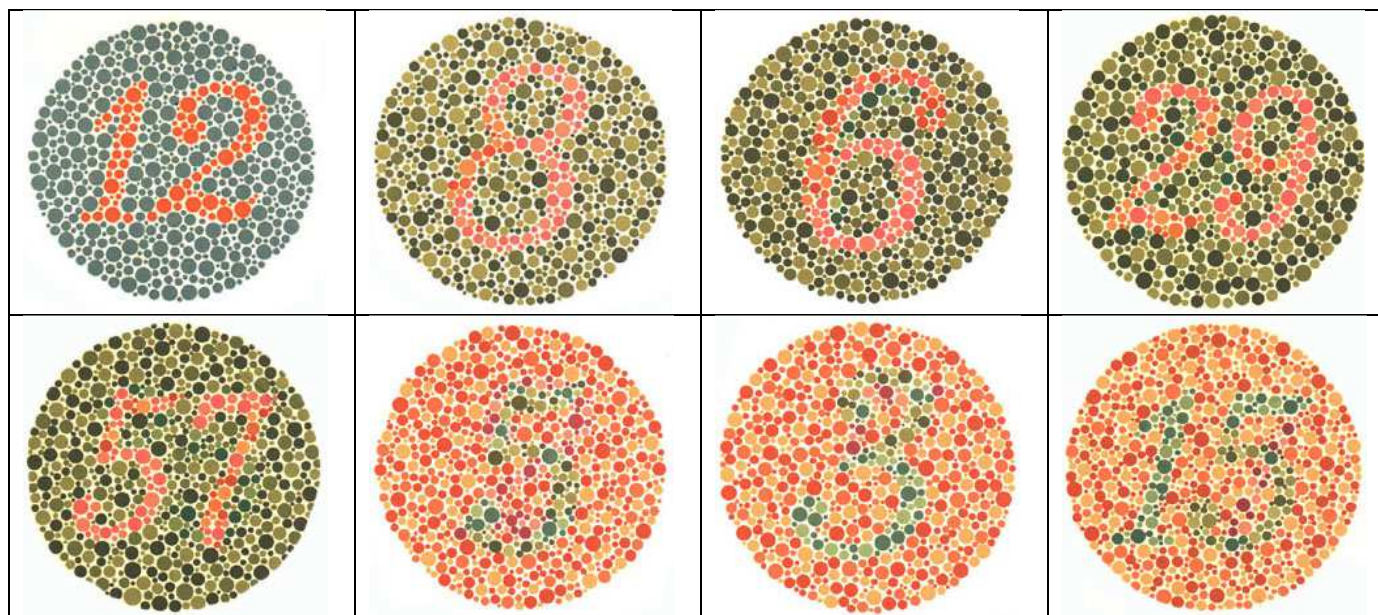
dépendance de l'environnement



## Échiquier d'Adelson



## Daltonisme

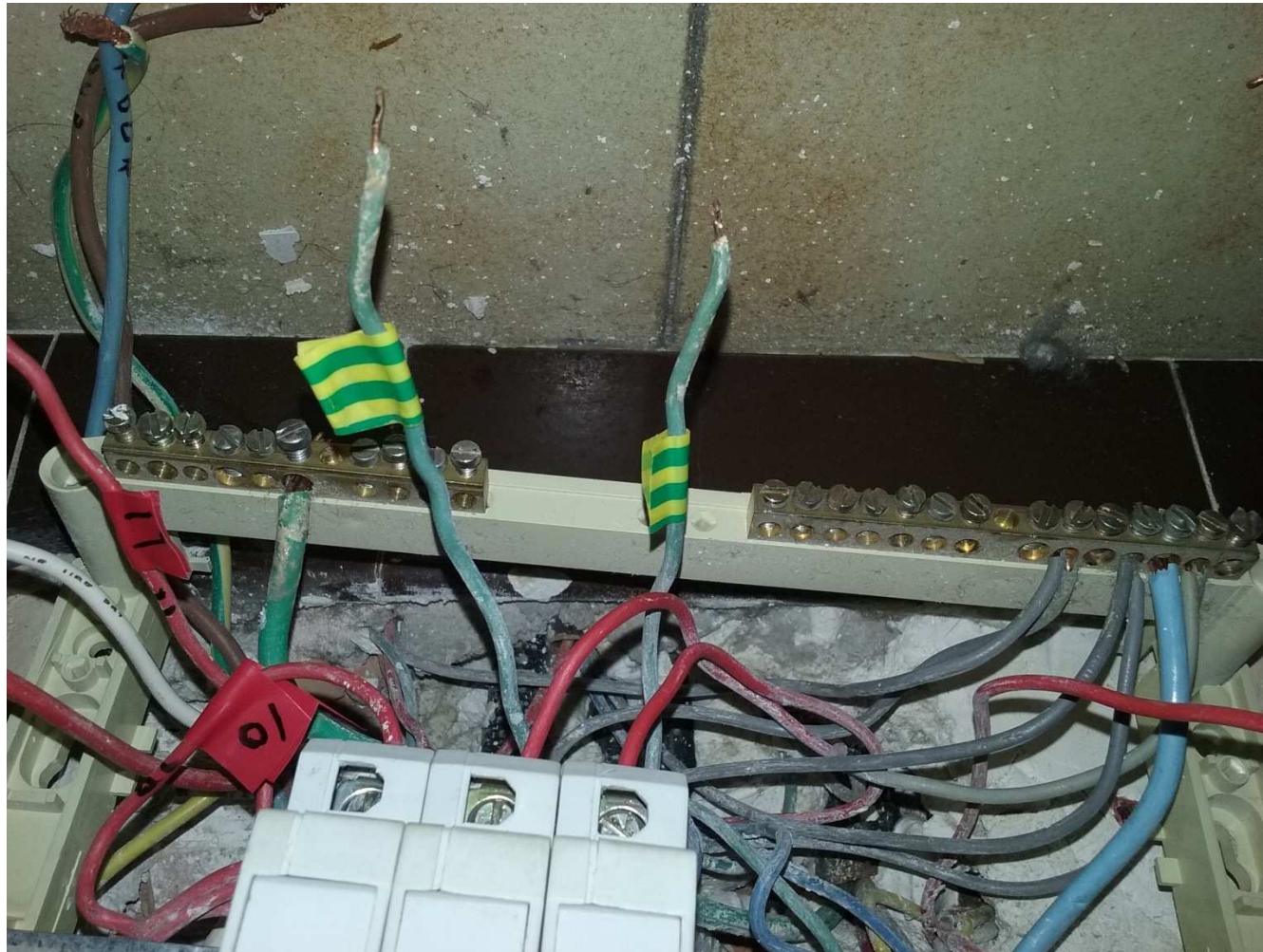


Que lisez-vous ?



Exemple :

Quelles sont les couleurs des fils marqués ?

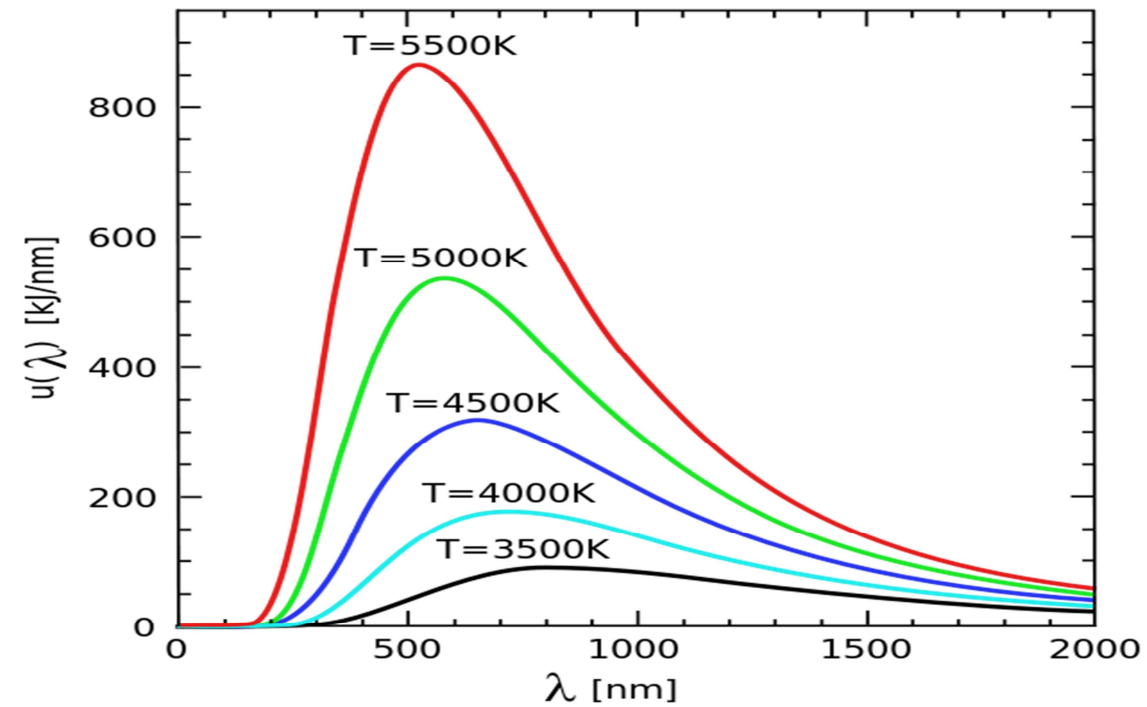


## 4 Lumière

Sources de lumière primaires ou secondaires

Source thermique

loi de déplacement de Wien

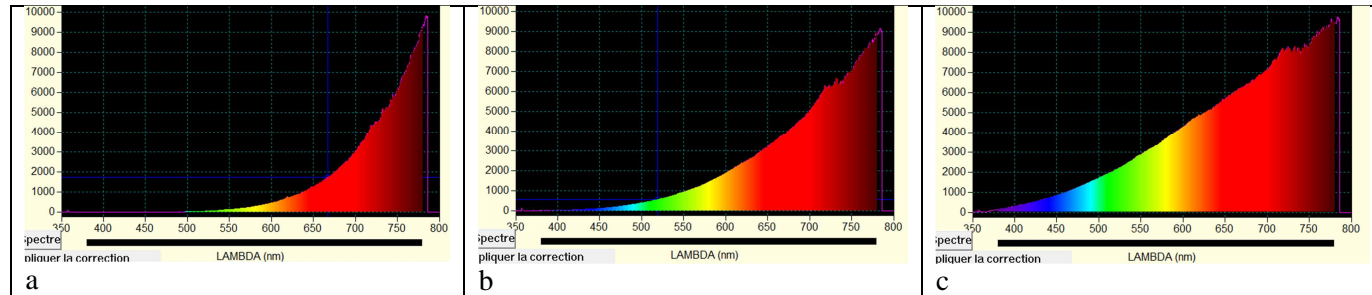


$$(\lambda T)_{\text{maximum d'émission}} = \text{Cte} = 2898 \mu\text{m K}$$

Loi de Stefan

puissance totale rayonnée par unité de surface

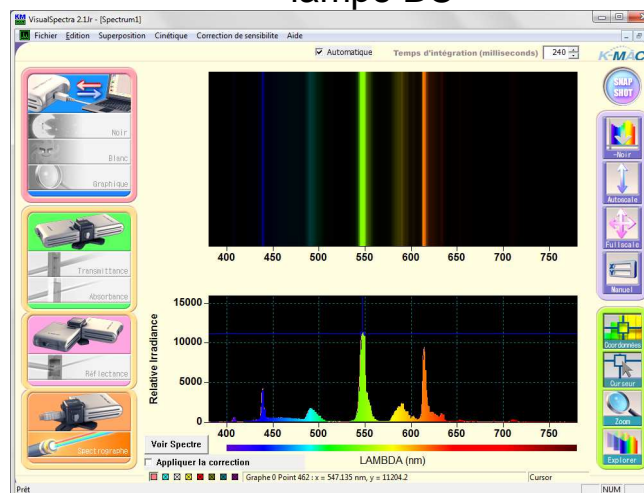
$$E = \int_0^{\infty} E(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4$$



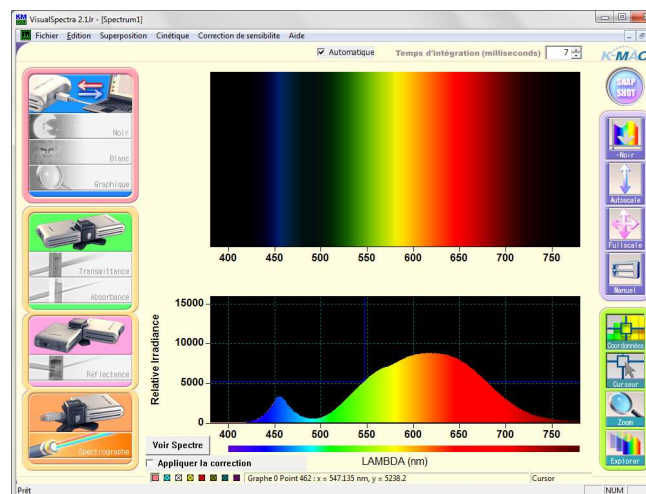
lumière émise par une lampe à filament de tungstène pour 3 tensions différentes

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

lampe BC



## Diodes électroluminescentes



DEL



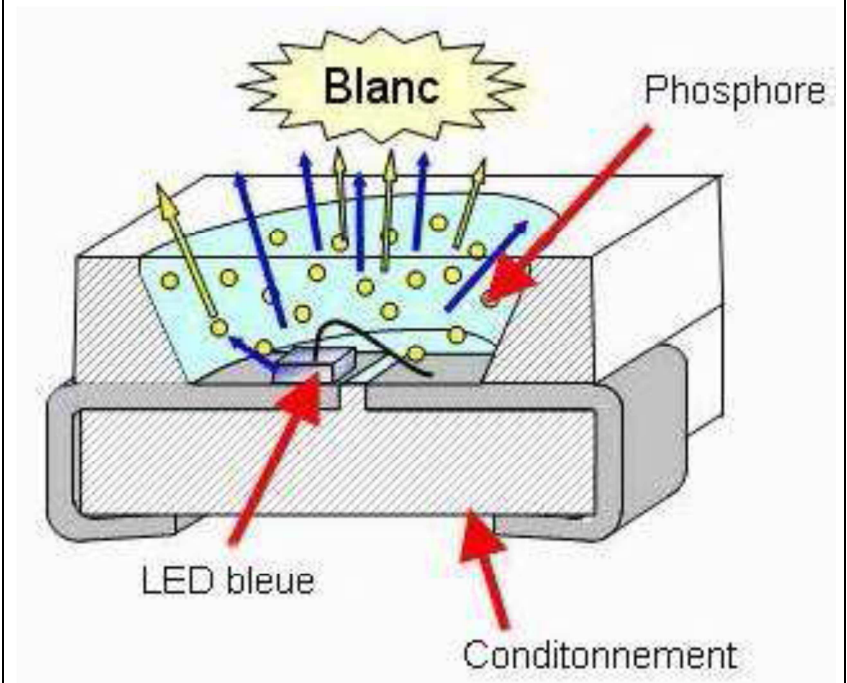
« **La synthèse additive** »

- 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)



## Température de couleur et IRC (index de rendu de couleur)

teinte plus ou moins chaude

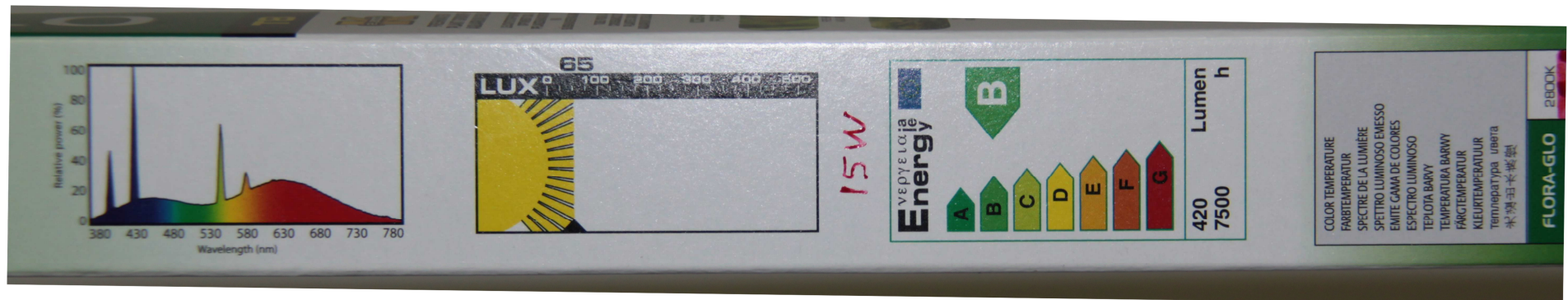
qualité de blancheur de la lumière (moyenne)

exemples :

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

lampe au sodium IRC<20 (lampe monochromatique IRC=0)

tube pour aquarium



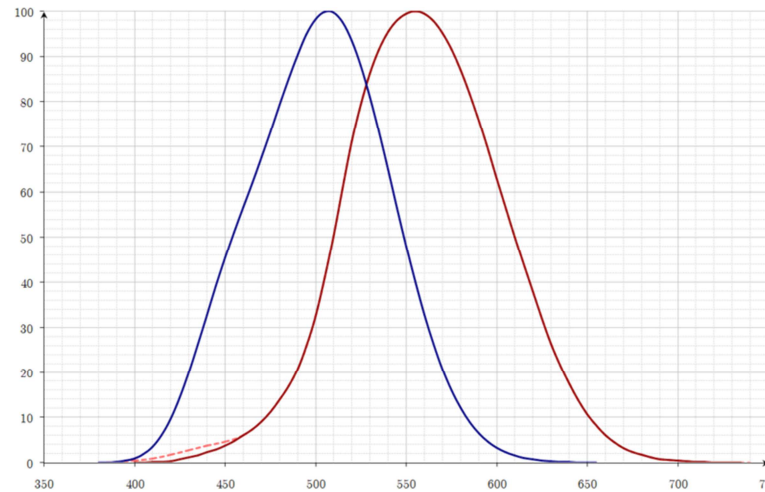
## Grandeurs photométrique et énergétique (radiométrique)

photométriques = la vision humaine

radiométriques = « objectives »

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

sensibilité maximale de l'œil humain pour une longueur d'onde de  
555 nanomètres en vision diurne et de  
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)

Appareils de mesures :

flux lumineux → le luxmètre

flux énergétique → pyranomètre (à base de thermocouples)

### Petit exercice :

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

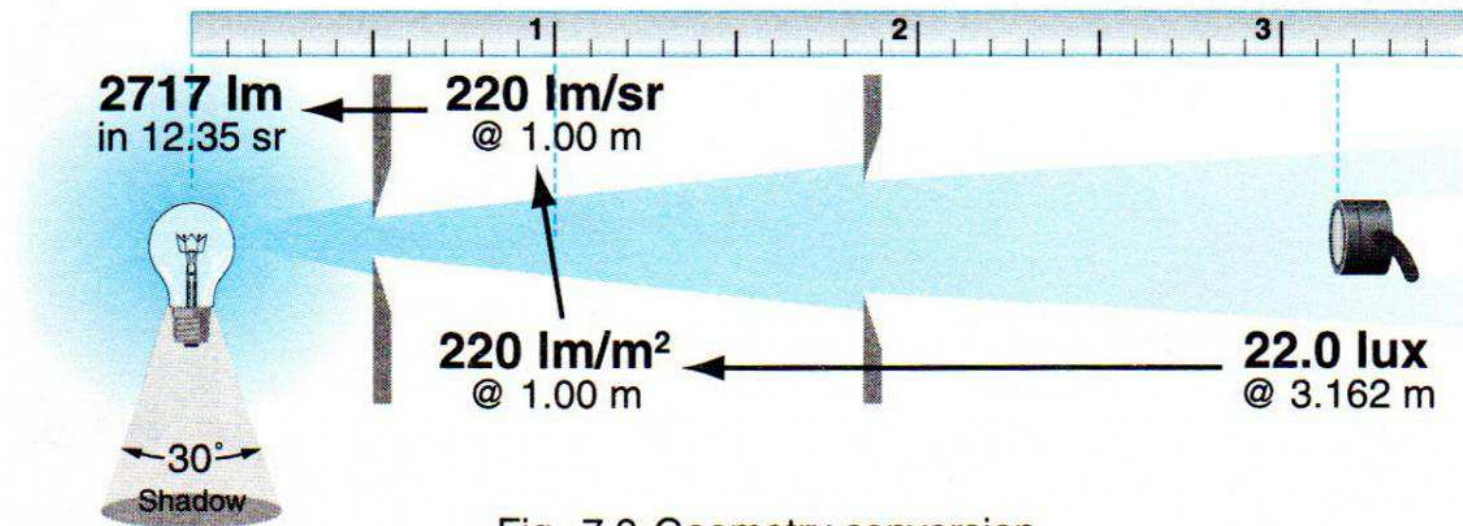
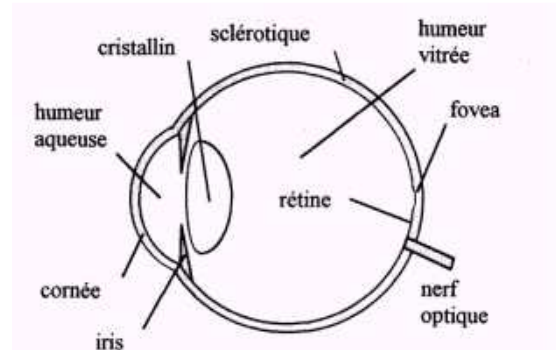


Fig. 7.9 Geometry conversion.

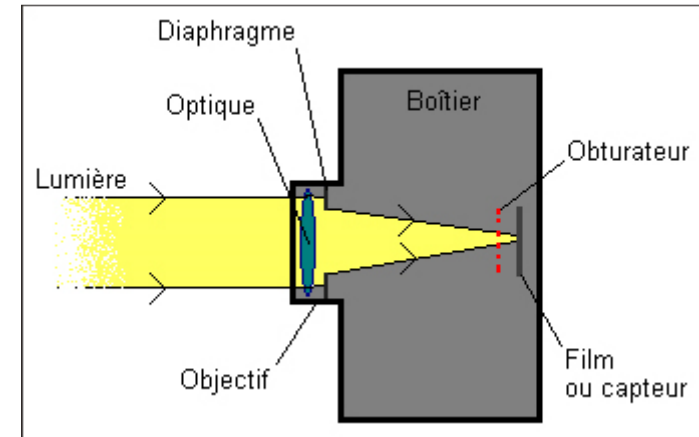
Le flux lumineux total est de  $220 \text{ lm/sr} \times 12.35 \text{ sr} = 2717 \text{ lm}$

Le rendement est  $2117/120 = 22,6 \text{ lm/W}$

## 5 APN



[http://tpe.optique.free.fr/tpe\\_fichiers/schemas/Schema\\_oeil\\_01.jpg](http://tpe.optique.free.fr/tpe_fichiers/schemas/Schema_oeil_01.jpg)



<http://www.lumieres-du-monde.com/photographie-bases-techniques.php>

4 parties principales, la lentille (cristallin) + le diaphragme (iris) + le capteur (rétine) + un cerveau pour les réglages

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

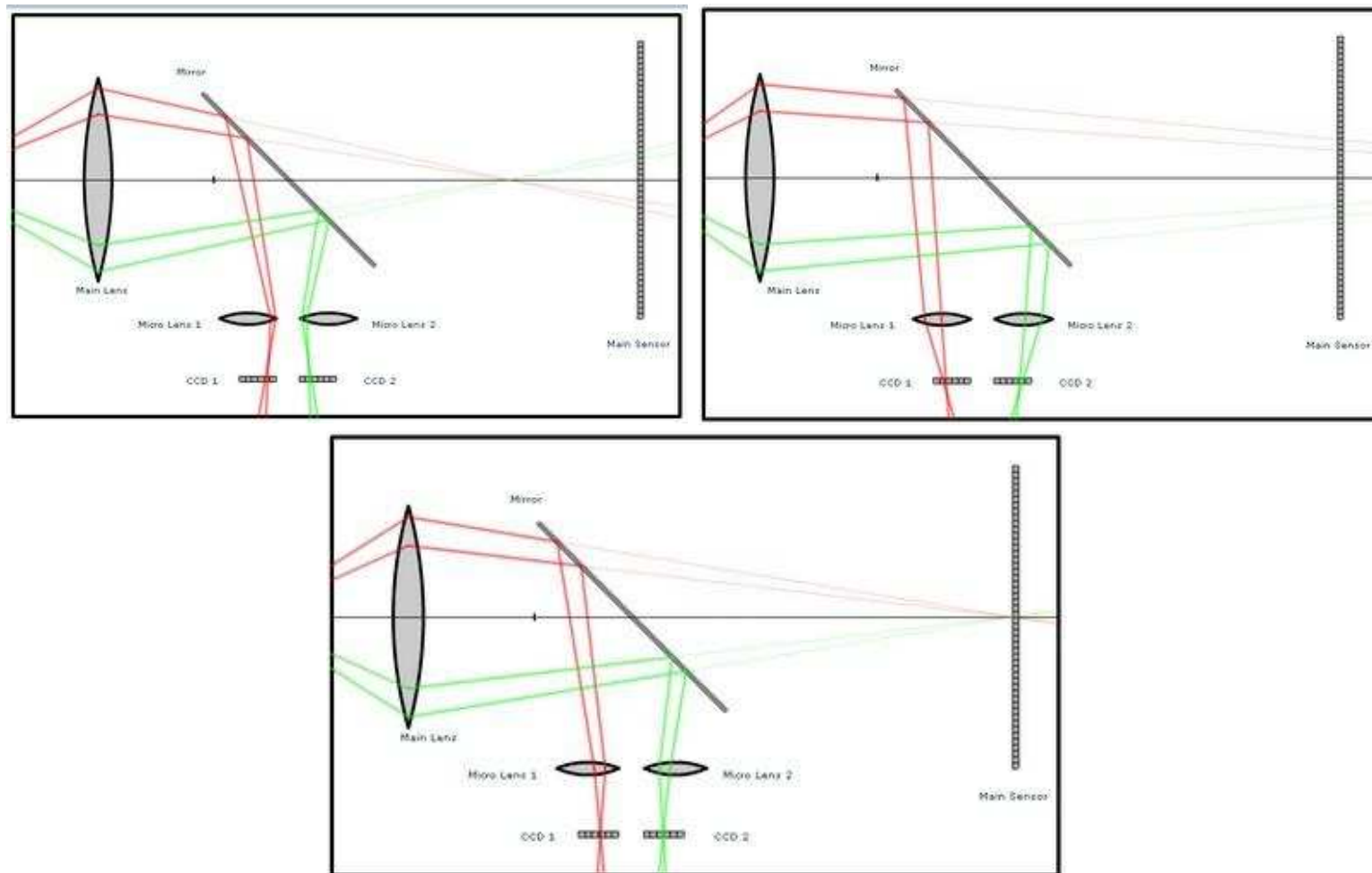
- - mise au point (si elle existe),
- - temps de pose = temps d'accumulation des photons sur le capteur,
- - enregistrement avec compression sur un support (carte mémoire)

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

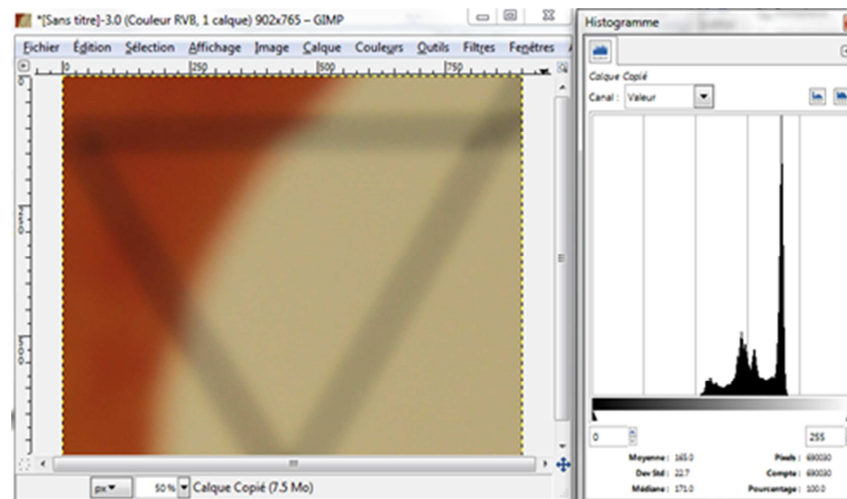
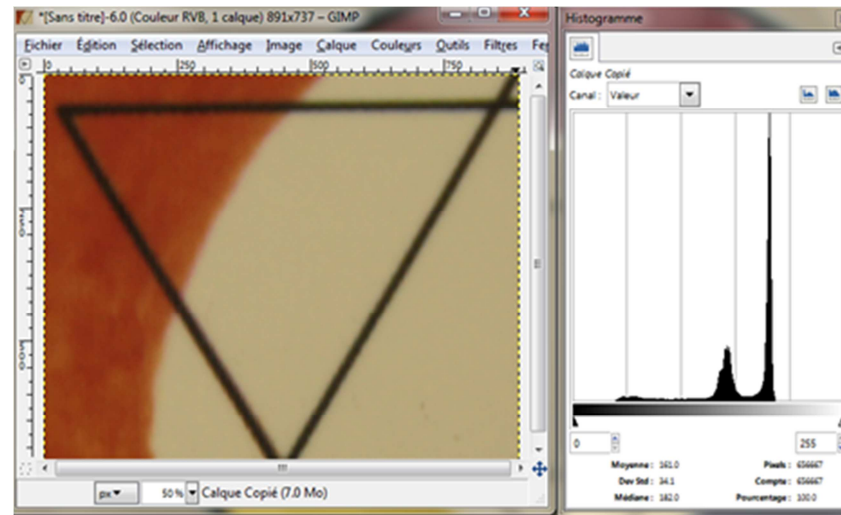
## Mise au point automatique

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

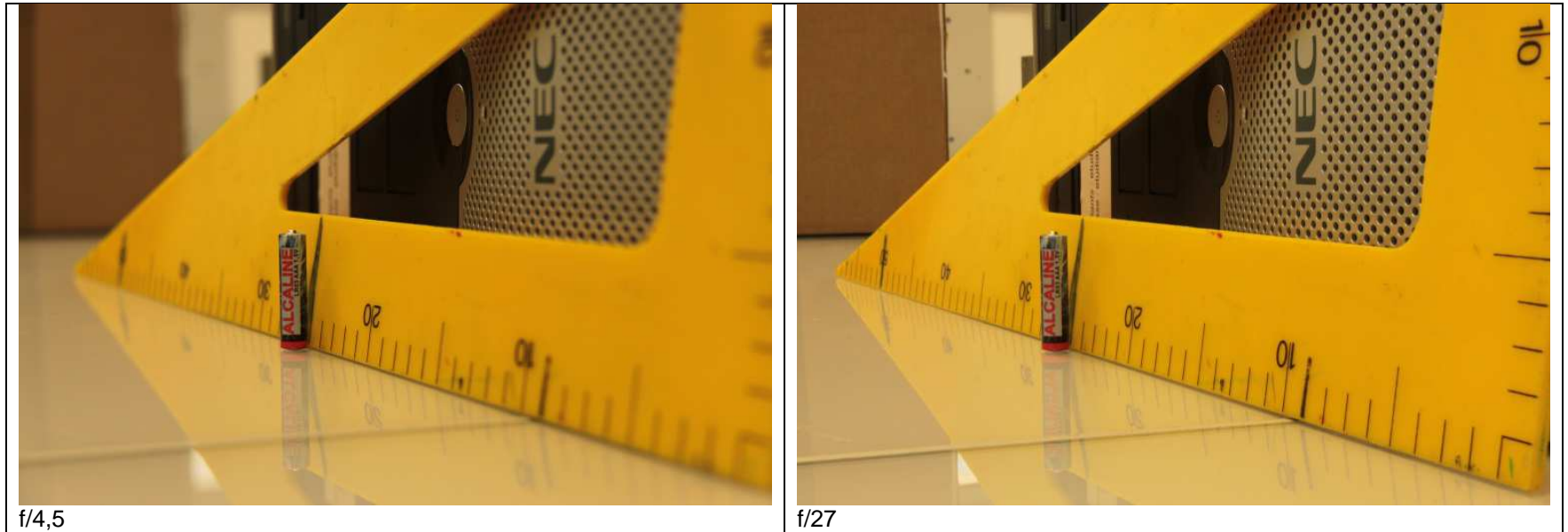




## Détection de contraste (<http://www.street-photo.fr/fr/technique-theorie/23/36>)



## Profondeur de champ



## Réglages complémentaires

« Balance des blancs »


## **6 Codage numérique et Fichiers**

Une image est un tableau de nombres

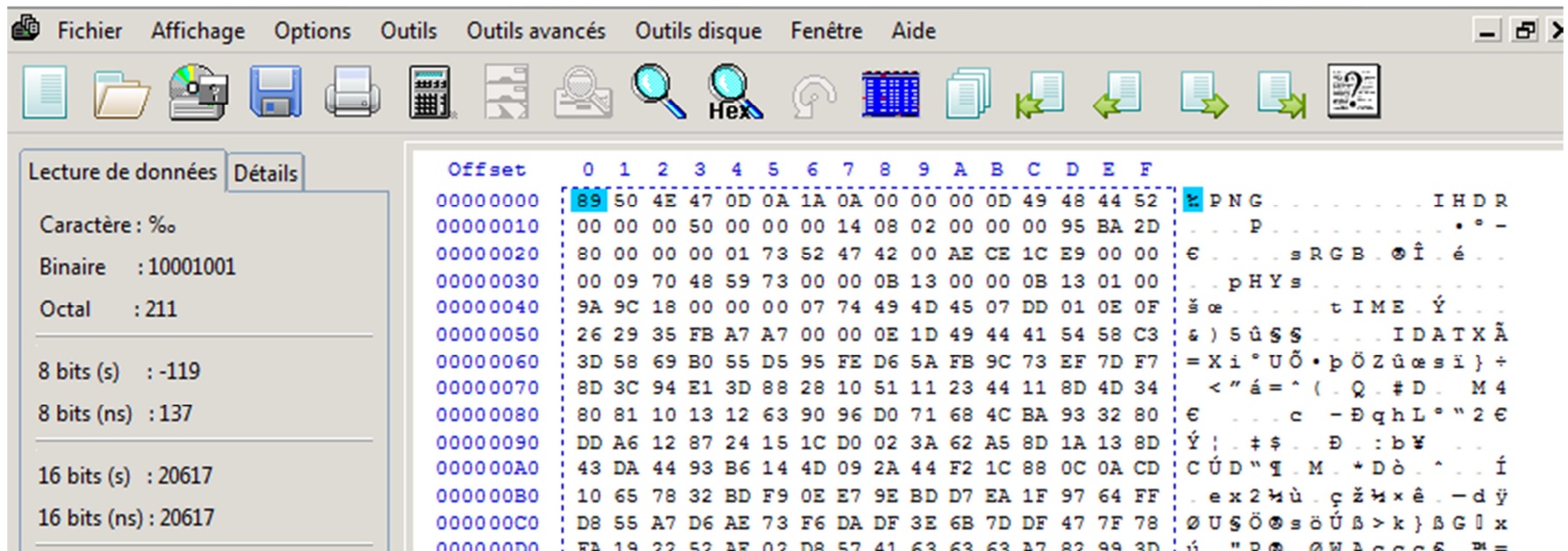
Chaque image sera codée par un tableau de nombres qui représentent les pixels en position et niveaux de luminosité (de gris ou de couleur).

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 ».

Exemple :image= 

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.

## Formats de fichiers d'images

	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)

+ format propriétaire RAW = format brut

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%*

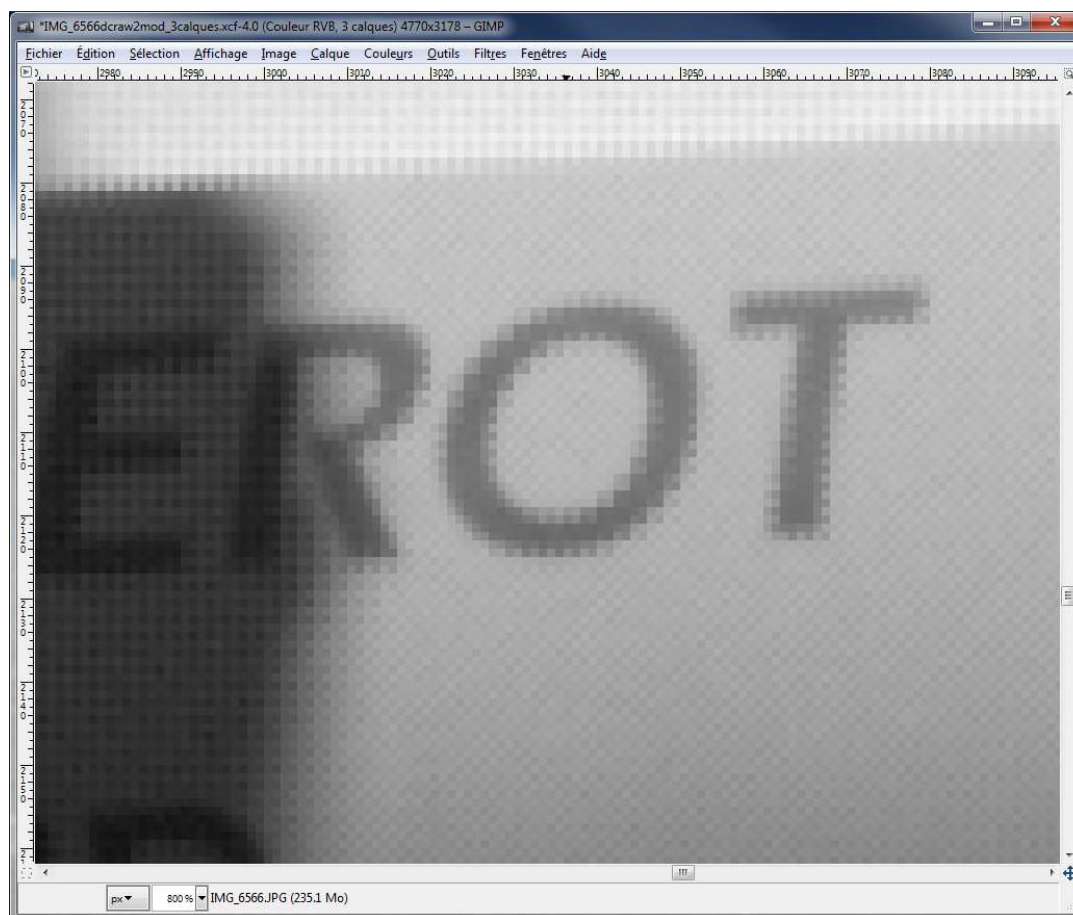
*Question : Quel est le « poids » en Mo de cette image sans compression ?*

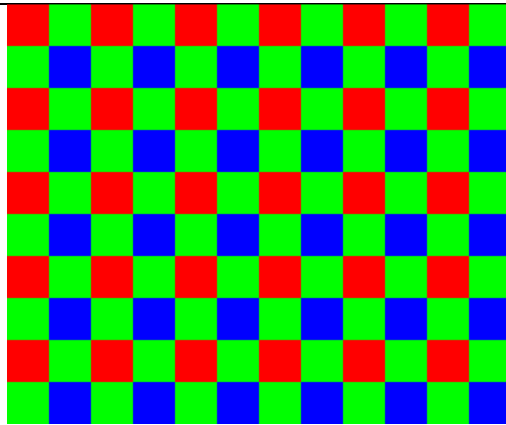


On prend une photo en mode raw+jpeg, pour l'image finale suivante en JPEG



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



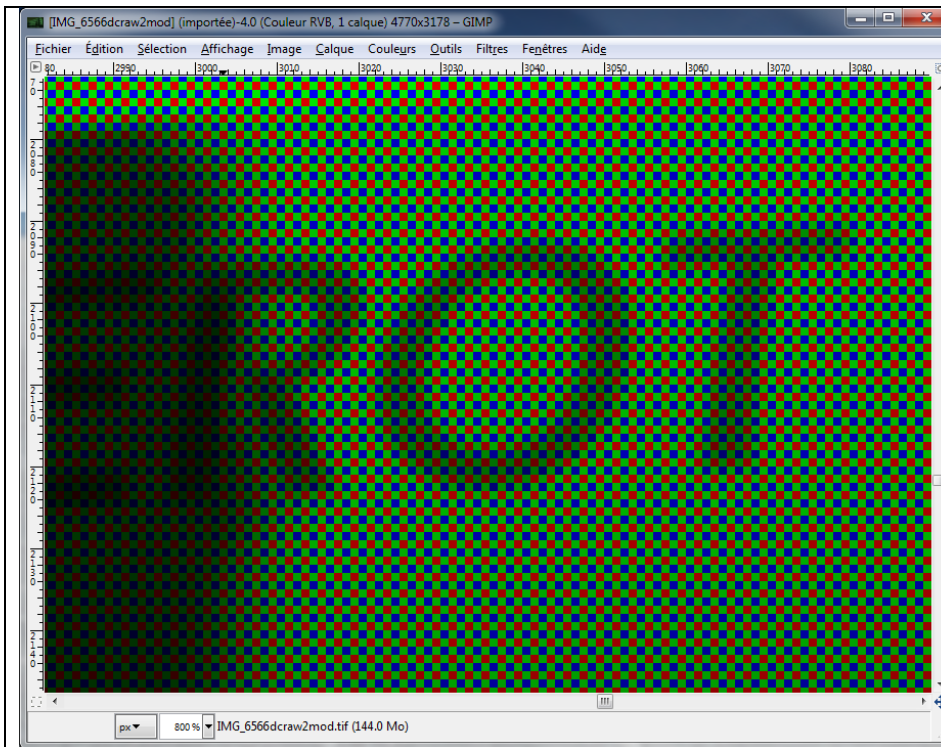


Les valeurs des pixels sont converties en R, G ou B suivant le format du filtre de Bayer, ici RGGB,

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

RGGB 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 **RGGB** .

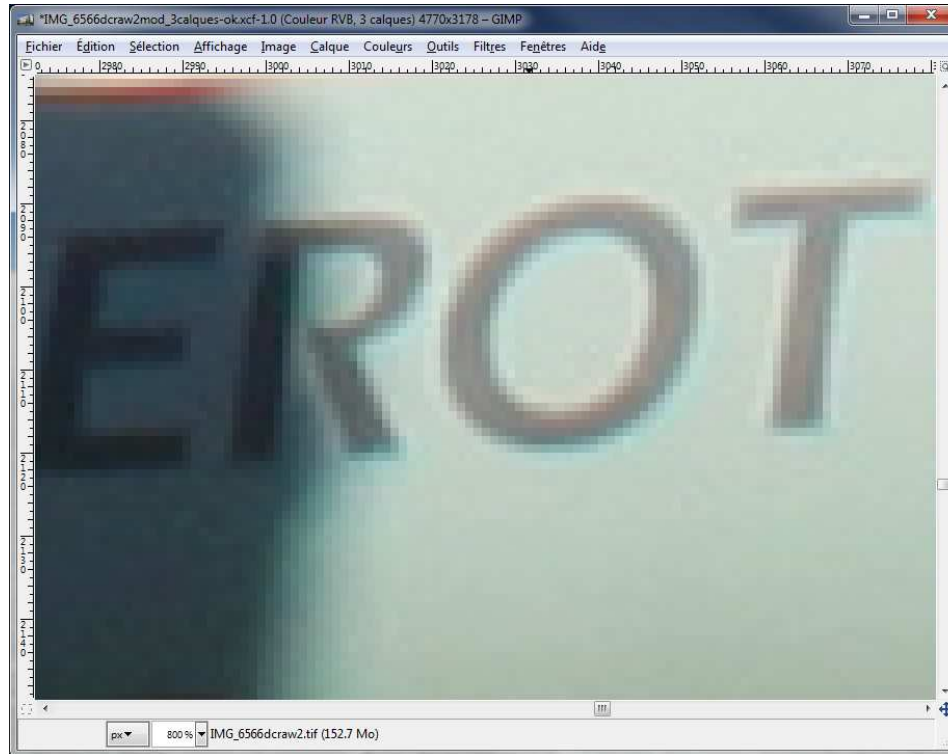


Avant

« 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

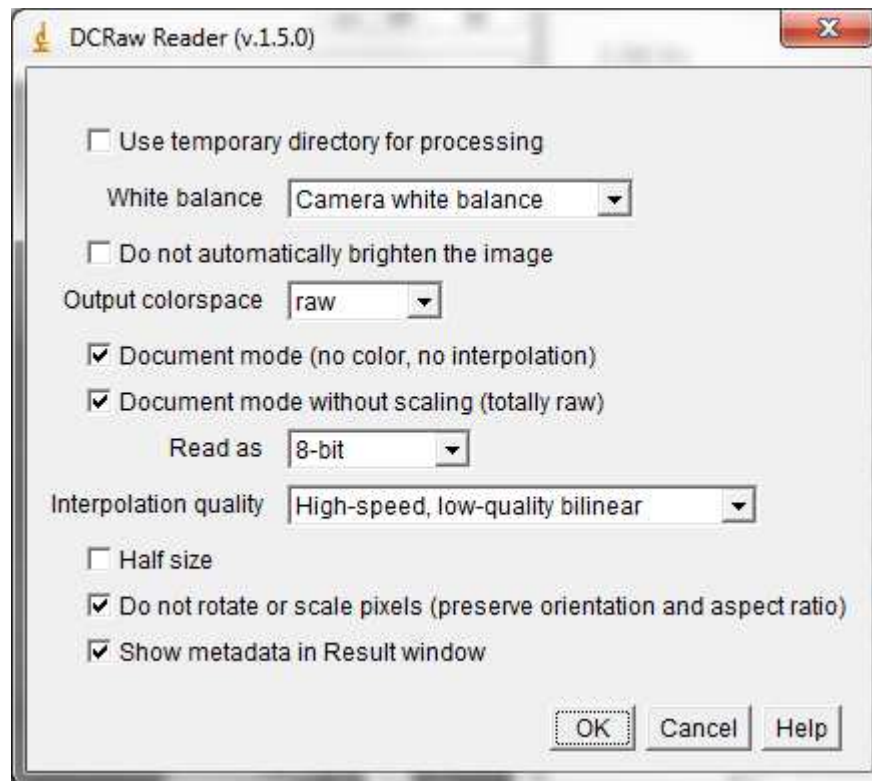


Pour l'image complète

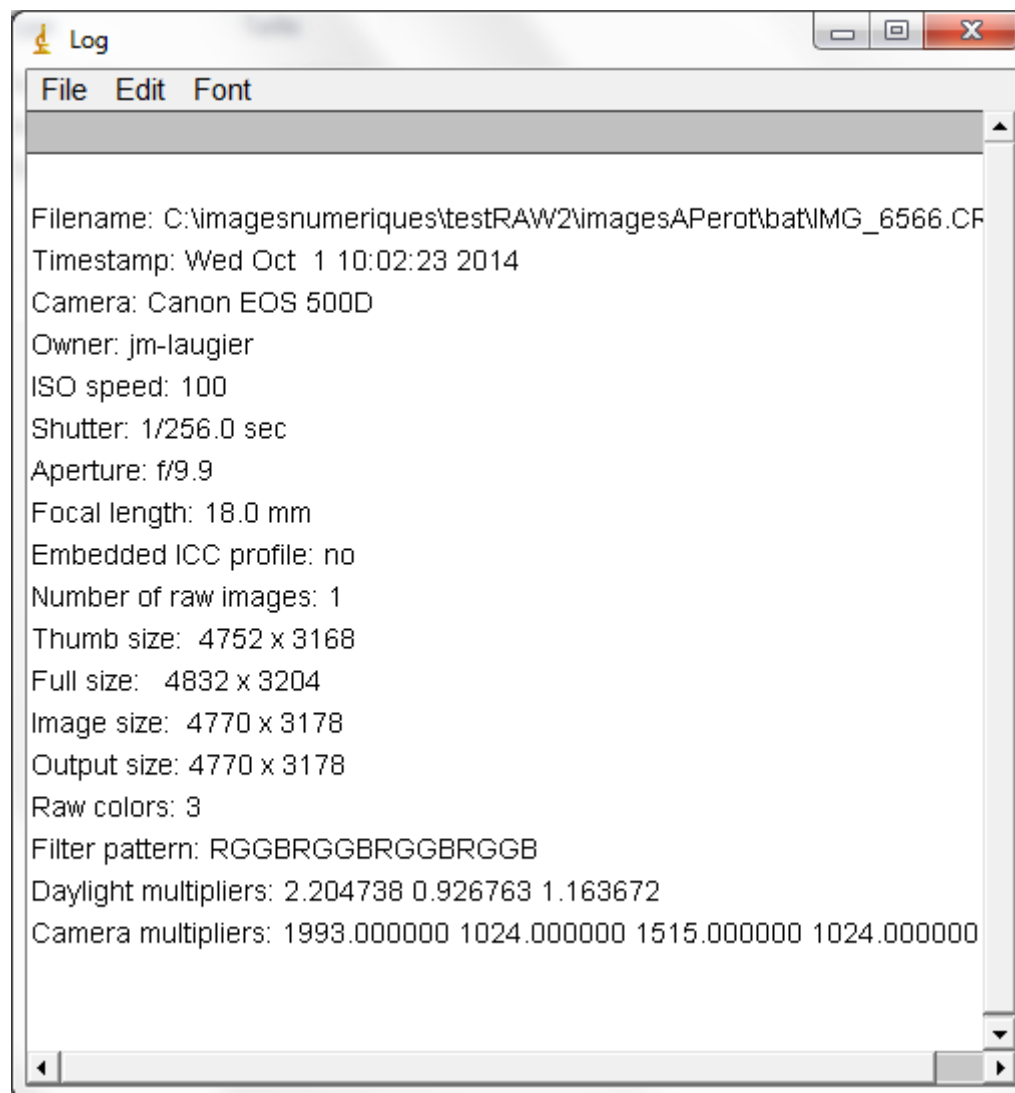


Procédure :  
ouvrir xx.CR2 avec ImageJ et le plug in DCRaw  
enregistrer en TIF ou BMP  
par exemple avec les options





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

+ format propriétaire RAW = format brut

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 ?*

*$15\text{Mpx} \times 3 \text{ (pour 3couleurs)} = \text{environ } 45/1024/1024 = 43\text{Mio}$*

## Remarque

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité\\_de\\_mesure\\_en\\_informatique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité_de_mesure_en_informatique)

Les unités de mesure suivantes sont utilisées en informatique pour quantifier la taille de la mémoire d'un ordinateur, l'espace utilisable sur un disque dur, la taille d'un fichier, d'un répertoire ou autre.

On peut utiliser avec la plupart de ces unités :

- soit des préfixes binaires (*kibi-* multiplie par  $2^{10}$  soit 1 024 ; *mébi-* par  $2^{20}$  soit 1 048 576 ; *gibi-* par  $2^{30}$  soit 1 073 741 824, etc.)
- soit des préfixes du système international d'unités (SI) (*kilo-* (k) multiplie par 1 000 ; *méga-* (M) par  $1\,000^2$  ; *giga-* (G) par  $1\,000^3$ , etc.)

## La bonne écriture !

[http://www.bipm.org/fr/si/si\\_brochure/chapter3/prefixes.html](http://www.bipm.org/fr/si/si_brochure/chapter3/prefixes.html)

Les préfixes SI représentent strictement des puissances de 10. Ils ne doivent pas être utilisés pour exprimer des puissances de 2 (par exemple, un kilobit représente 1000 bits et non 1024 bits). Les préfixes adoptés par la CEI pour les [puissances binaires](#) sont publiés dans la norme internationale CEI 60027-2 : 2005, 3<sup>e</sup> édition, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 2 : Télécommunications et électronique*. Les noms et symboles des préfixes correspondant à  $2^{10}$ ,  $2^{20}$ ,  $2^{30}$ ,  $2^{40}$ ,  $2^{50}$ , et  $2^{60}$  sont, respectivement : kibi, Ki ; mébi, Mi ; gibi, Gi ; tébi, Ti ; pébi, Pi ; et exbi, Ei. Ainsi, par exemple, un kibioctet s'écrit :  $1 \text{ KiB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$ , où B désigne l'octet. Bien que ces préfixes n'appartiennent pas au SI, ils doivent être utilisés en informatique afin d'éviter un usage incorrect des préfixes SI.

ou <http://physics.nist.gov/cuu/Units/binary.html>