

Synthèse d'images

(10) Problèmes de visualisation



Plan de l'exposé

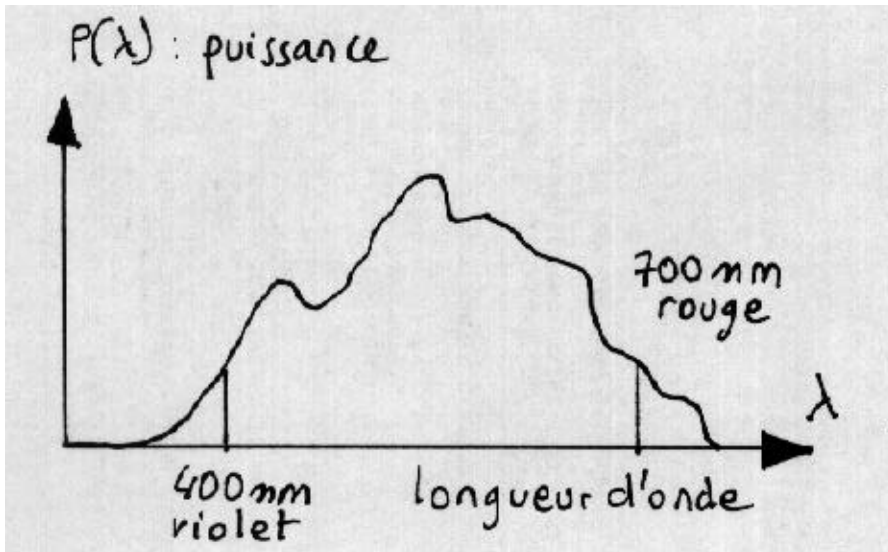
1. La couleur
2. Terminaux graphiques
3. Aliasing

Bibliographie

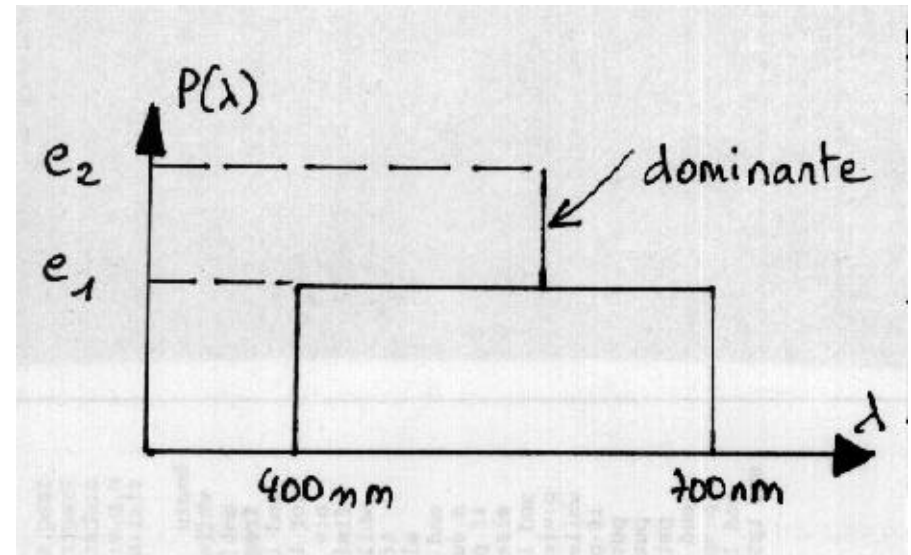
- M. Dérivé - La couleur - QSI 220 (1996)
- Techniques de l'ingénieur
- doc. constructeurs Matrox, Nvidia :-)

1. La couleur

- Spectre d'une lumière colorée :



- Un modèle simple : 3 paramètres



- Longueur d'onde dominante = > défini la teinte ("hue") de la couleur
- Degré de pureté = $(e_2 - e_1) / e_2 * 100\%$ => si 0% : lumière blanche, si 100% : lumière monochrome
- Facteur de clarté = surface du spectre = $f(e_1, e_2)$ => puissance lumineuse totale ("luminance", "énergie", "intensité",...)

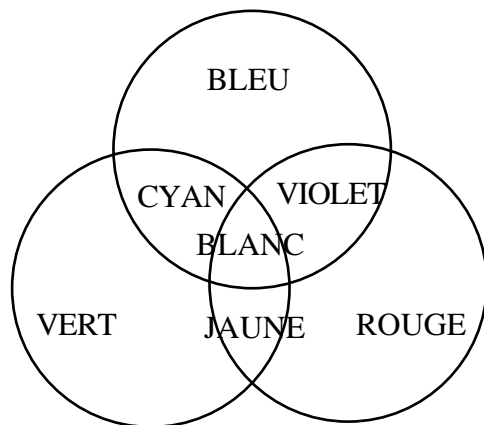
Synthèse des couleurs

On ne dispose pas en pratique de "générateur" de lumière colorée arbitraire basé sur le modèle précédent (son)

=> Recours au "mélange" de couleurs simples.

=> Trois couleurs de base suffisent (Young + Helmholtz)

- Synthèse additive (projectionniste, moniteur)

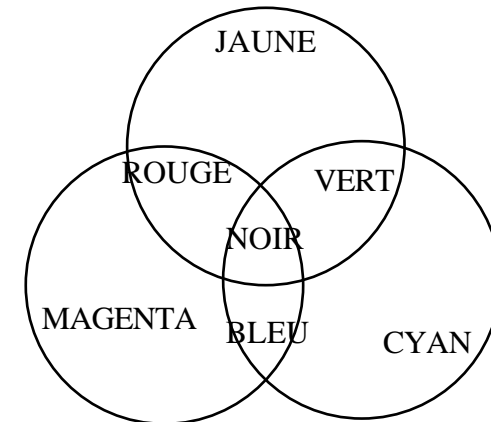


Remarque :

violet pourpre magenta

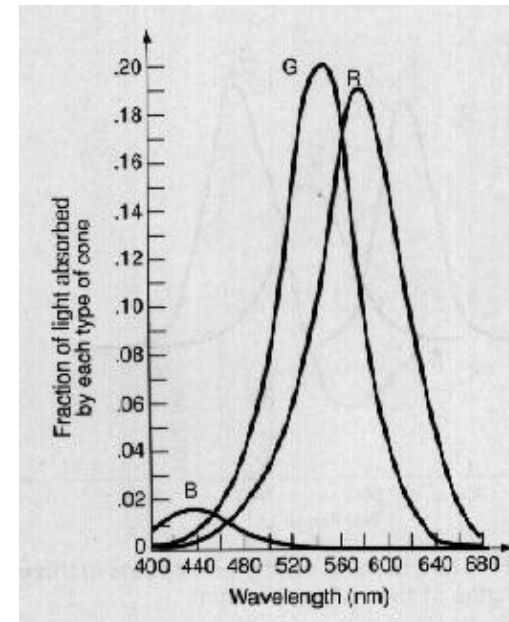
cyan = bleu-vert

- Synthèse soustractive (peintre, jet d'encre)



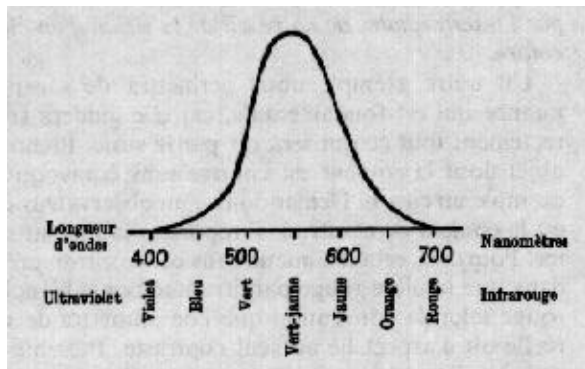
La perception des couleurs

- 3 types de "capteurs" dans la rétine (cônes)
 - Sensibilité très inégale selon la fréquence
 - Très variable d'un individu à l'autre
 - Le maximum correspond à la lumière émise par le soleil

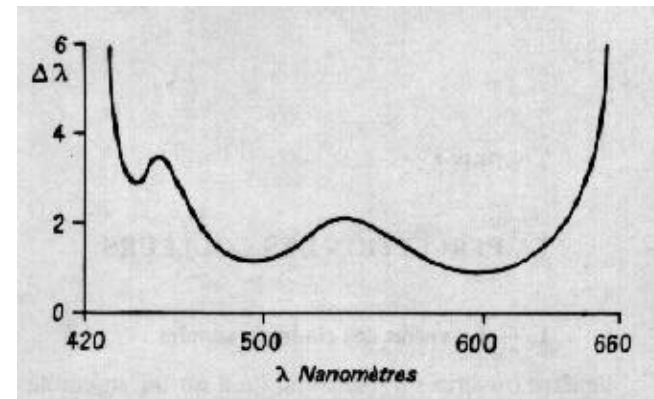


[FOLEY] p. 577

- Différentiation des couleurs



[DERIBERE] p. 5



[DERIBERE] p. 58

Env. 128 teintes différentiables. Moins que pour la clarté.

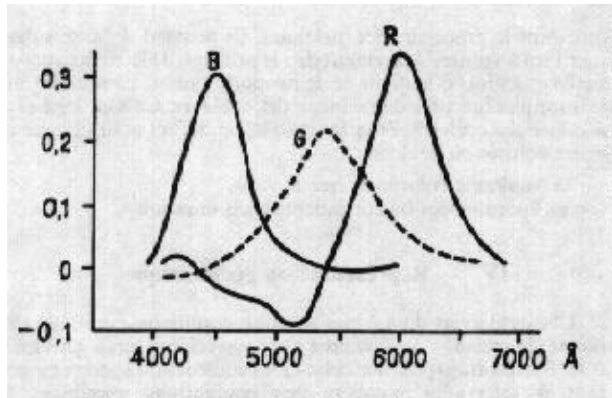
Le diagramme CIE

Norme internationale pour la description des couleurs (Commission Internationale de l'Eclairage 1931)

- 3 couleurs primaires :

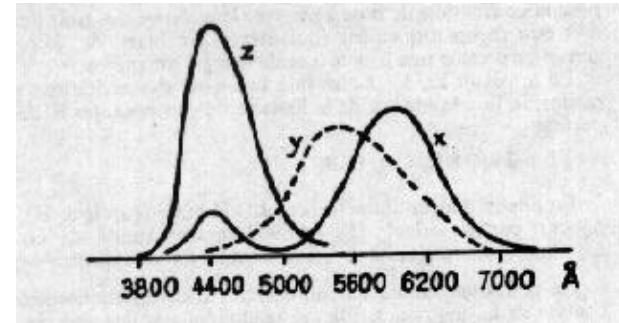
Rouge 700 nm Vert 546,1 nm Bleu
435,8 nm

- Une teinte quelconque est obtenue par dosage de ces 3 primitives :



[DERIBERE] p. 100

- Changement de base pour éviter les poids négatifs



[DERIBERE] p. 102

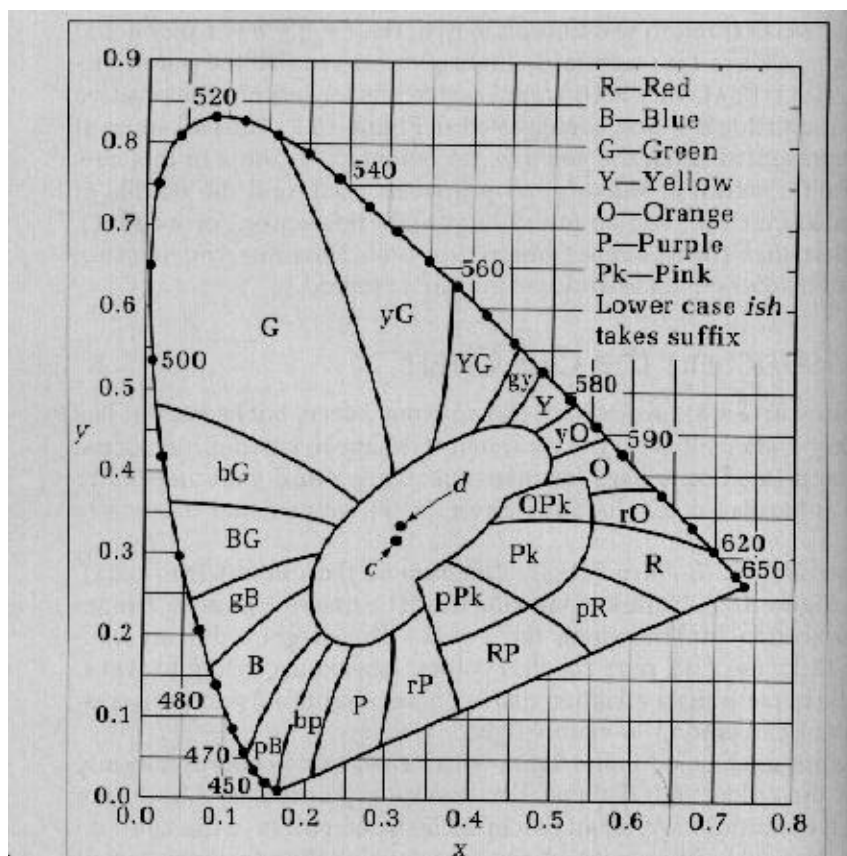
$$x = 2,7689r + 0,38159g + 18.801b$$

$$y = r + g + b$$

$$z = 0,01237g + 93.060b$$

- On peut résumer en une courbe en 2D :

$$x + y + z = 1 \Rightarrow z = 1 - x - y$$



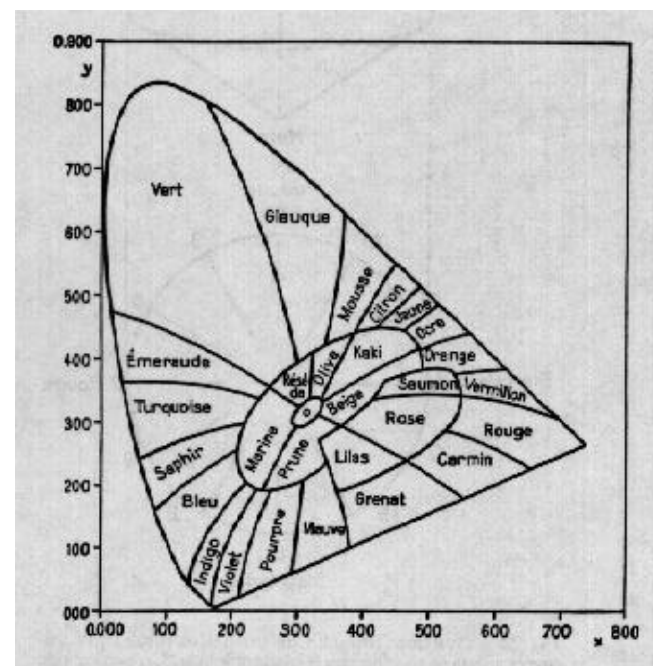
[HILL] p. 572

- Désignation des couleurs

en minuscule "-âtre" ou "-ish"

yG = yellow-ish, green

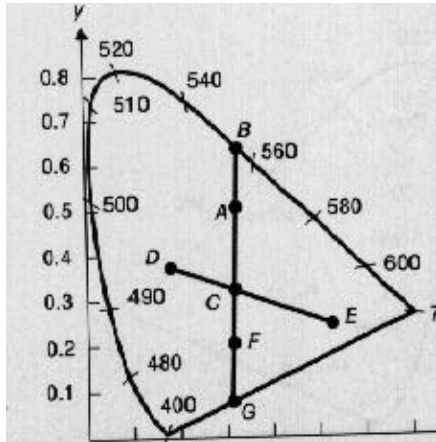
= jV = jaunâtre-vert = Glaucque



[DERIBERE] p. 111

Utilisation du diagramme CIE

- Pour la couleur A donnée, on obtient x et y par un colorimètre



[FOLEY] p. 582

- La longueur d'onde dominante de A est B, obtenue en prolongeant CA vers la courbe
- La pureté de A est le rapport de CA sur CB

- Les couleurs D et E sont complémentaires (leur mélange produit du blanc)
- La dominante de F n'est pas définie (G) : pour synthétiser F, il faut partir d'une lumière blanche, et lui ôter la complémentaire de G (B)

RQUE : le diagramme CIE de 1931 ne tient pas compte des perceptions de contraste (nouvelle norme en 1976)

Le gamut

- Les appareils de visualisation (moniteur, imprimantes, films) ont des couleurs primaires a priori différentes
- Le "blanc" correspondant est donc différent. Parfois réglable :

Exemple : écran Macintosh 17" trinitron

9300K => blanc bleuté "froid"

6500K => blanc "normal" correspondant au centre du diagramme CIE (corps noir porté à 6504K)

5000K => blanc rougeâtre "chaud"

- Les coordonnées de ces trois primitives dans le diagramme CIE

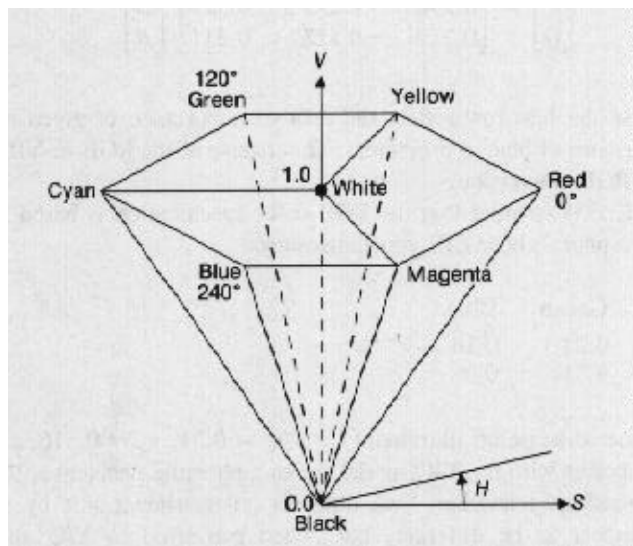
définissent le gamut de l'appareil (triangle)

Devrait être fourni par le fabricant...

- Toutes les couleurs à l'intérieur du triangle peuvent être reproduites par l'appareil.
- Mais il faut faire attention quand on change d'appareil (moniteur => imprimante)

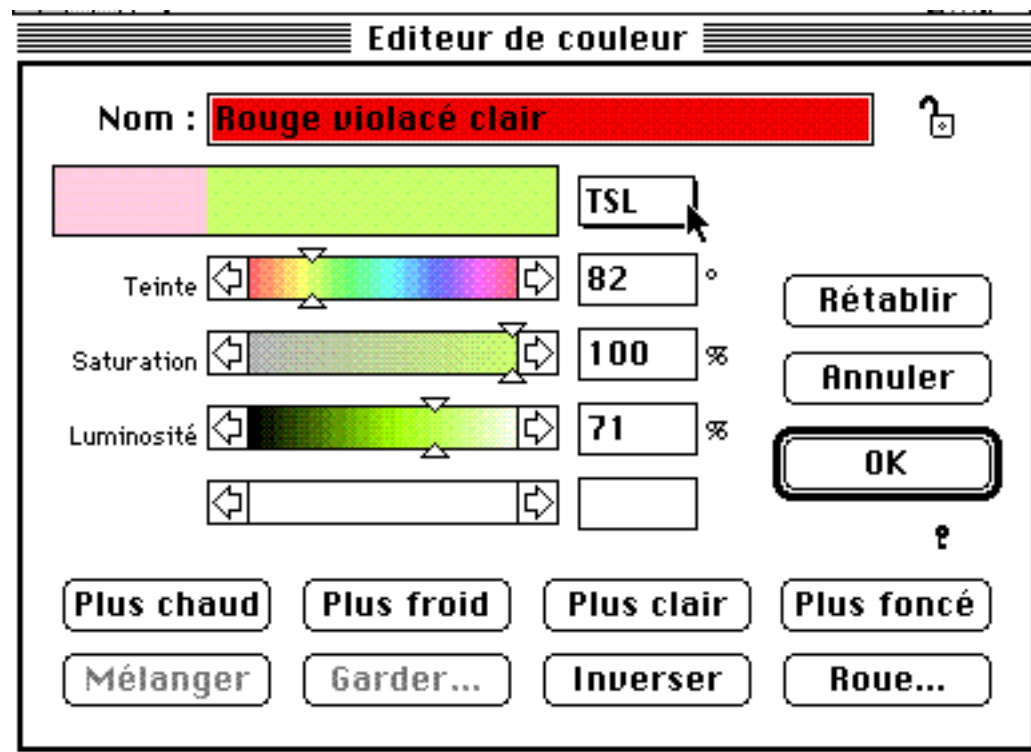
Le modèle HSV

- Correspond au modèle de base : Teinte, Pureté, Brillance ("hue", "saturation", "value" ou "brightness")

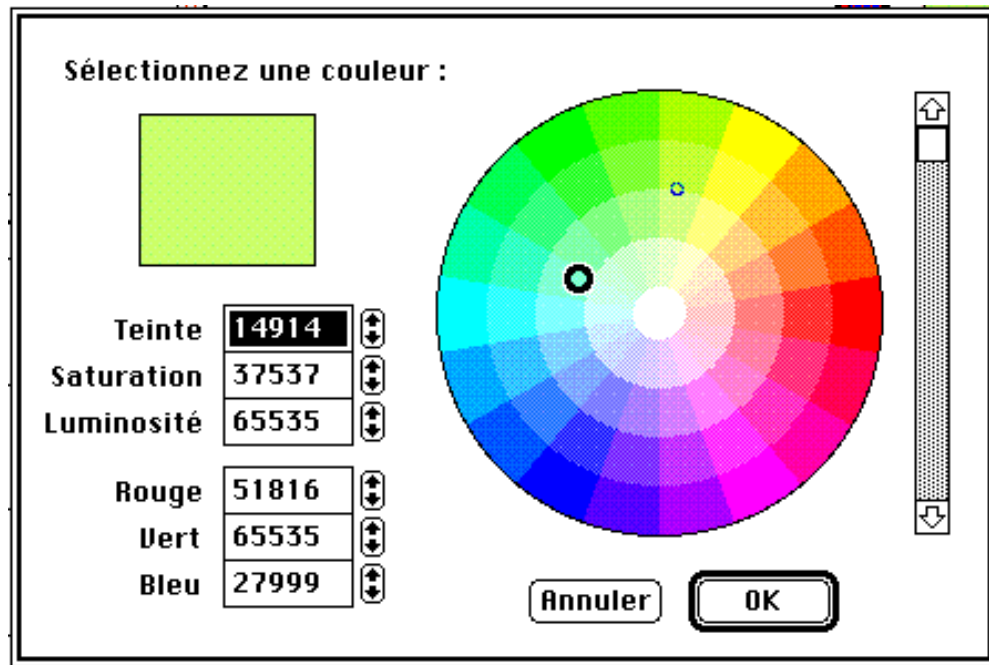


[FOLEY] p. 590

- Exemple de Macdraw Pro :



• La "roue" sur Macintosh



• Conversion en RGB

données : H, S, V : réels
résultats : R, G, B : réels

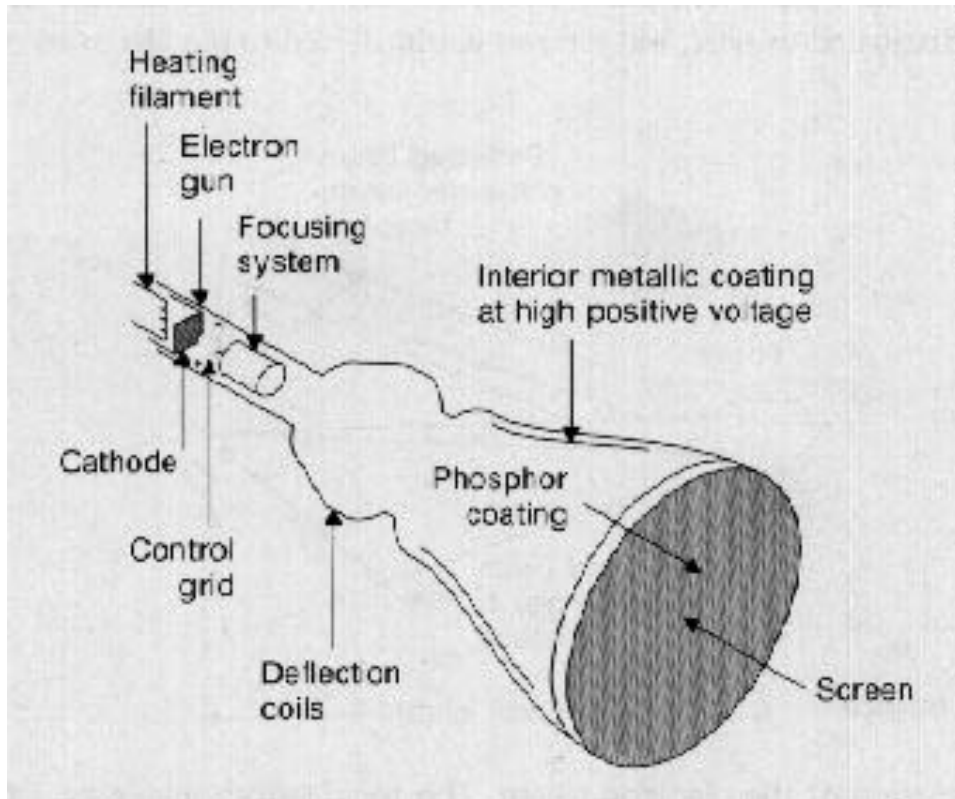
début

```
si S = 0 alors R :=V; G:=V; B:=V;
sinon
  H:=H/60; I:=floor(H); F:=H-I;
  P:=V*(1-S);
  Q:=v*(1-S*F);
  T:=v*(1-(S*(1-F)));
  selon I faire
    0 : R:=V; G:=T; B:=P;
    1 : R:=Q; G:=V; B:=P;
    2 : R:=P; G:=V; B:=T;
    3 : R:=P; G:=Q; B:=V;
    4 : R:=T; G:=P; B:=V;
    5 : R:=V; G:=P; B:=Q;
  fin selon
finsi

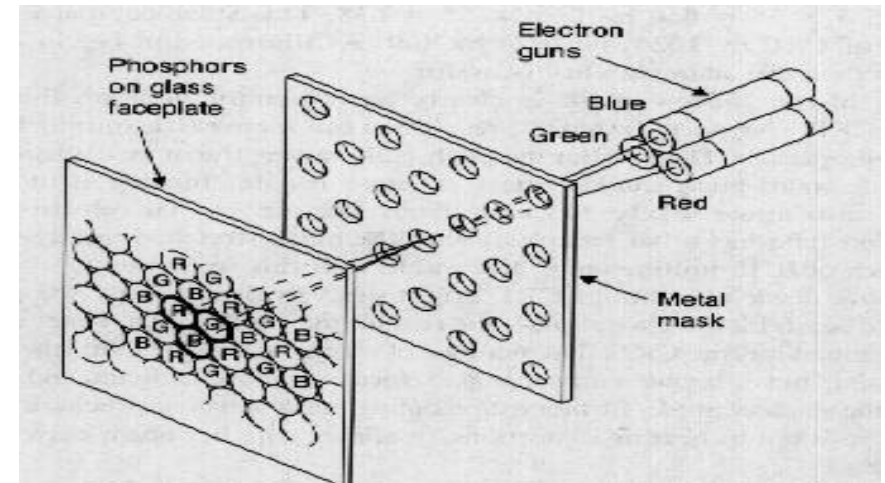
fin
```

2. Les terminaux graphiques

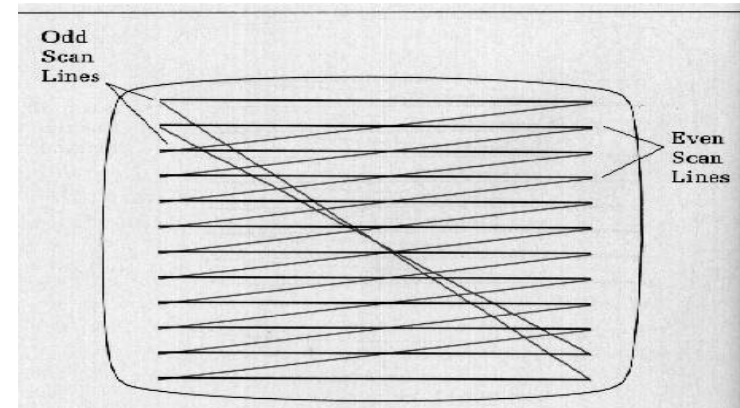
- Un tube vidéo couleur :



[FOLEY] p. 155 et p. 159



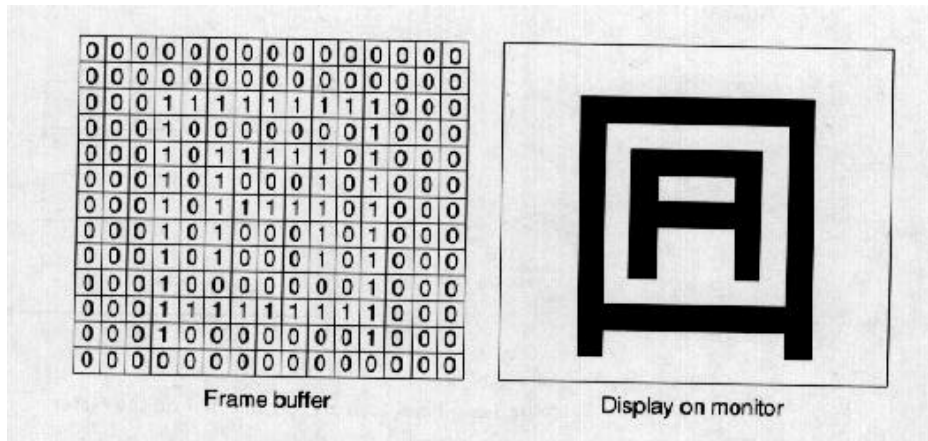
- Balayage : entrelacé ou non



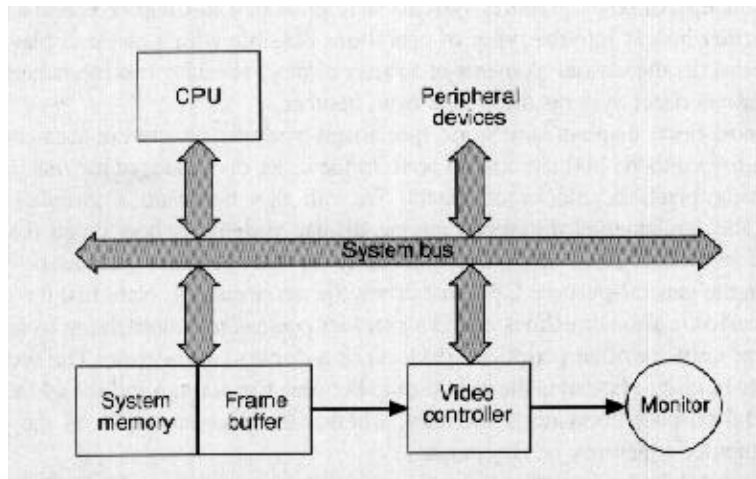
[HILL] p. 30

- Paramètres : résolution (points/pouce), taux de rafraichissement (ex : 75Hz)

- Le contrôleur vidéo



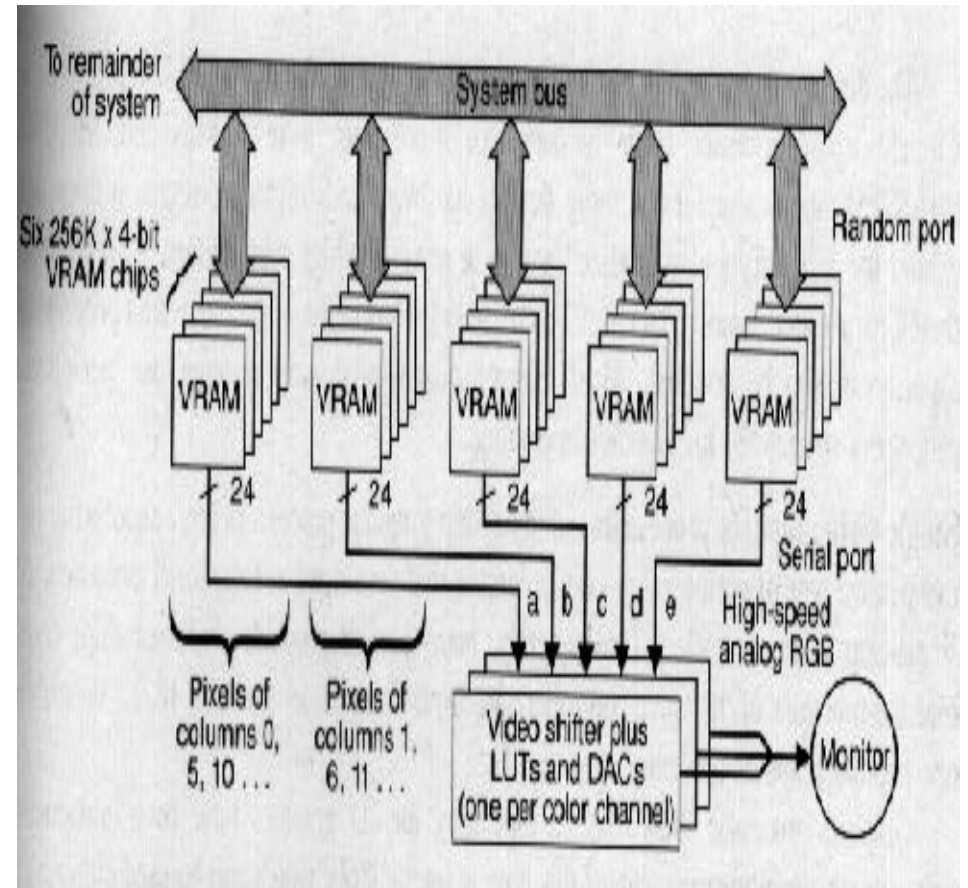
[SUN] p. 31



[FOLEY] p. 166

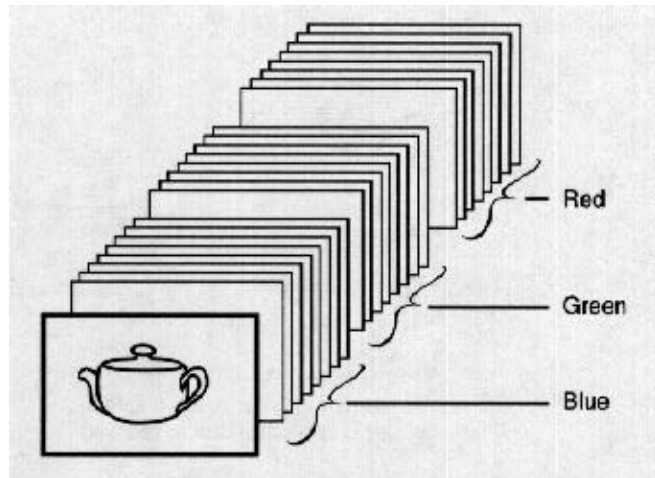
- La mémoire vidéo

VRAM, Texas Instruments 1983

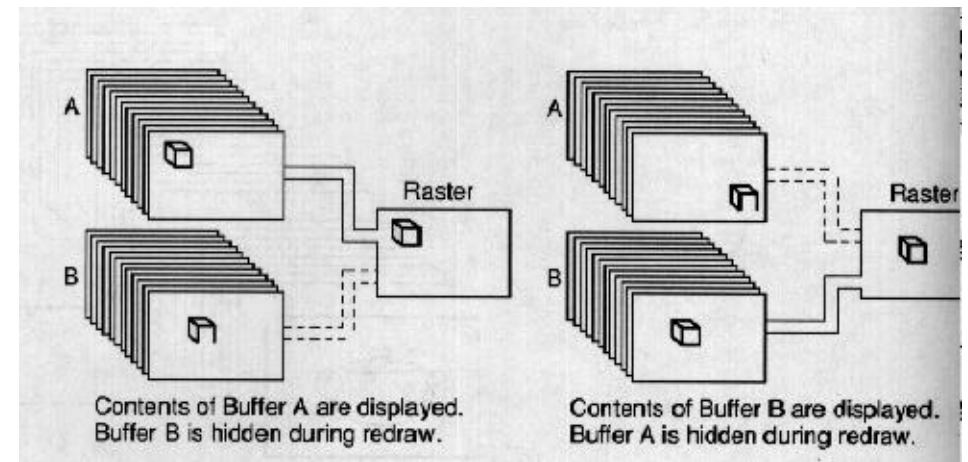


• Organisation de la mémoire vidéo

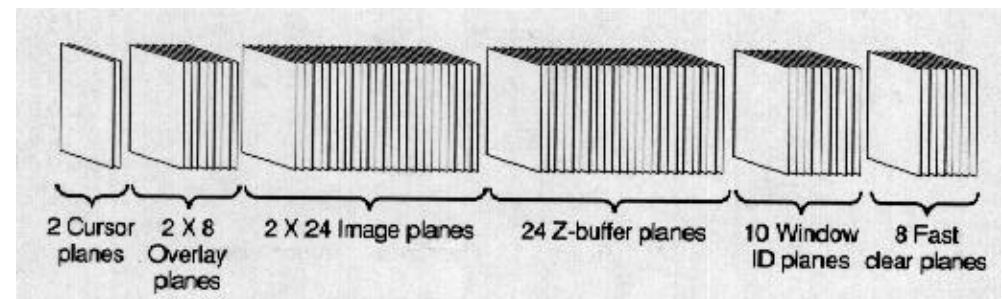
Exemple : 8 bits par couleur primaire = 24 bits



Une astuce pour l'animation : le "double buffering"



Un système complet (sur 108 bits !!) :

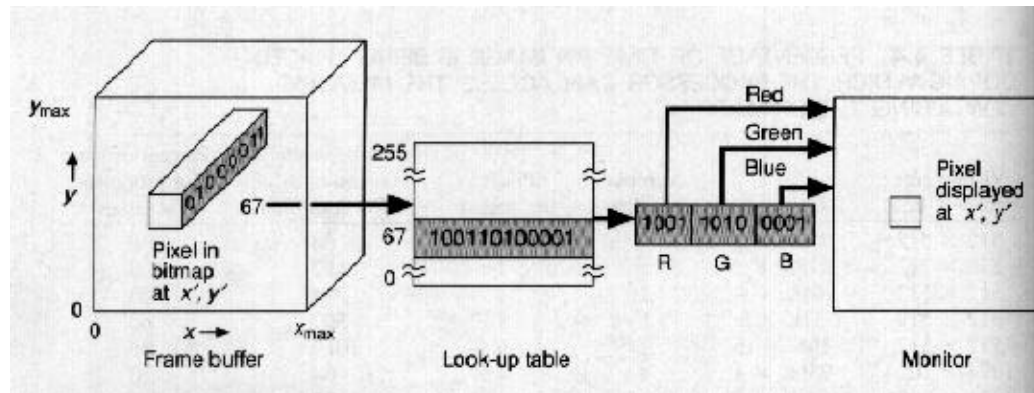


Double buffers + Z-buffer intégré

+ gestion du curseur, des menus déroulants, des fenêtres, de l'effacement des plans et du fond d'écran

• La gestion des couleur par palettes

- 24 bits / pixel est trop coûteux pour les petits systèmes
- Il est rare que tous les pixels de l'écran aient une couleur différente



[FOLEY] p. 170

• Exemples :

- Chaque pixel est codé sur 8 bits (pseudo-couleur)

- Ceci défini un rang dans une table spéciale : la palette ("lookup table")

- Il y a 2^8 entrées dans la table : 256 couleurs disponible dans la palette.

parfois encore moins : 4 bits/pixel => 16 couleurs simultanément (cas des cartes EGA, VGA pour PC)

- La palette mémorise la description complète de la couleur :

Exemple : 8 bits par couleur primaire => 2^{24} couleurs

Souvent : 3 bits rouge / 3 bits vert / 2 bits bleu

• Choix d'une palette optimale ???

- La correction de gamma est destinée à corriger la réponse courant-lumière dans le tube-image.

Cette réponse est en effet non linéaire et de la forme :

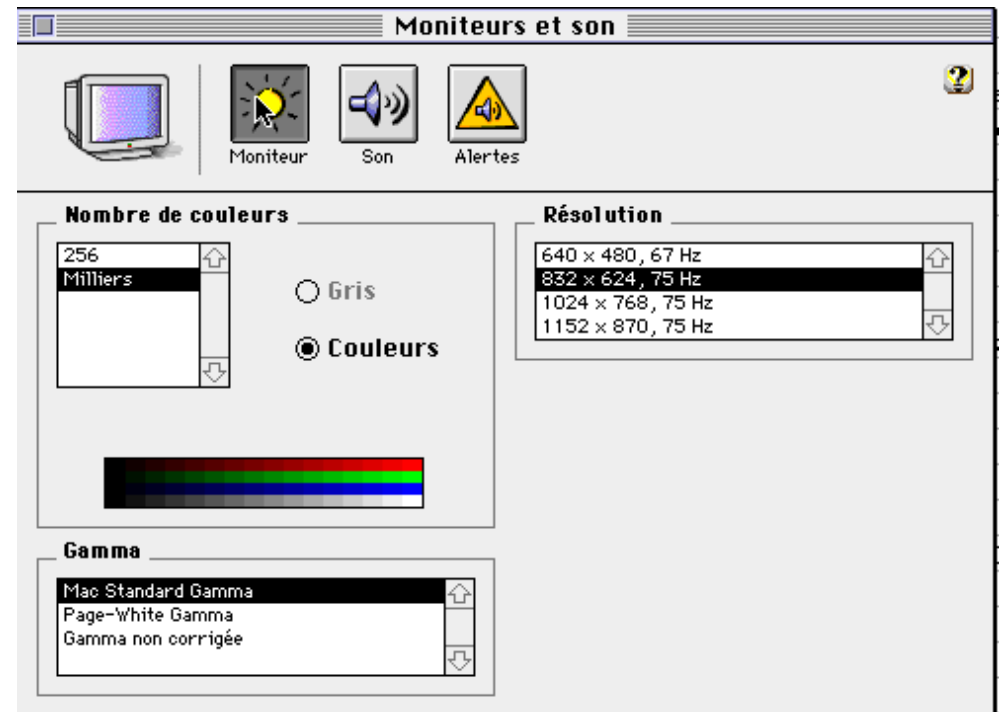
$$\lg e = \gamma \lg s$$

avec e , tension d'attaque du tube image, s , luminance de l'écran et γ varie de 1.6 à 2.8 environ.

Sans correction du gamma, une intensité moyenne (127 si codage sur 8 bits) correspondra à une tension d'attaque de 28% du maximum au lieu de 50% et l'image paraît trop sombre.

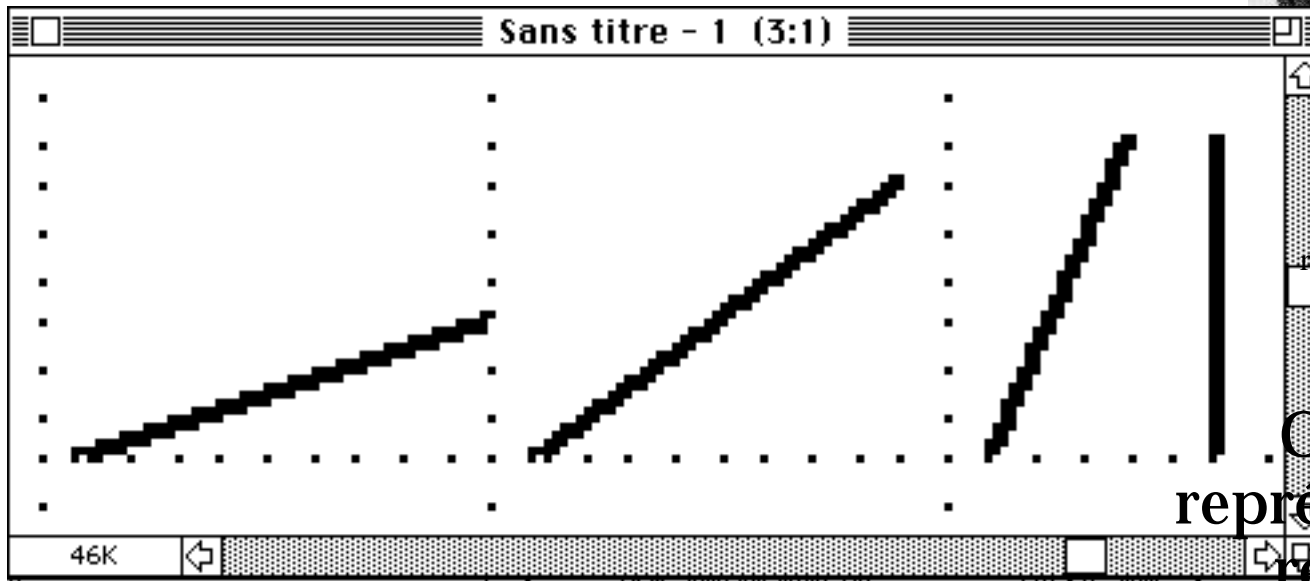
Conséquence : une image créée sur Macintosh paraît trop foncée sur PC et inversement.

La correction gamma peut être faite par la carte vidéo (cas des Silicon Graphics) ou par la bibliothèque graphique du système (cas de MacOS). Sinon, elle doit être gérée par le logiciel qui calcule l'image (PC, par ex)



3. L'aliasage

- Le problème des "marches d'escalier" :



résolution 200 dpi



résolution 90 dpi

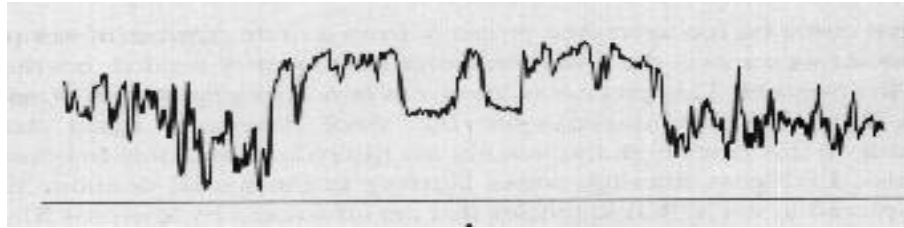
On ne passe pas d'une représentation continue à une représentation discrète impunément !!

- Le problème du changement de résolution

=> théorie de l'échantillonnage

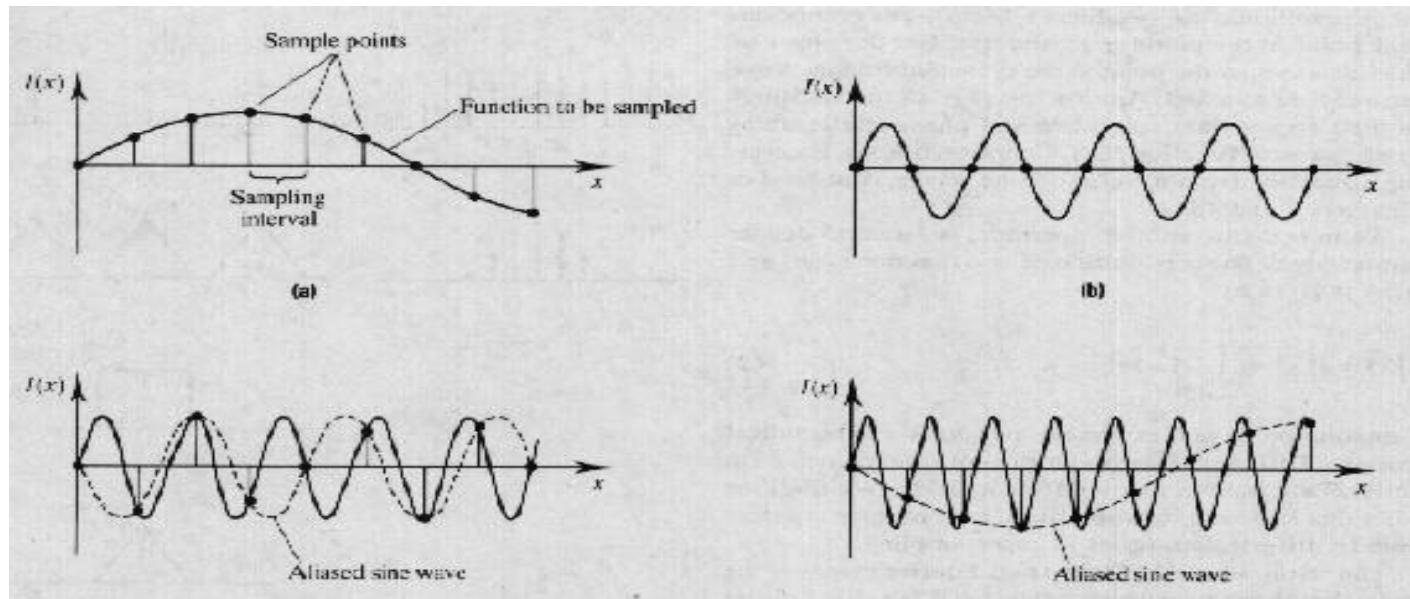
L'échantillonnage

- Intensité = $f(\text{coord X}, \text{coord Y}) = \text{un signal}$



[FOLEY] p. 630

- Echantillonnage :

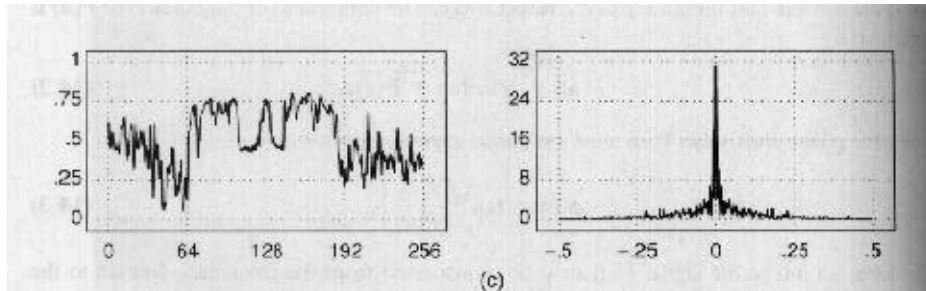


[WATT] p. 113

Un échantillonnage trop lent produit un signal très différent de l'original : un alias => Comment trouver la bonne fréquence d'échantillonnage?

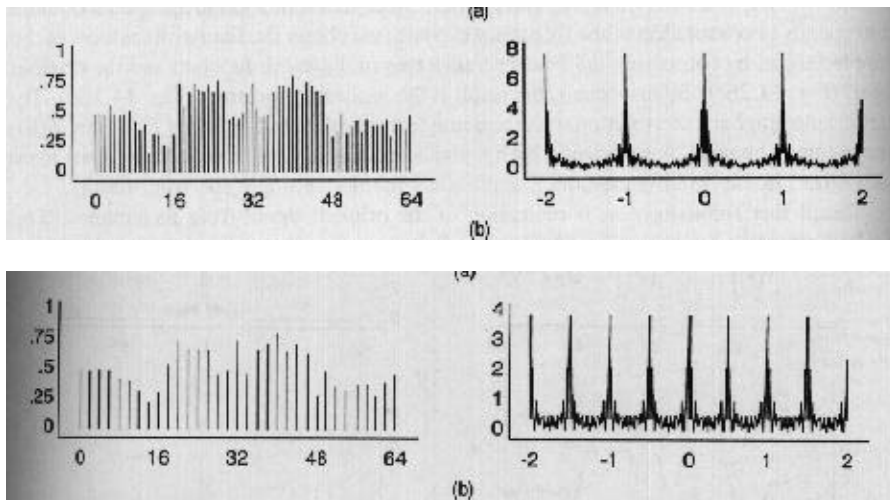
Analyse fréquentielle

- Spectre original :



[FOLEY] p. 626

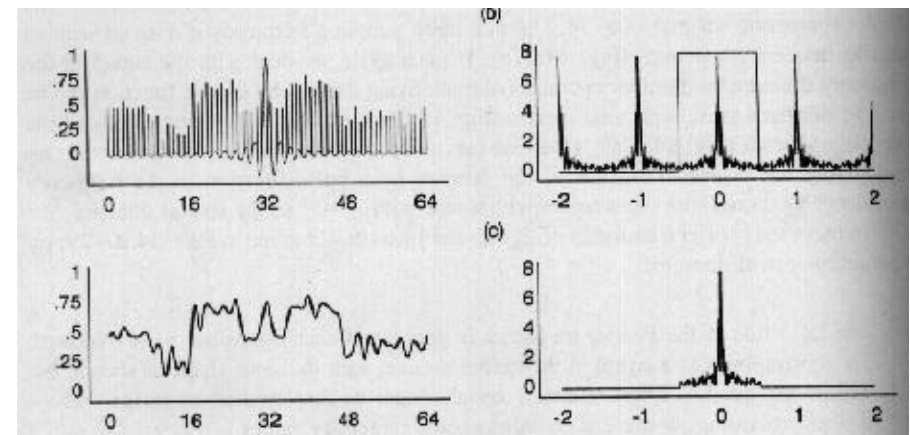
- Spectre après échantillonnage :



[FOLEY] pp. 638 et 639

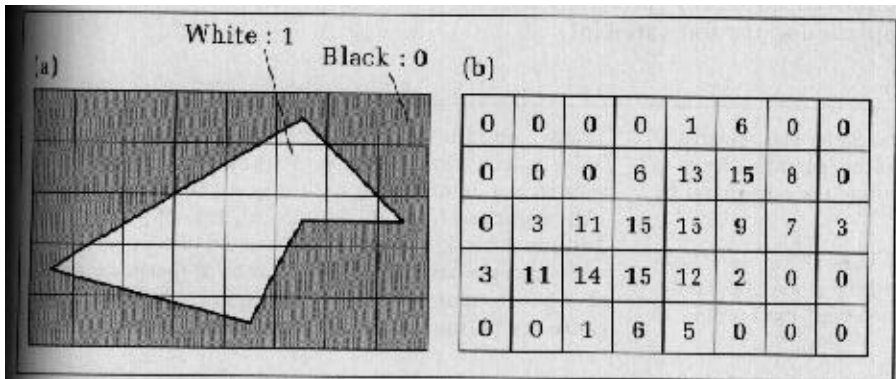
=> Théorème de Nyquist : $F_{éch} \leq 2F_c$

- Reconstruction avec filtrage des fréquences élevées :



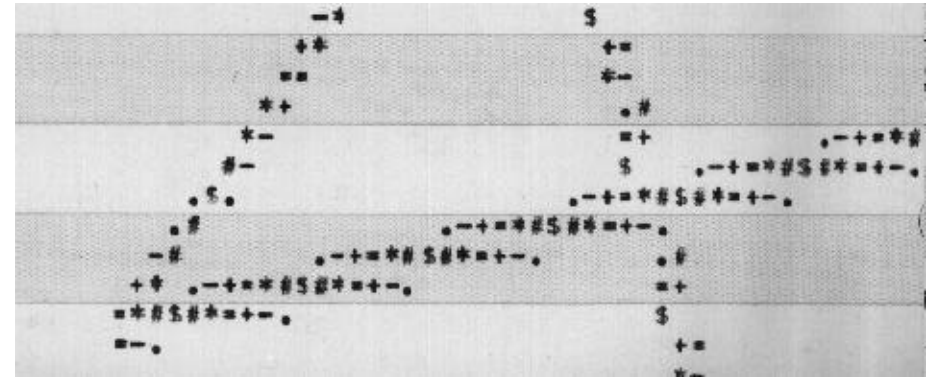
Anti-aliasage

- Traitement "en amont" du problème : exemple des primitives de tracé



[HILL] p. 453

```
x := x1; y := y1;
PLOT(x,y,d); PLOT(x,y-1,d);
répéter
    si d+m<1 alors d:=d+m;
    sinon d := d+m-1; y := y+1 finsi
    x := x+1
    PLOT(x,y,d); PLOT(x,y-1,d);
jusqu'à x = x2
```



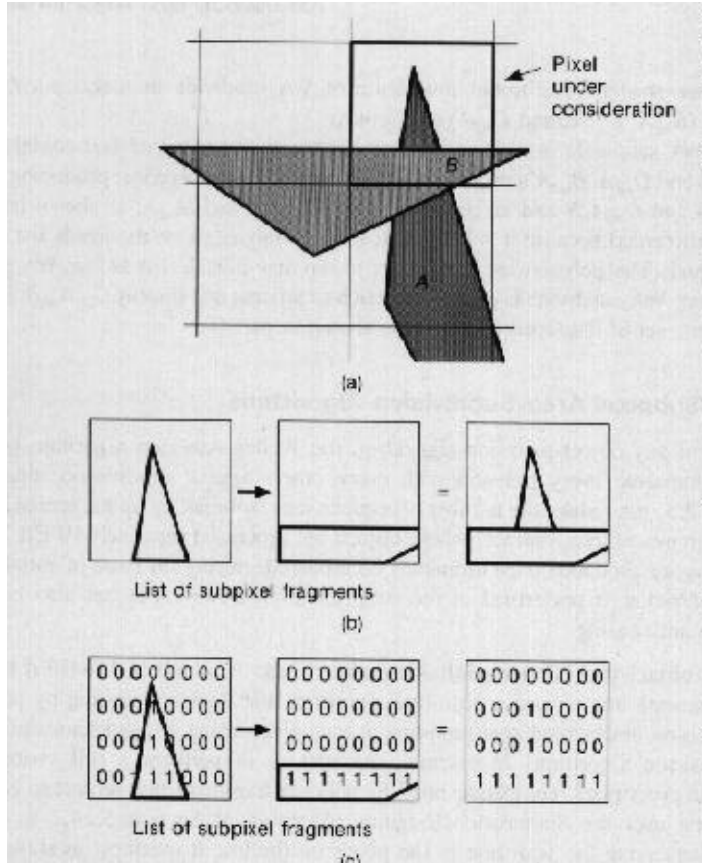
Imprimante à marguerite (8 niveaux d'intensité simulés)

ex : algorithme de Pitteway pour les droites (1966)

(x1,y1) et (x2,y2) : extrémités
 m : pente = (y2-y1)/(x2-x1) supposée ici positive
 d : intensité du pixel = 0.5 au début

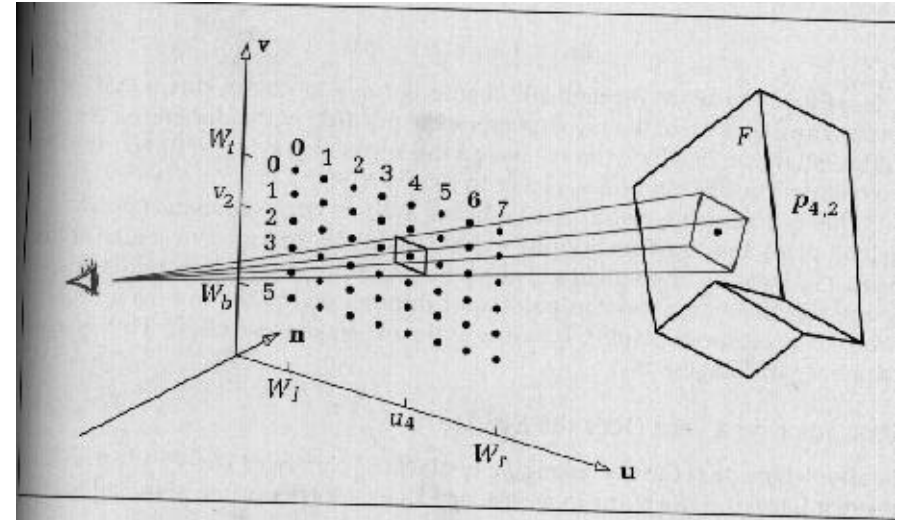
- **Sur-échantillonnage :**

Algorithme du A-Buffer (Carpenter, 1984)



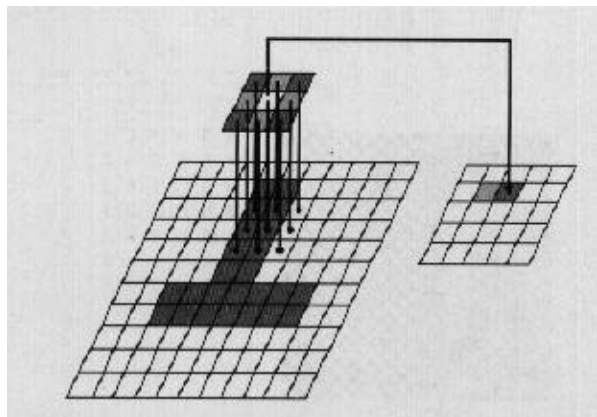
[FOLEY] p. 694

Suivi de rayon : un rayon par coin de pixel, subdivision adaptitive (Whitted 1980)



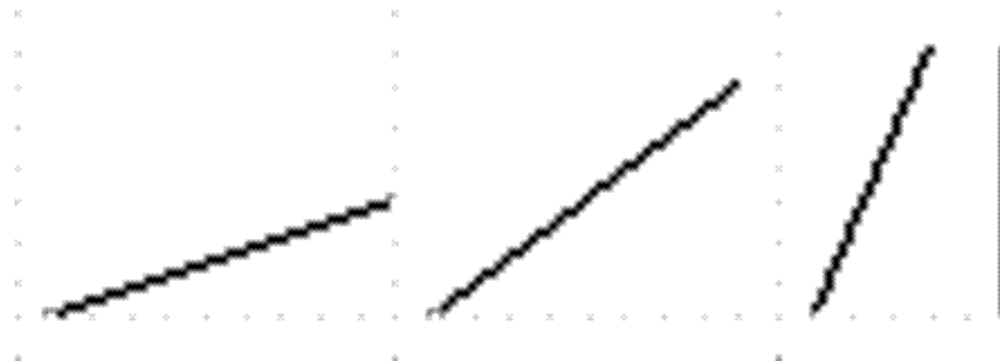
[HILL] p. 551

- Traitement "en aval" par filtrage



[FOLEY] p. 643

Bartlett filter $\begin{matrix} 9 & 12 & 9 \\ 12 & 16 & 12 \\ 9 & 12 & 9 \end{matrix} \frac{1}{100} :$



Box filter $\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix} \frac{1}{9} :$

