



La video analogique





• Première partie : l'œil et les couleurs

- 1- La vision humaine
- 2- Structure interne de l'œil
- 3- Les cônes et les bâtonnets
- 4- Distribution des cônes et des bâtonnets
- 5- Le rôle du cerveau dans la vision
- 6- Les images animées
- 7- Le pouvoir séparateur de l'œil
- 8- La synthèse additive des couleurs
- 9- Synthèse additive et écrans
- 10- Le pixel de l'écran cathodique
- 11- Le pixel de l'écran plasma
- 12- Le pixel de l'écran LCD
- 13- Le pixel de l'écran OLED
- 14- Conclusion

• Deuxième partie : le signal video

- 15- La caméra de télévision
- 16- Exemple d'image décomposée en RVB
- 17- L'analyse de l'image ligne par ligne
- 18- Le balayage entrelacé
- 19- Quelques dates de l'histoire de la télévision
- 20- La télévision noir et blanc
- 21- Le signal video N&B
- 22- Le timing du signal video N&B
- 23- Exemples de signaux video N&B
- 24- La synchronisation « trame »
- 25- Spectre du signal video N&B
- 26- L'introduction de la couleur en France
- 27- La télévision couleur
- 28- Les signaux de chrominance
- 29- L'ajout de la couleur dans le signal video
- 30- les différents standards
- 31- Allure du signal video composite
- 32- Exemple de signal composite
- 33- Spectre du signal composite
- 34- Exemple de spectre d'un signal SECAM
- 35- Les connecteurs de la video analogique

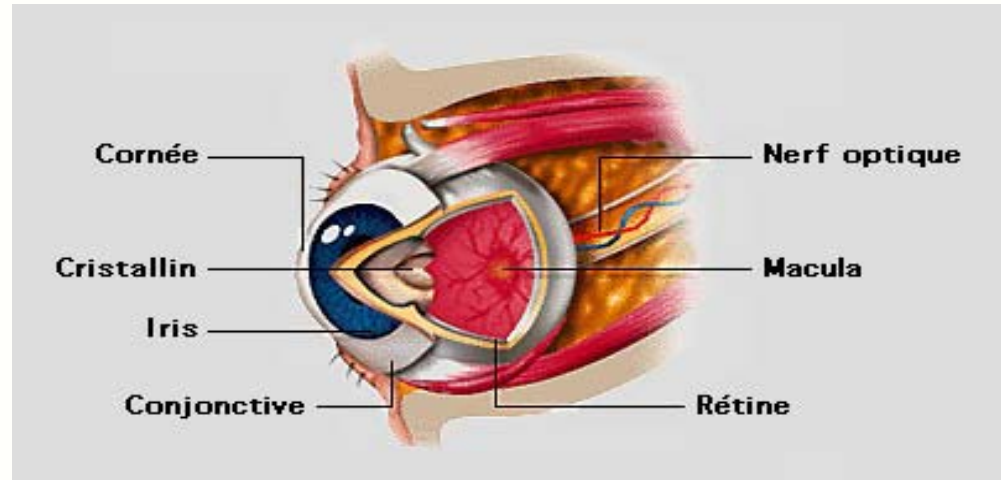




1- La vision humaine



L'œil et le cerveau sont les organes de la vision.

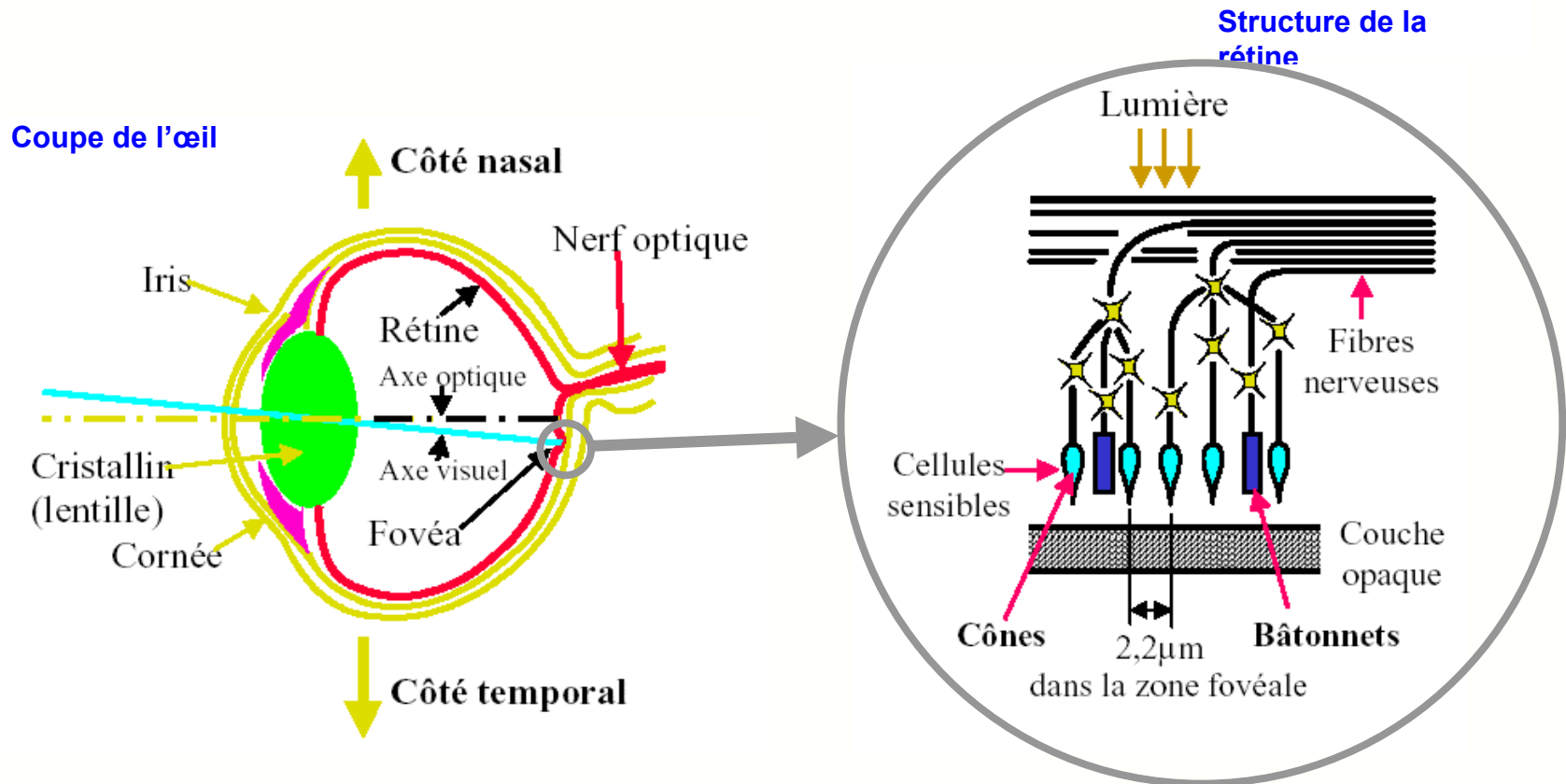


L'œil comporte :

- **un iris**, diaphragme qui dose la quantité de lumière pénétrant dans l'œil
- **une pupille**, ouverture centrale de l'iris
- **un cristallin** qui fonctionne comme une lentille à focale variable en se courbant
- **la rétine** où se forme l'image, contenant les cellules photosensibles: **cônes** et **bâtonnets**
- **la macula**, zone qui contient en son centre la fovéa, zone d'acuité maximale de l'œil
- **le nerf optique** qui conduit les informations au cerveau



2- Structure interne de l'œil



Thomas Young (1773-1829), médecin et physicien anglais, a montré que la rétine perçoit les couleurs par une multitude de petits groupes de trois cellules en forme de « cônes » sensibles à la lumière rouge, bleue ou verte.



3- Les cônes et les bâtonnets

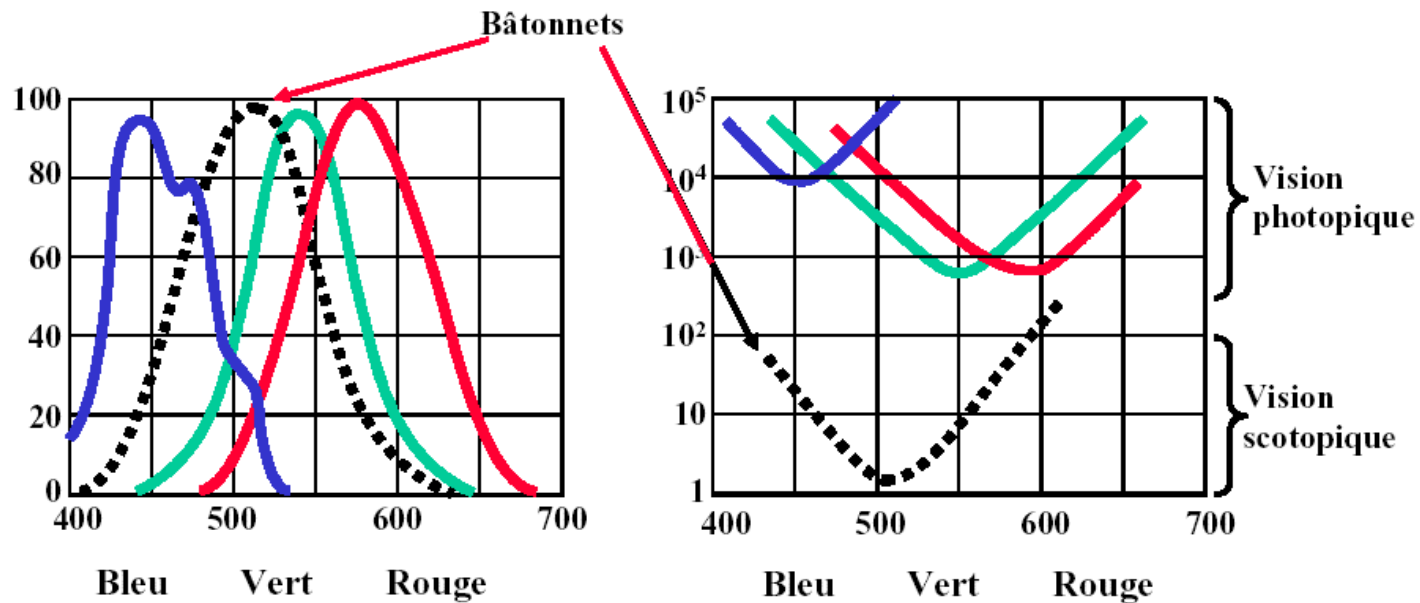


Les **cônes** :

- sont regroupés dans la fovéa
- sont sensibles au R ou V ou B
- fonctionnent à luminosité moyenne/élevée

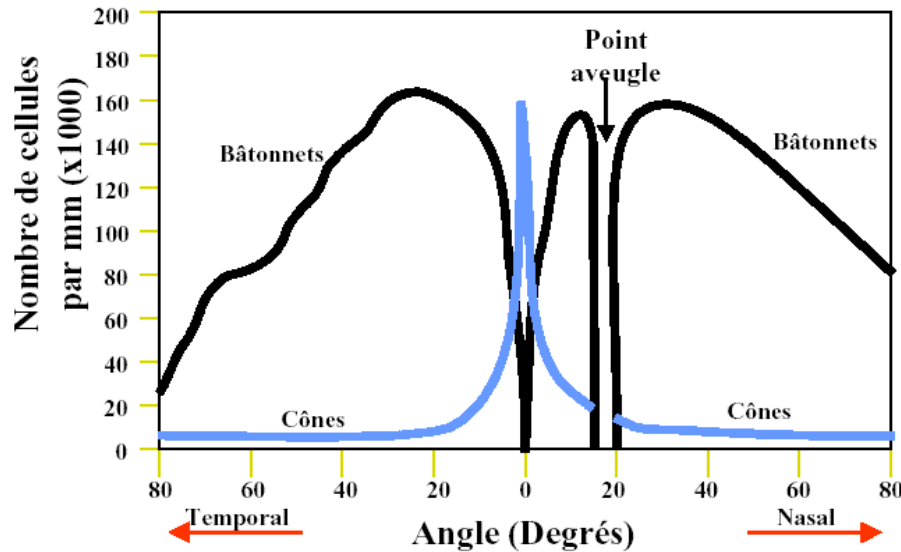
Les **bâtonnets** :

- sont dispersés sur toute la rétine
- sont beaucoup plus sensibles que les cônes
- fonctionnent même à luminosité faible



NB : à basse luminosité les cônes ne fonctionnent pas ⇒ « la nuit tous les chats sont gris »

4- Distribution des cônes et les bâtonnets



- les cônes sont concentrés dans la fovéa \Rightarrow seule cette zone « voit » les couleurs
- il y a plus de bâtonnets au centre qu'aux bords \Rightarrow la résolution est meilleure au centre
- le point aveugle est le point de la rétine où débouche le nerf optique

A partir des signaux partiels reçus par la rétine, le cerveau reconstitue une image complète.

Ce qui fait dire à certains :
“C’est notre oeil capte la lumière, mais nous voyons avec notre cerveau!”

Ce que capte la rétine...



... et ce que reconstitue le cerveau





5- Le rôle du cerveau dans la vision



l'image réelle



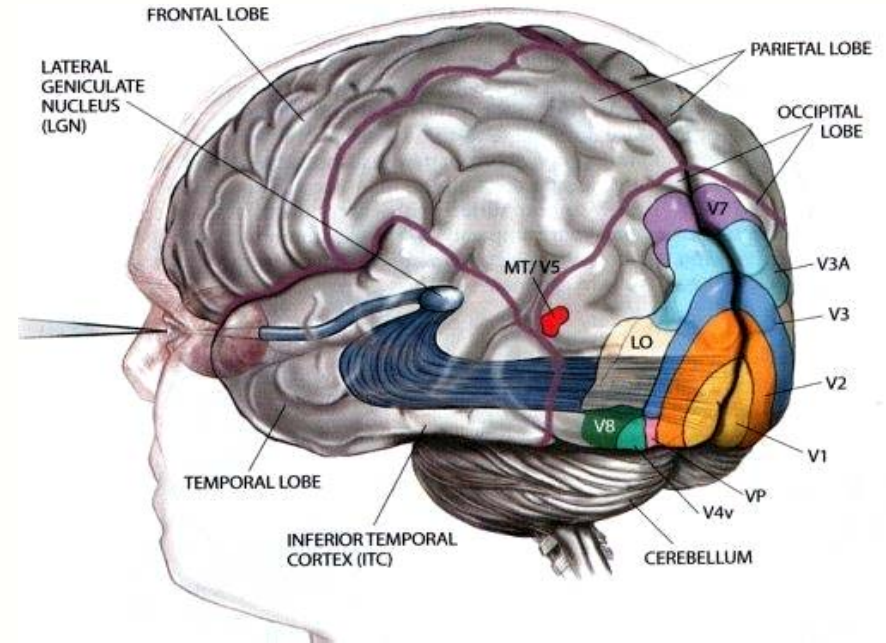
ce que reçoit la rétine (vaisseaux sanguins)



ce que voient les cônes



ce que voient les bâtonnets (la nuit par ex.)



V1-2-3 : traitement sommaire des couleurs, du mouvement et des petits objets
 MT/V5 : traitement du mouvement
 V8 : traitement de la couleur
 LO : reconnaissance des grands objets

La zone du cerveau utilisée pour la vision se situe à l'arrière du crâne :

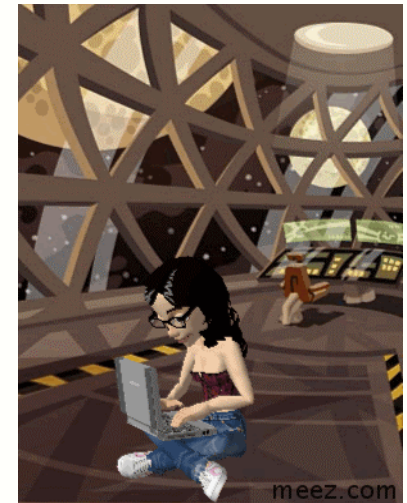
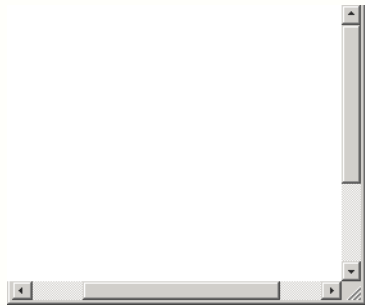
- elle est normalement reliée aux yeux par un faisceau de neurones
- mais peut aussi parfois être reliée aux doigts (aveugles ayant appris le Braille)



6- Les images animées



Si l'oeil présente rapidement au cerveau deux images légèrement décalées, le cerveau y associe un mouvement (zone MT/V5) : c'est l'**effet Phi** (dès qu'on dépasse 10 images/s environ).



Toutes ces animations sont composées d'une succession d'images fixes

Pour une bonne fluidité, on a adopté **24 i/s pour le cinéma** et **25 i/s pour la télévision**.

NB : avec un tube cathodique, l'image est affichée par un balayage de l'écran de haut en bas.

Le rythme de 25i/s provoque alors un papillotement fatigant qui a été supprimé en doublant le rythme du balayage (1 image = 2 trames)



7- Le pouvoir séparateur de l'œil



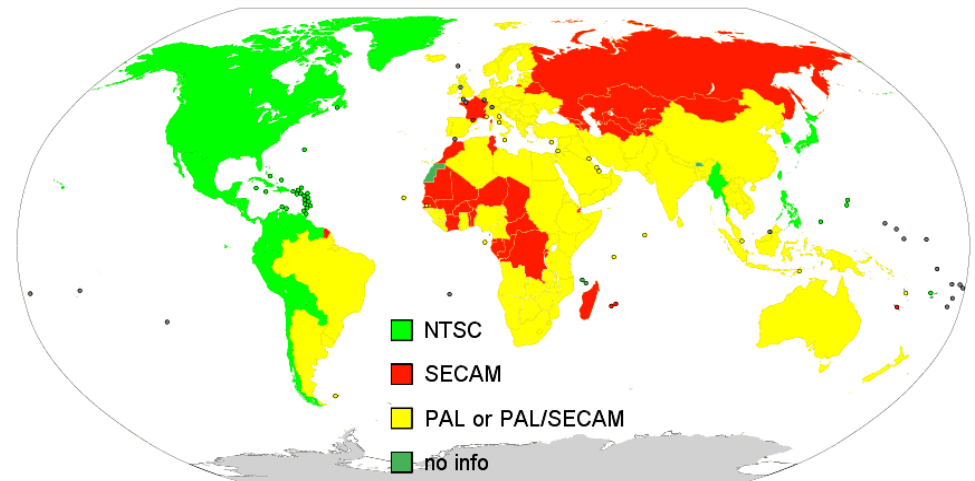
Sur la rétine, les cellules sensibles (cônes ou bâtonnets) sont séparés d'environ $2 \mu\text{m}$:

- cela correspond à une résolution d'environ $1/60^{\text{ème}}$ de degré
- l'œil est incapable de distinguer des détails de taille inférieure

Cette limitation de l'œil a conduit a choisir le nombre de lignes décrivant l'image.

Standards

- NTSC : 525 lignes / 480 affichées
- PAL : 625 lignes / 575 affichées
- SECAM : 625 lignes / 575 affichées



Résultat : à une distance « normale » de l'écran, l'œil est incapable de distinguer les lignes.



8- La synthèse additive des couleurs



- **James C. Maxwell** (1831–1879), physicien écossais, montre qu'il est possible de synthétiser la quasi totalité des couleurs visibles en utilisant 3 rayons rouge, bleu et vert avec des intensités variables
- **Hermann von Helmholtz** (1821-1894), physicien allemand, montre que chaque couleur est déterminée par 3 paramètres : la luminance, la saturation et la teinte.

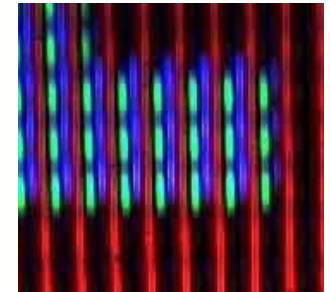
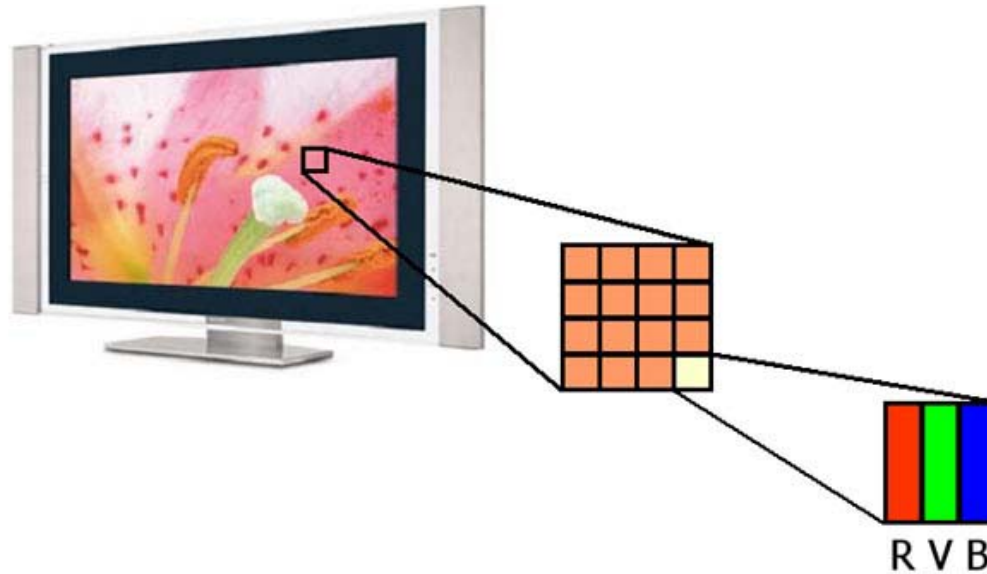


Ces découvertes ont conduit à choisir, pour la télévision couleur :

- d'analyser l'image en fonction des 3 couleurs rouge, vert et bleu
- de transmettre ces 3 couleurs vers le récepteur TV et de les afficher sur l'écran



9- Synthèse additive et écrans



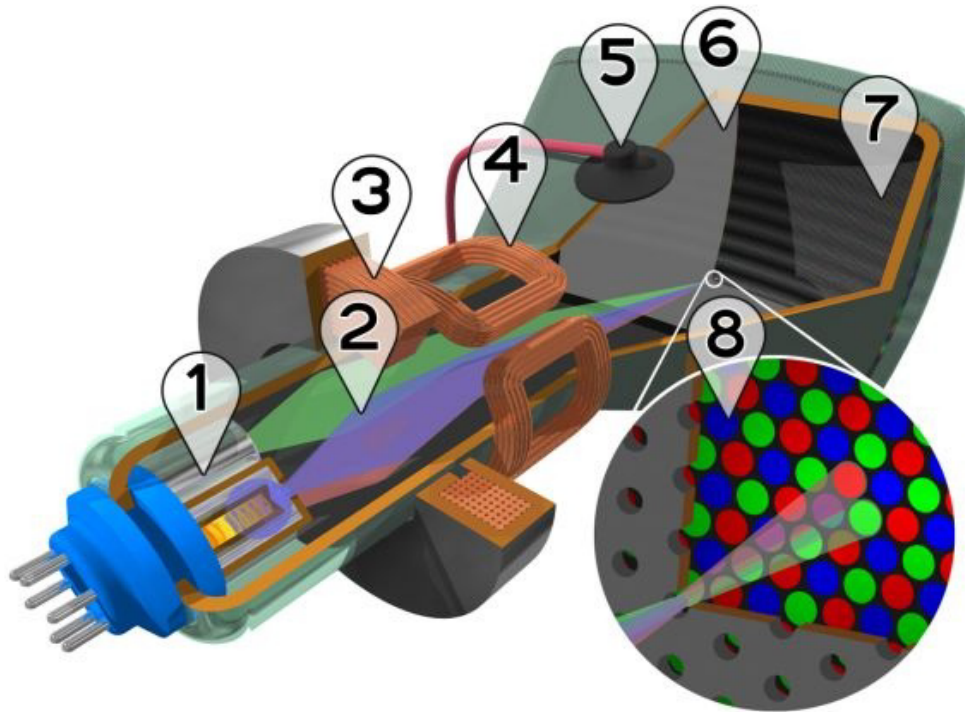
Zoom sur un écran

Quelle que soit la technologie utilisée pour l'écran :

- une image est reproduite à l'aide de points colorés ou **pixels**
- ces points sont produits par des **triplets de couleur rouge, verte et bleue**



10- Le pixel de l'écran cathodique



- 1- 3 canons à électrons (RVB)
- 2- 3 faisceaux d'électrons
- 3- bobines de focalisation
- 4- bobines de déviation H et V
- 5- anode d'accélération (THT)
- 6- masque de focalisation des faisceaux
- 7- écran couvert de luminophores
- 8- zoom sur les luminophores

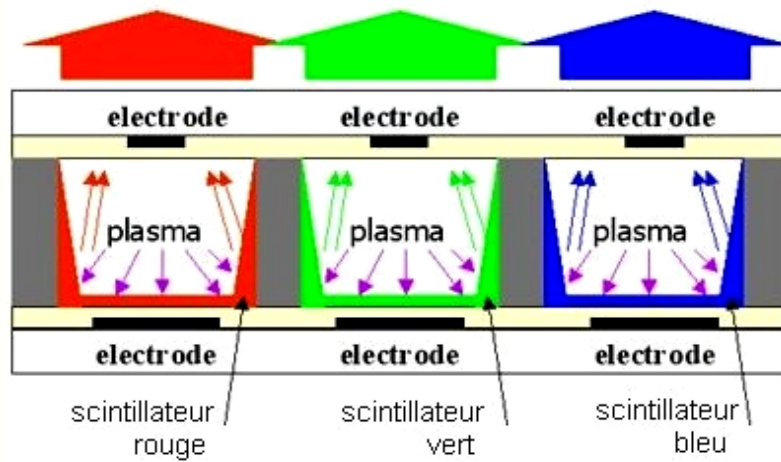


Les 3 faisceaux d'électrons :

- traversent au cours du balayage les trous du masque
- tombent chacun sur les luminophores qui lui correspondent
- excitent les luminophores R,V,B de l'écran qui émettent une lumière colorée



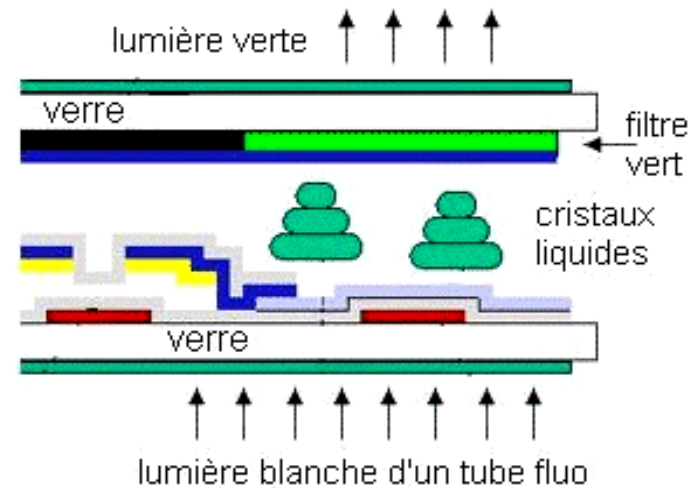
11- Le pixel de l'écran plasma



Les 3 couleurs sont produites par 3 substances émettant de la lumière lorsqu'elles sont bombardées par des électrons



12- Le pixel de l'écran LCD

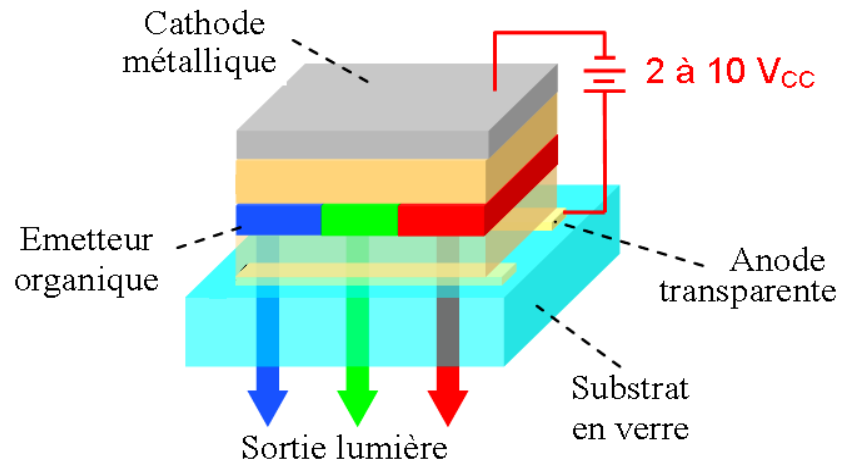


La lumière blanche d'un tube fluorescent est filtrée par 3 filtres R,V et B.

L'intensité de la lumière est commandée par des cellules à cristaux liquides dont l'opacité dépend du signal électrique appliqué



13- Le pixel de l'écran OLED



La lumière colorée est directement produite par des LEDs organiques déposées sur le substrat en verre ou en plastique (écrans souples).



14- Conclusion



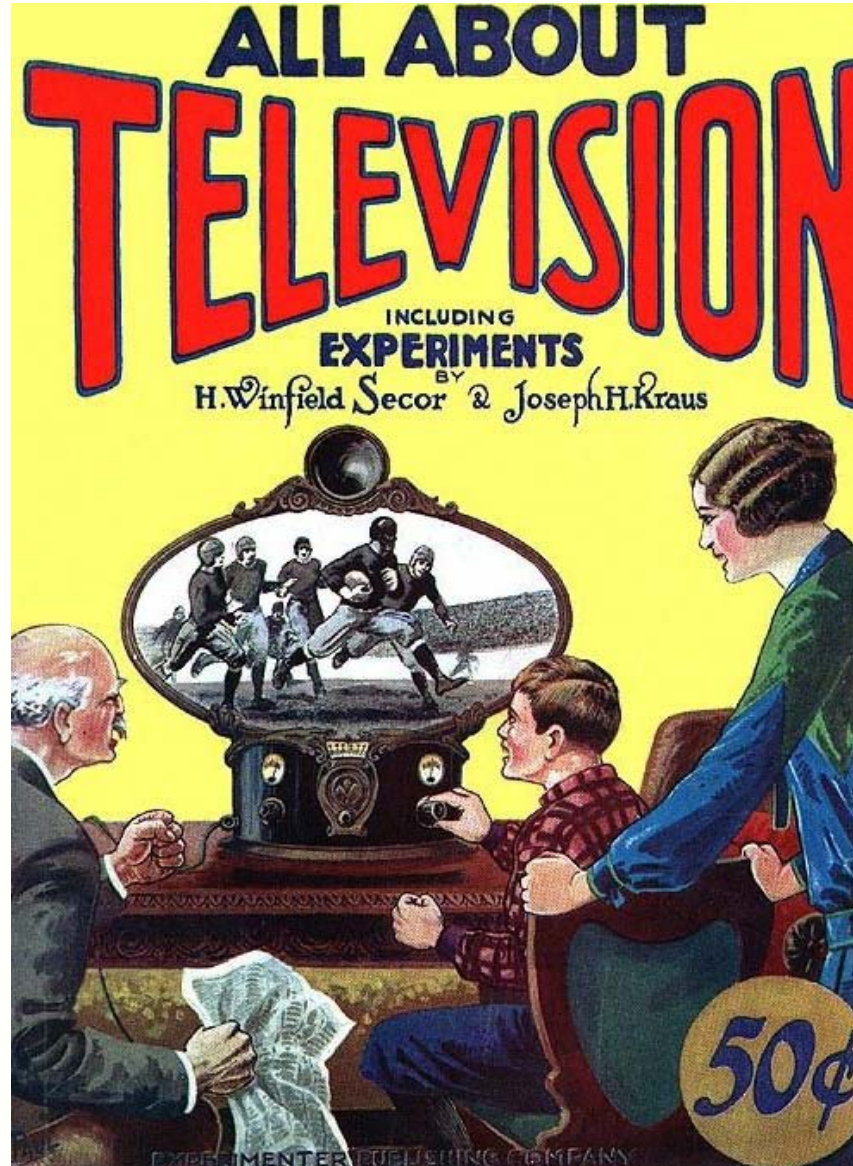
Un système de transmission d'images colorées et animées doit :

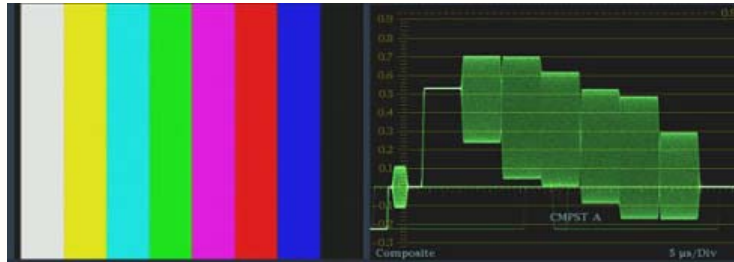
- transmettre au moins 20 images/s
- décomposer chaque image en un nombre suffisant de lignes
- transmettre pour chaque point de l'écran 3 informations de luminance (RVB)





Comment on imaginait la télévision en 1927...





• Première partie : l'œil et les couleurs

- 1- La vision humaine
- 2- Structure interne de l'œil
- 3- Les cônes et les bâtonnets
- 4- Distribution des cônes et des bâtonnets
- 5- Le rôle du cerveau dans la vision
- 6- Les images animées
- 7- Le pouvoir séparateur de l'œil
- 8- La synthèse additive des couleurs
- 9- Synthèse additive et écrans
- 10- Le pixel de l'écran cathodique
- 11- Le pixel de l'écran plasma
- 12- Le pixel de l'écran LCD
- 13- Le pixel de l'écran OLED
- 14- Conclusion

• Deuxième partie : le signal video

- 15- La caméra de télévision
- 16- Exemple d'image décomposée en RVB
- 17- L'analyse de l'image ligne par ligne
- 18- Le balayage entrelacé
- 19- Quelques dates de l'histoire de la télévision
- 20- La télévision noir et blanc
- 21- Le signal video N&B
- 22- Le timing du signal video N&B
- 23- Exemples de signaux video N&B
- 24- La synchronisation « trame »
- 25- Spectre du signal video N&B
- 26- L'introduction de la couleur en France
- 27- La télévision couleur
- 28- Les signaux de chrominance
- 29- L'ajout de la couleur dans le signal video
- 30- les différents standards
- 31- Allure du signal video composite
- 32- Exemple de signal composite
- 33- Spectre du signal composite
- 34- Exemple de spectre d'un signal SECAM
- 35- Les connecteurs de la video analogique



15- La caméra de télévision

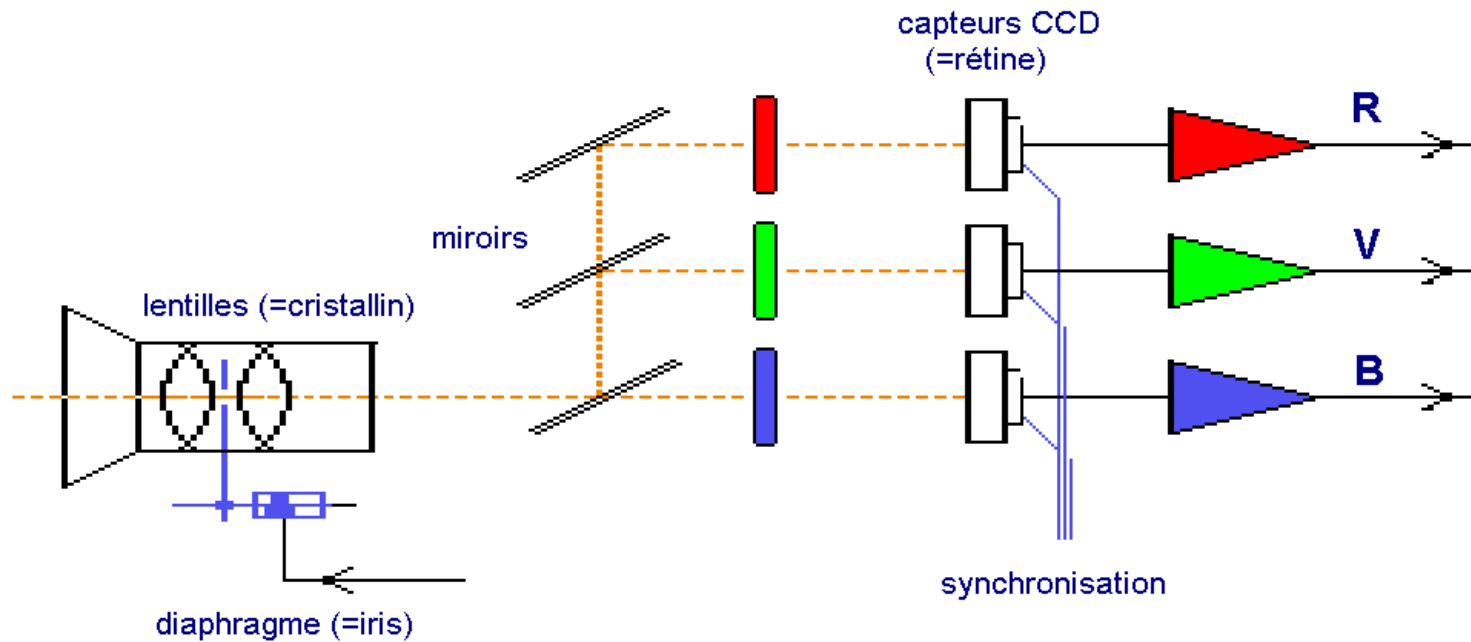


La caméra :

- a un fonctionnement voisin de celui de l'œil
- comporte 3 capteurs CCD sensibles aux 3 couleurs
- a un diaphragme qui évite la saturation des CCD
- fournit 3 signaux de luminance R, V et B
- analyse l'image ligne par ligne



Caméra tri-CCD





16- Exemple d'image décomposée en RVB



Image originale



Composante rouge



Composante verte



Composante bleue

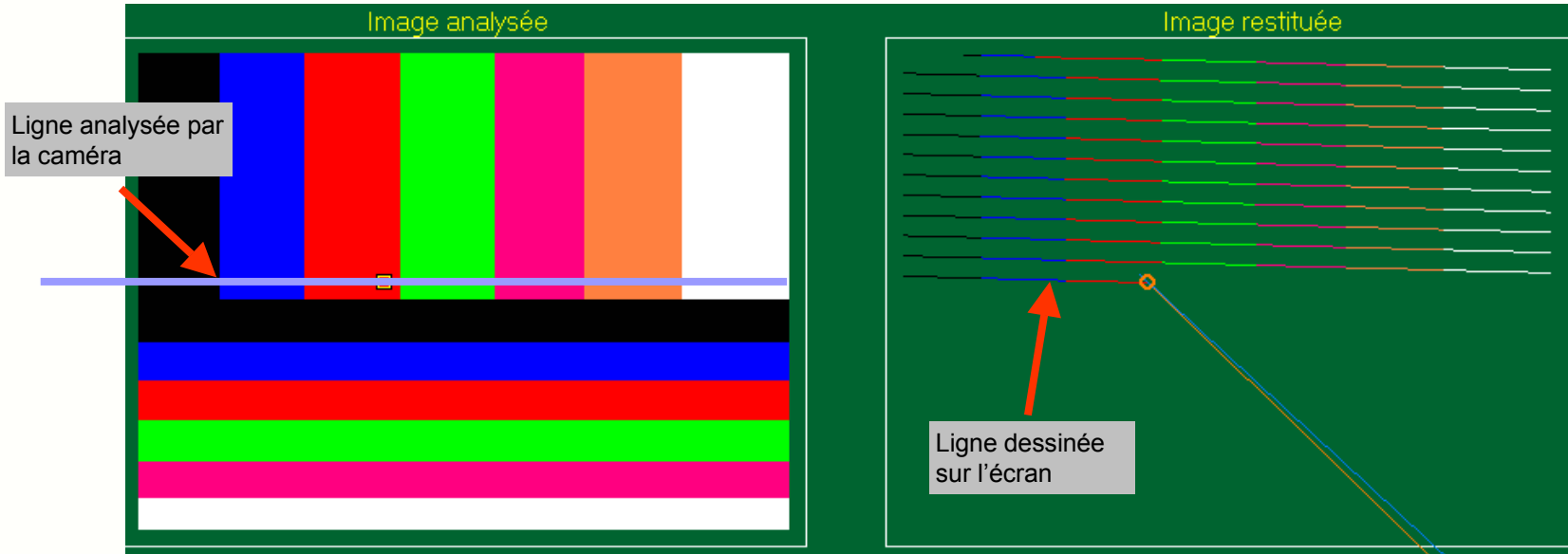
- la luminance du rouge est élevée (gris clair) dans les zones rouges de l'image
- la luminance du vert est élevée (gris clair) dans les zones vertes de l'image
- la luminance du bleu reste faible (peu de couleur bleue dans l'image)



17- L'analyse de l'image ligne par ligne



La caméra analyse l'image ligne par ligne (625 lignes en PAL et SECAM).



Il faut donc non seulement transmettre des informations sur la luminosité du point et sa couleur, mais aussi des informations de synchronisation.

Simulation de balayage

NB : toujours prendre un nombre de lignes impair !

Observer : 1- une trame puis 2- deux trames entrelacées 3- les signaux RVB
4- les retours ligne (rapide) et trame (plus long) 5- les signaux de déviation H et V

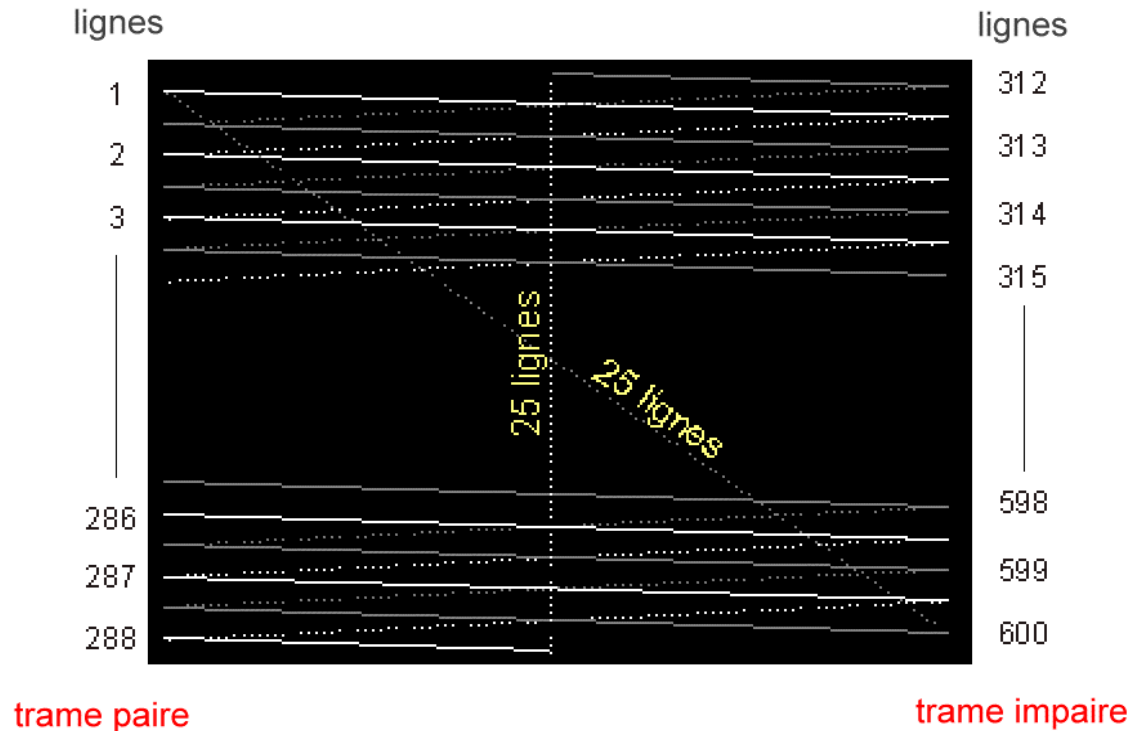


18- Le balayage entrelacé



Pour éviter l'impression désagréable de papillotement de l'image, l'écran est balayé 2 fois/image :

- la caméra analyse d'abord les lignes paires (**trame paire**)
- puis elle analyse les lignes impaires (**trame impaire**)



- en télévision, les images sont transmises au rythme de **25 images/seconde** (40 ms par image)
- la fréquence des trames est double, soit **50 trames/seconde** (20 ms par trame)



19- Quelques dates de l'histoire de la télévision



- **avril 1935** : première émission officielle de télévision en **60 lignes** depuis le ministère des PTT, rue de Grenelle à Paris
- **novembre 1935** : émission à la définition de **180 lignes** par un émetteur un émetteur installé au sommet de la tour Eiffel.
- **mai 1943** : première émission de **Fernsehsender Paris** émise depuis la rue Cognacq-Jay. En français et allemand, ces émissions en **441 lignes** dureront jusqu'en août 1944 (1000 récepteurs en France environ)
- **novembre 1948** : le standard français est fixé à **819 lignes** pour la première chaîne. Les autres pays choisissent le **625 lignes**.
- **avril 1950** : Lille est la première ville de province équipée d'une station émettrice de télévision (3500 téléviseurs en France)
- **avril 1964** : inauguration de la deuxième chaîne en noir et blanc (en **625 lignes**)
- **octobre 1967** : passage de la deuxième chaîne à la couleur, la France ayant choisi le **SECAM IIIB** (standard d'encodage de la couleur, inventé par Henri de France, en **625 lignes**). Depuis toutes les émissions en couleur se font en **625 lignes**.



Récepteur TV N&B en 441 lignes de
marque LMT (1947)



20- La télévision noir et blanc



Caméra N&B

luminance Y



pixel caractérisé par sa luminance

En télévision N&B :

- la caméra fournit uniquement le signal de **luminance Y**
- ce signal de luminance donne les différentes nuances de gris sur l'écran



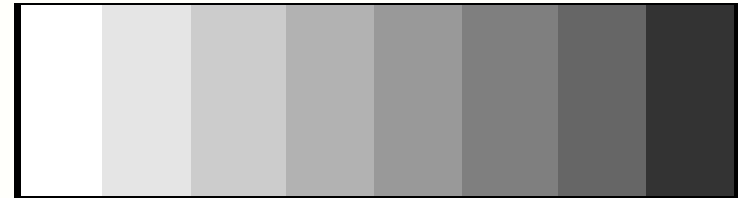
21 - Le signal video N&B



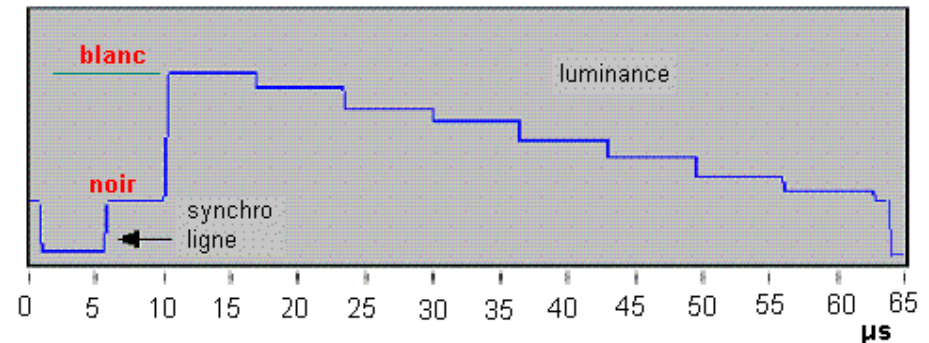
Les deux composantes du signal video N&B sont :

- les “tops” de **synchronisation** qui contrôlent le balayage (lignes et trames)
- le signal de **luminance** relatif à l'intensité (brillance, obscurité, niveaux de gris)

Image N&B : 8 bandes verticales de plus en plus sombres



Signal vidéo correspondant (1 ligne)



Chaque “top ligne” informe l'électronique d'affichage qu'elle doit démarrer une nouvelle ligne.

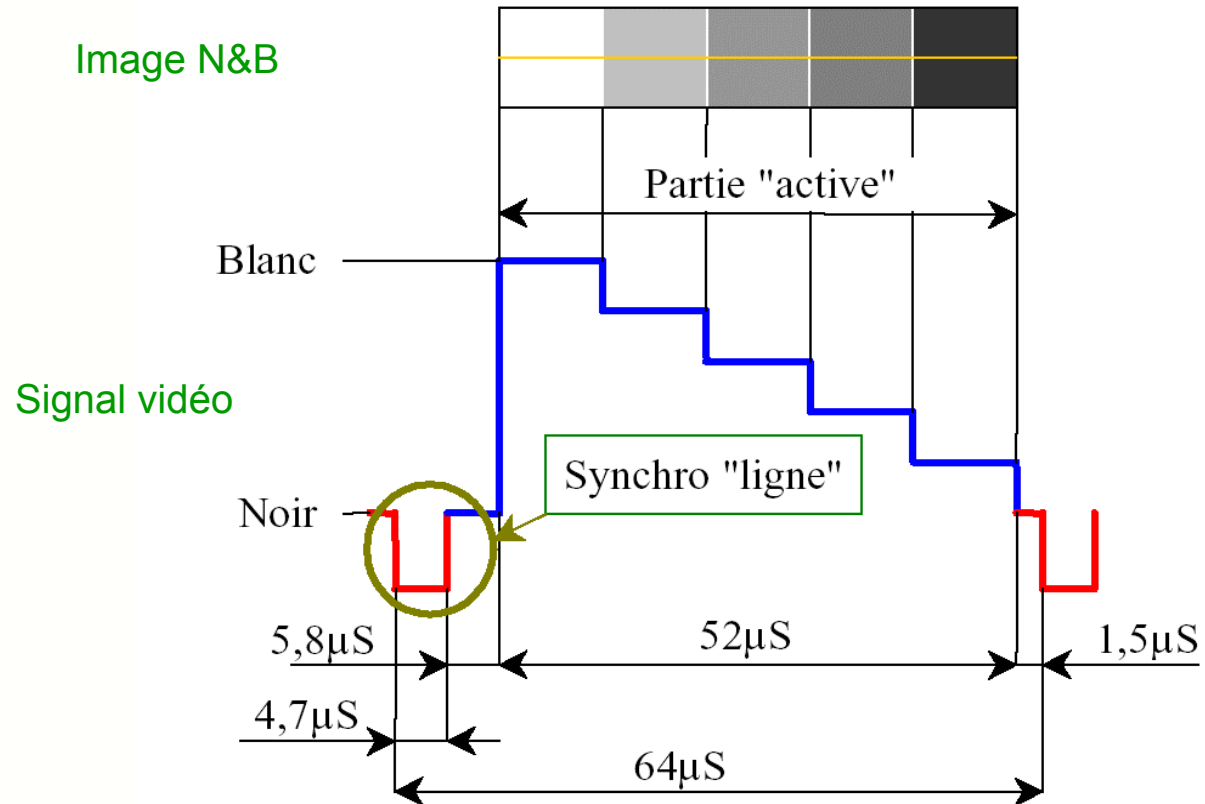


22- Le timing du signal video N&B



Les caractéristiques temporelles du signal video N&B sont :

- durée totale d'une ligne $64 \mu\text{s}$
- durée de la partie active (affichée) $52 \mu\text{s}$
- largeur du top synchro ligne $4,7 \mu\text{s}$

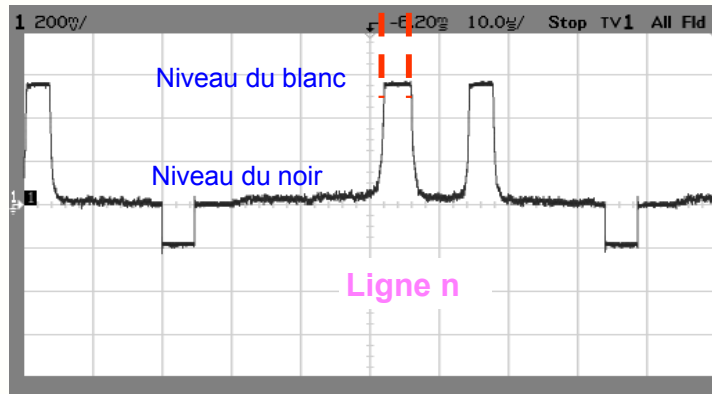
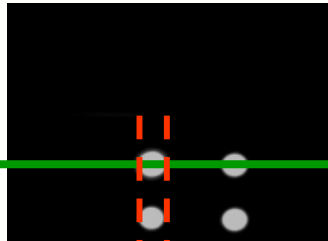




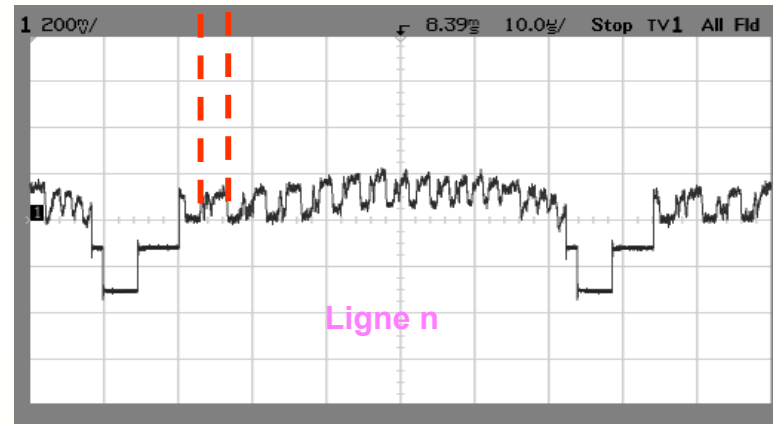
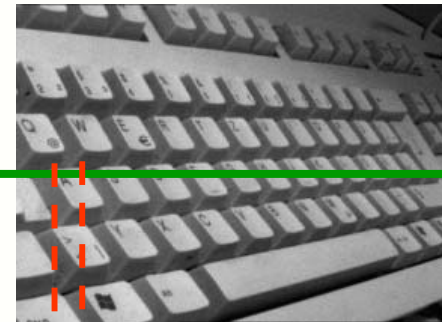
23- Exemples de signaux video N&B



Ligne n



Ligne n



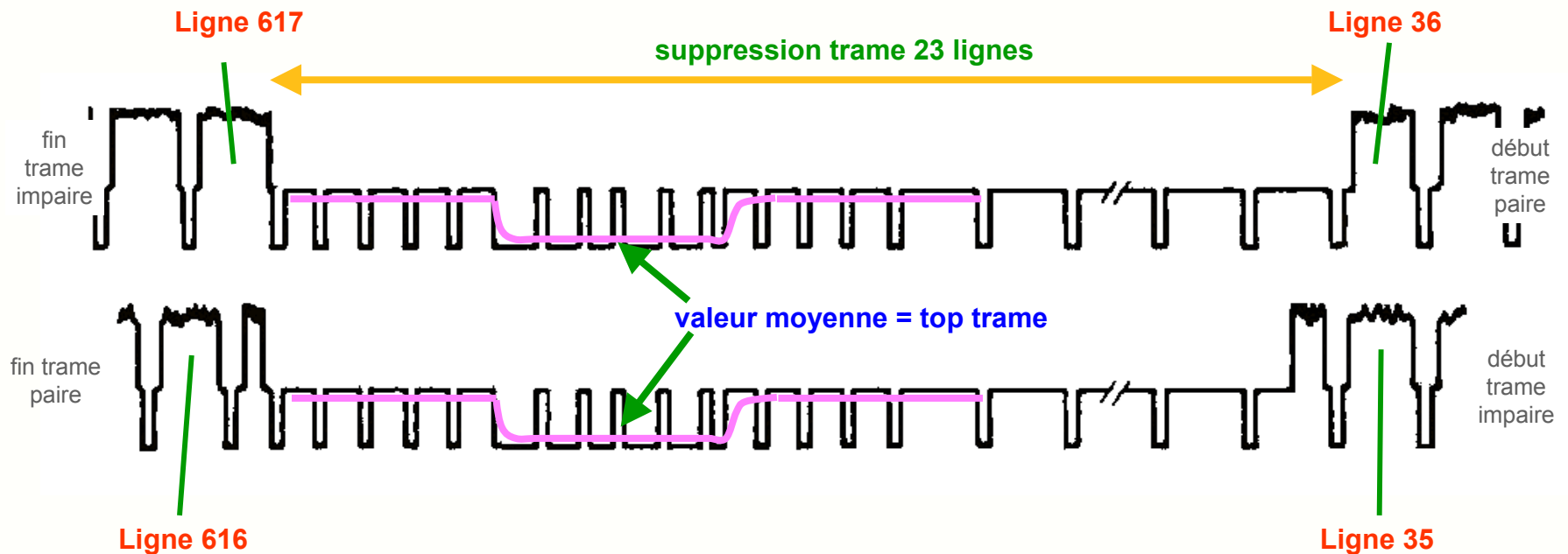


24- La synchronisation « frame »



Lorsqu'une trame est terminée, le spot retourne en haut de l'écran pour dessiner la nouvelle :

- entre 2 trames, on dispose d'un temps équivalent à 23 lignes (suppression trame)
- le **top frame** est obtenu par la valeur moyenne du signal vidéo entre 2 trames





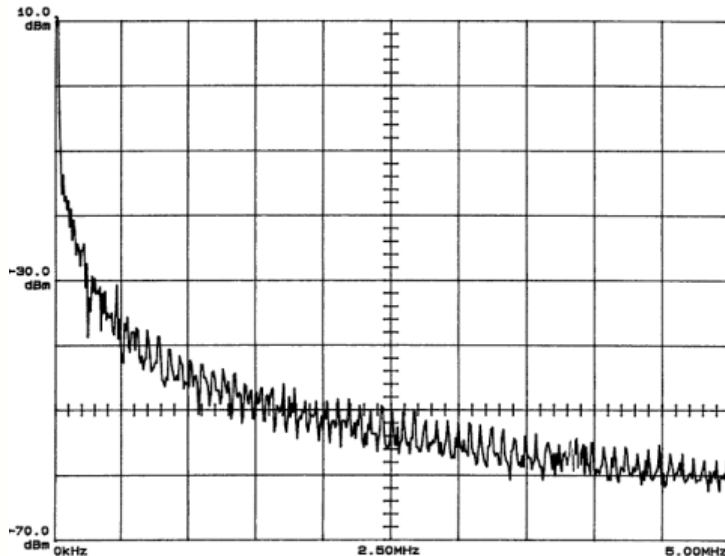
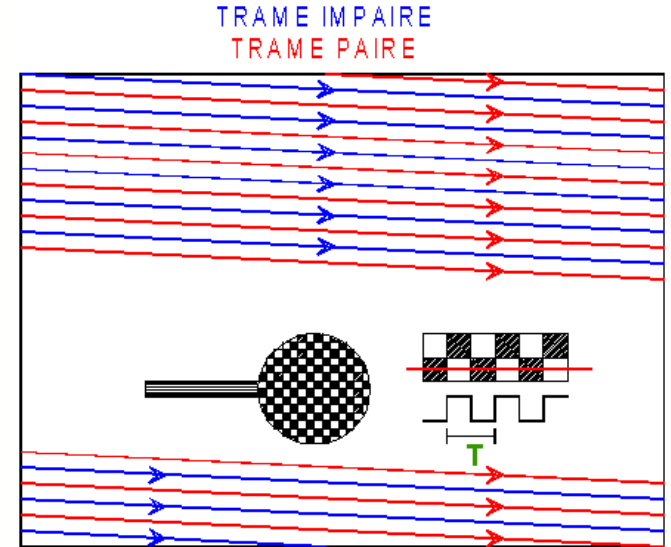
25- Spectre du signal video N&B



L'image la plus difficile à afficher est constituée d'un damier de pixels noirs et blancs :

- l'image à 625 lignes est au format 4/3
- une ligne comporte donc $625 \times 4/3 = 833$ pixels
- soit $833/2 = 417$ périodes d'un signal carré
- une ligne dure $64 \mu s$, soit $T = 64/417 = 153 \text{ ns}$
- ce qui correspond à un fondamental $F = 6,5 \text{ MHz}$

Le spectre d'un signal vidéo N&B s'étend **de 0 à 6,5 MHz.**



Spectre du signal issu d'une caméra N&B





26- L'introduction de la couleur en France



Les émissions de télévision en couleur ont officiellement démarré :

- en 1953 aux États-Unis avec le procédé **NTSC** 525 lignes
- en 1960 en Allemagne avec le standard **PAL** 625 lignes
- en octobre 1967 en France avec le standard **SECAM** 625 lignes



Chaîne de montage et de réglage
du RCA-CT100 NTSC en 1954



Un des premiers téléviseurs
couleur SECAM Sony,
le KV 1811DF de 1974.

Le **SECAM** a été mis au point par l'ingénieur français **Henri de France** :

- il procure une image en couleur d'aussi bonne qualité que le PAL
- il a été adopté pour éviter la pénétration des téléviseurs étrangers (PAL, NTSC) sur le marché français
- d'où l'appellation **Système Éléant Contre les Américains !**



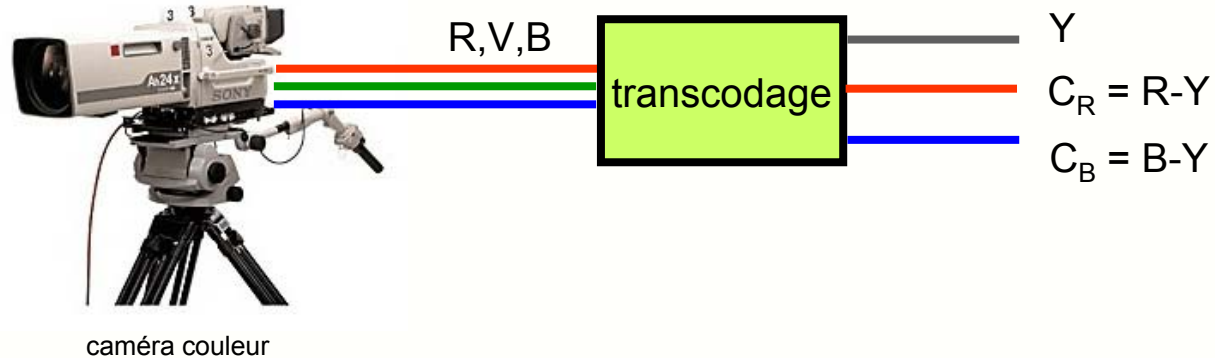
Henri de France
(1911-1986)



27- La télévision couleur



Au passage à la couleur, il a fallu maintenir la compatibilité avec les téléviseurs N&B existants.

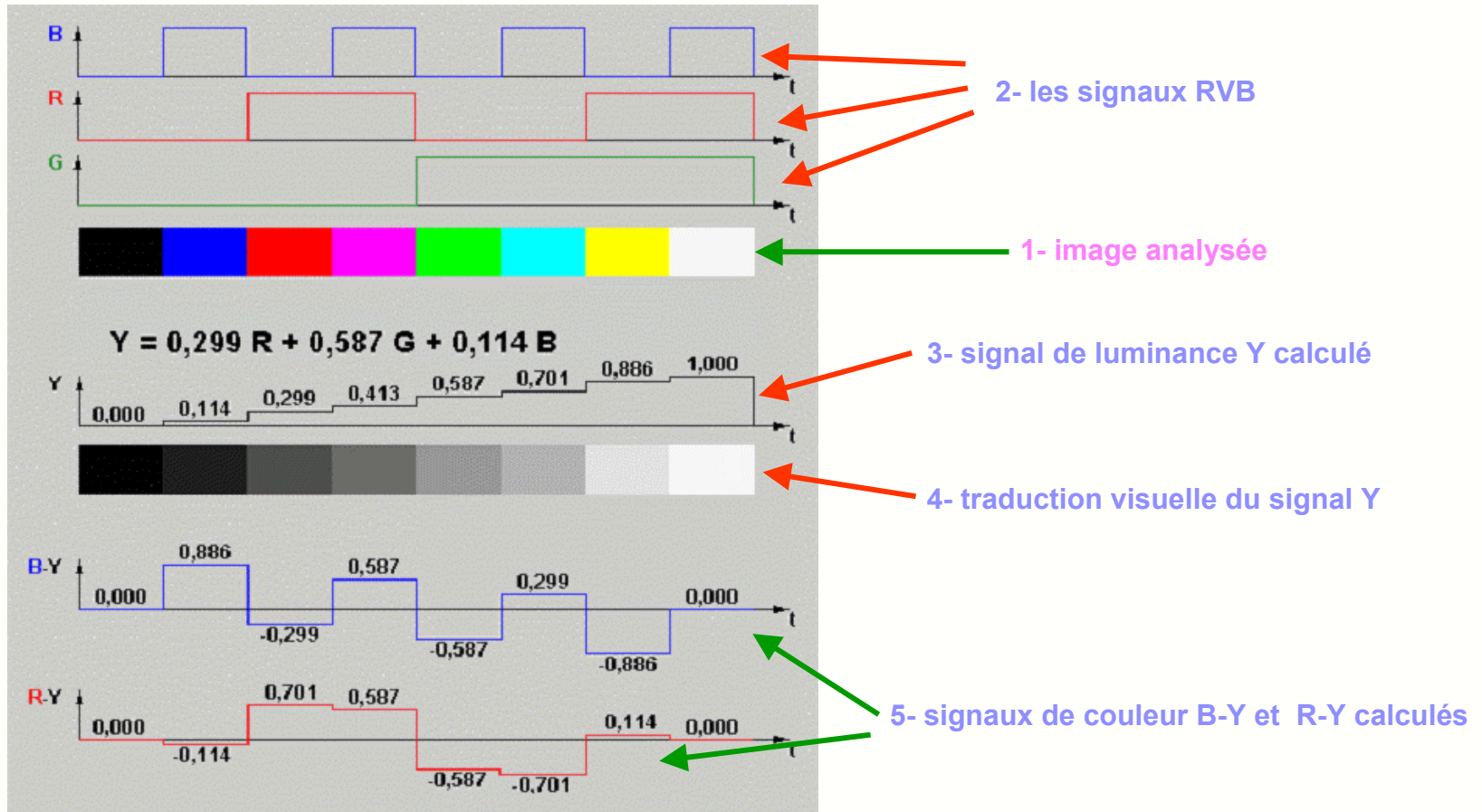


On a donc transcodé les signaux RVB fournis par la caméra pour obtenir :

- le signal **Y** de **luminance N&B** calculé par $Y = 0,3 R + 0,11 B + 0,59 V$
- deux signaux de **couleur** $C_R = R-Y$ et $C_B = B-Y$ concernant les couleurs R et B

NB : ce transcodage est toujours encore utilisé aujourd'hui, même en TV numérique.

28- Les signaux de chrominance B-Y et R-Y



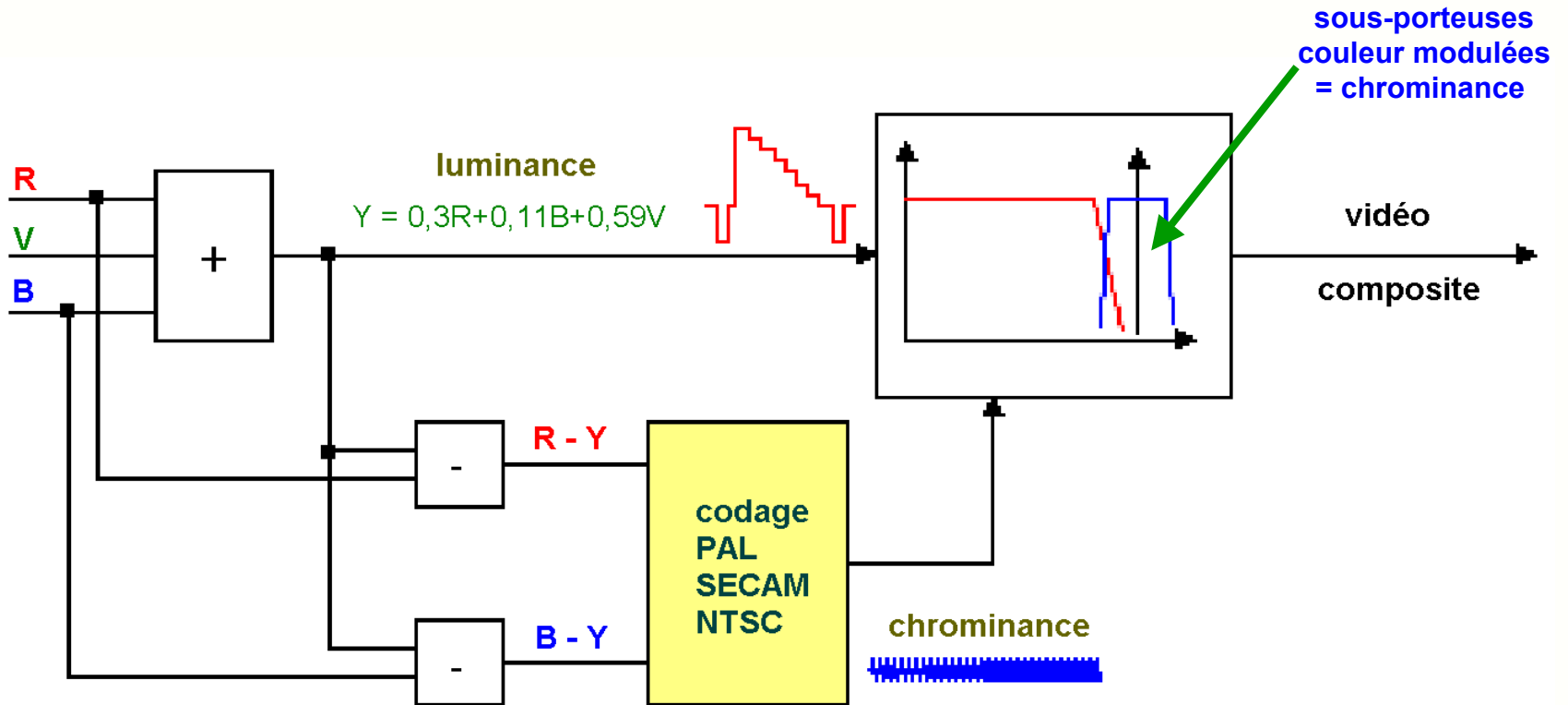
Remarque : pour du « blanc » ou du « noir », on a $R-Y = B-Y = 0$ (pas de chrominance)

29- L'ajout de la couleur dans le signal video



Les deux composantes de chrominance modulent deux sous-porteuses couleur placées dans le haut du spectre de la luminance.

L'ajout de la couleur se fait donc au détriment du « piqué » de l'image N&B.



L'ensemble « luminance + chrominance » forme le **signal vidéo composite**.



30- Les différents standards



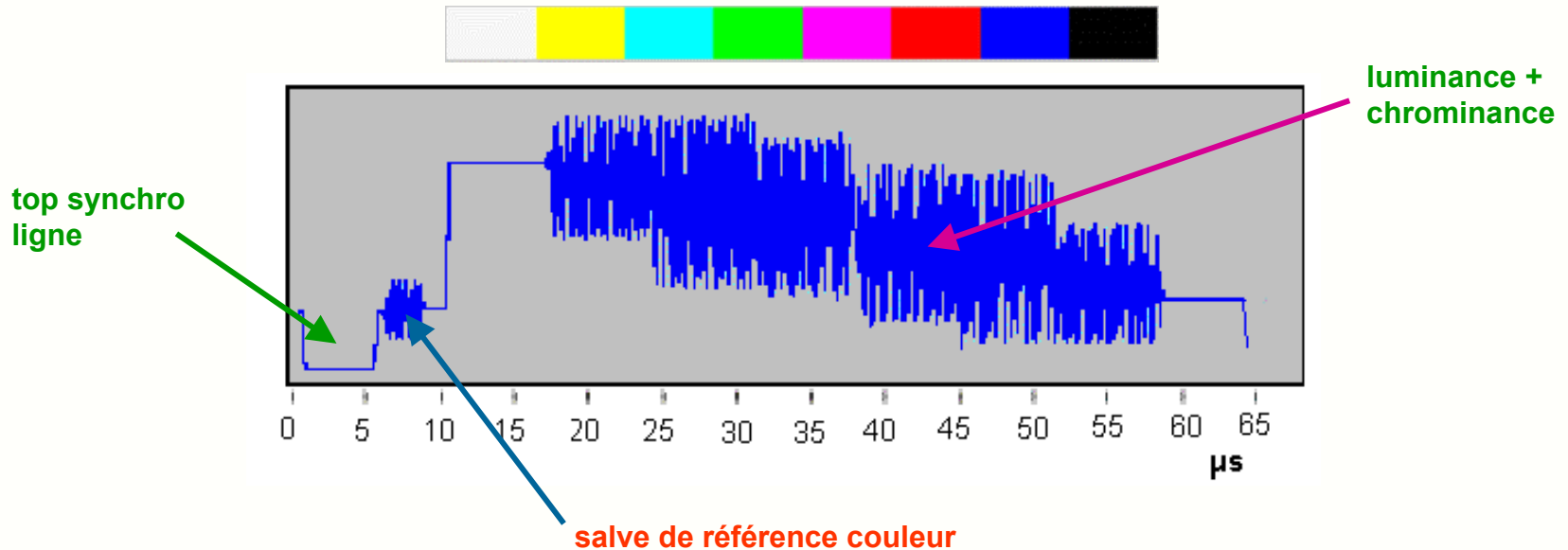
standard	fréquence des sous-porteuses couleur	modulation	remarques
NTSC	<p>B-Y : $f_c = 3,579545$ MHz</p> <p>R-Y : $f_c = 3,579545$ MHz (déphasée de $+90^\circ$)</p>	AM sans porteuse	<ul style="list-style-type: none"> • on transmet simultanément R-Y et B-Y • les deux sous-porteuses sont de même fréquence mais déphasées • des déphasages parasites durant la transmission faussent souvent les couleurs à l'arrivée • d'où l'appellation humoristique Never The Same Color !
PAL	<p>B-Y : $f_c = 4,433619$ MHz</p> <p>R-Y : $f_c = 4,433619$ MHz (déphasée de $\pm 90^\circ$)</p>	AM sans porteuse	<ul style="list-style-type: none"> • le PAL est une amélioration du NTSC (sous-porteuse de R-Y déphasée de $+ ou - 90^\circ$ une ligne sur deux) • on transmet simultanément R-Y et B-Y • meilleur rendu des couleurs
SECAM	<p>B-Y : $f_{B-Y} = 4,2500$ MHz</p> <p>R-Y : $f_{R-Y} = 4,40625$ MHz</p>	FM	<ul style="list-style-type: none"> • SECAM = Séquentiel à mémoire • on ne transmet qu'une couleur par ligne (l'autre couleur est prise de la ligne précédente) \Rightarrow pas de mélange des couleurs • bon rendu des couleurs



31 - Allure du signal video composite

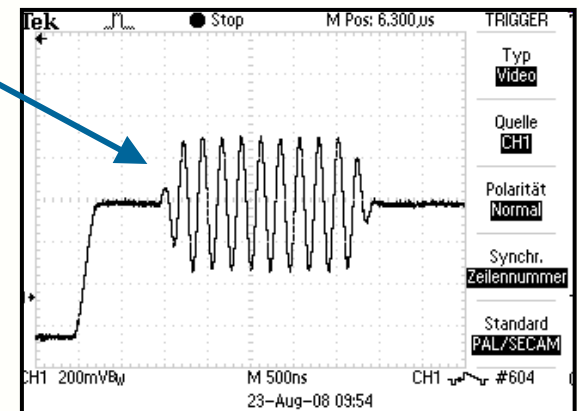


Allure d'une ligne du signal vidéo correspondant à 8 bandes verticales colorées :



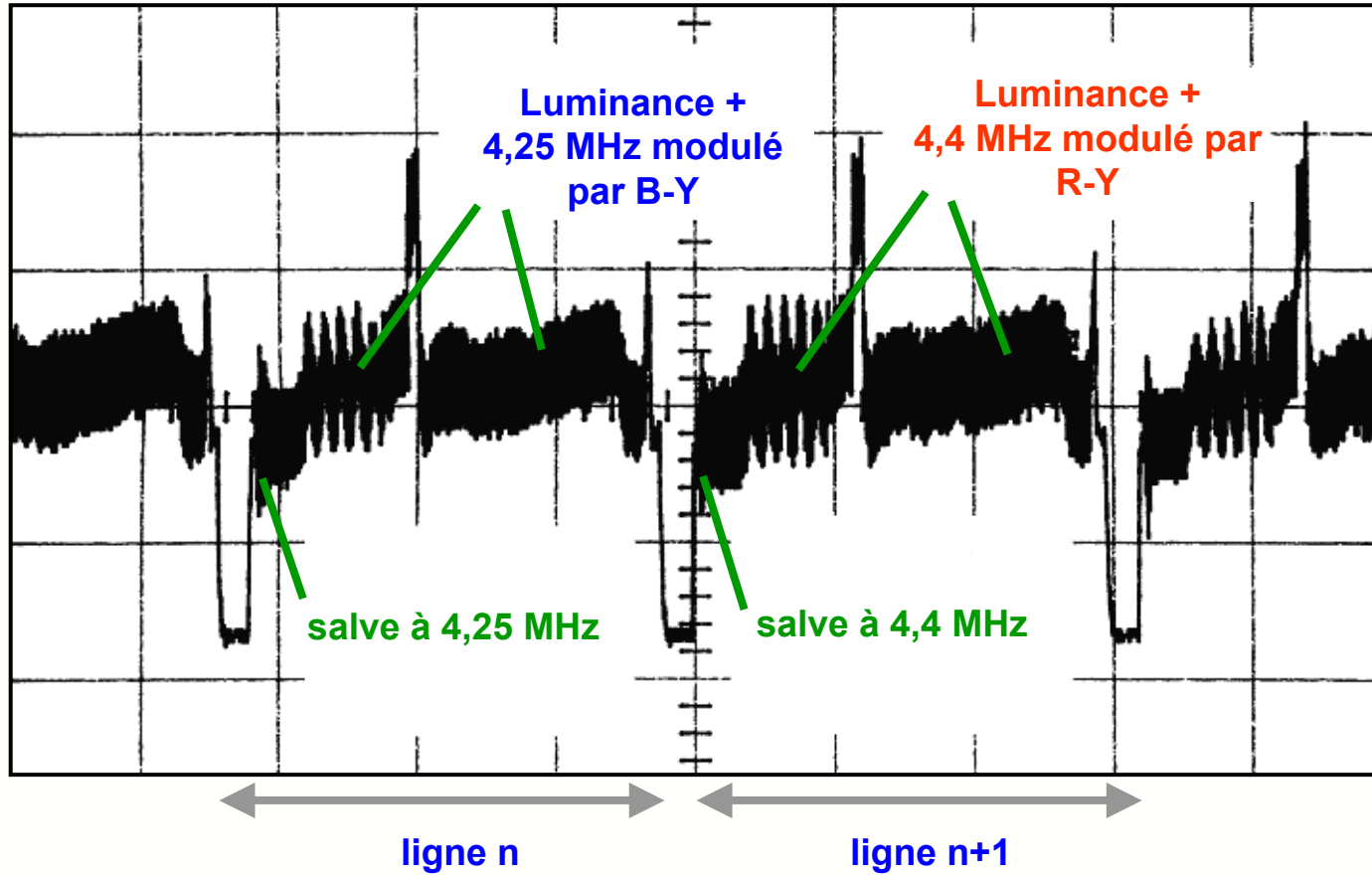
La salve de référence couleur donne la fréquence de la sous-porteuse et permet de connaître :

- le standard : PAL, SECAM ou NTSC ?
- la couleur transmise en SECAM : R-Y ou B-Y ?





32- Exemple de signal composite SECAM

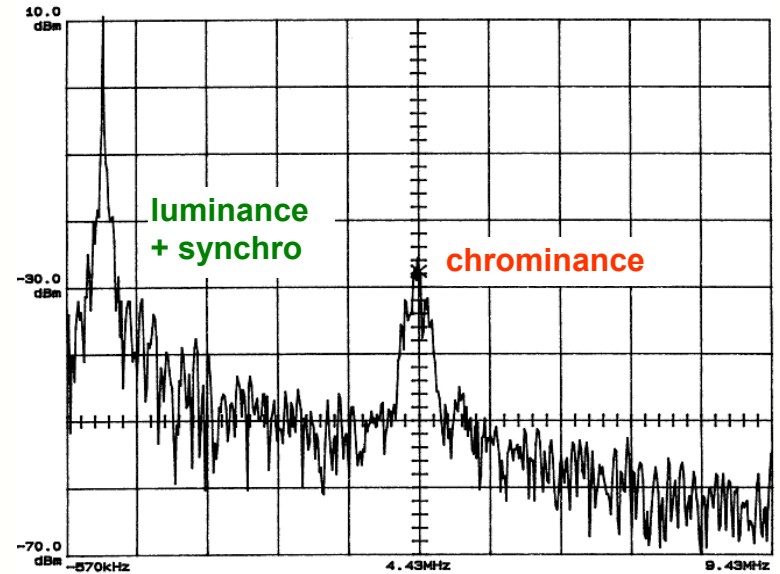
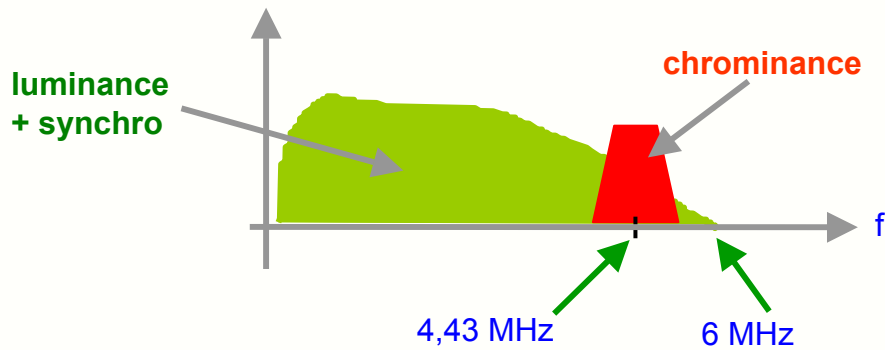




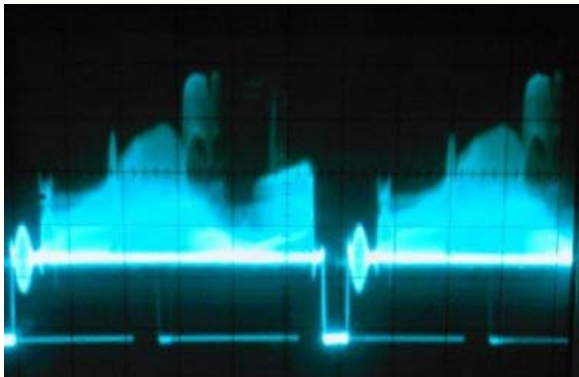
33- Spectre du signal composite PAL



Le spectre du signal vidéo composite PAL s'étend de 0 à 6 MHz et a l'allure suivante :

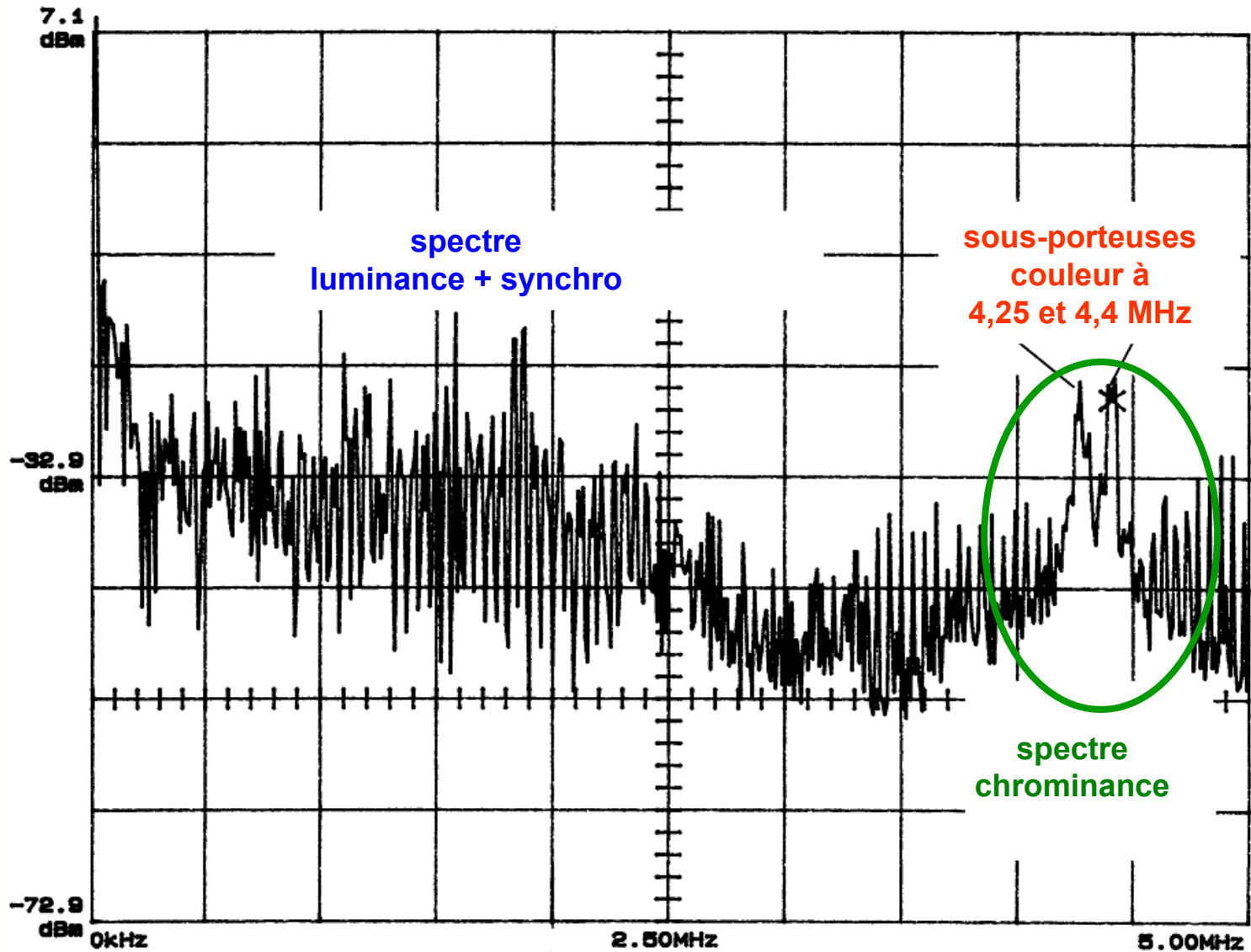


Spectre de signal PAL réel





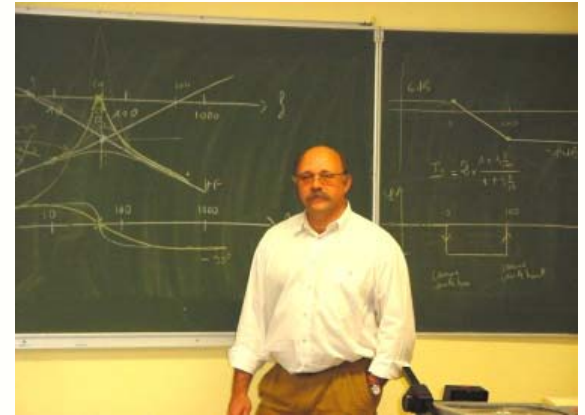
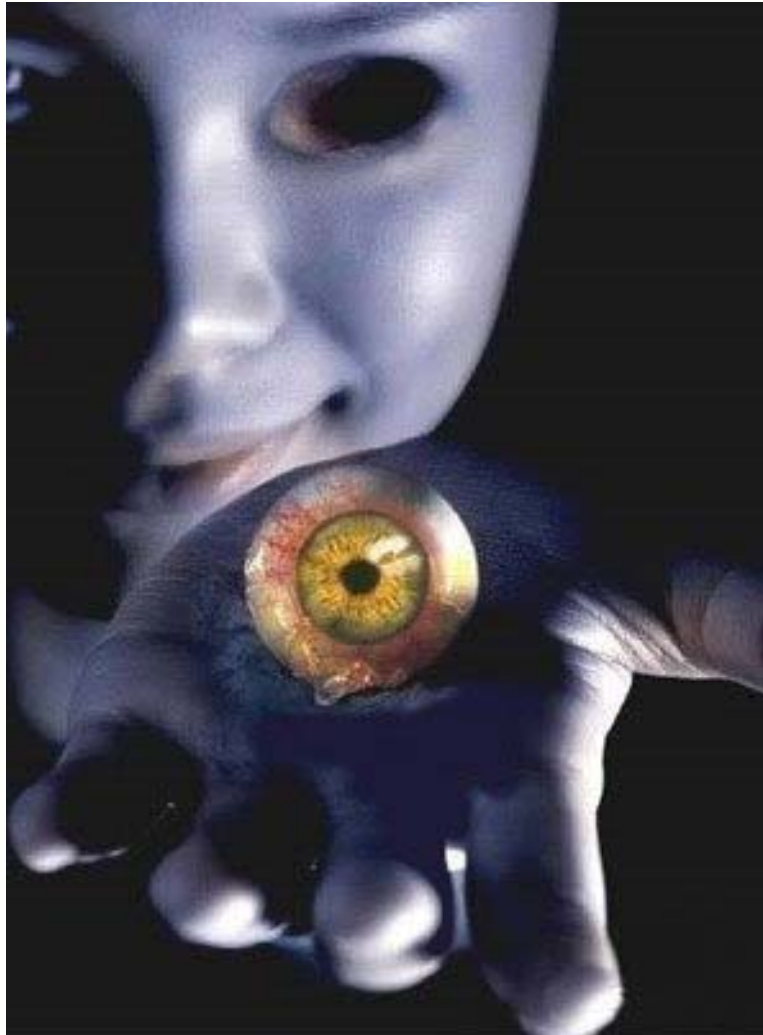
34- Exemple de spectre de signal SECAM



35- Les connecteurs de la video analogique



connecteur	utilisation	brochage
DB25	liaison PC – écran externe	5 signaux séparés toutes les composantes R,V,B, synchro ligne et synchro trame séparées
PERITEL ou SCART	équipements vidéo (TV, DVD, camera, décodeur...)	<ul style="list-style-type: none"> • signal video composite et • 2 signaux séparés (SVHS) ou 3 composantes RVB
SVHS	équipements vidéo (TV, DVD, camera, décodeur...)	2 signaux séparés : <ul style="list-style-type: none"> • luminance Y • chrominance PAL/SECAM/NTSC
3 Cinch	matériel professionnel	3 signaux séparés : <ul style="list-style-type: none"> • luminance Y • couleur R-Y • couleur B-Y
1 Cinch ou 1 Jack	équipements vidéo (TV, DVD, camera, décodeur...)	un seul signal vidéo composite <ul style="list-style-type: none"> • luminance Y + chrominance PAL/SECAM/NTSC



FIN