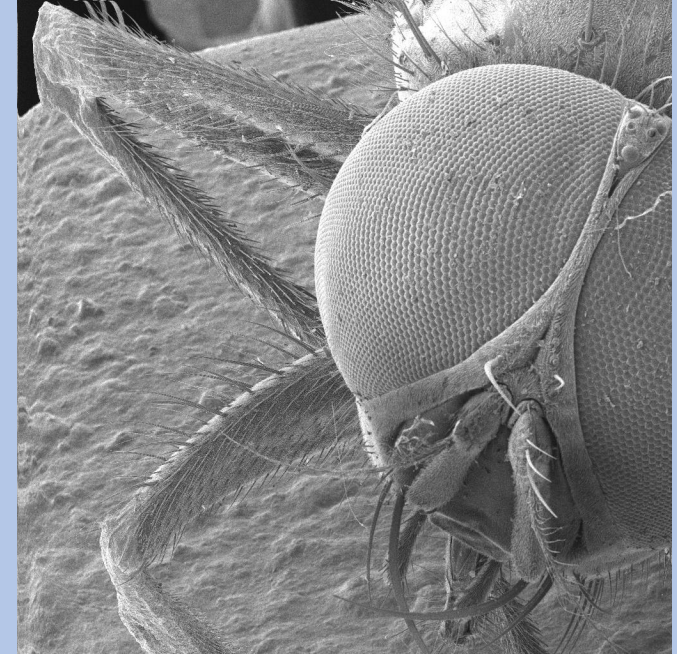


7-8 décembre 2017

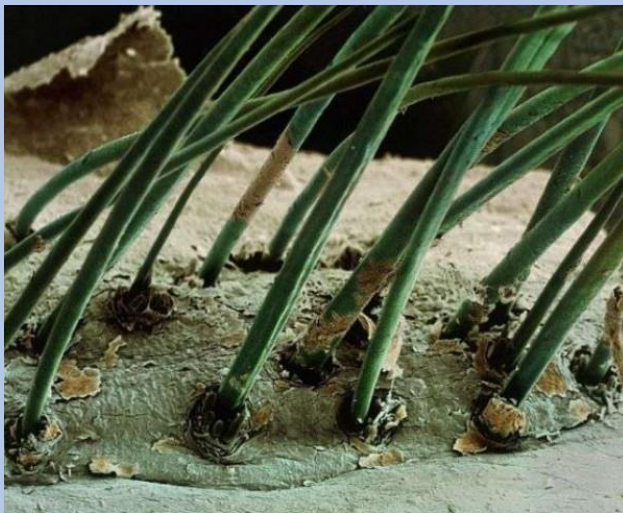


# Images, vision et couleur...

*de l'œil à l'image numérique.*

**Jacky RUSTE**

**GN-MEBA /Microscopie Icaunaise**



<http://micro.icaunais.free.fr>

[Jacky.ruste@orange.fr](mailto:Jacky.ruste@orange.fr)

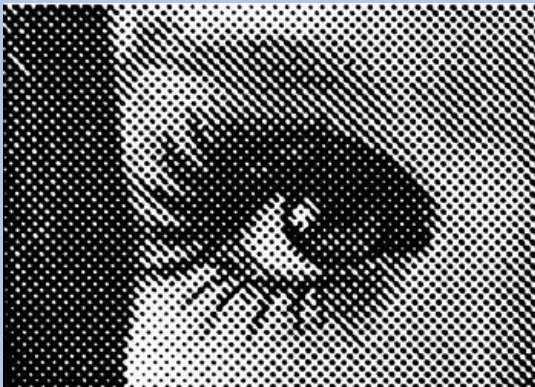
**Une image vaut mieux qu'un long discours...**

A l'origine et jusqu'à une époque récente l'image était analogique (« continue »)

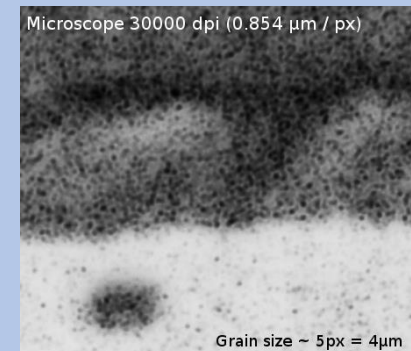


*peintures, gravures  
dépôts de pigments sur  
un support  
(parois, mur, toile, film...)*

La photographie « argentique » est aussi considérée comme « analogique » bien que constituée de petits grains de AgI (quelques  $\mu\text{m}$  de diamètre)



*L'impression « journal » présente aussi une forme de pixélisation.*



Vers la fin des années 70, début 80 (grâce aux progrès de l'informatique) la numérisation des images devient courante.

Au milieu des années 80 la numérisation des images MEB devient possible même si elle a des difficultés à s'imposer face à l'image argentique.

Des accessoires de numérisation comme le « Crystal » de Quantel Micro-consultant permettaient de piloter le MEB et de numériser les images, de les stocker (disques « Bernoulli ») de les traiter (accumulation, filtrage...) avec une définition modeste (balayage TV, moins de 600 lignes).

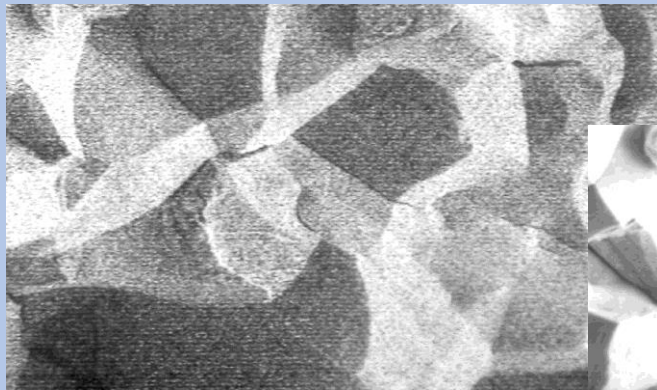
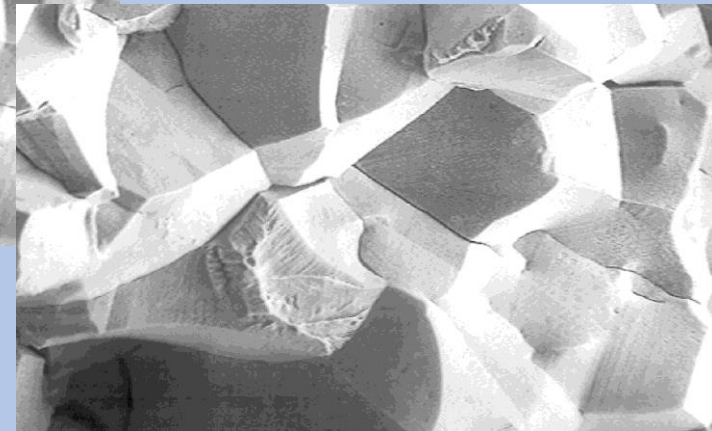


Image en balayage rapide sans accumulation

Rupture fragile d'un acier



accumulation de 16 images en balayage rapide (RSB amélioré par 4)



Après application d'un filtre numérique d'amélioration de la netteté

-1	-3	-1
-3	10	-3
-1	-3	-1

J. Ruste « Numérisation des images en microscopie électronique à balayage et en analyse X »  
Réunion G8-ANRT – décembre 1988  
Traitement d'image en Microscopie électronique à balayage et en microanalyse par sonde électronique – Publication ANRT - 1990

Par la suite les MEB se sont numérisés... discrètement d'abord puis ouvertement !

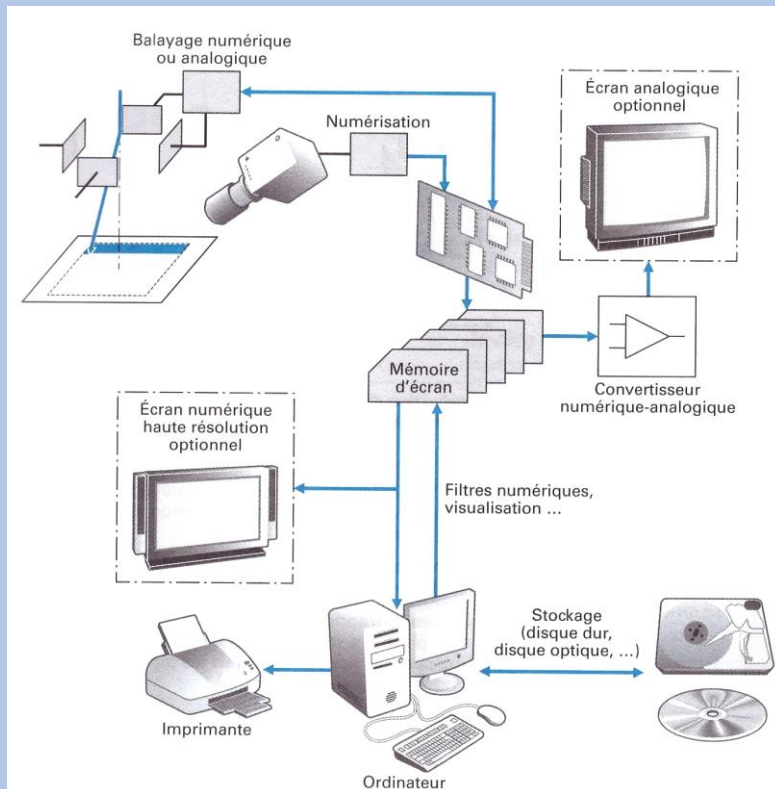
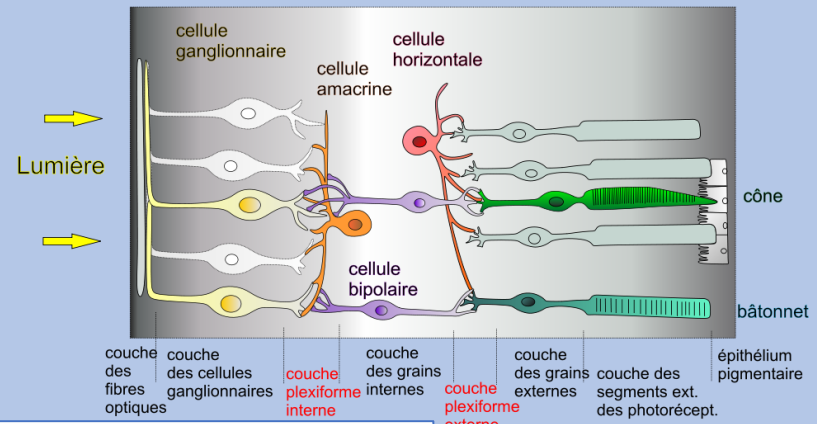
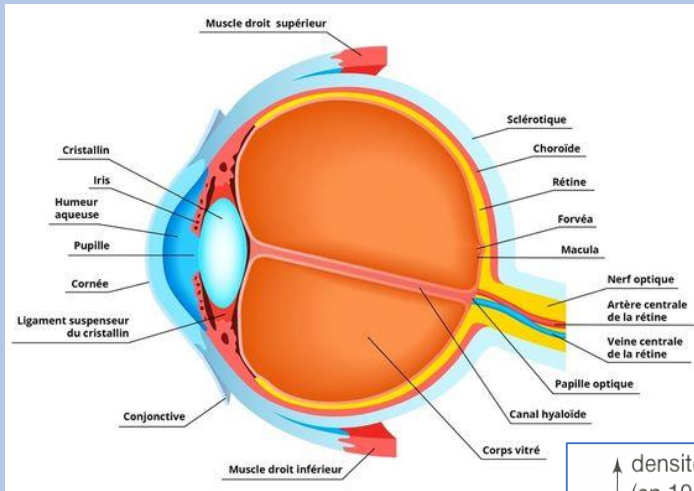


Schéma de principe d'un MEB numérique

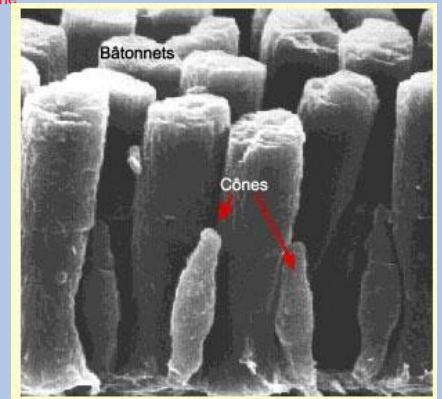
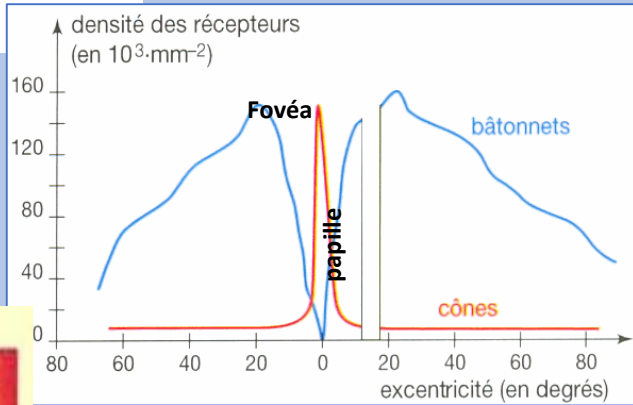
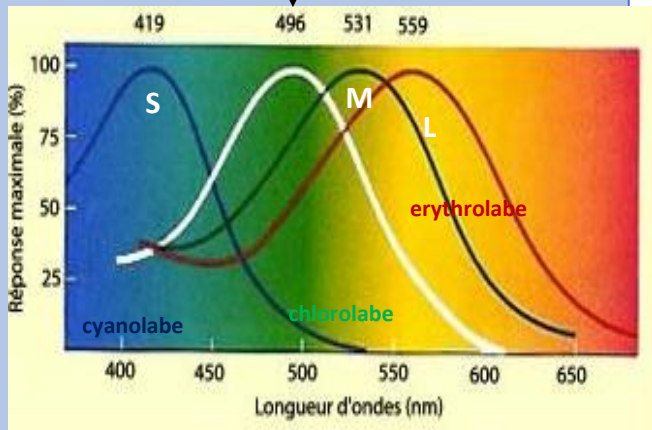
*La suite...*

- *l'œil et la vision*
- *les images numériques, définition*
- *format et compression*
- *la couleur*



**L'œil : élément final de la chaîne d'observation**

**bâtonnets**



La rétine comporte environ 130 millions de bâtonnets sensibles à l'intensité lumineuse (rhodopsine ou pourpre rétinien) et environ 5 à 7 millions de cônes contenant des pigments (iodopsine) sensibles à la couleur (vision trichromique : bleu, vert et jaune). *Les cônes sont concentrés au niveau de la fovéa au centre de la macula (axe optique). Les cônes S (100 fois moins abondants que les M+L) sont distribués autour de la fovéa. La papille d'où part le nerf optique est dépourvue de photorécepteurs.*

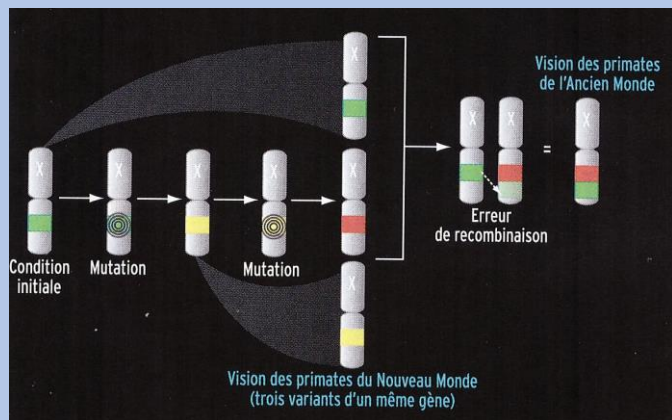
Si nous disposons d'un angle de vision de 190°, la vision est nette et colorée seulement dans un angle de 5° autour de la fovéa, le reste étant flou et en noir et blanc... C'est la grande mobilité de l'œil et la reconstruction par le cerveau qui permet d'avoir une image totale net et colorée partout (estimée à 576 Mégapixels)

La sensibilité en niveau de gris est inférieure à 250

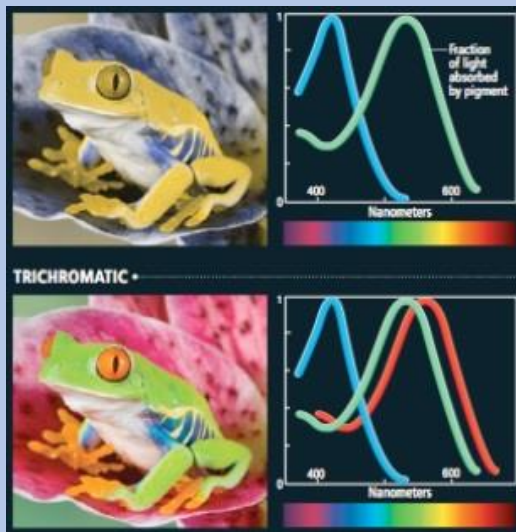
On estime qu'elle est d'environ 300 nuances par couleur soit théoriquement près de 16 millions de nuances différentes (estimée à environ 1 million mais en réalité plus proche de 300.000)

Si les reptiles, poissons, oiseaux disposent d'une vision tétrachromique voire pentachromique (du rouge à l'ultraviolet) et même souvent plus (la crevette mante possède 12 types de cônes), les mammifères ont une vision bichromique (bleu et vert)(comme les personnes atteintes de daltonisme d'ailleurs, 8% des hommes et 0,4% des femmes) (le gène de la vision du bleu est localisée sur le chromosome 7 et celui de la vision du vert est sur le chromosome X)

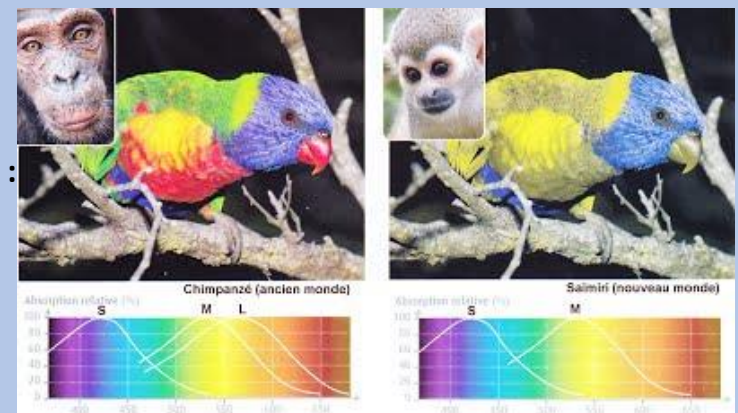
*Seuls les grands singes (et l'homme) bénéficient d'une vision trichromique suite à une mutation génétique sur le chromosome X, survenue il y a 30 à 40 millions d'années.*



		Gène du pigment de courte longueur d'onde	+	Gène(s) du pigment de grande longueur d'onde	=	Type de vision en couleur
Primates de l'Ancien Monde	Mâle			Deux gènes codant chacun un pigment par chromosome X 	$XX$	Trichromatie
	Femelle				$XX$	Trichromatie



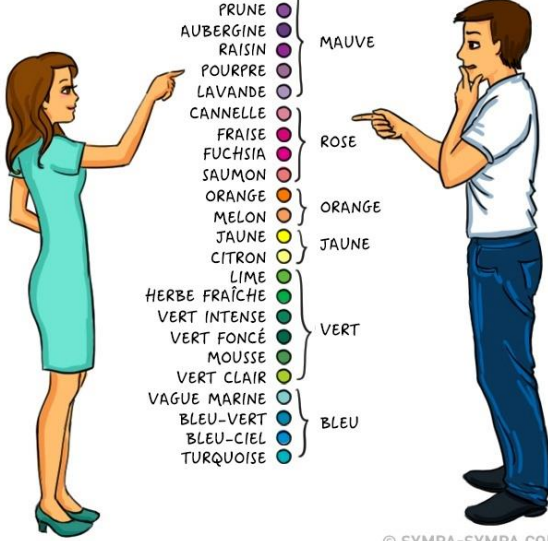
Intérêt de la vision trichromique : distinguer le vert et le rouge



# COMMENT ILS VOIENT LES COULEURS

FEMMES

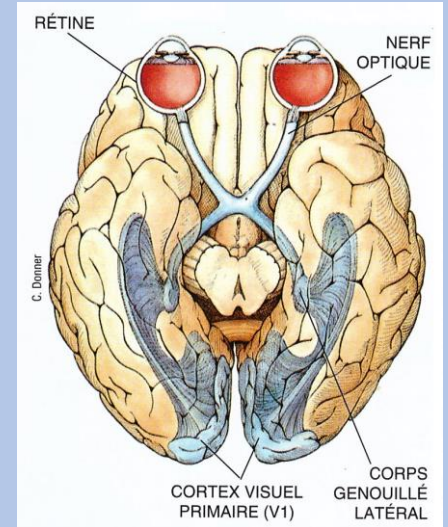
HOMMES



© SYMPA-SYMPA.COM

Selon certaines études récentes il semblerait qu'une fraction importante de femmes (2 à 3%) bénéficierait une 4<sup>ème</sup> sensibilité entre le jaune et le rouge (orange)... la tétrachromie... (ce qui autoriserait la vision de 100 millions de nuances chromatiques !)(Cf. Concetta Antico, peintre de San Diego) ce qui expliquerait bien des choses !

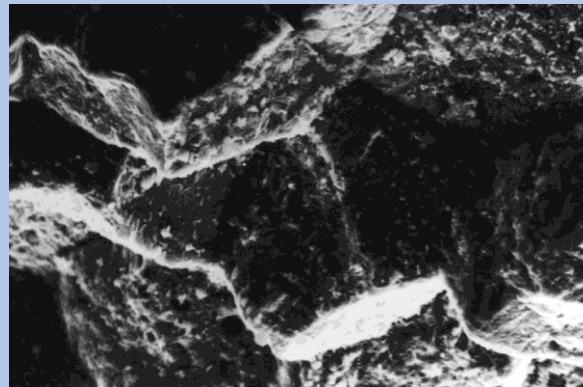
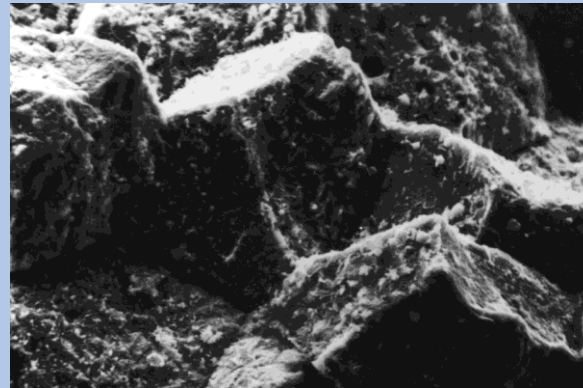
L'œil n'est qu'un détecteur, c'est le cerveau qui interprète les images au niveau du corps genouillé latéral et du cortex visuel (25% des capacités du cortex sont utilisés pour la vision).



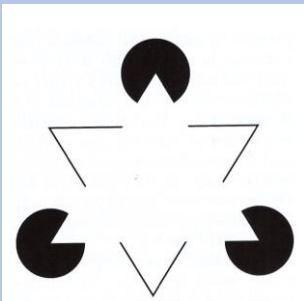
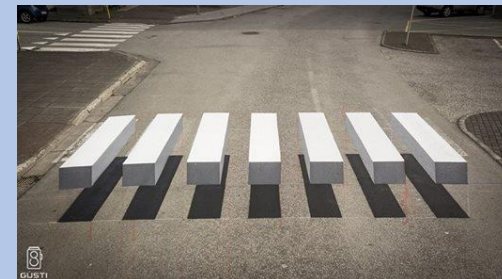
*Son interprétation n'est pas exempte d'erreur !*

*exemple en MEB*

*l'interprétation du relief en fonction de la direction de l'éclairage supérieur.*



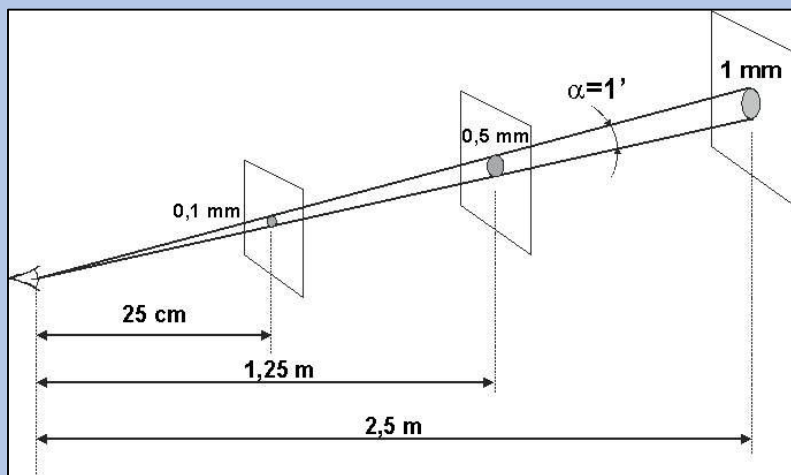
*nouveaux passages piétons*



triangle de Kanizsa



que voyez vous ?  
une jeune ou  
une vieille femme?



Résolution angulaire de l'œil (acuité visuelle) :  
entre 60 et 70 cycles/degré  
soit environ 1 minute d'arc

*C'est-à-dire un détail de 0,1 à 0,2 mm sur un écran  
situé à 25-30 cm*

*Ce qui est excellent !*

*(Pour un cheval elle est 2 fois plus faible mais 5 fois plus  
élevée chez les rapaces)*

*Ce qui n'est pas sans conséquence sur  
la définition utile d'une image numérique...*

Et en MEB sur le choix de l'intensité  
du courant électronique (et donc du  
diamètre de sonde) en fonction du  
grandissement :

*Pour un grandissement donné G, il faut  
que le diamètre de la sonde (r) reporté  
sur l'écran (G.r) soit inférieur à la résolution  
de l'œil (G.r < 100 μm), sinon l'image sera  
floue.*

*Mais s'il est trop petit (courant sonde  
trop faible) l'image sera nette mais bruitée.*

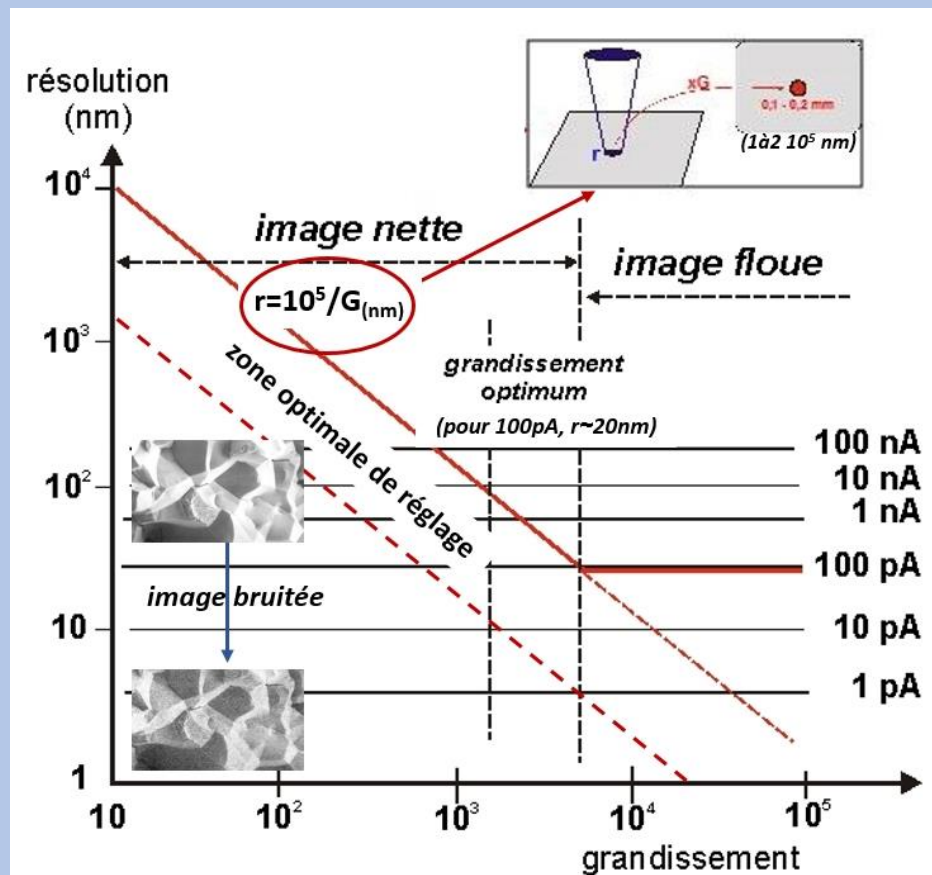


Image numérique : suite de valeurs numériques (binaires) enregistrées dans un fichier informatique mais qui a aussi besoin d'un support pour exister (RAM, disque dur, CD ROM...)

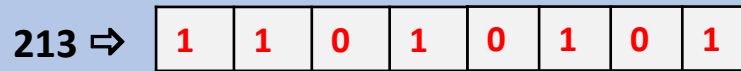
**Petit rappel sur la notation binaire et hexadécimale :**

notation décimale (base 10) 1 2 3 4 5 6 7 8...  
 notation binaire (base 2) 1 10 11 100 101 110 111 1000...

n bits : [0 à 2<sup>n</sup>-1]

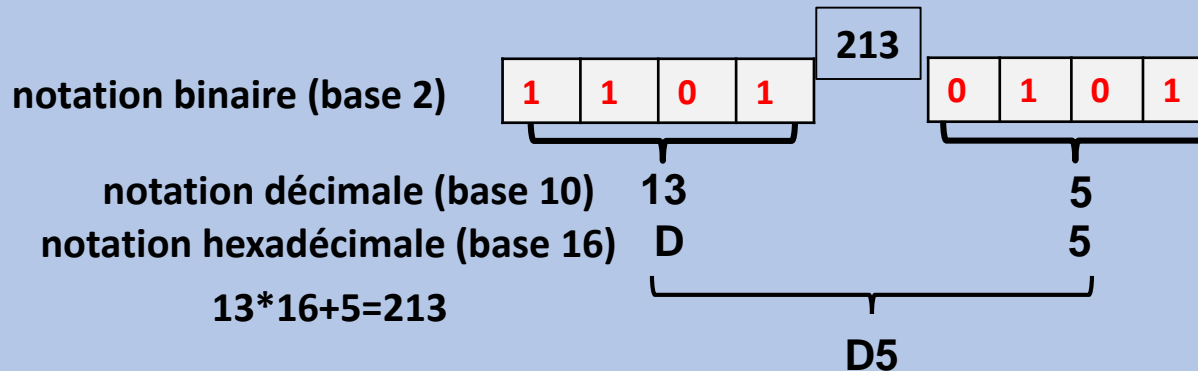
n	2 <sup>n</sup>
4	16
8	256
12	4.096
16	65.536
24	16.777.216
32	4,3 10 <sup>9</sup>
64	3,7 10 <sup>19</sup>

1 octet : 8 bit en binaire (0 à 255)



1 chiffre en base 16

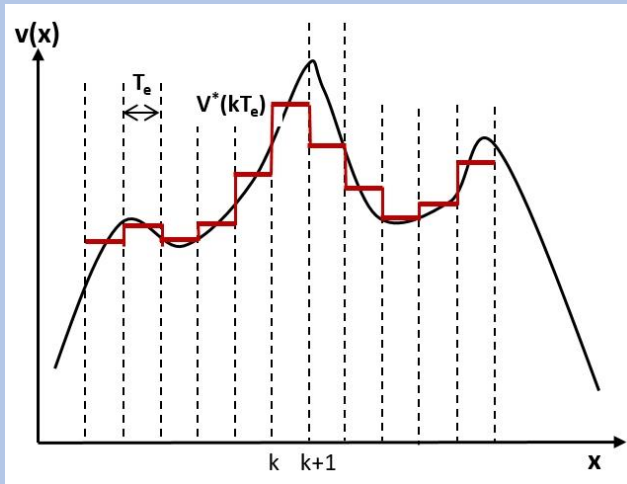
⇒ notation hexadécimale (base 16) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 **A B C D E F** 10...  
 notation décimale (base 10) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16...



## La numérisation

Le passage d'un signal analogique ( $V_e$  continu) à un signal numérique ( $V_e$  discret) se fait généralement en 3 étapes :

- 1 – l'échantillonnage
- 2 – la quantification
- 3 – le codage numérique



### L'échantillonnage

découper un signal continu en une série de signaux discrets de durée  $T_e$

$$[v_k(x), v_{k+1}(x)] \rightarrow V_e(k.T_e)$$

$f_e = 1/T_e$  : fréquence d'échantillonnage (ou de Nyquist)

*cinéma : 24 images fixes /seconde*  
*télévision : 25 images fixes /seconde*

**Théorème de Shannon (1949)**  
**basé sur les travaux de Nyquist (1928)**

*La fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à 2 fois la fréquence la plus élevée du signal analogique*

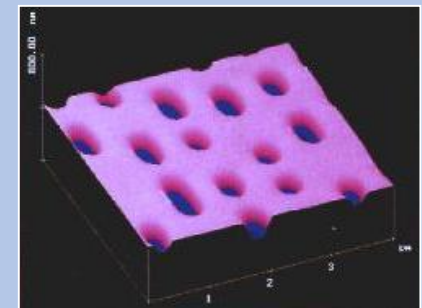
exemple :

$$f_e > 2 \cdot f_{\max}$$

parole : fréquence comprise entre 160 et 3500 Hz  $\Rightarrow f_e = 7$  kHz

musique (CD) : fréquence comprise entre 20 et 20.000 Hz  $\Rightarrow f_e = 44,1$  kHz

*(prise de son 88,2 kHz, 176,4 kHz)*



structure d'un DVD

## L'image numérique

On peut distinguer :

### 1. l'image « bit-map » ou matricielle

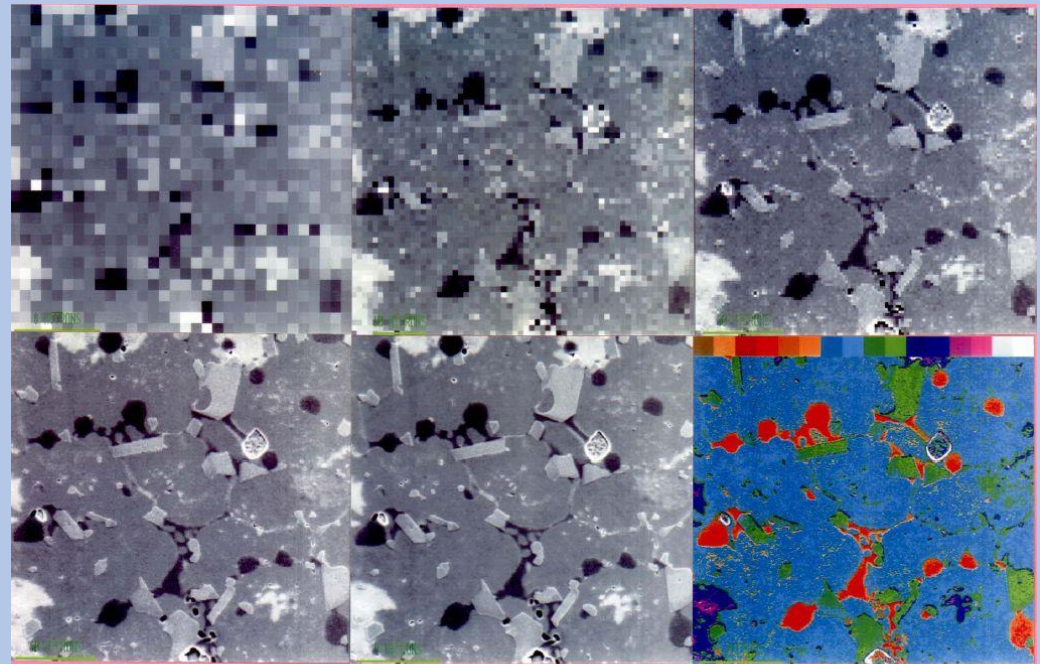
constituée par une succession de « pixels » (point image)



### caractéristiques d'une image bit-map

#### 1 – sa définition x, y

x nombre de pixels par ligne  
y nombre de lignes



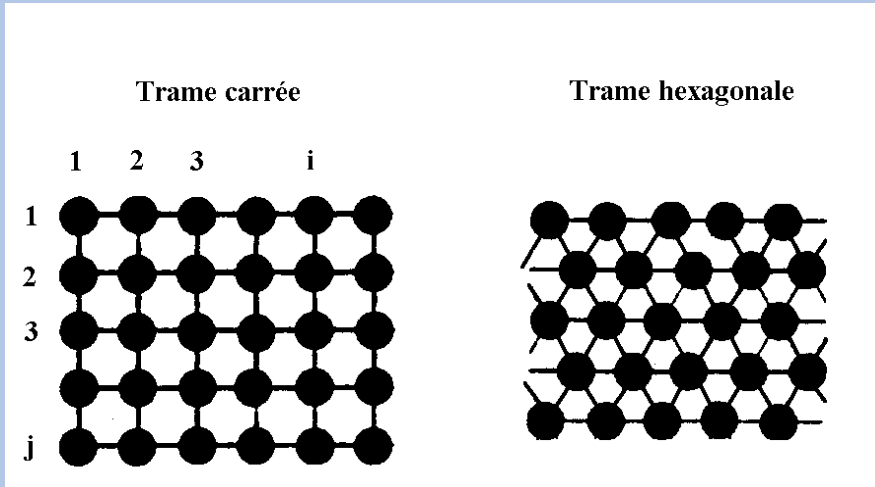
De gauche à droite, de haut en bas définition : 32, 64, 128, 256, 512, 512 en fausses couleurs.

*Les pixels peuvent être répartis de différentes façons ⇒ la trame (ou pavage)*

## La trame (ou pavage)

Majoritairement on utilise une trame carrée.

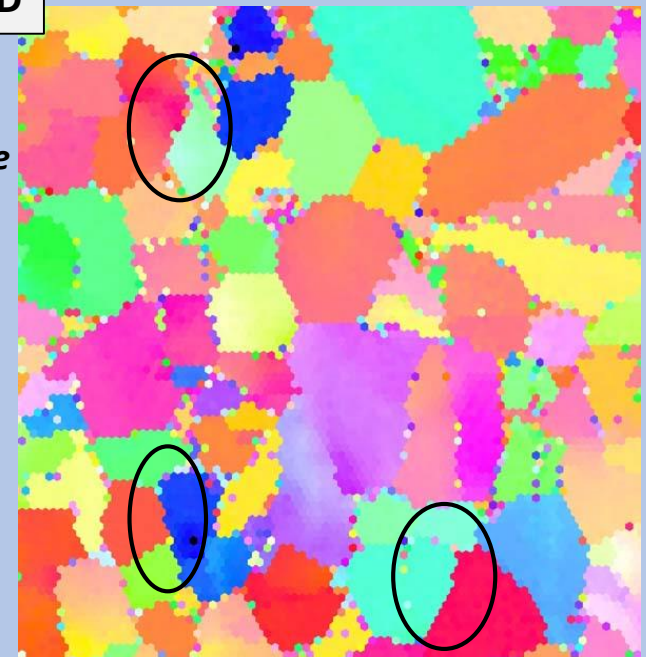
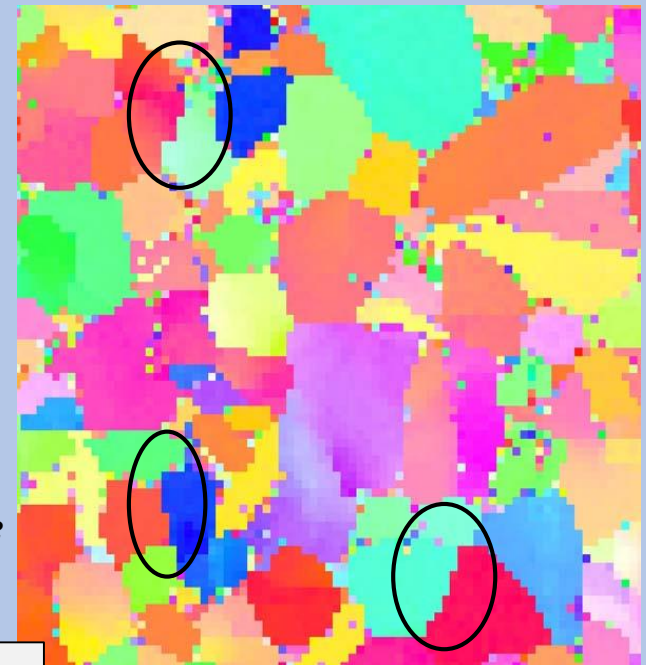
Parfois on peut utiliser une autre forme de réseau de balayage :  
En EBSD par exemple elle est souvent hexagonale, ce qui permet une meilleure couverture à pas d'acquisition égal et donc une meilleure définition des frontières.



*trame carrée*

Cartes EBSD

*trame hexagonale*



## 2 – sa profondeur

nombre de bit affecté à chaque pixel pour définir son intensité

n bits : [0 à  $2^n-1$ ]

a) images en noir & blanc (niveaux de gris) → 8 bits (un octet) → 255 valeurs

000 008 016 024 032 040 048 056 064 072 080 088 096 104 112 120 128 136 144 152 160 168 176 184 192 200 208 216 224 232 240 248 255

b) images en couleur :

16 bits 65.536 couleurs

24 bits (3 octets) 16.777.216 couleurs →

32 bits, 48 bits ...

R	V	B	Couleur
0	0	0	noir
0	0	1	nuance de noir
255	0	0	rouge
0	255	0	vert
0	0	255	bleu
128	128	128	gris
255	255	255	blanc

chaque couleur (rouge, vert et bleu) est codée sur 8 bits (0 à 255)

Pour gagner de l'espace on peut utiliser une « palette » : on recherche toutes les couleurs présentes dans l'image et on les remplace par un nombre codé sur un octet,

0 (255,255,255)  
1 (107,49,41)  
2 (173,90,66)  
3 (255,198,165)  
4 (231,148,99)  
5 (214,140,90)  
6 (239,173,23)  
7 (231,165,15)  
8 (247,189,140)  
9 (33,49,90)  
10 (24,16,41)  
11 (16,8,33)  
12 (41,24,33)  
13 (90,74,82)  
14 (66,33,41)  
15 (0,0,0)

(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)	(231,165,115)	(231,148,99)
(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)
(231,165,115)	(231,148,99)	(231,148,99)	(231,165,115)	(231,148,99)
(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)
(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)	(231,148,99)	(214,140,90)

image d'indices E

4	4	4	7	4
4	4	4	4	4
7	4	4	7	4
4	4	4	4	4
4	4	4	4	5

palette

0	(255,255,255)
1	(107,49,41)
2	(173,90,66)
3	(255,198,165)
4	(231,148,99)
5	(214,140,90)
6	(239,173,23)
7	(231,165,15)
8	(247,189,140)
9	(33,49,90)
10	(24,16,41)
11	(16,8,33)
12	(41,24,33)
13	(90,74,82)
14	(66,33,41)
15	(0,0,0)

transformation R/B

231	231	231	231	231
231	231	231	231	231
231	231	231	231	231
231	231	231	231	214

148	148	148	165	148
148	148	148	148	148
165	148	148	165	148
148	148	148	148	148
148	148	148	148	140

couleur affichée

### 3 - sa résolution

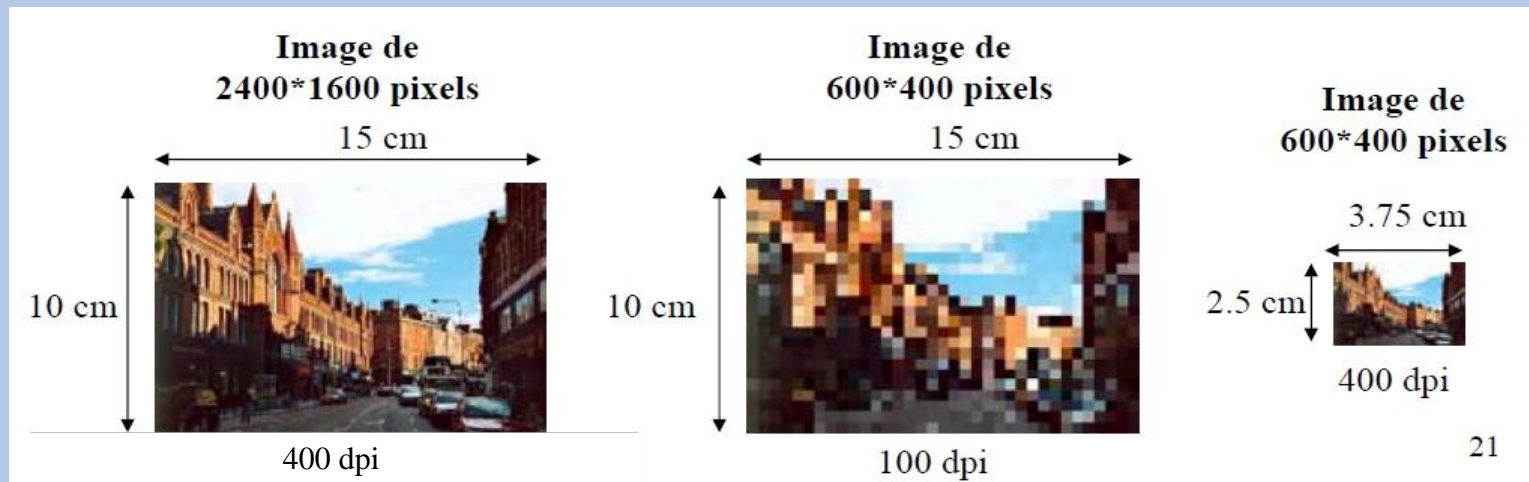
(souvent confondu avec « définition »)

nombre de pixels par unité de longueur, s'exprime en dpi (dot per inch) (1 dpi = 2,54 pixels /cm)

écran d'ordinateur : 72 à 96 dpi (21" → 1600x1200 en 96 dpi)  
impression sur support papier : 150 dpi  
impression photo : 300 dpi

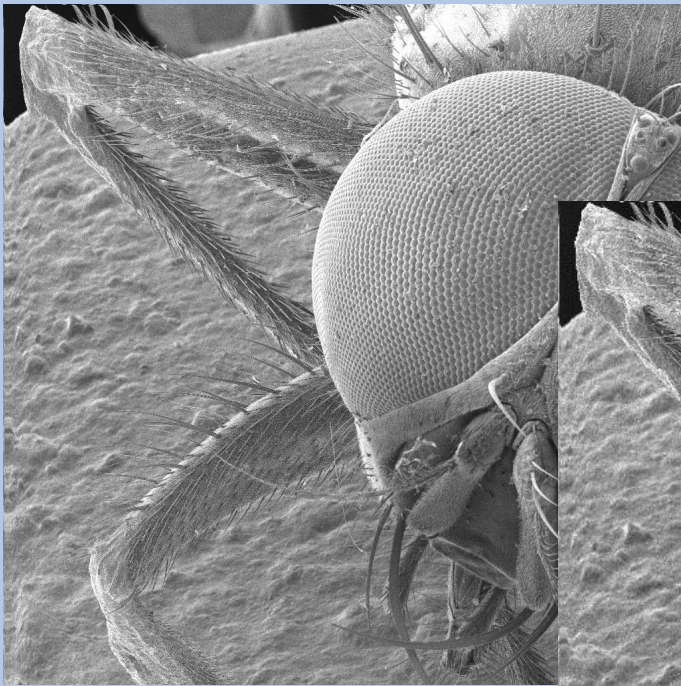
**définition, résolution et résolution oculaire sont liés !**

Le choix de la définition d'une image va dépendre de la dimension du support final (écran, papier...)

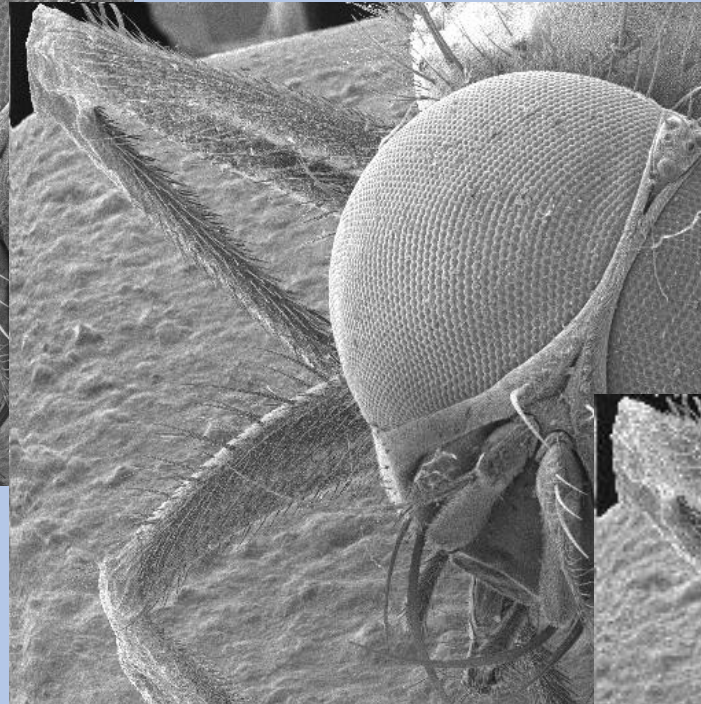


En image électronique, pour un écran de 10cmx10cm considérant une résolution de l'œil de 100 µm il faut donc un minimum de 1.000 pixels, et plus si l'écran est plus grand...

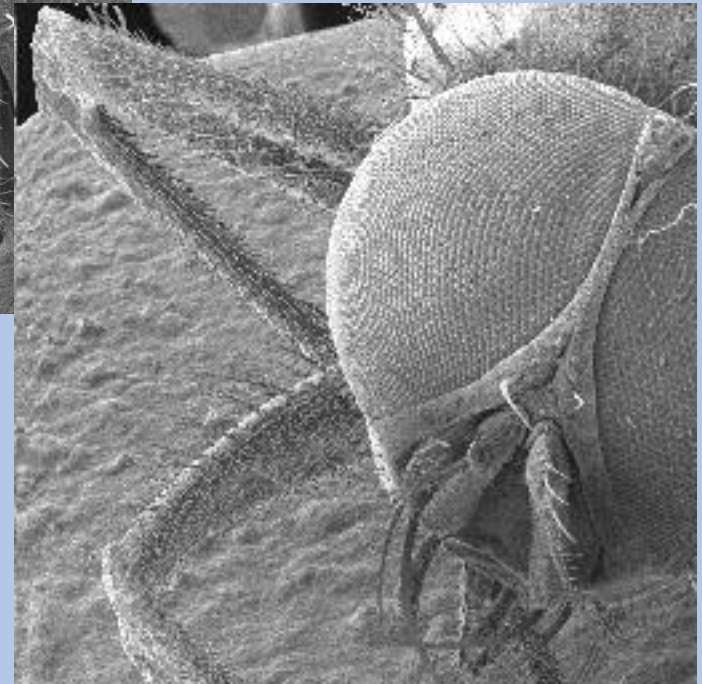
**Par contre il faut aussi tenir compte de la dimension de la zone d'où provient l'information. C'est surtout vrai en cartographie X où cette dimension est de l'ordre du µm**



1024x1024  
1224 Ko



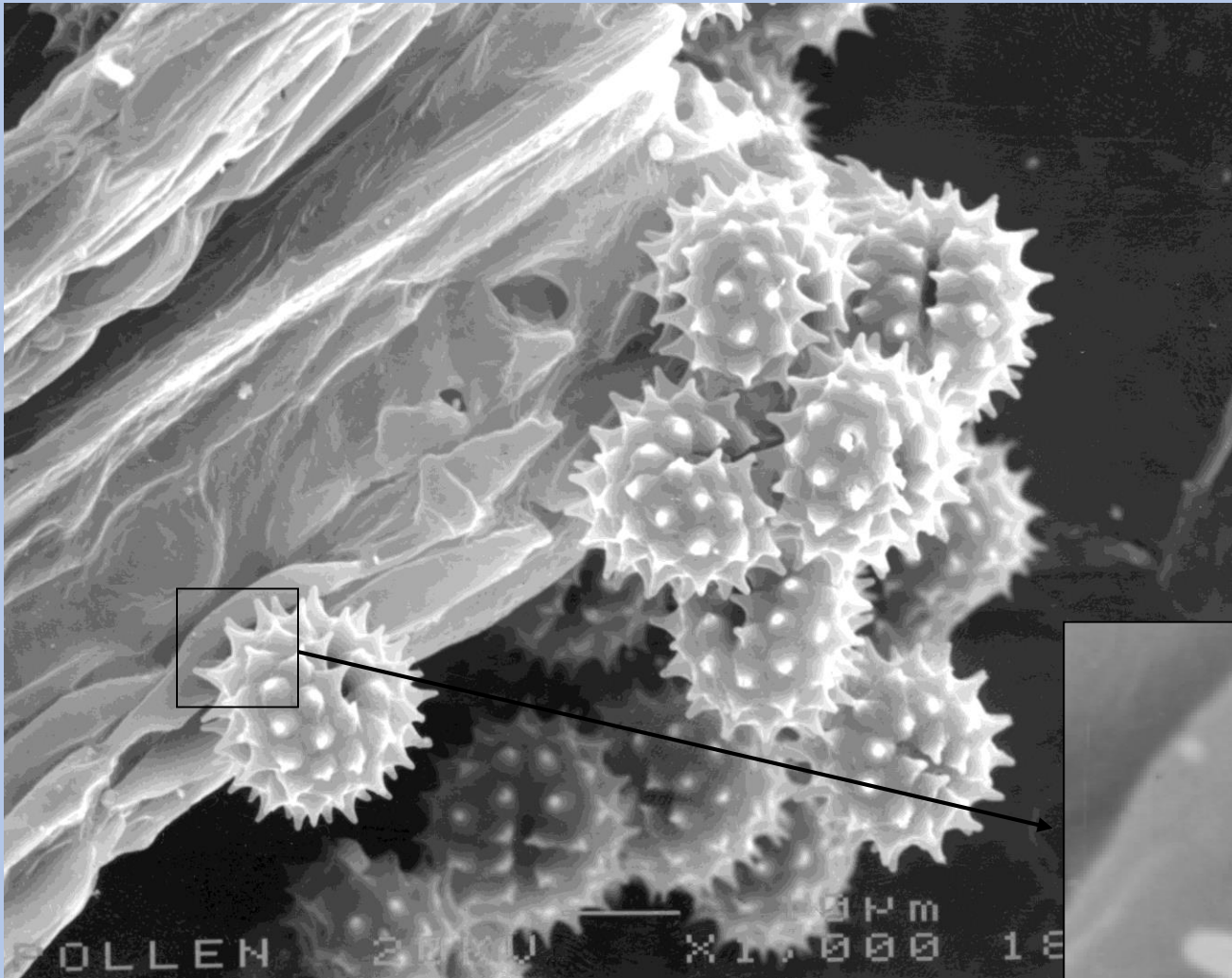
512x512  
258 Ko



256x256  
66 Ko

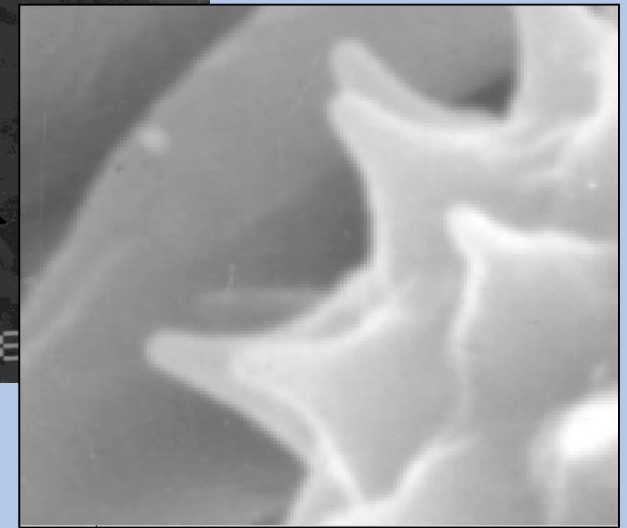
**Influence de la définition de l'image**

*TIFF – 256 niveaux de gris*



2146x1691 (3 550 Ko)

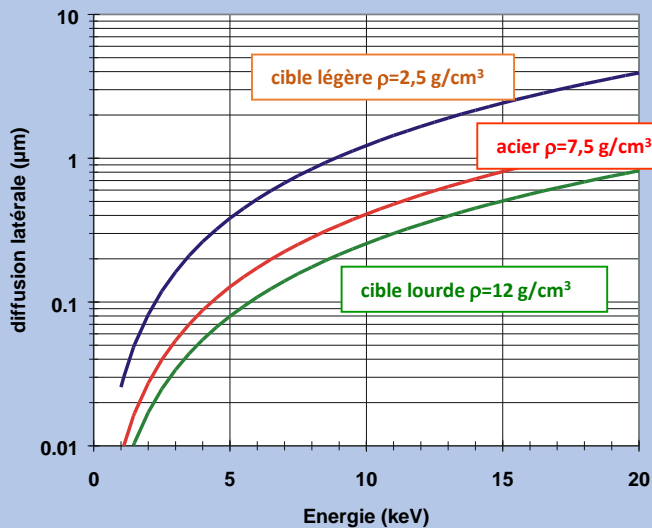
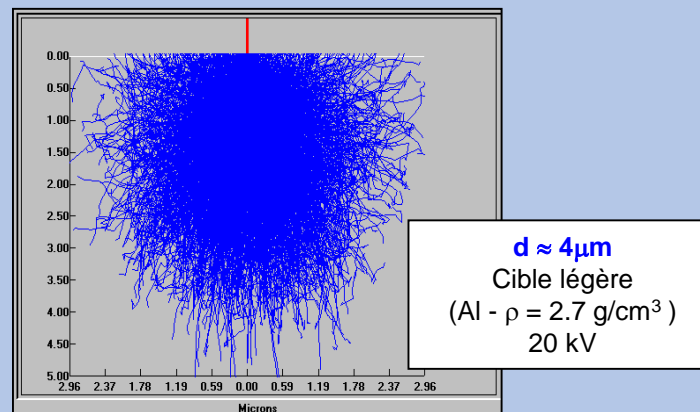
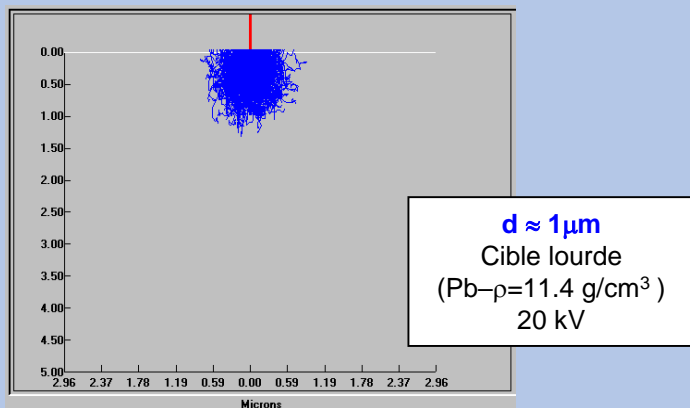
x4



*même en agrandissant fortement l'image on ne distingue pas les pixels*

**En cartographie X, il faut aussi tenir compte de la dimension de la zone d'où provient l'information qui est de l'ordre du  $\mu\text{m}$  dans des conditions standard et qui dépend :**

- 1 – du diamètre  $d$  de la « poire » d'interactions (résolution latérale liée à la diffusion électronique,)
- 2 – du diamètre  $\phi$  de la sonde électronique



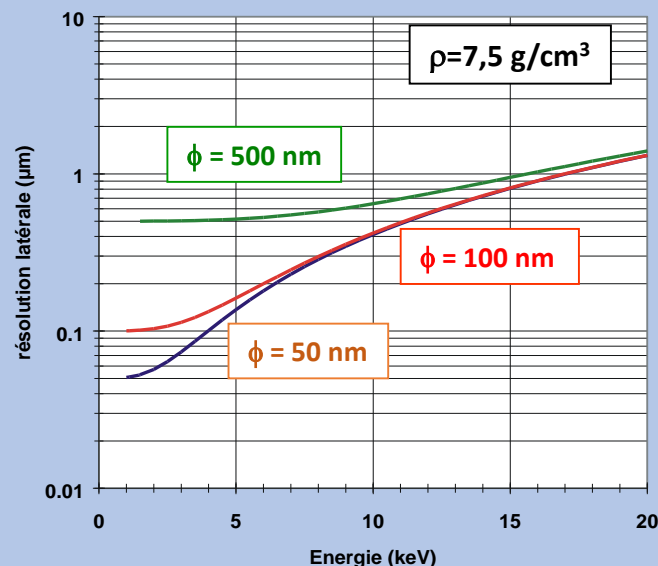
variation de la diffusion électronique en fonction de l'énergie, pour différentes cibles

**résolution latérale**

$$R = \sqrt{d^2 + \phi^2}$$

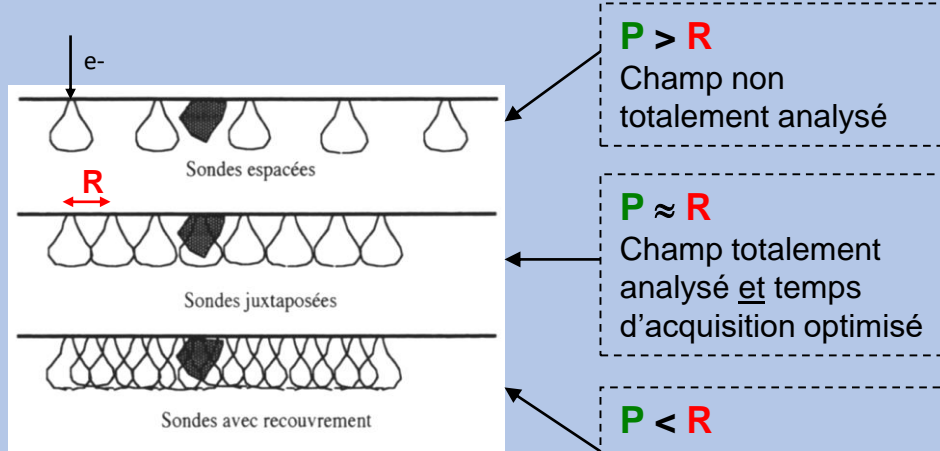
diffusion électronique

diamètre sonde



variation de la résolution latérale pour une cible d'acier et pour différents diamètres de sonde

**Taille du pixel ( P ) dans la cartographie X  $\approx$  Largeur du volume source de RX ( R ) dans l'échantillon**



**P > R**  
Champ non totalement analysé

**P  $\approx$  R**  
Champ totalement analysé et temps d'acquisition optimisé

**P < R**  
Temps d'acquisition surévalué, fichier très lourd



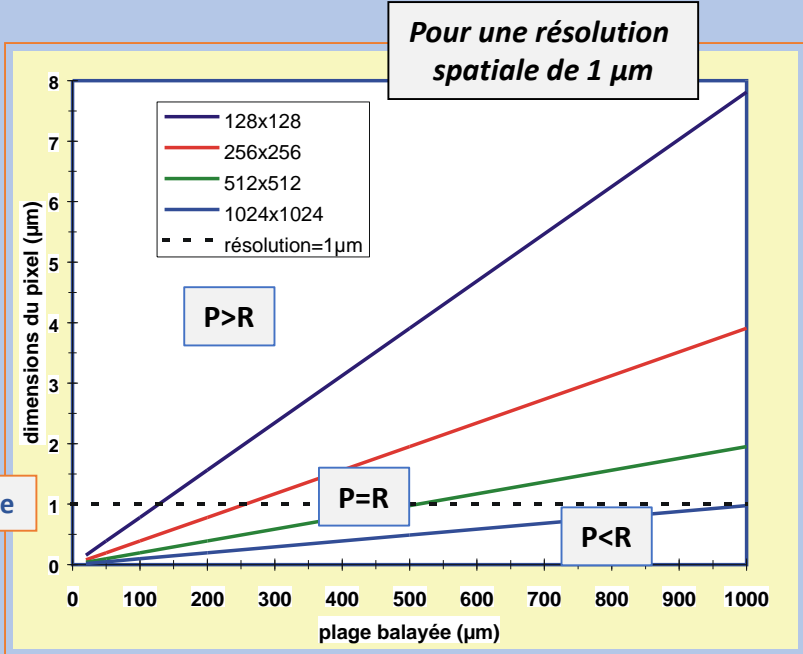
résolution (N)	nb de pixels	taille du fichier*	temps (10ms/pixel)
128x128	16 384	32Ko	160 sec
256x256	65 536	128Ko	11 mn
512x512	262 144	512Ko	45 mn
1024x1024	1 048 576	2Mo	3h
2048x2048	4 194 304	8Mo	12h

\* format non compressé

En théorie on choisira  $P=R/2$  (théorème de Shannon) et en pratique entre  $2R$  et  $R/2$

Largeur du champ sur l'échantillon ( $\mu\text{m}$ )	Grandissement (format polaroid)	Nombre de pixels à choisir, pour $R \approx 1\mu\text{m}$	Nombre de pixels à choisir, pour $R \approx 4\mu\text{m}$
1000	120	1024 x 800	256 x 200
500	240	512 x 400	128 x 100
200	600	256 x 200	64 x 50
100	1200	128 x 100	64 x 50
60	2000	64 x 50	64 x 50

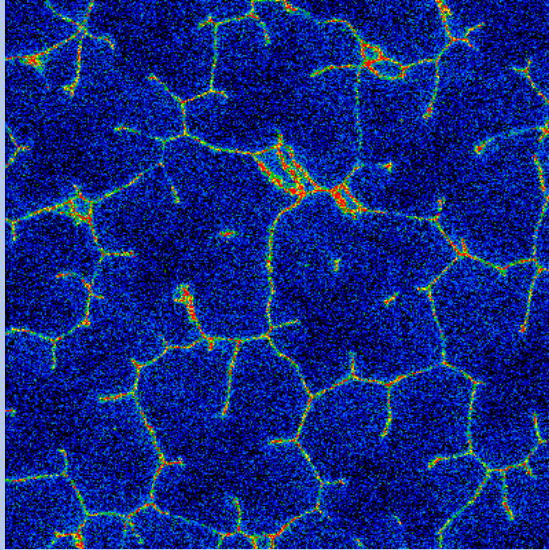
résolution optimale



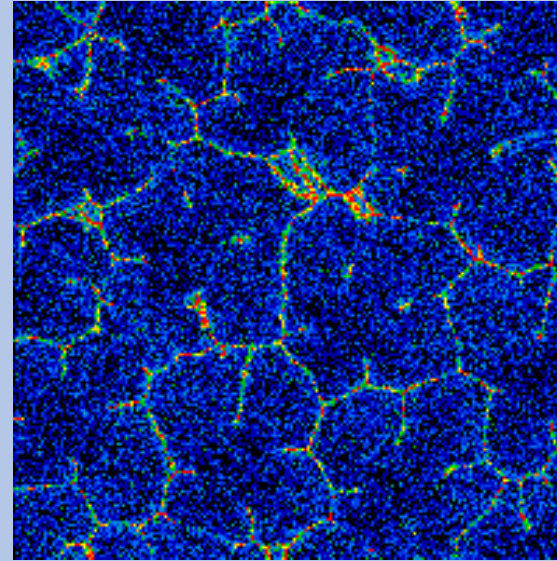
Pour une résolution spatiale de 1  $\mu\text{m}$

**Exemples...**

**structure de solidification d'un alliage base nickel  
image X du Nb**

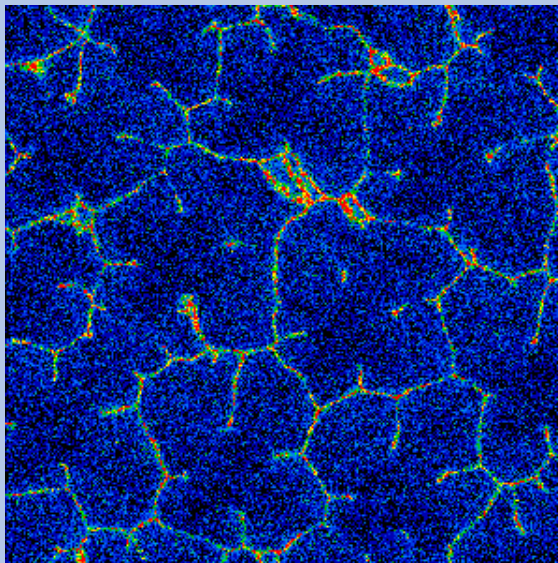


400x400 pixels  
(2  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ )



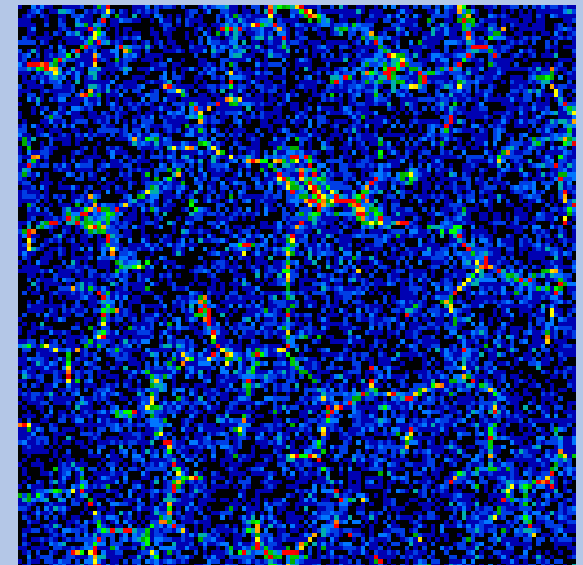
(WDS - déplacement échantillon)

200x200 pixels  
(4  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ )



300x300 pixels  
(2,7  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ )

**grande plage balayée  
800  $\mu\text{m}$  x 800  $\mu\text{m}$**



128x128 pixels  
(6,25  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ )

## 2 - Images bit-map binaires

L'image binaire ou seuillée est une image bit-map où tous les pixels de niveau inférieur à un seuil donné sont mis à 0, les autres à 255.

image en nuances de gris → image en noir et blanc

## 3 - L'image vectorielle

Image stockée sous la forme d'instructions

- faible poids
- insensible au grandissement (modification des paramètres)
- doit être transformée en bit-map pour être visionnée

*logiciel de dessins :*  
**Corel-Draw, Designer ,**  
**AutoCad, Flash...**

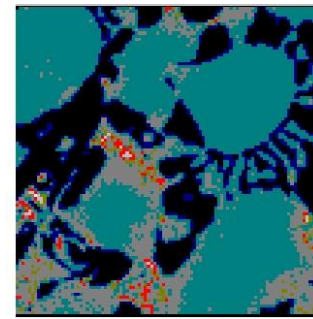
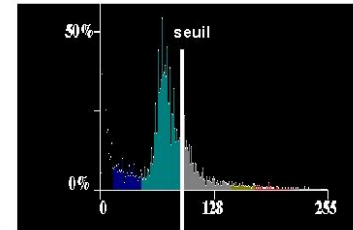


image "bitmap"  
(100x100x8 bits)

..... un octet par pixel  
C0 C1 B2 FF 54 63 A1...  
89 88 87 54 B2 C3...  
...  
(notation hexadécimale)

un bit par pixel pixel "blanc"  
1111 1111  
1100 0000  
..... pixel "noir"  
FF FF FF FF C0 00 00...  
.....



histogramme des  
niveaux de couleur

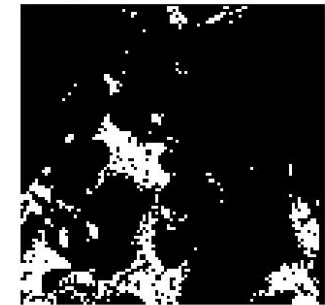


image binaire ("seuillée")

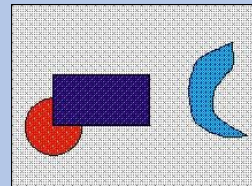
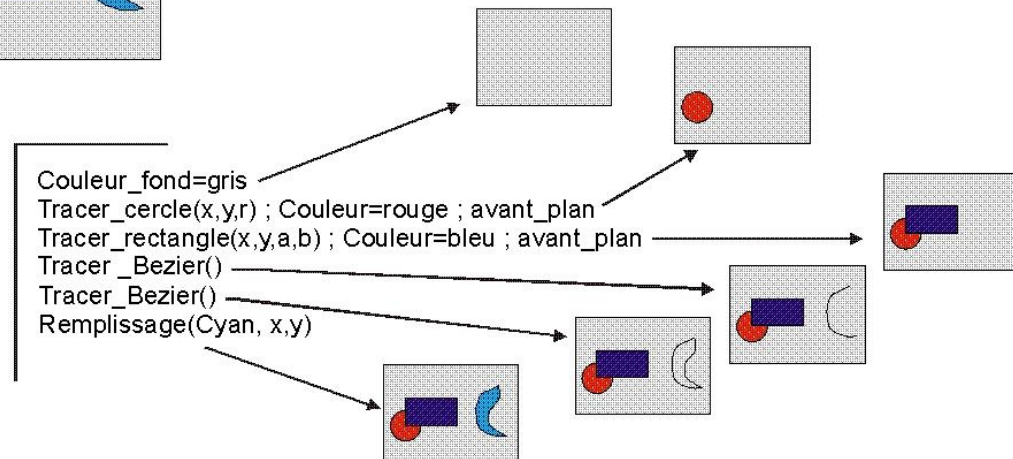


image vectorielle



# Les principaux formats d'images bit-map

## 1) Le format TIFF

*Tagged image file format*

Conçu par Adobe et Microsoft pour être universel (logiciel, systèmes d'exploitation etc.)

- peut gérer toutes les profondeurs : niveaux de gris (8bits), couleurs (16, 24, 32 bits)
- peut être compressé sans perte d'information par LZW, Huffman ou RLE

signature d'un fichier TIFF : 49 49 2A 00

structure d'un fichier TIFF (ou TIF):

- en-tête (8 octets)
- nombre de « tags » (2 octets)
- les n tags (n fois 12 octets)  
*ces tags définissent au moins la largeur et la longueur de l'image et le nombre de bits par pixel*
- la suite des pixels (*selon la valeur définie précédemment*)

la taille d'un fichier TIFF est égale au nombre de pixels multiplié par le nombre d'octet par pixel, plus environ 2Ko de tags

exemple : 1424x968 en 8 bits : 1.378.432 pixels soit 1346,125 Ko (1348 Ko)

# signature d'un fichier TIFF

```

00000000: 49 49 2a 00 50 43 05 00 34 0e 2d 00 a0 86 01 00 II*.PC..4.-....
00000010: ad d9 28 00 a0 86 01 00 73 84 99 a4 ab ba b5 b5 ..(.....s.....
00000020: ba b5 ba b2 ab b2 ba ae a4 a4 ae ae b2 ab ab a8 .....
00000030: ae a1 92 7a 70 6c 69 6c 70 6c 70 70 69 7a 82 8b ...zplilplppiz..
00000040: 8b 8b 84 84 90 82 97 90 8b 84 84 92 a1 ab ab ae .....
00000050: a8 9d 92 8b 82 84 92 97 99 9d 99 99 9d 99 97 9d .....
00000060: 99 99 99 92 8b 89 84 7d 7d 82 90 99 97 90 89 84 .....}}.....
00000070: 7a 70 66 69 69 73 73 7a 82 84 8b 8b 89 8b 90 89 zpfiiisz.....
00000080: 90 90 8b 92 97 99 99 a1 9d 9d 97 97 97 92 92 99 .....
00000090: 99 9d a4 a8 a1 a1 ab ae ab b2 ae ab a8 a4 9d 9d .....
000000a0: 9d 99 9d a4 ba bc c8 ce d5 e0 d5 d5 ce ca cl b2 .....
000000b0: 97 7a 69 66 70 73 77 82 84 89 90 8b 90 92 97 99 .zifpsw.....
000000c0: 97 99 99 99 99 97 97 92 8b 8b 90 90 8b 7d 77 70 .....}wp
000000d0: 6c 69 61 66 73 7a 77 7a 7d 89 89 82 7a 70 6c 6c liafswz)...zpll
000000e0: 70 70 66 69 66 61 5f 61 70 84 7a 6c 6c 69 66 66 ppfifa_ap.zliff
000000f0: 61 5f 5a 5f 61 5f 5f 5f 5a 61 69 69 6c 69 66 5f a_Z_a__Zaillif_
00000100: 61 66 5f 61 61 61 66 6c 6c 73 7a 77 7a 82 84 89 af_aafliszwz...
00000110: 8b 82 7a 73 73 77 77 7a 6c 69 66 69 69 70 70 73 ..zsswwzlifypps
00000120: 7a 7a 77 77 77 70 6c 77 77 7a 84 8b 7a 70 66 61 zzwwplwz..zdfa
00000130: 61 5f 5a 5a 5a 58 51 53 53 58 58 66 77 70 66 69 a_ZZXQSSXXfwpfi
00000140: 70 73 73 6c 66 66 61 61 5f 66 66 69 6c 6c 69 6c p4
00000150: 6c 69 69 6c 69 70 73 6c 73 77 77 70 6c 6c 69 61 l
00000160: 61 5f 5f 5f 58 5a 5a 61 5a 5f 66 6c 77 7d 89 a
00000170: 90 97 97 92 82 7a 77 7d 84 90 92 99 a8 a8 a4 9d a
00000180: 99 97 92 89 8b 90 90 9d a8 b5 b5 ba cl cl c3 c3 ..
00000190: cl cl bc bc c3 cl c3 c3 c3 cl cl cl bc cl b5 a4 ..
000001a0: 92 82 7a 73 69 66 6c 69 70 77 84 89 82 82 7a 77 s
000001b0: 73 6c 6c 6c 69 69 66 61 5f 5a 5a 66 66 77 89 97
000001c0: a8 ae ae 99 89 8b 9d a1 9d 8b 82 7a 66 61 6c 73 ..
000001d0: 89 90 90 92 89 82 7d 8b 92 9d a1 a1 a4 99 a1 a4 ..
000001e0: a4 a4 99 90 8b 90 a1 9d 9d 9d 99 92 90 90 82 84 ..
000001f0: 77 7a 61 4c 3b 31 2b 28 31 3b 51 70 89 99 97 90 w
00000200: 97 90 8b 7d 73 69 61 61 61 69 61 5f 4c 46 4a 4c ..
00000210: 53 58 53 5f 69 70 7a 7d 6c 69 66 73 82 92 a1 ae S
00000220: ba c3 c3 ce ca ce ce c3 c3 bc ba b2 b5 b2 b5 ba ..
00000230: ba bc b5 a8 99 90 89 8b 99 a4 a1 97 a1 97 90 90 ..
00000240: 7d 82 7a 73 7d 89 92 92 90 89 7d 77 69 69 6c 82 }
00000250: 8b 97 99 a4 a8 a4 a4 99 92 89 7d 7a 77 89 90 92 ..
00000260: 9d ab b5 a4 99 90 77 66 66 6 89 7d 73 66 66 ..
    
```

**fichier TIFF**  
**712x484 (344608 pixels)**  
**345086 octets**  
**tags : 477 octets**

00 à FF (255)

$FE = 16 * 15 + 14 = 254$

$F0 = 16 * 15 + 0 = 240$

$B8 = 16 * 11 + 8 = 184$

```

00054280: f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 .e.....e.....e...
00054290: f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 .e.....e.....e...
000542a0: f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 .e.....e.....e...
000542b0: f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 f0 26 00 00 .e.....e.....e...
000542c0: 40 16 00 00 18 00 00 00 08 27 00 00 f8 4d 00 00 @.....'...M..
000542d0: e8 74 00 00 d8 9b 00 00 c8 c2 00 00 b8 e9 00 00 .t.....
000542e0: a8 10 01 00 98 37 01 00 88 5e 01 00 78 85 01 00 .....7...^..x...
000542f0: 68 ac 01 00 58 d3 01 00 48 fa 01 00 38 21 02 00 h...X...H...8!..
00054300: 28 48 02 00 18 6f 02 00 08 96 02 00 f8 bc 02 00 (H...o.....
00054310: e8 e3 02 00 d8 0a 03 00 c8 31 03 00 b8 58 03 00 .....l...X...
00054320: a8 7f 03 00 98 a6 03 00 88 cd 03 00 78 f4 03 00 .....x...
00054330: 68 1b 04 00 58 42 04 00 48 69 04 00 38 90 04 00 h...XB..Hi..8...
00054340: 28 b7 04 00 18 de 04 00 08 05 05 00 f8 2b 05 00 (...+..
00054350: 0e 00 fe 00 04 00 01 00 00 00 00 00 00 00 01 .....
00054360: 04 00 01 00 00 00 c8 02 00 00 01 01 04 00 01 00 .....
00054370: 00 00 e4 01 00 00 02 01 03 00 01 00 00 00 08 00 .....
00054380: 00 00 03 01 03 00 01 00 00 00 01 00 00 00 06 01 .....
00054390: 03 00 01 00 00 00 01 00 00 00 11 01 04 00 23 00 .....#.
000543a0: 00 00 c4 42 05 00 12 01 03 00 01 00 00 00 01 00 ...B.....
000543b0: 00 00 15 01 03 00 01 00 00 00 01 00 00 00 16 01 .....
000543c0: 04 00 01 00 00 00 0e 00 00 00 17 01 04 00 23 00 .....#.
000543d0: 00 00 38 42 05 00 1a 01 05 00 01 00 00 00 08 00 ..8B.....
000543e0: 00 00 1b 01 05 00 01 00 00 00 10 00 00 00 28 01 .....(.
000543f0: 03 00 01 00 00 00 03 00 00 00 00 00 00 00 .....
    
```

**Editeur hexadécimal HxD**  
 (www.mh-nexus.de)

**image**

## 2) Le format BMP

développé par Microsoft

plus simple que le TIFF mais moins universel...

Sa dimension est identique à celle du TIFF (profondeur 8, 16 ou 32)  
elle peut être comprimée par RLE (Run Length Encoding)

Byte Order: Little-endian

Offset	Length	Contents
0	2 bytes	"BM"
2	4 bytes	Total size included "BM" magic (s)
6	2 bytes	Reserved1
8	2 bytes	Reserved2
10	4 bytes	Offset bits
14	4 bytes	Header size (n)
18	n-4 bytes	<b>Header</b> (See bellow)
14+n .. s-1		Image data

Offset	Length	Contents
18	4 bytes	Width
22	4 bytes	Height
26	2 bytes	Planes
28	2 bytes	Bits per Pixel
30	4 bytes	Compression
34	4 bytes	Image size
38	4 bytes	X Pixels per meter
42	4 bytes	Y Pixels per meter
46	4 bytes	Number of Colors
50	4 bytes	Colors Important
54	(n-40) bytes	OS/2 new extentional fields??

## 3) Le format GIF

*Graphic Interchange Format, développé par Comuserve pour des échanges sur Internet (droits détenus par Unisys)*

- 256 couleurs au maximum (8 bits)
- compression LZW → *petite taille*

deux formats :

- GIF87 (1987) : format standard
- GIF89a (1989) : permet des animations d'images et des effets d'entrelacement (amélioration progressive de la qualité d'image lors du téléchargement)

## 4) Le format PNG (ou ping)

### Portable Network Graphics

*Développé en 1995 par W3C pour offrir un équivalent libre au format GIF*

- Pour des images N&B (16 bits) et en couleur (de 1 à 48 bits)
- compression sans perte par l'algorithme deflate, couplage de la compression LZ77 et d'Huffman (zlib)

Nom	Description	Contient	Importance	Occurrence
IHDR	En-tête du fichier	Largeur de l'image en pixels Hauteur de l'image en pixels Profondeur de bits (1, 2, 4, 8 ou 16) Type de couleur (0, 2, 3, 4, ou 6) Méthode de compression (0) Méthode de filtrage (0) Méthode d'entrelacement : 0 (sans) ou 1 (avec Adam7)	Obligatoire	Après la signature PNG
PLTE	Palette de l'image	Table des couleurs	Facultatif	Entre IHDR et le 1 <sup>er</sup> chunk IDAT
IDAT	Bloc de données	Données de l'image	Obligatoire	Entre IHDR ou PLTE et IEND
IEND	Fin du fichier	néant	Obligatoire	En dernier
tIME	Timestamp		Facultatif	N'importe où
iTXt	Info textuelle internationale (peut-être compressée zlib)		Facultatif	N'importe où
tEXt	Info textuelle non-compressée		Facultatif	N'importe où
zTXt	Info textuelle compressée (zlib)		Facultatif	N'importe où

signature d'un fichier png : 89 50 4E 47 8D 0A 1A 0A

suivie par une succession de segments (« chunk ») dont la structure est constituée par la taille du segment (4 octets) le type de segment (4 octets), l'ensemble des données et pour terminer un code de correction sur 4 octets,

### Liste des segments possibles

#### Exemple d'un chunk (pour une image de 800x600)

IHDR :

- Hexadécimal : 0x00, 0x00, 0x00, 0x0D, 0x49, 0x48, 0x44, 0x52, 0x00, 0x00, 0x03, 0x20, 0x00, 0x00, 0x02, 0x58, 0x10, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x15, 0x14, 0x15, 0x27.
- Compréhensible :
  - 13 - Taille - (0x00, 0x00, 0x00, 0x0D)
  - IHDR - Types/Nom - (0x49, 0x48, 0x44, 0x52)
  - 800 - Largeur - (0x00, 0x00, 0x03, 0x20)
  - 600 - Hauteur - (0x00, 0x00, 0x02, 0x58)
  - 16 - Profondeur de bits - (0x10)
  - 6 - Type de Couleur - (0x06)
  - 0 - Méthode de compression - (0x00)
  - 0 - Méthode de filtrage - (0x00)
  - 0 - Méthode d'entrelacement - (0x00)
  - 353637671 - CRC - (0x15, 0x14, 0x15, 0x27)

# Fichier png

signature  
(d'un fichier png)

1<sup>er</sup> segment  
taille 0D (13) octets

1<sup>er</sup> segment  
nature (4 octets)

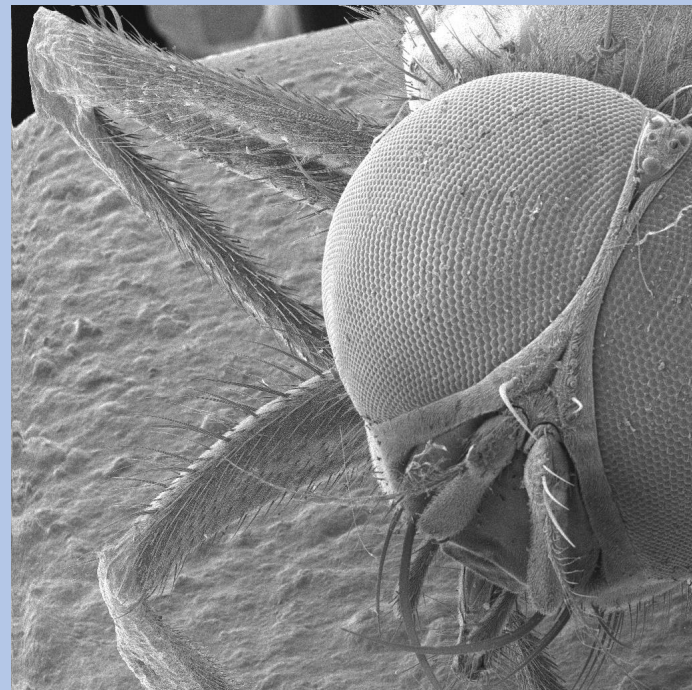
compression : 0 (sans)

profondeur de l'image 08 bits  
(256 niveaux)

dimension de l'image (1024x1024)

00 00 04 00 → 16x16x4 +0 =1024

```
oeil.png
Offset(h) 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F
00000000 89 50 4E 47 0D 0A 1A 0A 00 00 00 0D 49 48 44 52 %PNG.... IHDR
00000010 00 00 04 00 00 00 04 00 08 03 00 00 00 48 C3 DB .....HÅÜ
00000020 B1 00 00 00 01 73 52 47 42 00 AE CE 1C E9 00 00 ±....sRGB.öî.é..
00000030 00 04 67 41 4D 41 00 00 B1 8F 0B FC 61 05 00 00 ..gAMA..±..ua...
00000040 03 00 50 4C 54 45 10 16 10 11 11 11 12 12 12 13 ...PLTE.....
00000050 13 13 14 14 14 15 15 15 16 16 16 17 17 17 18 18 .....
00000060 18 19 19 19 1A 1A 1A 1B 1B 1B 1C 1C 1C 1D 1D 1D .....
00000070 1E 1E 1E 1F 1F 1F 20 20 20 21 21 21 22 22 22 23 ..... !!!""#
00000080 23 23 24 24 24 25 25 25 26 26 26 27 27 27 28 28 ##$$$%&&&'((
00000090 28 29 29 29 2A 2A 2A 2B 2B 2B 2C 2C 2C 2D 2D 2D ())*+,,,---
000000A0 2E 2E 2E 2F 2F 2F 30 30 30 31 31 31 32 32 32 33 ...//0001112223
000000B0 33 33 34 34 34 35 35 35 36 36 36 37 37 37 38 38 3344455566677788
000000C0 38 39 39 39 3A 3A 3A 3B 3B 3B 3C 3C 3C 3D 3D 3D 8999:;;;;<<==
000000D0 3E 3E 3E 3F 3F 3F 40 40 40 41 41 41 42 42 42 43 >>>??@AAAABBC
000000E0 43 43 44 44 44 45 45 45 46 46 46 47 47 47 48 48 CCDDDEEEFFGGGHH
000000F0 48 49 49 49 4A 4A 4A 4B 4B 4B 4C 4C 4C 4D 4D 4D HIIIJJKKKLLMMM
00000100 4E 4E 4E 4F 4F 4F 50 50 50 51 51 51 52 52 52 53 NNOOOPPPQQRRRS
00000110 53 53 54 54 54 55 55 55 56 56 56 57 57 57 58 58 SSTTUUVVWWXX
00000120 58 59 59 59 5A 5A 5A 5B 5B 5B 5C 5C 5C 5D 5D 5D XYYYYZZZ[[[\\]]]
00000130 5E 5E 5E 5F 5F 5F 60 60 60 61 61 61 62 62 62 63 ^^_`aaabbbc
00000140 63 63 64 64 64 65 65 65 66 66 66 67 67 67 68 68 cdddeeeffggghh
00000150 68 69 69 69 6A 6A 6A 6B 6B 6B 6C 6C 6C 6D 6D 6D hiiijjjkkllmmm
00000160 6E 6E 6E 6F 6F 6F 70 70 70 71 71 71 72 72 72 73 nnooopppqqrrrs
00000170 73 73 74 74 74 75 75 75 76 76 76 77 77 77 78 78 sstttuuuvvwwxxx
00000180 78 79 79 79 7A 7A 7A 7B 7B 7B 7C 7C 7C 7D 7D 7D xyyyyzzz{[|]}
00000190 7E 7E 7E 7F 7F 7F 80 80 80 81 81 81 82 82 82 83 ~~~...eee.....f
000001A0 83 83 84 84 84 85 85 85 86 86 86 87 87 87 88 88 ff.....ttt##^
000001B0 88 89 89 89 8A 8A 8A 8B 8B 8B 8C 8C 8C 8D 8D 8D ^ttt:ššš<<<GEE...
000001C0 8E 8E 8E 8F 8F 8F 90 90 90 91 91 91 92 92 92 93 ŽŽŽ.....\''''
000001D0 93 93 94 94 94 95 95 95 96 96 96 97 97 97 98 98 ~~~~~.....
000001E0 98 99 99 99 9A 9A 9A 9B 9B 9B 9C 9C 9C 9D 9D 9D ~~~~~ššš>>>ooocoe...
000001F0 9E 9E 9E 9F 9F 9F A0 A0 A0 A1 A1 A1 A2 A2 A2 A3 žžžÿÿÿ iijjcc&
```



## Autres formats

**TGA (Targa Truevision)(Truevision)**

*16, 24 ou 32 bits/pixel*

**PCX (PC Paintbrush)(Zsoft)**

*4 ou 8 bits/pixel (16 ou 256 couleurs)*

**PIC (PC Paint File)(PC Paint)**

**RAS (Raster File Format)(Sun Microsystems)(UNIX)**

**EPS (Encapsuled PostScript)(Adobe)**

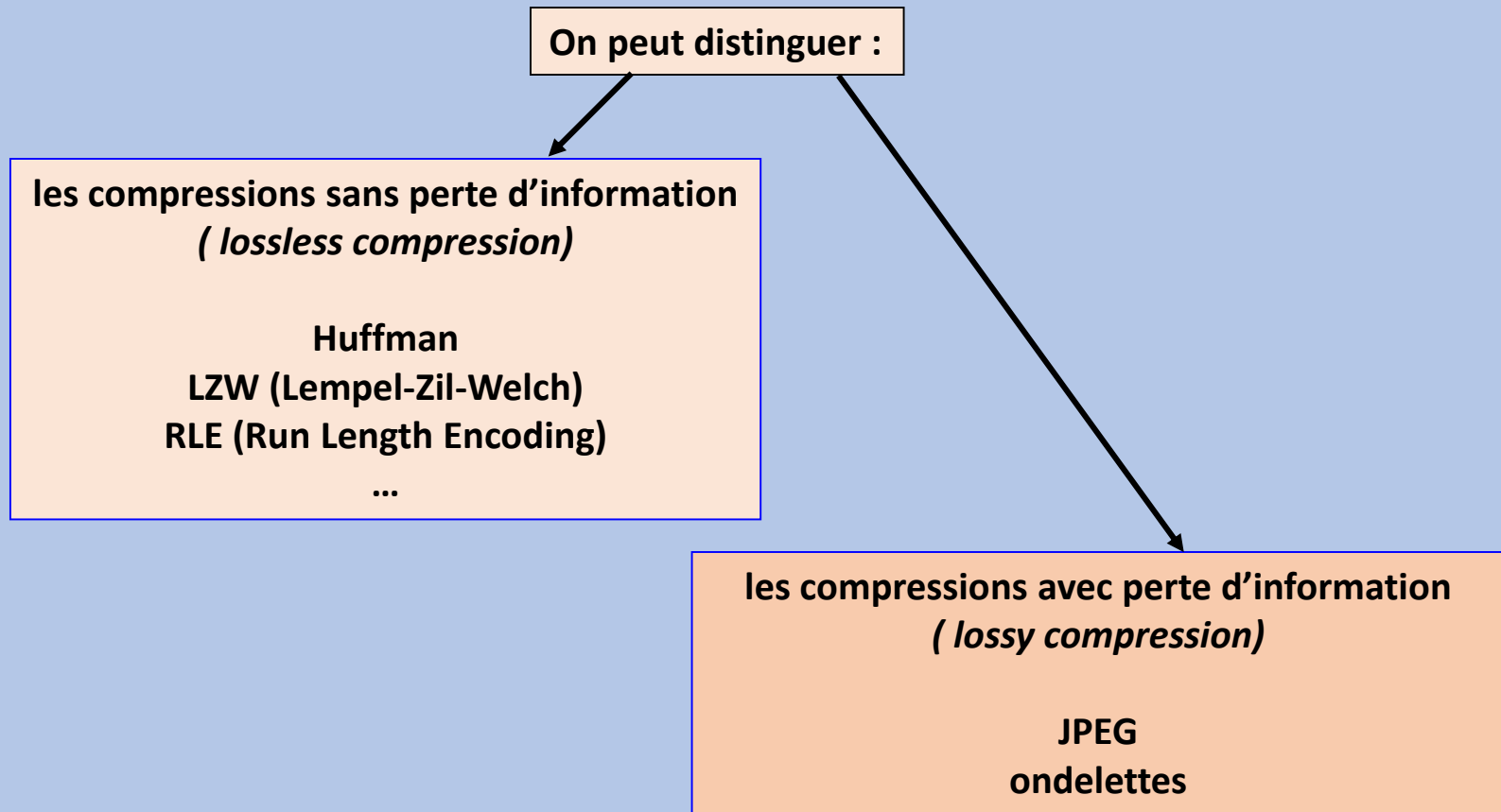
*contient toute sorte d'information (images vectorielles, objets, texte en langage postscript en vue d'une impression peut être comprimé (Jpeg)*

**PICT (Macintosh Picture ou QuickDrawPicture)**

*jusqu'à 24 bits/pixel*

## La compression des images

Afin de réduire la taille des fichiers, des techniques de compression ont été développées

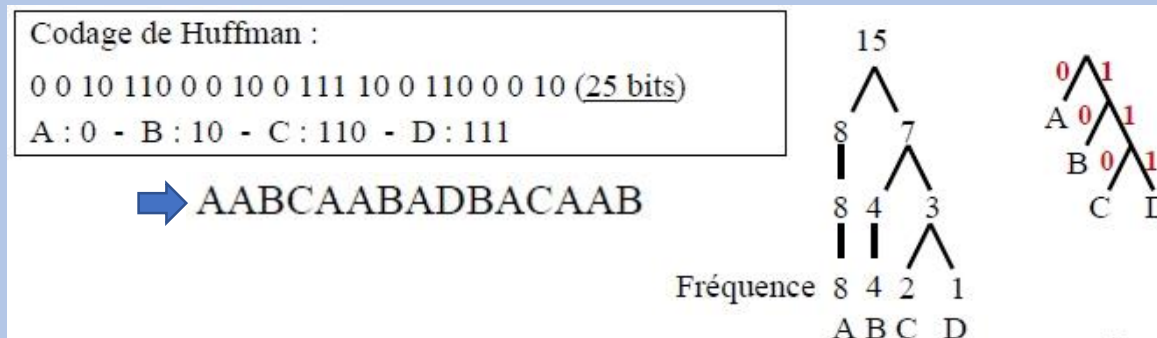


## les compressions sans perte d'information

*recherche de suites d'informations identiques ou de groupements pour les remplacer par des symboles moins « encombrants »*

### 1) – Compression Huffman (1952)

Codage des signes (lettres...) ou valeurs des pixels en fonction inverse de leur probabilité d'apparition par construction d'un arbre binaire « enfants-parents »  
Cet arbre se construit du bas (moins probable) vers le haut (plus probable)  
Les groupes de signes sont remplacés par un code.



*Les 1<sup>er</sup> MacIntosh utilisaient un codage inspiré de celui d'Huffman pour le texte*

*Il existe une autre méthode de codage analogue à celle d'Huffman, la méthode Shannon-Fano*

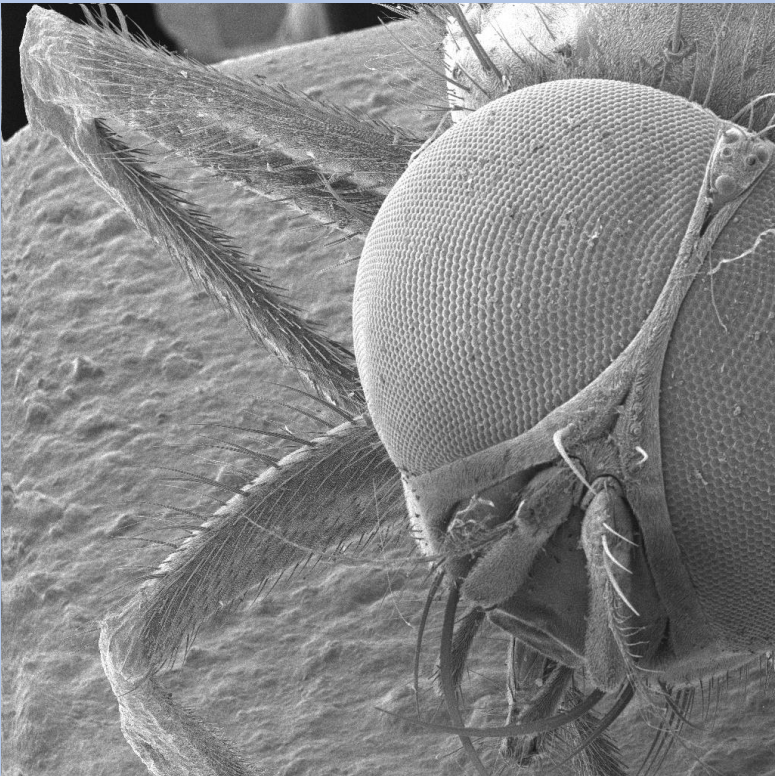
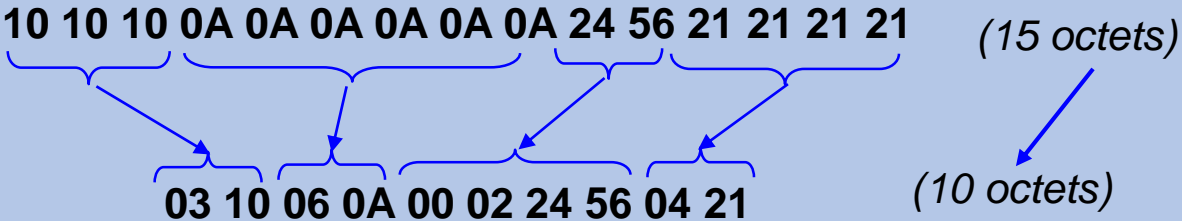
### 2) – Compression LZW (Lempel- Zil-Welch)

*Utilisée pour les fichiers TIFF comprimé et par PKZip*

On construit un « dictionnaire » des répétitions qui sont remplacées dans le fichier par le numéro d'entrée dans le dictionnaire

### 3) – Compression RLE (Run Length Encoding)

applicable aux images : un groupe consécutif de plus de 2 pixels identiques est remplacé par le nombre de pixels et la valeur du pixel (une série de pixels différents est annoncée par 00 suivi du nombre de pixels)

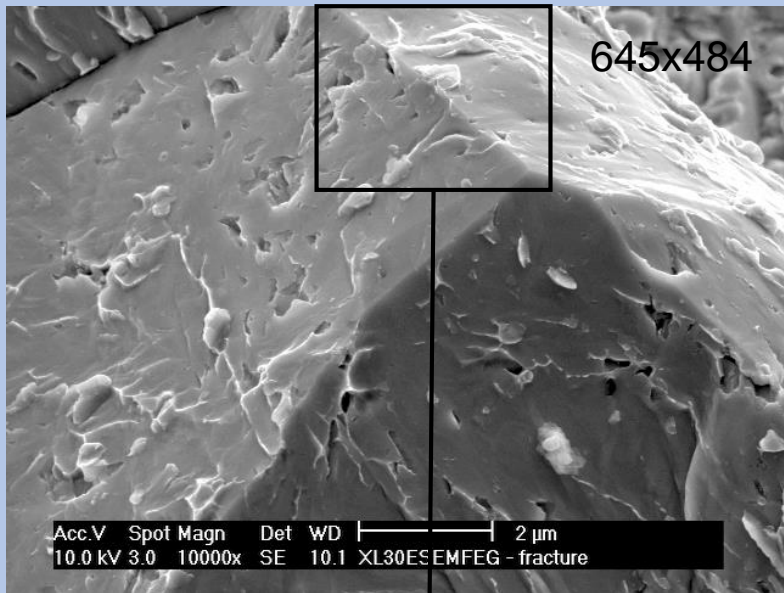


Une image complexe (variations importantes d'un pixel à l'autre) peut être plus « lourde » une fois comprimée qu'avant !

TIFF non comprimée : 1026 Ko

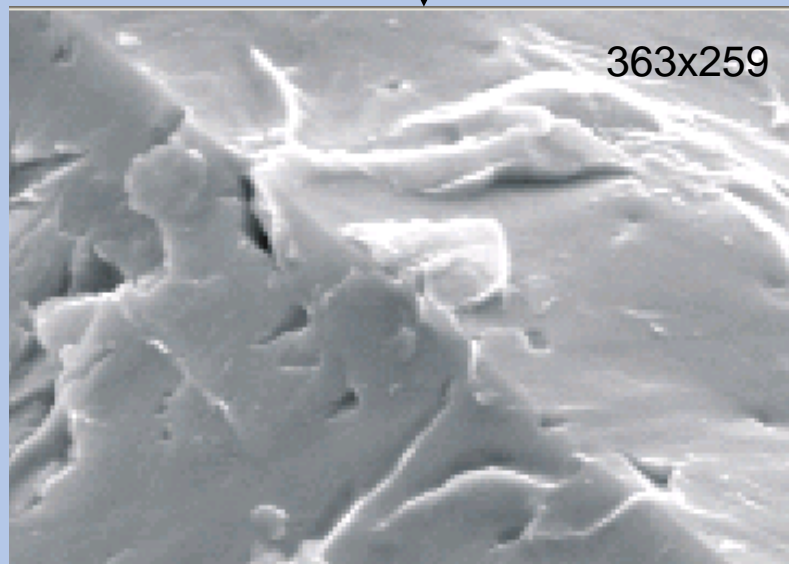


TIFF comprimé (LZW) : 1224Ko



**avant compression : 306Ko**  
**après compression LZW : 228Ko**  
**taux de compression : 25%**

*Une image présentant de grandes zones homogènes pourra avoir un taux de compression plus élevé...*



**avant compression : 276Ko**  
**après compression LZW : 66Ko**  
**taux de compression : 76%**

# les compressions avec perte d'information

## 1 - compression jpeg (Joint Photographic Expert Group)

*permet d'obtenir de très forts taux de compression (100 ou plus) mais au prix d'une perte d'information irrémédiable...*

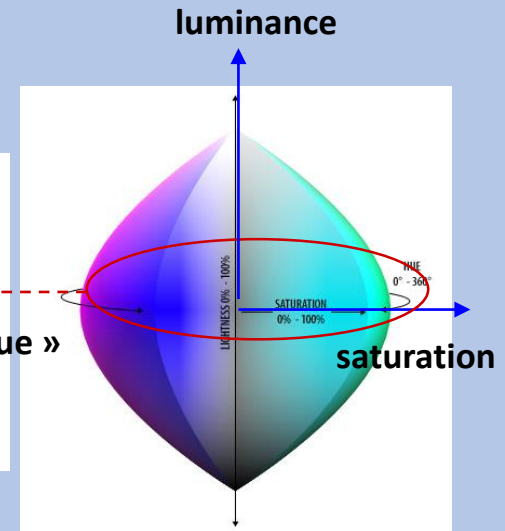
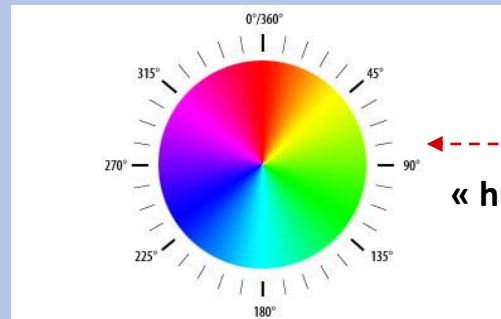
**applicable aux images en niveaux de gris (8 et 16 bits/pixel)  
et aux images couleurs (24 et 32 bits/pixel)**

**Basé sur le principe que l'œil est plus sensible à de faibles variations de luminosité qu'à des variations de nuances chromatiques...**

**La compression Jpeg s'opère en 3 étapes :**

*(pour les images couleurs)*

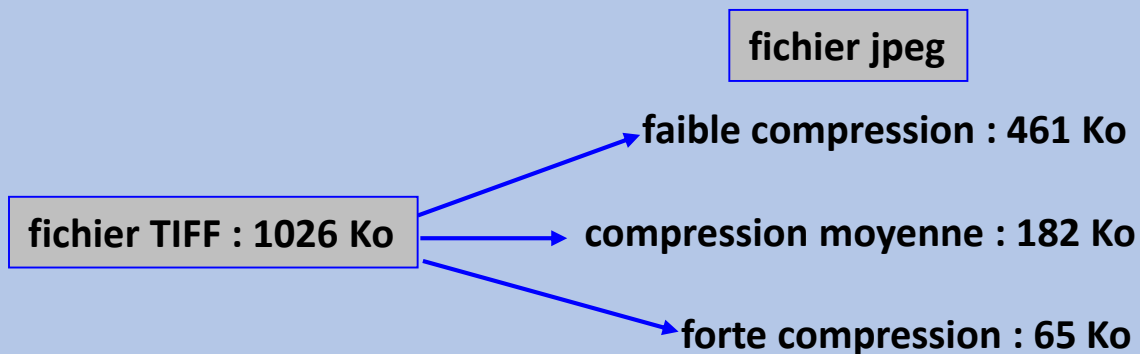
- 1) **On remplace la table des couleurs RVB par une table HSL (Hue-Saturation-Luminance) (nuance-saturation-luminance)**



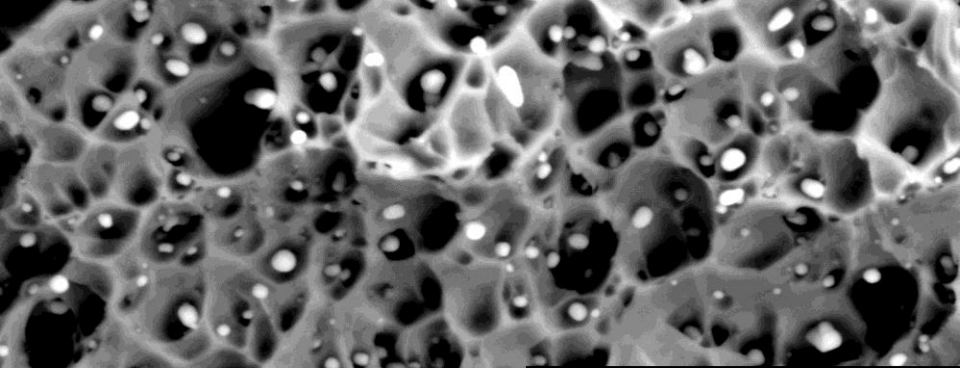
- 2) **On conserve l'information « luminance » mais les informations « nuance » et « saturation » sont réduites en remplaçant les valeurs de 2 pixels voisins par leur moyenne**

- 3) - On partage l'image en blocs contigus de 8x8 pixels auxquels on applique un traitement mathématique analogue à une transformée de Fourier :
- On remplace la donnée « pixel+couleur » par une distribution en fréquence d'amplitude variable
  - On arrondit les valeurs obtenues à l'entier le plus proche et on filtre en fréquence (on supprime les fréquences les plus élevées)(effet de lissage et de réduction des différences entre pixels voisins)
  - on termine par un codage statique classique (Huffman)

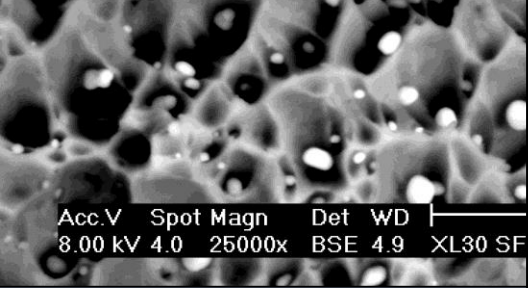
*Selon l'importance du filtrage, on peut obtenir des taux de compression très différents mais qui entraînent tous des pertes d'informations*



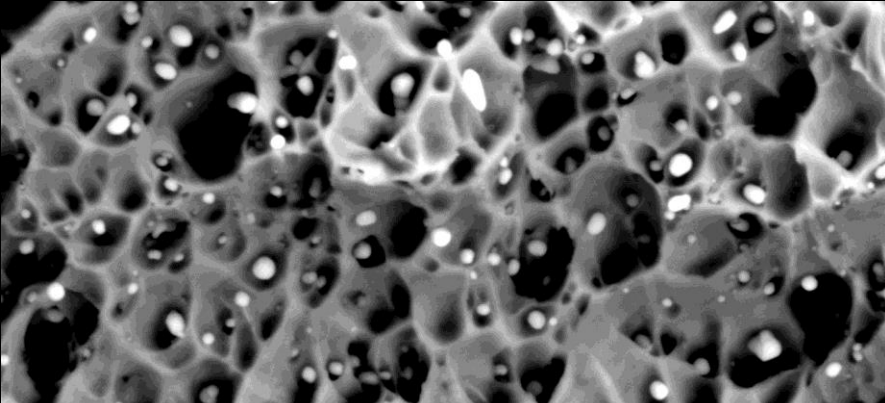
*Une nouvelle méthode de compression (Jpeg2000) remplace la décomposition en série de Fourier par des ondelettes... plus forte compression avec moins de perte (mais pas encore reconnue par tous les logiciels)*



TIFF (1348 Ko)

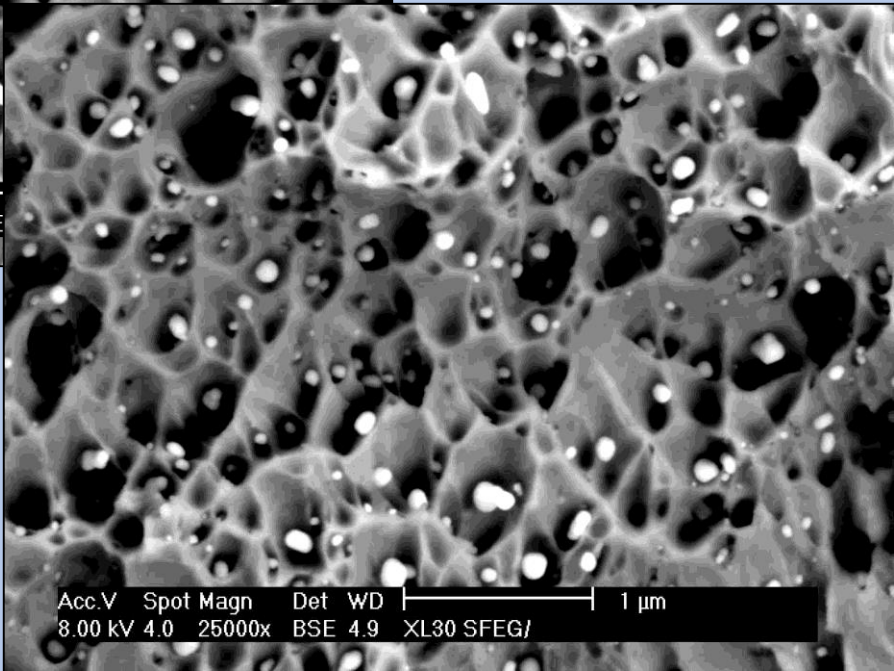


Acc.V	Spot	Magn	Det	WD	
8.00 kV	4.0	25000x	BSE	4.9	XL30 SF



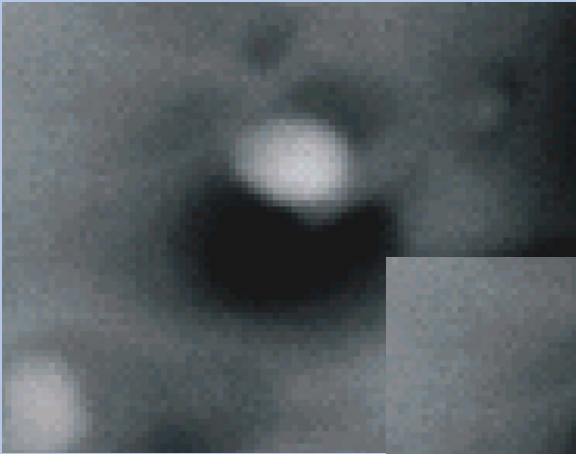
Acc.V	Spot	Magn	Det	WD	
8.00 kV	4.0	25000x	BSE	4.9	XL30 SFE

Jpeg taux faible (10)  
(267 Ko)



Acc.V	Spot	Magn	Det	WD		
8.00 kV	4.0	25000x	BSE	4.9	XL30 SFEG/	1 μm

Jpeg taux fort (75)  
(68 Ko)

A grayscale image showing a bright, circular object in the center, surrounded by a dark, irregular shape. The image is very sharp and clear.

**TIFF (1348 Ko)**

A grayscale image showing a bright, circular object in the center, surrounded by a dark, irregular shape. The image is slightly less sharp than the TIFF version.

**Gif (696 Ko)**

A grayscale image showing a bright, circular object in the center, surrounded by a dark, irregular shape. The image shows some visible blockiness and loss of fine detail.

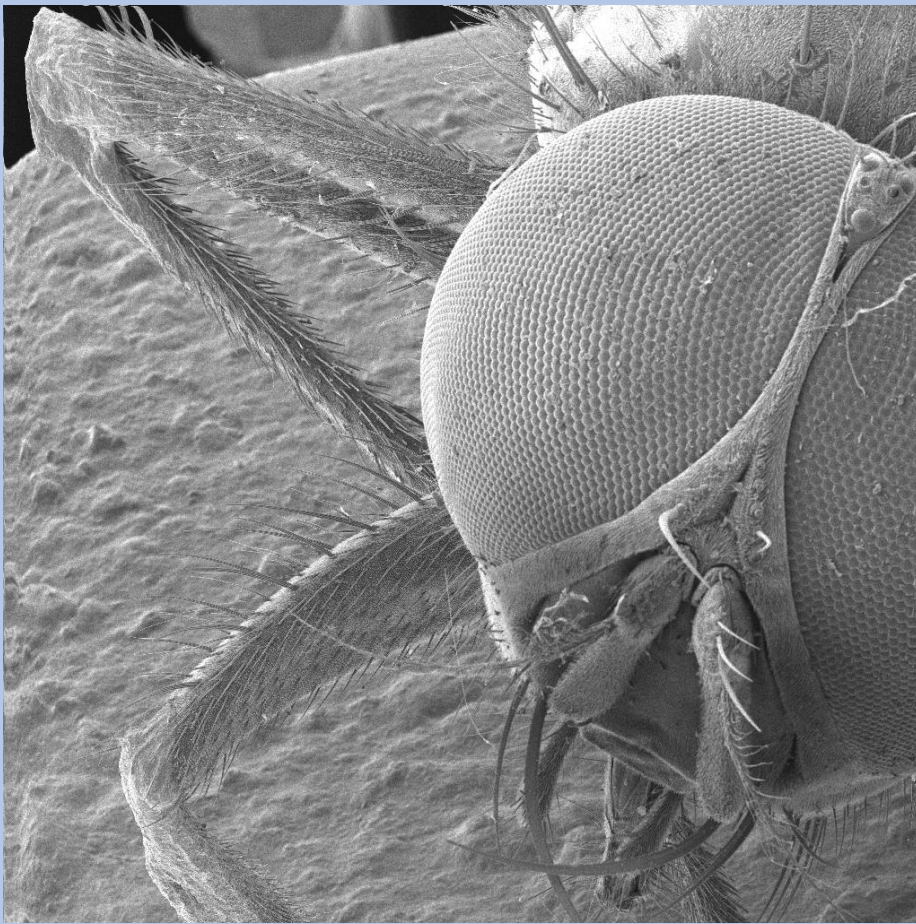
**Jpeg taux faible  
(267 Ko)**

A grayscale image showing a bright, circular object in the center, surrounded by a dark, irregular shape. The image is very blurry and lacks fine detail.

**Jpeg taux fort  
(68 Ko)**

A grayscale image showing a bright, circular object in the center, surrounded by a dark, irregular shape. The image is very blurry and lacks fine detail, similar to the high-compression JPEG.

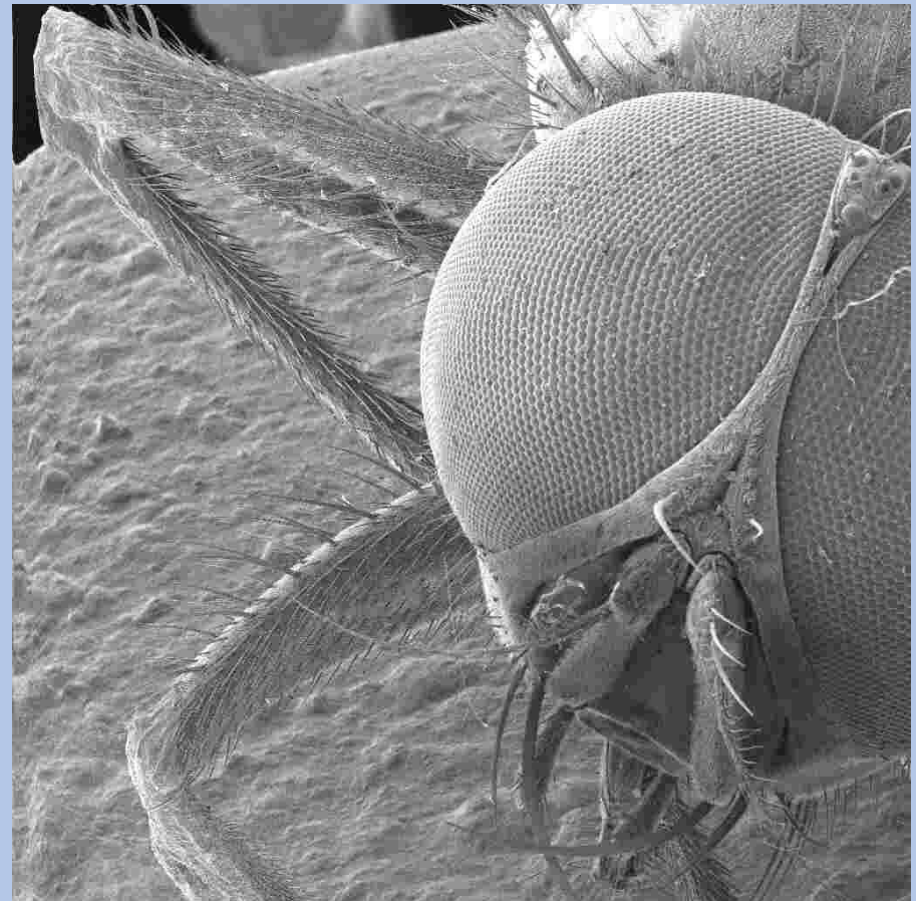
**ondelette  
(28 Ko)**

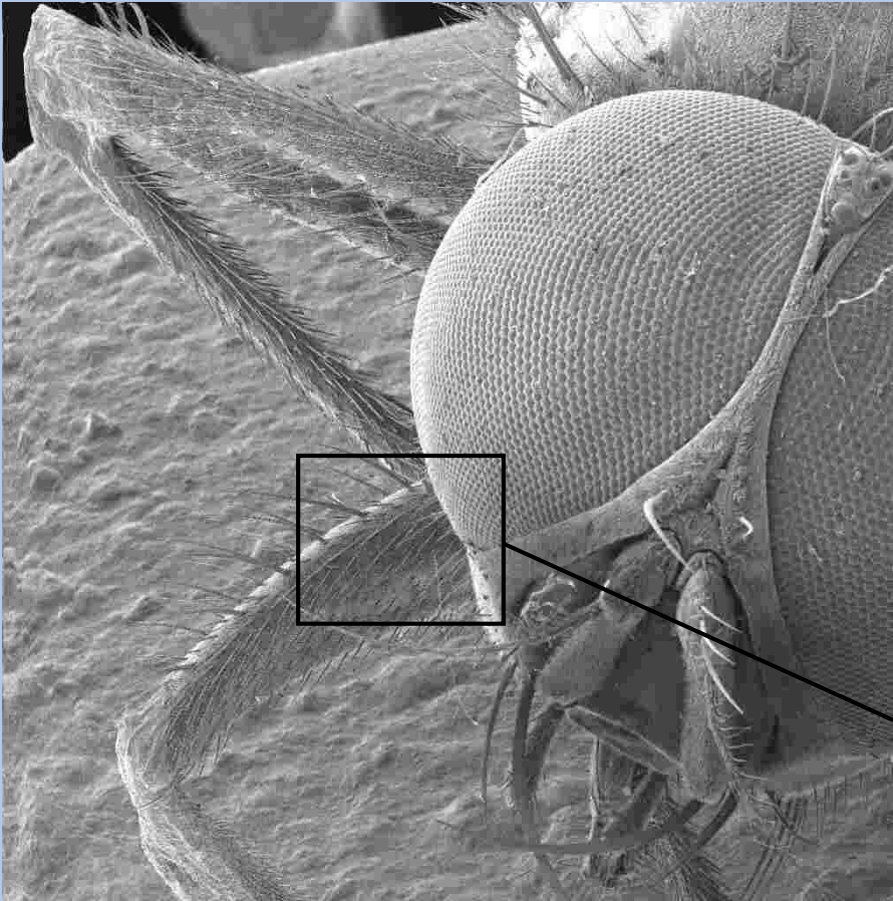


**TIFF : 1026 Ko**

**Jpeg : 65 Ko**

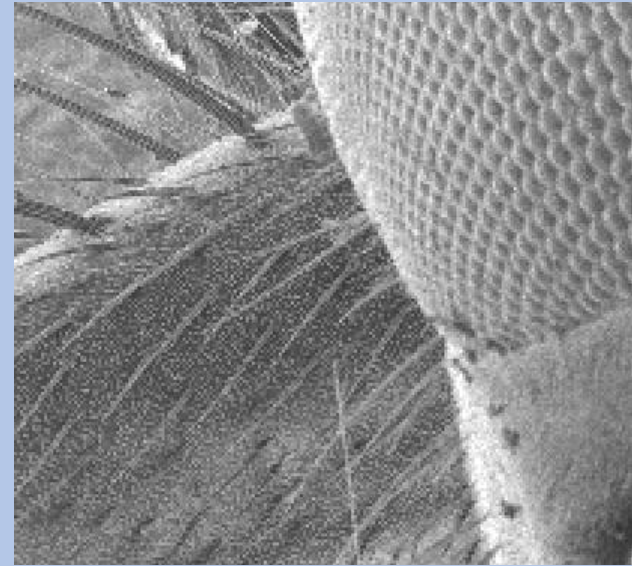
**image : 1024x1024**





Jpeg : 65 Ko

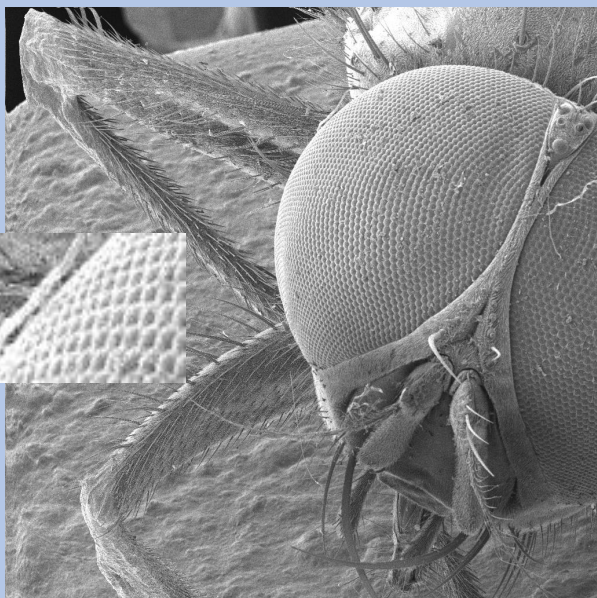
*agrandissement de 2*



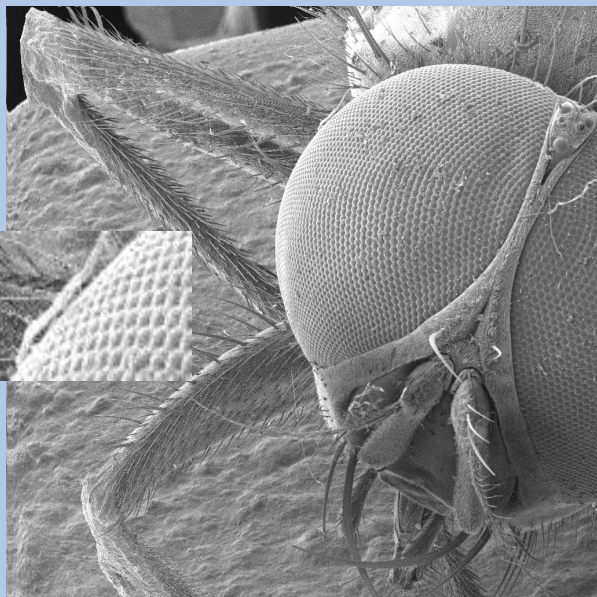
(tiff)



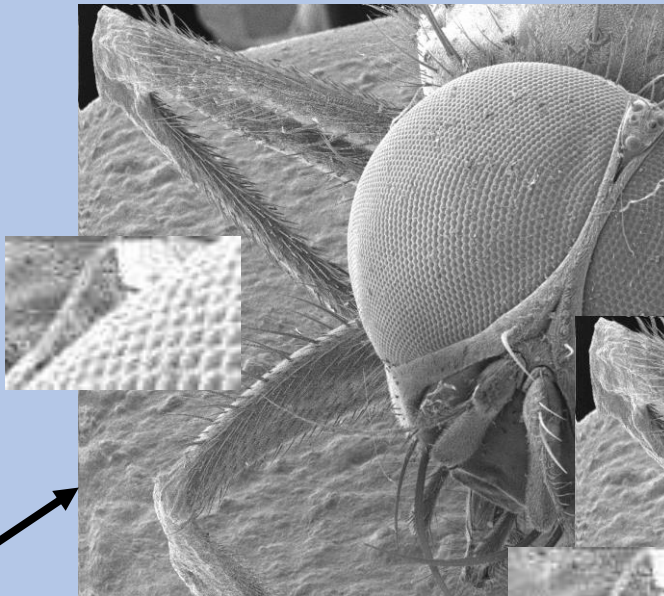
**En résumé toujours sauvegarder en TIFF (compressé éventuellement) pour garder l'information intacte et n'utiliser le format jpeg que pour l'impression, les transferts, internet etc.**



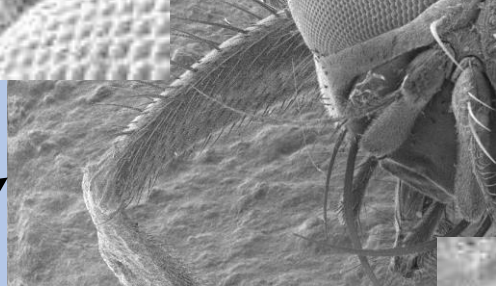
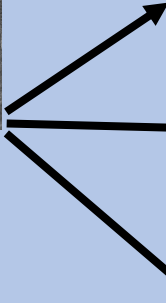
**TIFF (1 Mo)**



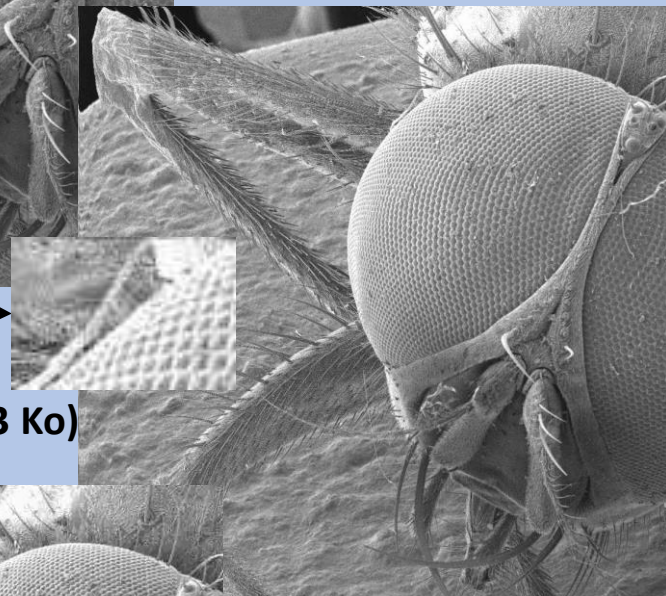
**PNG (926 Ko)**



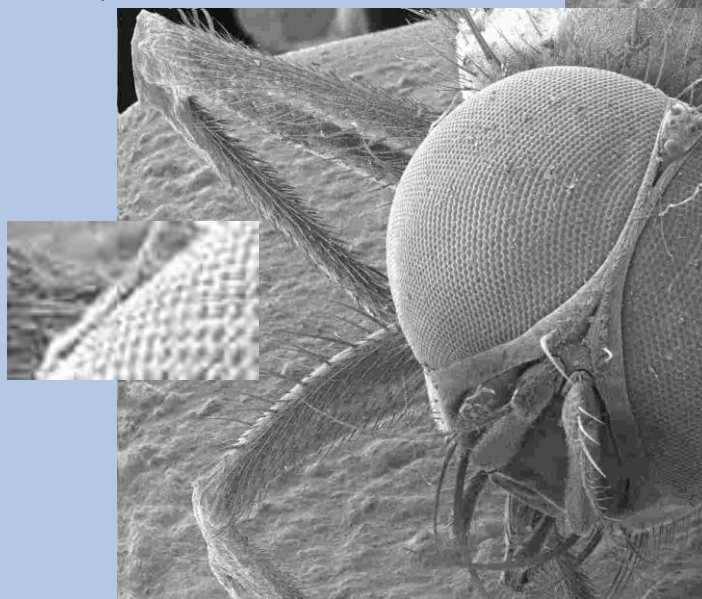
**Jpeg 100 (970 Ko)**



**Jpeg 50 (173 Ko)**



**Jpeg 10 (50 Ko)**



## 2 - compression MPEG (Motion Photographic Expert Group)

Destinée à la compression vidéo et en particulier à la télévision numérique HD

Il existe différents formats, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7 et en cours d'élaboration MPEG-21,

### MPEG-1, MPEG-2

Le principe est de considérer qu'entre 2 images successives les changements sont minimes

Chaque image (25 à 30 par seconde) peut être traitée différemment :

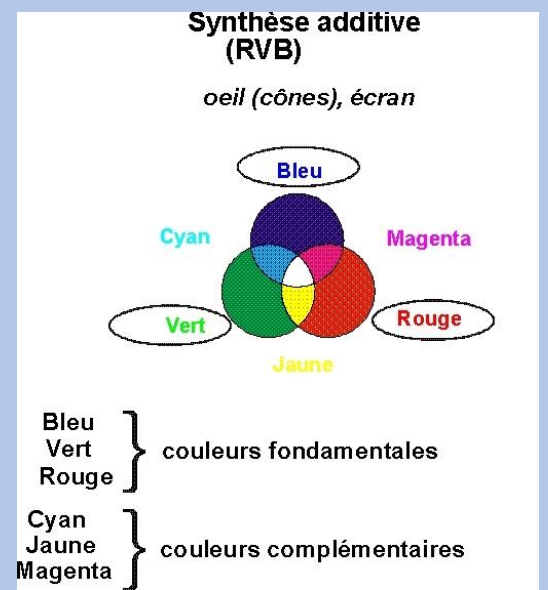
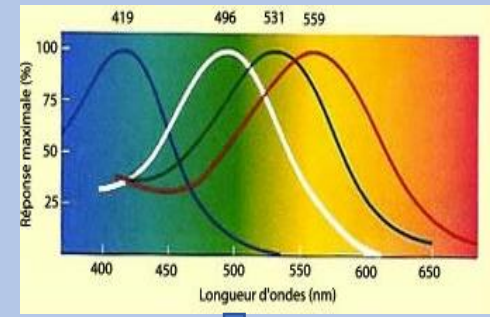
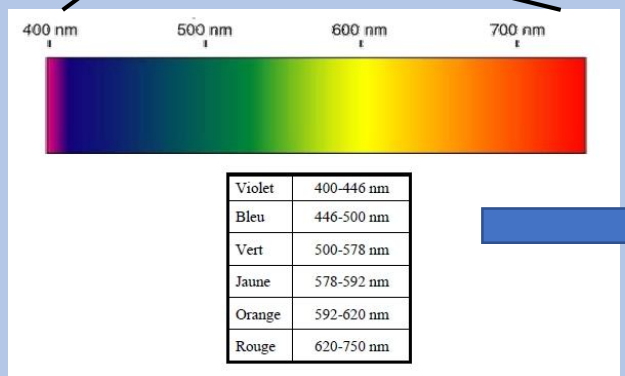
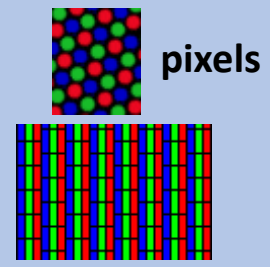
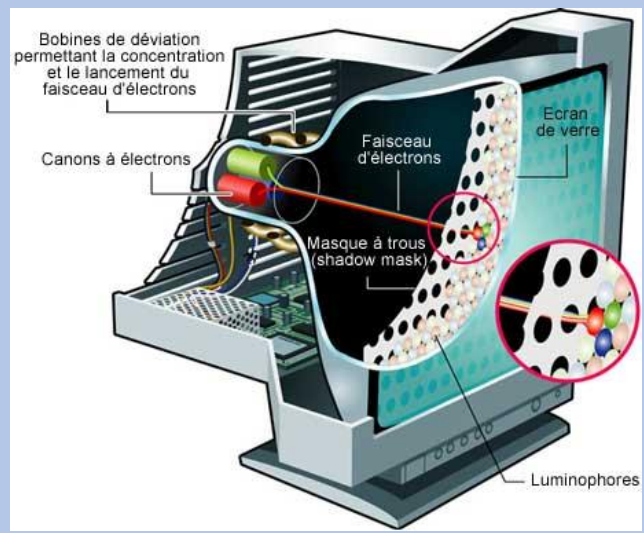
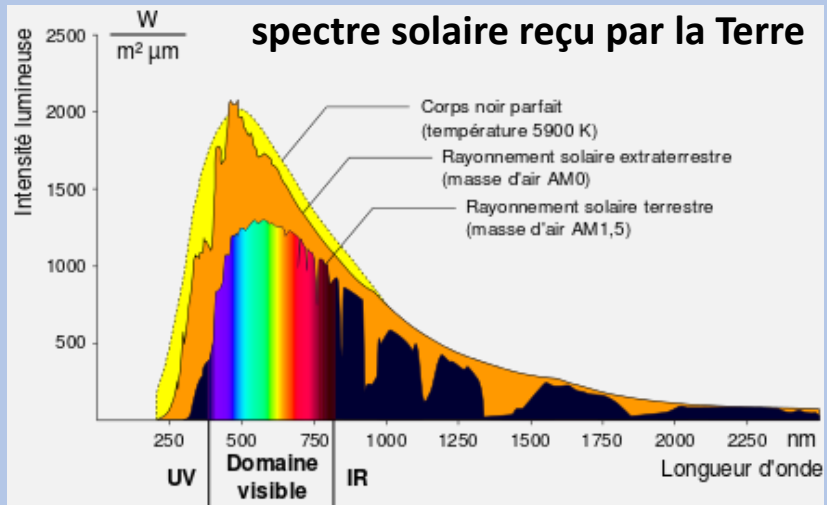
- les images I : traitées en totalité et compressées selon l'algorithme jpeg
- les images P : l'image est divisée en blocs de 16 pixels et on recherche entre l'image et l'image précédentes les parties qui ont changées et seules celles-ci sont compressées (jpeg)  
(il faut garder en mémoire 2 images)
- les images B : comme les précédentes on recherche ce qui a changé mais en comparant l'image précédente et l'image suivante.  
(il faut garder en mémoire 3 images)

Seules 1 à 2 images par seconde sont traitées intégralement (image I)

*succession possible d'images :* IBBPBBPBBPBBBI...

*Dans le cas de lecture en avance rapide il existe une 4<sup>ème</sup> catégorie d'image :  
l'image D très fortement compressée mais de médiocre qualité*

# Quelques notions élémentaires sur la couleur



*Le spectre visible correspond au maximum d'intensité du rayonnement solaire*

associées aux cônes dans la rétine

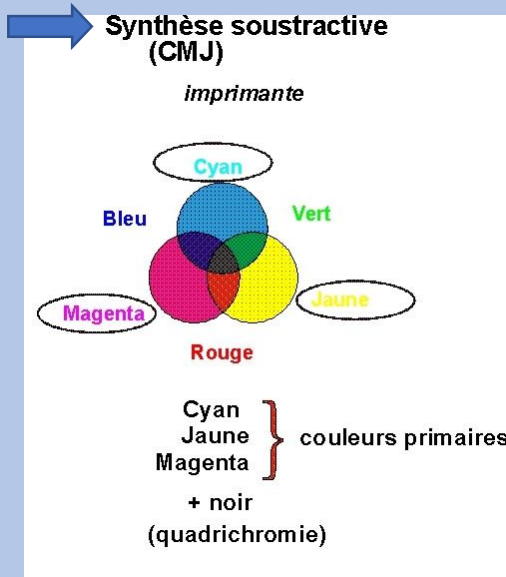
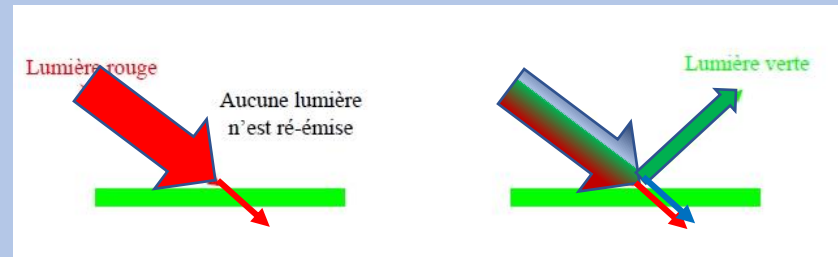
**3 couleurs fondamentales :  
rouge  
vert  
bleu**

synthèse additive

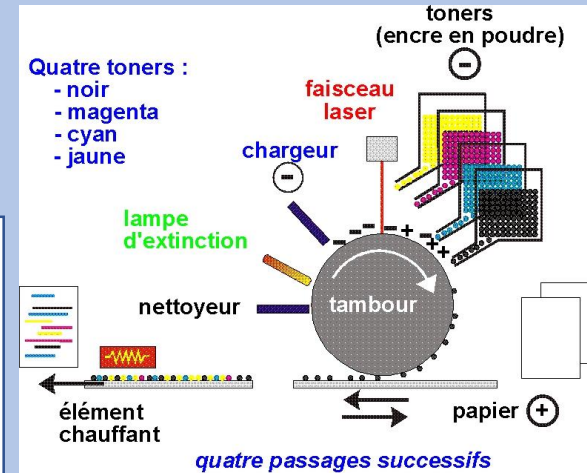
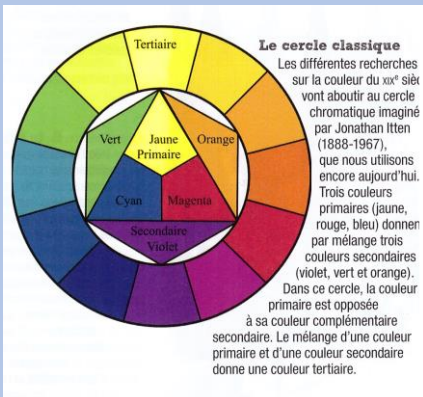
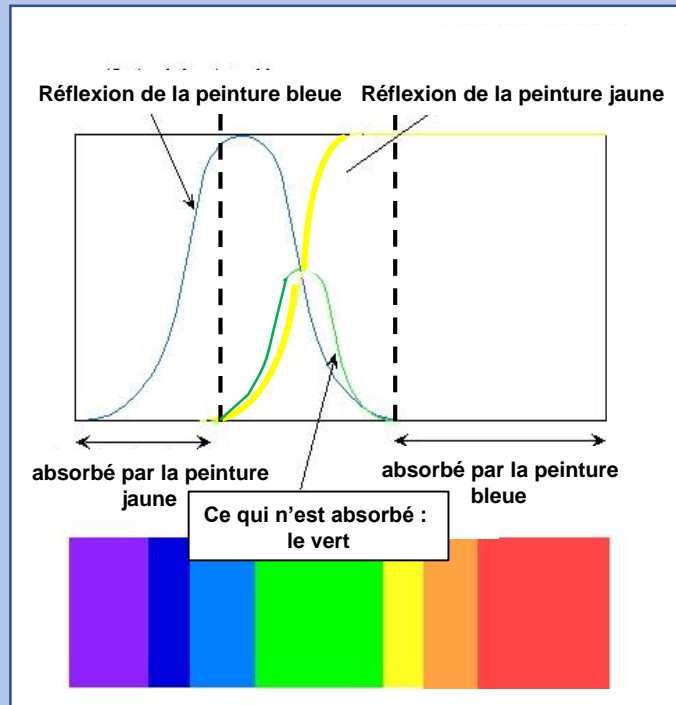
# les pigments et la couleur d'un objet :

éclairé par un rayonnement polychromatique un objet en absorbe quelques rayonnements et en réfléchit d'autres : la couleur !

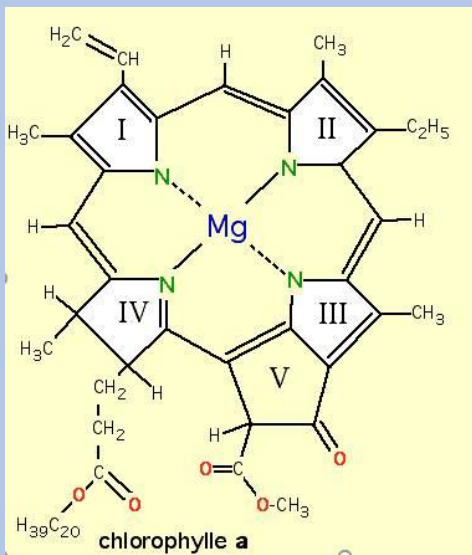
*un objet revêtu d'un pigment vert éclairé par un rayonnement « blanc » absorbera le bleu et le rouge et donc nous apparaîtra « vert ».*  
*éclairé par un rayonnement rouge il apparaîtra noir.*



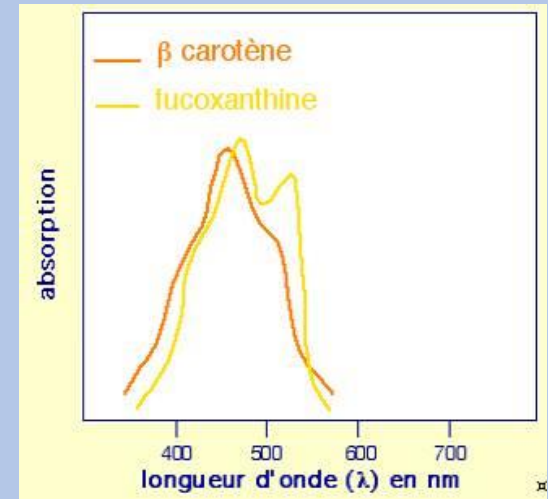
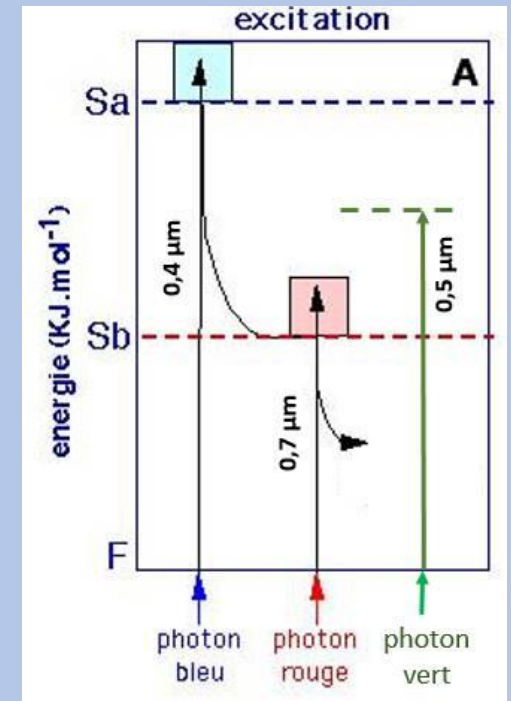
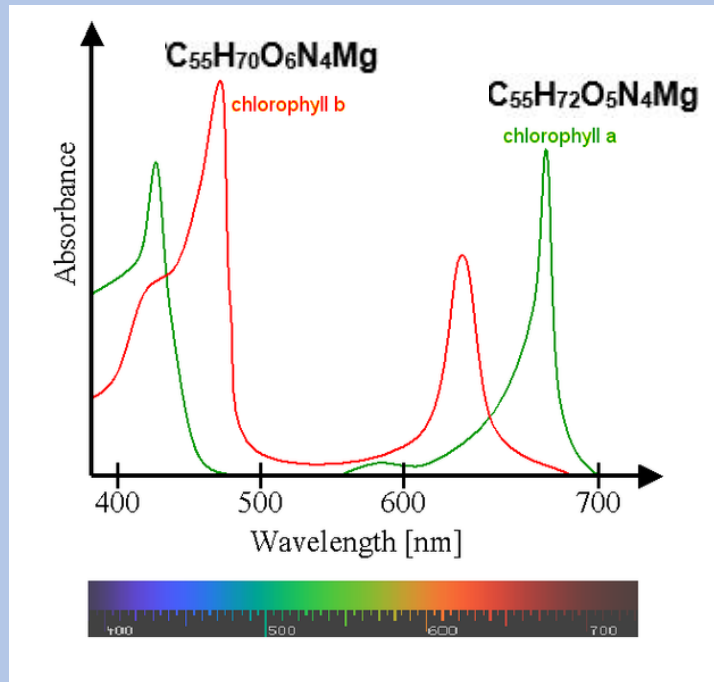
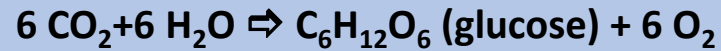
jaune+bleu ⇒ vert



imprimante laser couleur



Les molécules de la chlorophylle possèdent deux niveaux d'excitation électronique, l'un sensible aux rayonnements dans le bleu, l'autre aux rayonnements dans le rouge. Le rayonnement vert est soit trop énergétique soit pas assez et sera donc diffusé... d'où la couleur verte des plantes.



*Le pigment de  $\beta$ -carotène est sensible au spectre situé dans le bleu et diffuse donc dans le spectre jaune-rouge (il devient visible à l'automne lorsque en se dégradant la chlorophylle devient transparente).*

**j'ai terminé...**



*merci pour votre attention*