

# CHAPITRE 1

## RAPPEL SUR LA TELEVISION ANALOGIQUE

### 1.1. Généralités

La télévision peut être définie comme le système de transmission et de réception à distance des images animées ou non.

La TV devait donc être un système séquentiel, l'image est décomposée à l'émission et recomposée à la réception.

Pour la TV noir et blanc, on doit transmettre un signal image appelé vidéo et un signal son.

Le signal vidéo de la TV en couleur est décomposé en deux signaux différents: le signal de la luminance pour reproduire l'image en noir et blanc et le signal de chrominance pour colorer cette image.

### 1.2. Impression de mouvement

- Dans la transmission ou le stockage, une image animée peut être considérée comme une fonction de 3 variables  $I(x, y, t)$ .
- Dans le temps ( $t$ ), on transmet un nombre suffisant d'images par seconde pour que l'œil, qui réagit assez lentement, ait l'impression d'un mouvement continu; connu depuis plus d'un siècle, c'est le principe du cinéma.
- Au cinéma, la fréquence d'affichage est de 24 images par seconde.
- Pour la télévision elle est égale à la moitié de la fréquence du réseau électrique :
  - 25 images/s en Europe et dans le reste du monde.
  - 30 images/s en Amérique du Nord, Japon et une grande partie de l'Amérique du sud.

### 1.3. Le principe de balayage

- Dans l'espace  $(x, y)$ , on décompose l'image en un nombre suffisant de lignes horizontales.

- Puis on l'analyse point par point le long de chaque ligne.
- Ces principes d'analyses sont les mêmes pour la télécopie ou la transmission de photographies : après l'échantillonnage dans le temps, on doit transmettre des images fixes.
- Les images sont converties en signal électrique commandant l'afficheur optique.
- Au cinéma, l'image est projetée dans son ensemble sur l'écran.
- En télévision, l'affichage en une seule fois de chaque image nécessiterait des systèmes vraiment trop complexes pour être utilisés en pratique dans un tube cathodique.

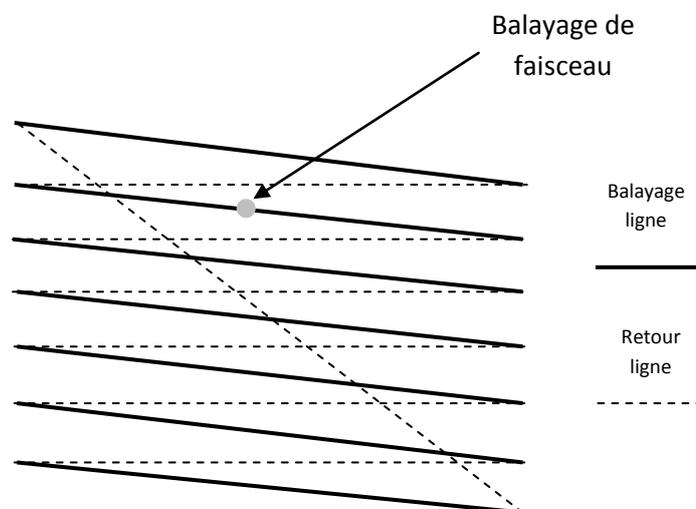
### 1.3.1. Le nombre de lignes (Standard)

Les standards qui existent dans le monde sont les suivantes :

- Standard 819 lignes (Français abandonné)
- Standard 625 lignes (Le plus répandu)
- Standard 525 lignes (Américain)
- Standard 405 lignes (Anglais)

### 1.3.2. Balayage progressif

- L'image est en fait analysée par lignes horizontales (très légèrement obliques par rapport à l'écran) lues de gauche à droite.



**Figure 1.1.** Le balayage progressif.

- Le balayage de la ligne se fait à vitesse constante par un dispositif de lecture qui était et est encore dans certaines caméras un faisceau d'électrons dans un tube à vide.
- Un temps mort correspondant au retour du balayage sépare la lecture de deux lignes. Simultanément un balayage vertical décale les lignes analysées de haut en bas.
- Un ensemble de lignes de haut en bas de l'image forme une trame; à la fin de celle-ci on a un autre temps mort dû au retour du balayage vertical, qui peut durer plusieurs lignes.
- Pour le standard 625 lignes, la durée de retour de la trame est 50 lignes. Donc le nombre de lignes actifs est 575 lignes

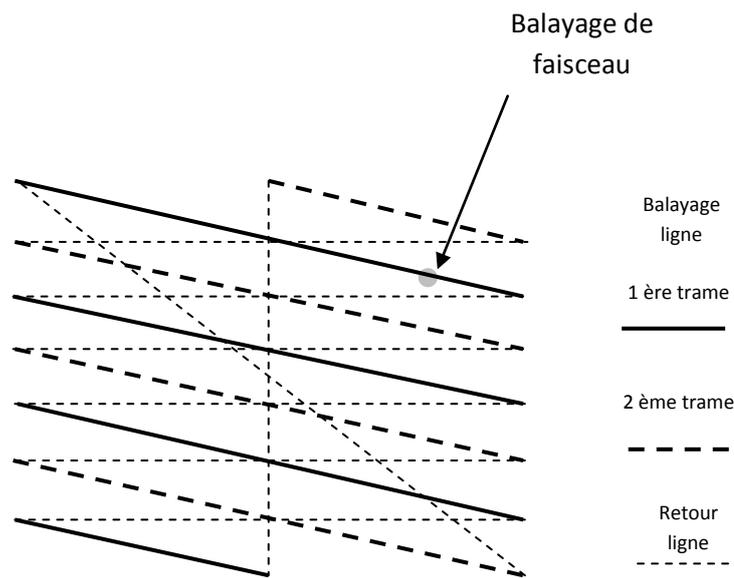
Une image = 575 + 50 = 625 lignes

### 1.3. 3. Balayage entrelacé

- Si l'œil est incapable de percevoir des images séparées si celles-ci sont affichées avec un taux de répétition de 20 à 30 Hz, il reconnaît pour cette gamme de fréquences les variations de luminosité d'une image à l'autre, d'où un désagréable effet de papillotement.
- Pour éviter cela, le taux de rafraîchissement de l'ensemble des lignes correspondant à un balayage de l'écran doit être égal à au moins 50 Hz.
- Pour conserver une fréquence d'affichage des images égale à seulement 25 Hz (un affichage à 50 images par seconde conduirait au doublement de la bande passante nécessaire pour transmettre le signal vidéo) une image est analysée en deux trames entrelacées.
- Une ligne sur deux est analysée à la première trame, l'autre à la trame suivante. Comme il y a en général un nombre impair de lignes par image, chaque trame commence (cas des trames impaires) ou finit (cas des trames paires) par une demi-ligne.
- La fréquence trame est donc le double de la fréquence image, soit en Europe,  $f_{trame} = 50 \text{ Hz}$ .
- Dans certains téléviseurs haut de gamme, la fréquence trame est même doublée afin d'améliorer la stabilité de l'image (balayage à "100 Hz") et limiter encore plus le problème du papillotement.

- En pratique, chaque trame est mise en mémoire pour être projetée deux fois à 50 Hz
- Pour le balayage entrelacé, une image est constituée de deux trames, trame paire et trame impaire.
- Pour le standard 625 lignes, la durée de retour de chaque trame est 25 lignes et le nombre de lignes actifs est 287,5 lignes

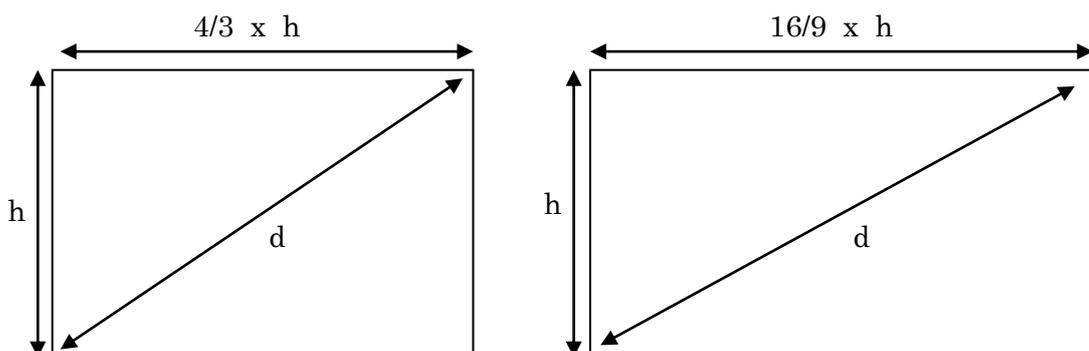
Une image = 2 trames + 2 retours trame  
 $= 2 \times 287.5 + 2 \times 25 = 625$  lignes



**Figure 1.2.** Le balayage entrelacé.

### 1.4. Les formats d'image

Il existe deux formats :



**Figure 1.3.** Les deux formats d'image.

Historiquement, le format 4/3 était le seul jusqu'au début des années 1990. Ensuite, le format 16/9, plus adapté à la vision humaine est apparu, et s'est peu à peu imposé.

Les tailles d'écrans sont repérées par la longueur  $d$  de la diagonale, exprimée en pouces (1 pouce=2.54 cm)

## **1.5. Définition et bande passante**

Le nombre de points par ligne détermine la définition horizontale, le nombre de lignes d'une image donne la définition verticale.

Pour effectuer un balayage entrelacé, le nombre de lignes par image doit être impair. En Europe le système à 625 lignes et aux USA le 525.

En 625, l'oscillateur pilote fonctionne sur 31250 Hz, une division par deux donne la fréquence ligne 15625 Hz ( $625 \times 25$ ) et quatre divisions par 5 donne la fréquence de trame, 50 Hz.

En 625, définition verticale est donc de 625 points, la définition horizontale est de :

$$625 \times 4/3 = 830 \text{ points}$$

Si on analyse une image ayant successivement des points noirs et blancs, ils sont traduits par un signal électrique (vidéo) carré de fréquence :

$$625 \times 25 \times 830/2 = 6,5 \text{ MHz}$$

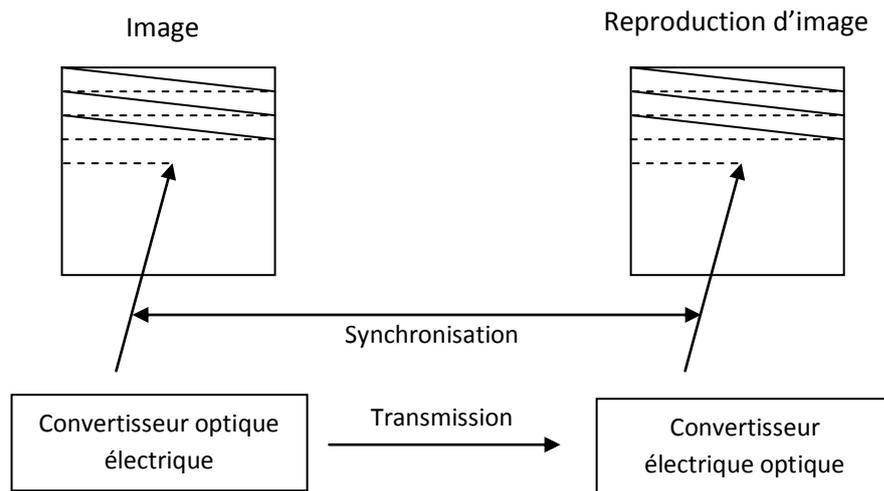
Ce cas étant limite, on adopte en pratique une bande passante légèrement inférieure de 5,5 MHz.

En réduisant la bande passante vidéo, on diminue la définition horizontale sans agir sur la définition verticale imposée par le balayage, le point devient rectangulaire, et on perd en finesse.

## **1.6. Le principe de la transmission d'image**

### **1.6.1. Le principe**

La télévision ou transmission à distance des images animées et des sons correspondants, utilise deux voies avec leur porteuse, l'une pour l'image, l'autre pour le son, occupant une certaine bande de fréquence, ou canal.



**Figure 1.4.** Principe de la transmission des images.

La transmission des images s'effectue en convertissant à l'émission une image optique en signaux électriques proportionnels à la brillance de chacun des points constituant l'image et en les transmettant les uns après les autres sur un canal unique. A la réception on opère la conversion inverse.

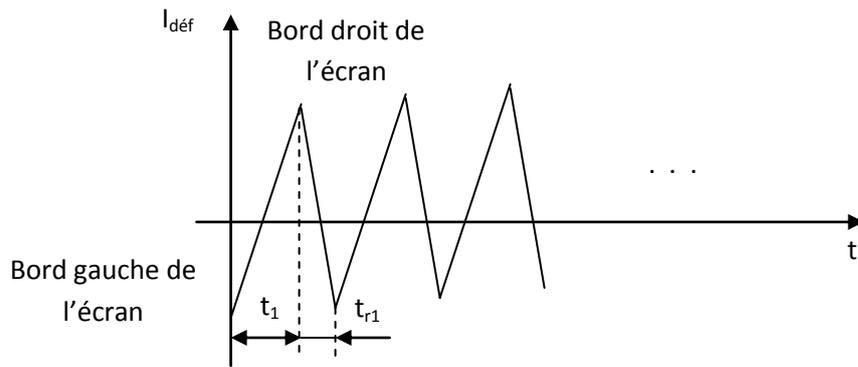
Il convient donc de transmettre, outre la variation de brillance de chacun des points en fonction du temps (vidéo) la position de chacun d'eux dans le plan de l'image (synchronisation).

### 1.6.2. Synchronisation

A la fin de chaque ligne l'émetteur envoie un signal bref destiné à déclencher l'oscillateur de relaxation du récepteur, le spot d'analyse du tube cathodique doit revenir très vite au bord gauche de l'écran pour balayer la ligne suivante. Ce signal bref s'appelle la synchro ligne.

$t_1$  : durée d'une ligne

$t_{r1}$  : temps de retour du spot



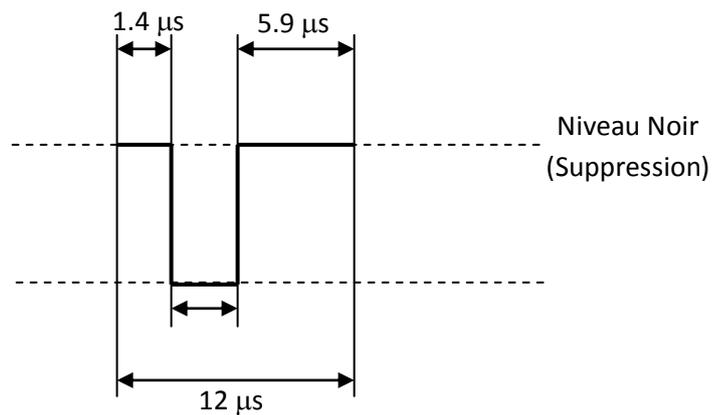
**Figure .1.5.** Le balayage horizontal.

Pour 625 lignes :

- Le temps de balayage d'une ligne est de :

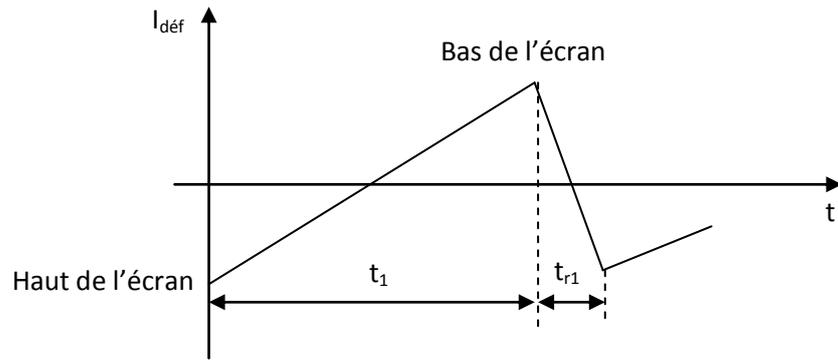
$$T = 1/625 \times 25 = 64 \mu s$$

- Le retour du spot s'effectue en  $12 \mu s$
- Le balayage d'une ligne se fait en  $52 \mu s$
- La durée du pallier avant  $1.4 \mu s$
- La durée du pallier arrière  $5.9 \mu s$

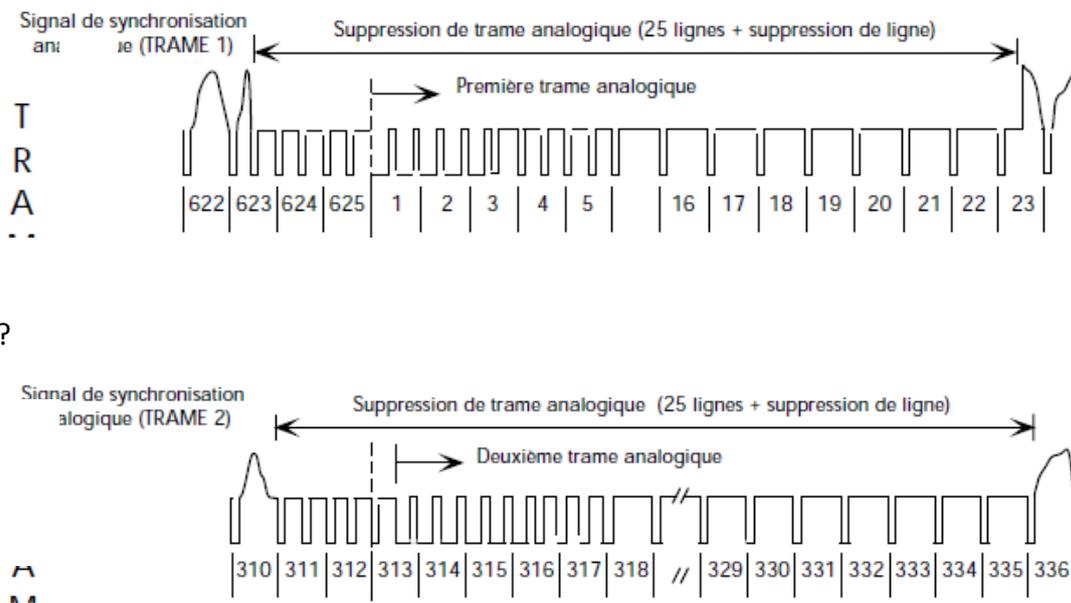


**Figure 1.6.** Signal de synchronisation ligne (Top de synchronisation).

A la fin de chaque trame, l'émetteur envoie un signal plus long destiné à faire revenir très vite le spot du bas droit de l'écran vers le haut gauche pour balayer la trame suivante.



**Figure 1.7.** Le balayage vertical.



**Figure 1.8.** Le signal de synchronisation trame.

La synchro trame est composée de 5 tops synchro ligne inversés à double fréquence, précédés de 5 tops de pré égalisation et suivis de cinq tops de post égalisation, viennent ensuite plusieurs lignes d'effacement.

Ces lignes d'effacement, nécessaires à la remontée du spot, sont utilisées pour transporter les signaux télétexte, les signaux destinés au décodage de canal, etc...

### 1.6.3. Le signal vidéo noir et blanc d'une ligne

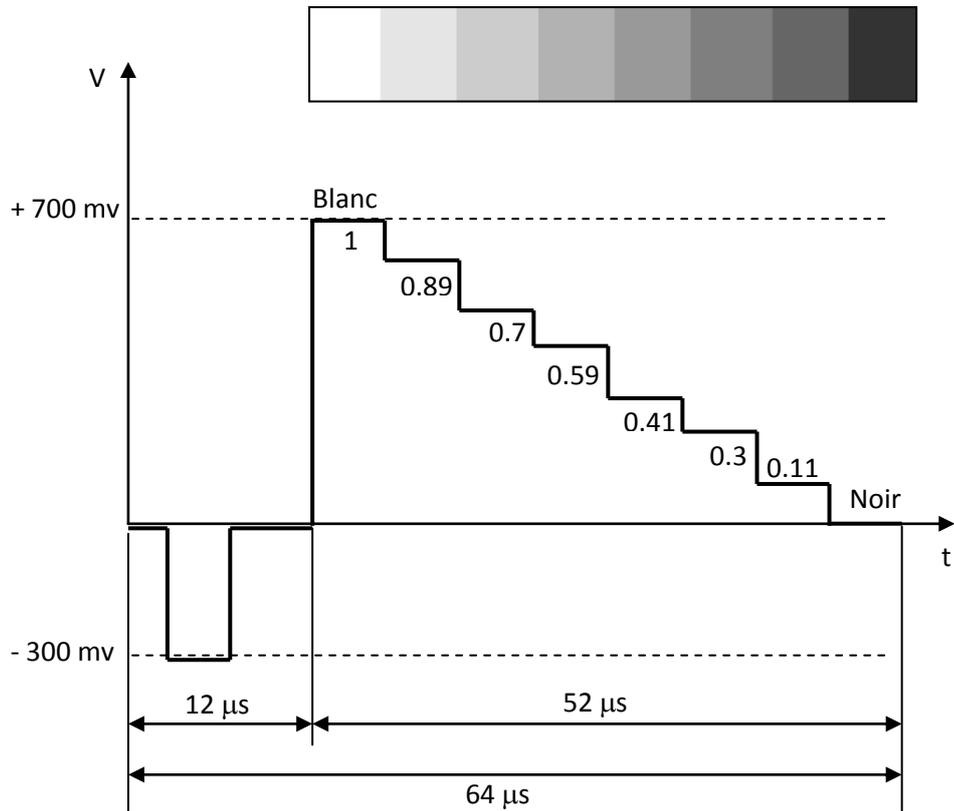
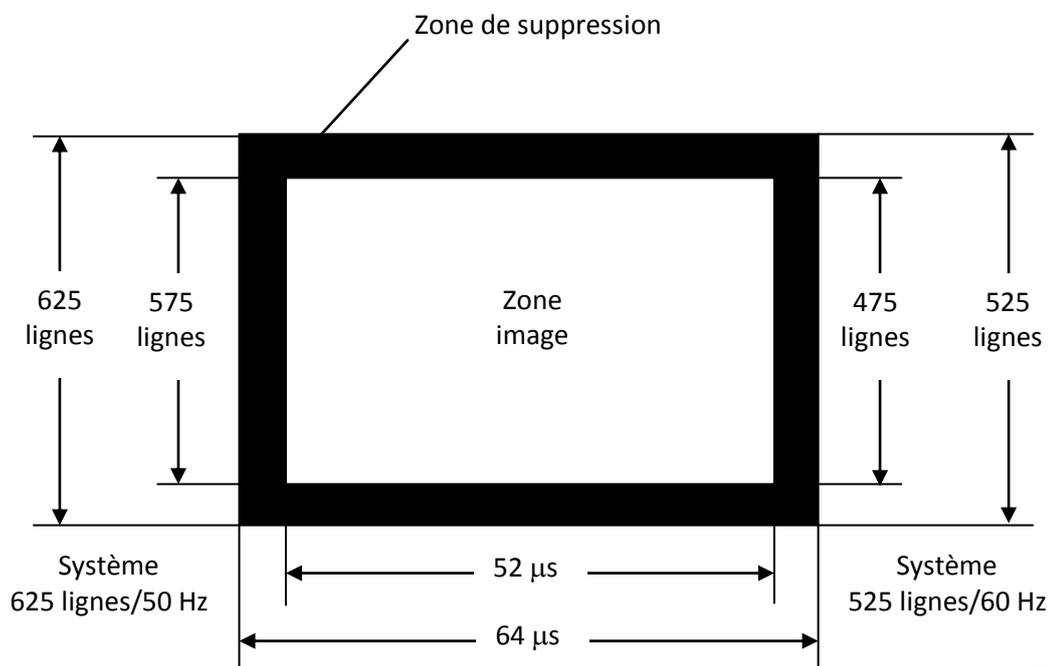


Figure 1.9. Le signal vidéo NB d'une ligne.



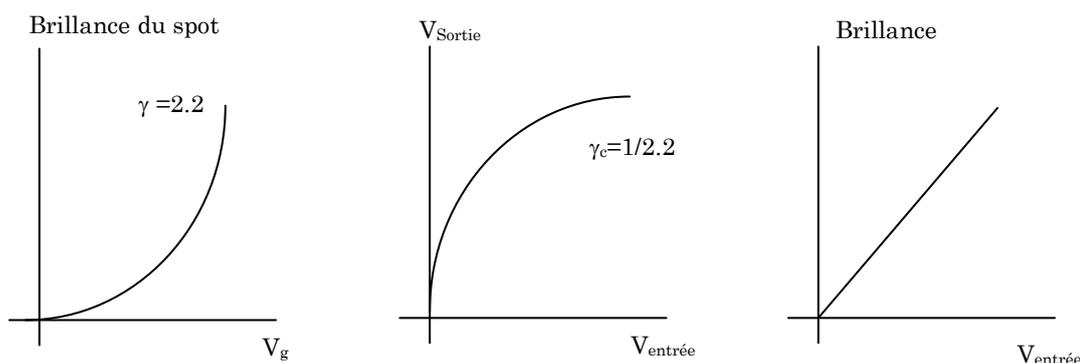
**Figure 1.10.** Les paramètres de l'image TV.

#### 1.6.4. La correction de gamma

Un problème se pose du point de vue du traitement du signal vidéo. Si les niveaux électriques fournis par les capteurs d'images (caméra CCD...) varient généralement linéairement avec le niveau de luminosité analysé, il n'en va pas de même de la réponse des luminophores des écrans cathodiques : la puissance lumineuse émise au niveau de l'écran varie généralement avec le niveau  $V$  du signal de commande comme  $V^\gamma$ , où  $\gamma$  est une constante sans dimension dépendant de l'écran utilisé. Ce paramètre  $\gamma$  varie entre environ 2,2 pour les tubes monochromes et 2,8 pour les tubes couleurs.

Si l'on ne prend pas garde à cette caractéristique des écrans, les modifications du ton lumineux sont très réduites dans le domaine "sombre" du spectre lumineux et très accentuées dans le domaine "clair".

Afin de ne pas être gêné par la non-linéarité de la caractéristique intensité lumineuse-tension de commande des écrans, on effectue une "correction de gamma" : on insère dans la chaîne de transmission une loi en puissance de  $1/\gamma_c$ . Si la valeur de  $\gamma_c$  coïncide avec  $\gamma$ , la caractéristique corrigée du système est parfaitement linéaire.



**Figure 1.11.** Principe de la correction de gamma.

## 1.7. Transmission

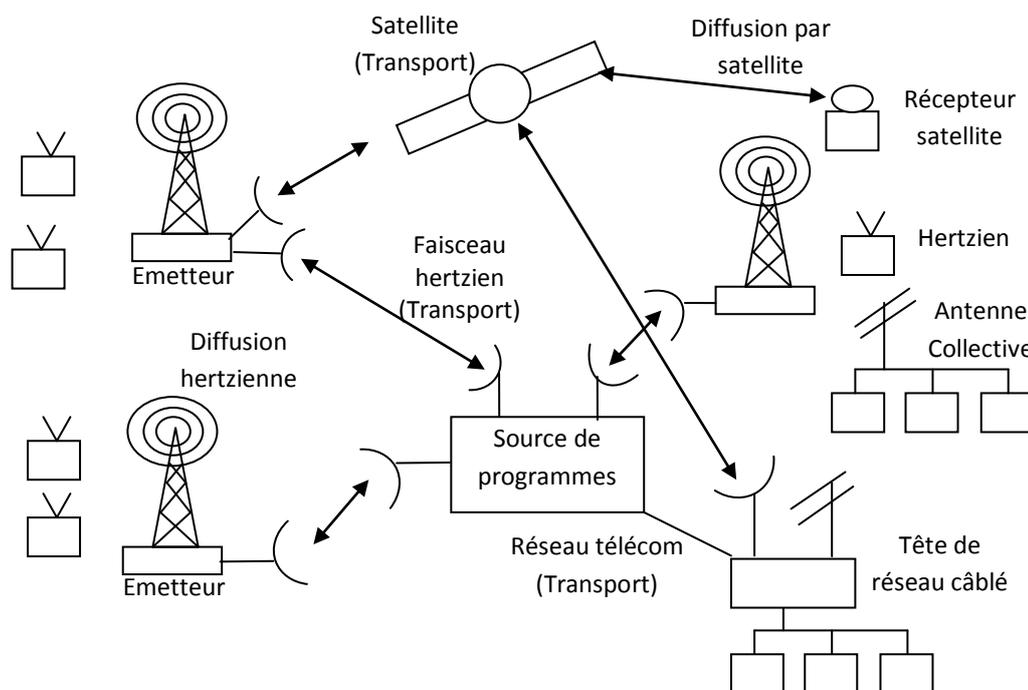
### 1.7.1. Son

Le signal sonore est multiplexé avec le signal vidéo : il est modulé en amplitude (système français pour la diffusion hertzienne) ou en fréquence (la plupart des autres systèmes) sur

une sous-porteuse d'environ 7,5 MHz dans le standard européen. Il n'interfère pas alors avec la bande de base du signal vidéo qui occupe au maximum 6 MHz. A l'émission, la puissance transmise correspondant au son est environ 5 fois plus faible que la puissance correspondant à l'image.

### 1.7.2. Fréquences porteuses

Pour transmettre le signal vidéo sur de longues distances, il faut le moduler. Les caractéristiques de la modulation employée varient selon la nature de la transmission.



**Figure 1.12.** Les différentes natures de la diffusion de la télévision.

#### 1.7.2.1. Faisceaux hertziens

Dans le cas du transport sur faisceaux hertziens, soit de la source des programmes vers les émetteurs régionaux, on utilise une modulation FM à une fréquence intermédiaire de 70 MHz, translatée en hautes fréquences dans les bandes 4, 8 ou 13 GHz.

#### 1.7.2.2. Diffusion hertzienne

La diffusion hertzienne entre les émetteurs régionaux et les récepteurs de télévision, distants de quelques m à environ 50 km, peut utiliser 3 bandes de fréquence :

- La bande I VHF (*Very High Frequency*) : elle s'étend entre 47 et 68 MHz et contient 3 canaux. Elle est peu employée,
- La bande III VHF : elle s'étend de 174 à 223 MHz et contient 6 canaux.
- La bande UHF (*Ultra High Frequency*) : elle s'étend de 470 à 860 MHz et contient 49 canaux avec un espacement entre 8 MHz. C'est la plus employée.

La modulation utilisée est alors la modulation d'amplitude à bande latérale atténuée (BLA) qui permet de réduire l'occupation spectrale tout en ne compliquant pas trop les filtrages requis (on utilise un filtre passe-haut, filtre de Nyquist, après la modulation d'amplitude). En l'occurrence, on conserve 1,25 MHz de la bande latérale inférieure.

### 1.7.2.3. Diffusion par satellite

La diffusion analogique par satellite repose essentiellement sur la modulation de fréquence FM.

### 1.7.2.4. Diffusion par câble

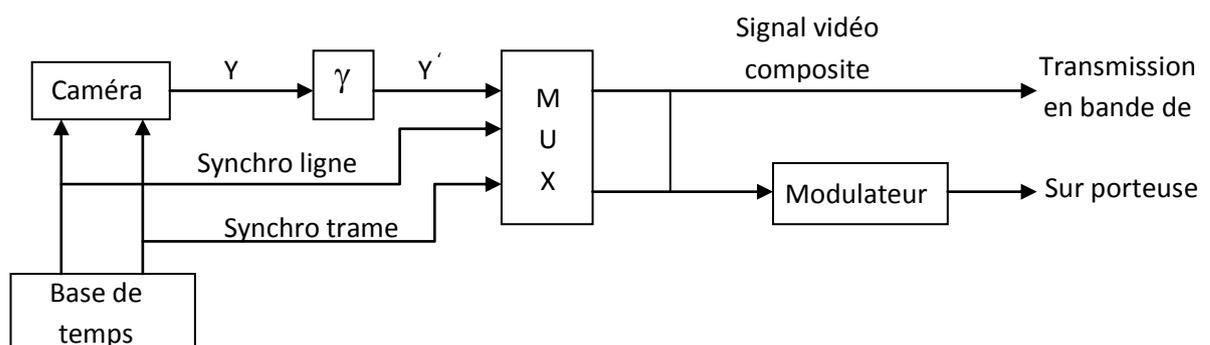
La diffusion analogique par câble repose sur la modulation BLA.

### 1.7.2.5. Fibre optique

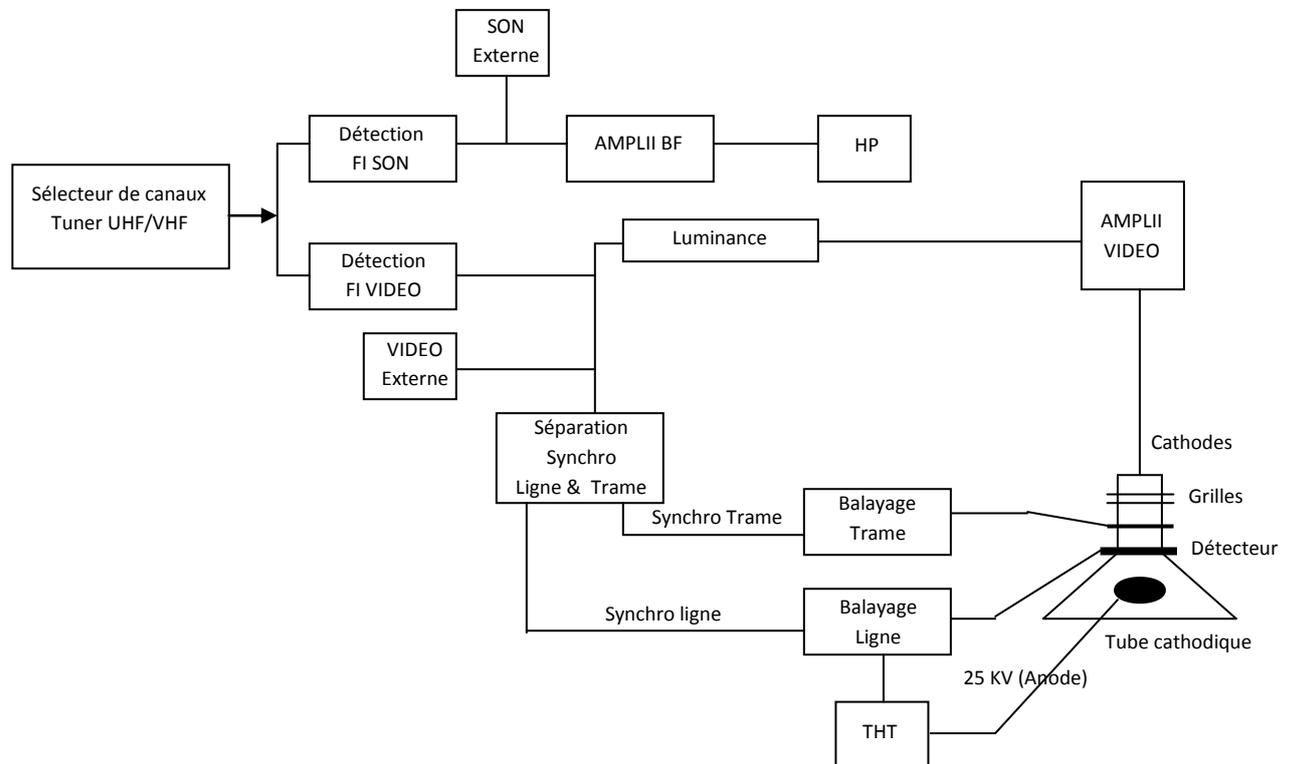
La diffusion sur fibre optique analogique repose sur la modulation FM et le multiplexage, mais de plus en plus la diffusion numérique prend le pas sur la diffusion analogique sur ce type de canal.

## 1.8. Résumé : Chaînes d'émission et réception

Pour résumer cette partie, on peut se référer aux schémas des chaînes typiques d'émission et de réception de la Figure 1.13 et la Figure 1.14, respectivement.



**Figure 1.13.** Synoptique d'une chaîne d'émission en télévision analogique.



**Figure 1.14.** Synoptique d'un récepteur en télévision analogique (THT : très haute tension, HP : haut-parleur).

## 1.9. La colorimétrie

En télévision, on utilise la trichromie additive.

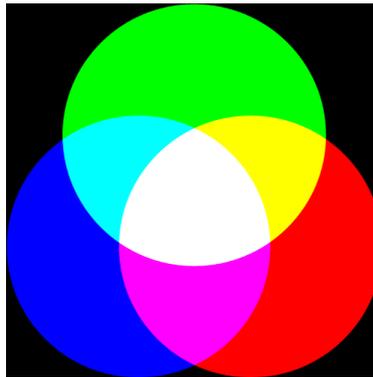
Si on illumine un écran blanc au moyen de trois projecteurs respectivement rouge, vert et bleu on obtient :

- Au centre une tache blanche formée par l'addition des trois couleurs primaires
- A la périphérie, trois taches celles des primaires
- Au stade intermédiaire, trois taches obtenues par les mélanges suivants :

Rouge + vert = jaune

Bleu + rouge = magenta

Vert + bleu = cyan



**Figure 1.15.** La trichromie additive.

La Commission Internationale de l'éclairage a fixé les trois primaires :

Rouge : 700 nm

Vert : 546,1 nm

Bleu : 435,8 nm

La relation fondamentale de télévision :

$$Y = 0,30R + 0,59V + 0,11B \quad (1.1)$$

### **1.9.1. Le principe de la TV en couleur**

Le système doit être compatible, les émissions en couleur doivent être reçues en noir et blanc sur les téléviseurs noir et blanc.

Le système doit être rétro compatible, les émissions en noir et blanc doivent être reçues en noir et blanc sur les téléviseurs couleur.

On constate qu'une image très fine en NB peut être coloriée avec des touches colorées assez grossières, donc, les informations de chrominance peuvent être transmises avec une bande passante relativement étroite.

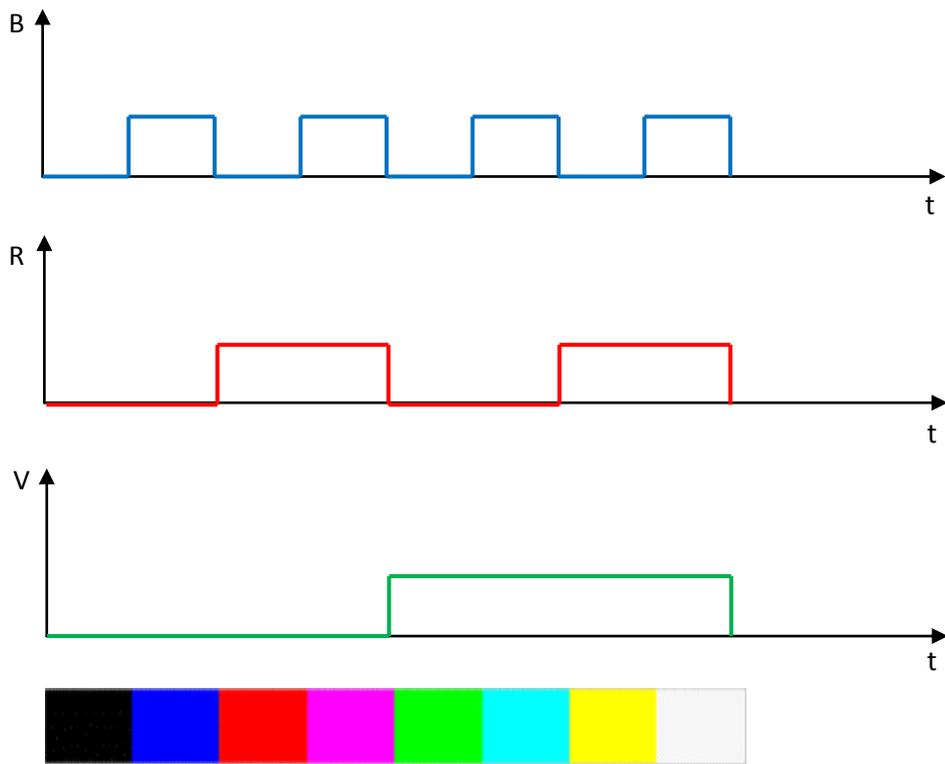
Grâce aux lois de la colorimétrie, on sait que l'on peut transmettre une image colorée au moyen de trois signaux correspondant aux couleurs fondamentales : R.V.B.

Du fait des compatibilités, les informations de chrominance doivent s'annuler lors de l'analyse d'une image NB.

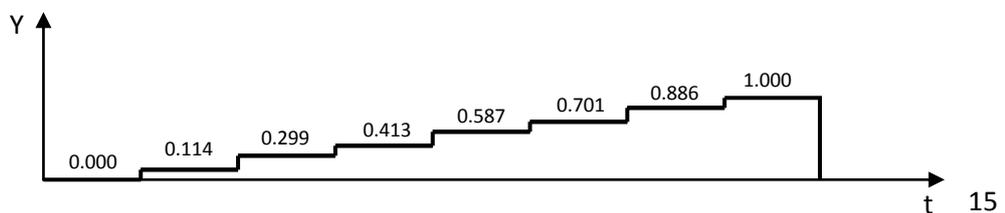
Les combinaisons  $R - Y, B - Y, V - Y$  satisfont à cette condition, en effet pour une image N/B, on a :  $R = V = B$ , compris entre 0 (Noir) et 1 (Blanc).

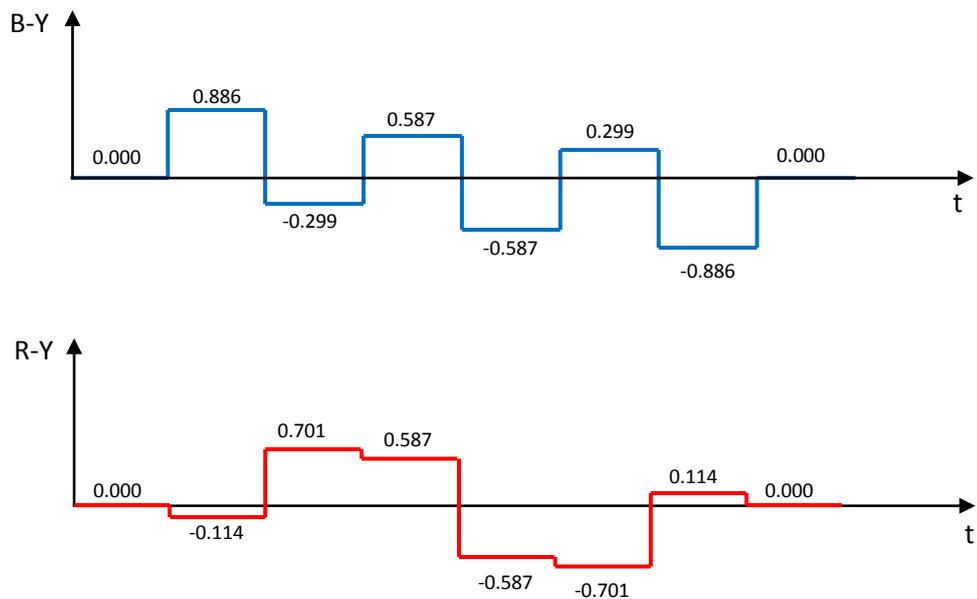
Pour une image blanche, on a :  $R = V = B = 1$  et  $Y = 1$ , donc :  $R - Y = 0, B - Y = 0, V - Y = 0$

Même raisonnement pour les noirs et gris.



$$Y = 0.299 R + 0.587 V + 0.114 B$$





**Figure 1.16.** Les différents signaux  $R$ ,  $V$ ,  $B$ ,  $R-Y$  et  $B-Y$ .

La difficulté consiste à combiner la luminance ( $Y$ ) et la chrominance ( $R - Y, B - Y, V - Y$ ) dans le canal vidéo large (en principe) de 6,5 MHz.

Il n'est pas nécessaire de transmettre les trois signaux de chrominance si on connaît leur somme et deux différences.

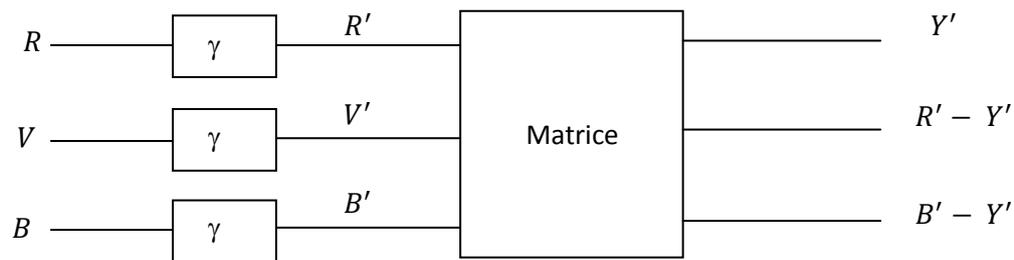
On choisit  $R - Y$  et  $B - Y$  car leurs différences sont les plus importantes et donnent donc les informations maximales.

Nous en concluons qu'il est absolument inutile de transmettre ces trois signaux, mais que deux suffisent.

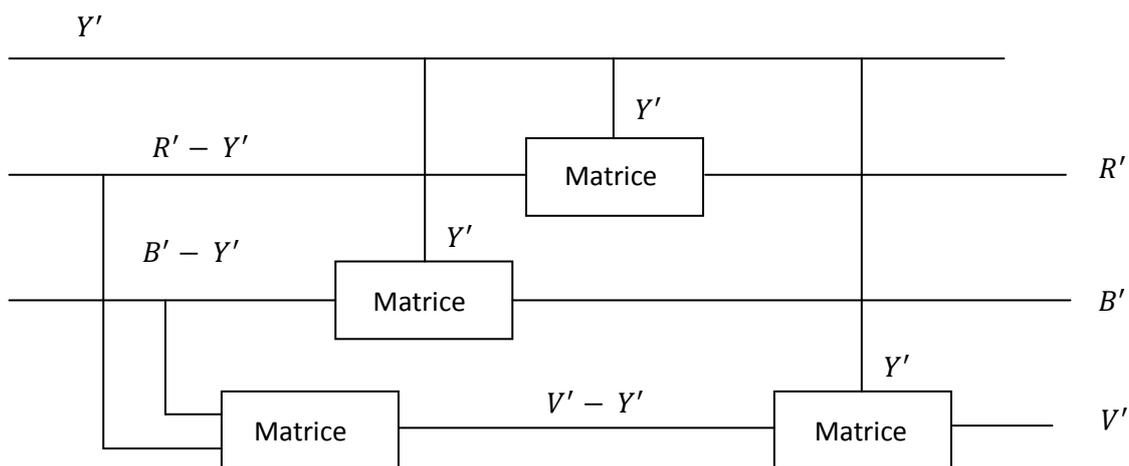
Pour des raisons pratiques, on choisit de transmettre les signaux  $R - Y$  et  $B - Y$  et de calculer  $V - Y$  dans le récepteur.

En réalité, ce sont les signaux primes, corrigés en gamma,  $R' - Y'$  et  $B' - Y'$  que l'on transmet.

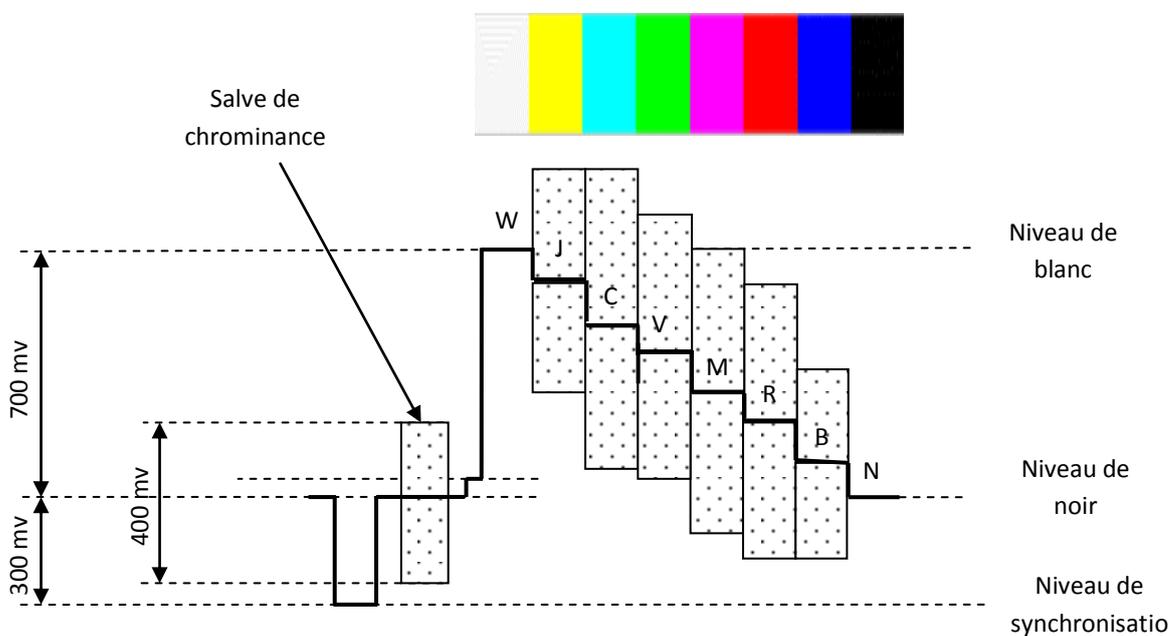
Le signal de luminance  $Y'$  et les deux signaux de différence de couleur ou les signaux de chrominance  $R' - Y'$  et  $B' - Y'$  sont obtenus par matricage selon les schémas de la figure 1.17 et 1.18 :



**Figure 1.17.** Opérations effectuées à l'émission.



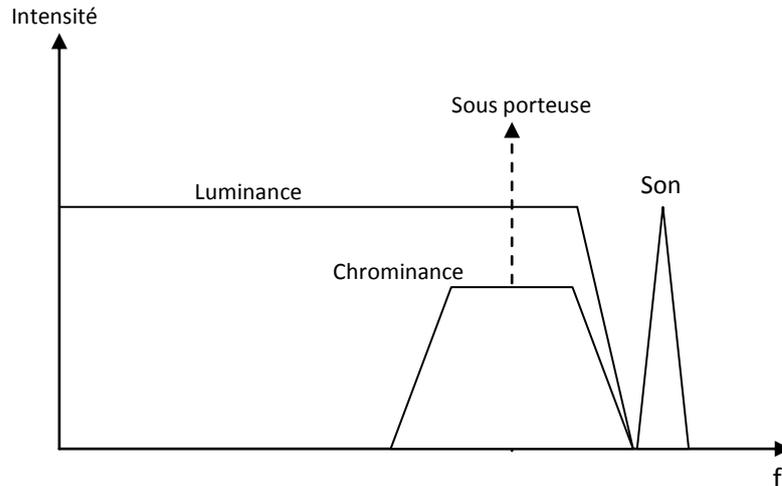
**Figure 1.18.** Opérations effectuées à la réception.



**Figure 1.19.** Structure de signal video couleur.

### 1.9.2. Constitution du spectre TVC

Du fait que l'on s'est imposé de transmettre l'information de luminance  $Y$  avec une bande passante identique à celle utilisée en TVNB, il est exclu de penser les informations de chrominance sur des porteuses situées en dehors du spectre de  $Y$ . Pour cela, on module par  $R' - Y'$  et  $B' - Y'$  un signal, dénommé sous porteuse de chrominance dont la fréquence est située dans le spectre de luminance.



**Figure 1.20.** Position de la bande attribuée au Signal de chrominance.

Les types de modulation applicables pour la sous porteuse de chrominance sont les suivants :

- Modulation d'amplitude avec porteuse
- Modulation d'amplitude à porteuse supprimée
- Modulation de fréquence
- Modulation de phase

### 1.10. Synoptique d'une transmission TVC

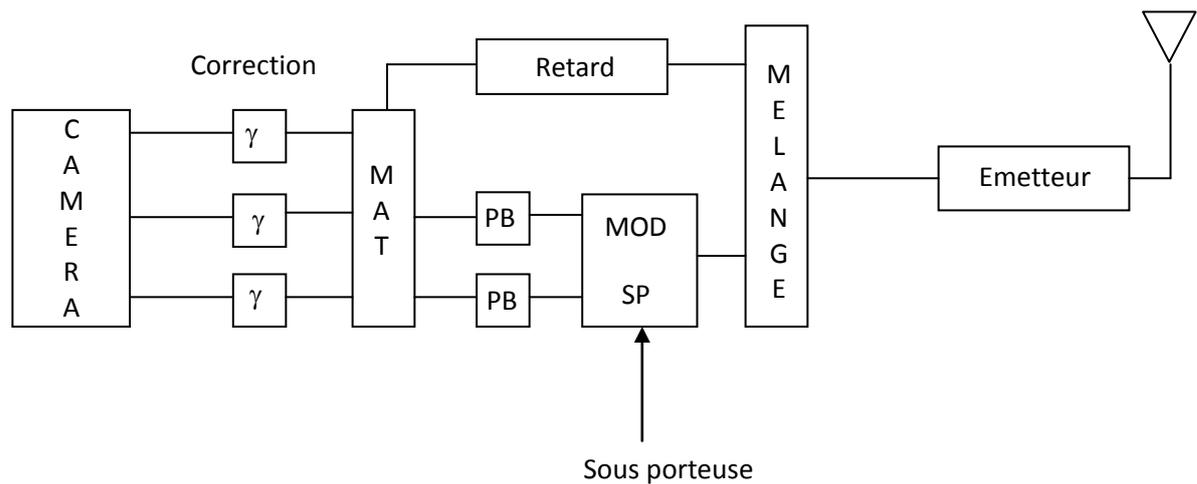
La chaîne de transmission de la télévision en couleurs aura la structure générale représentée dans les figures 1.21 et 1.22.

A la sortie de la camera trichrome, les signaux primaires sont corrigés en gamma, puis envoyés dans une matrice qui fournit, d'une part, le signal de luminance compatible  $E'_Y$  et aussi les signaux de différence de couleurs, ou signaux de chrominance  $D'_R$  et  $D'_B$ , tel que :

$$D'_R = E'_R - E'_Y \quad (1.2)$$

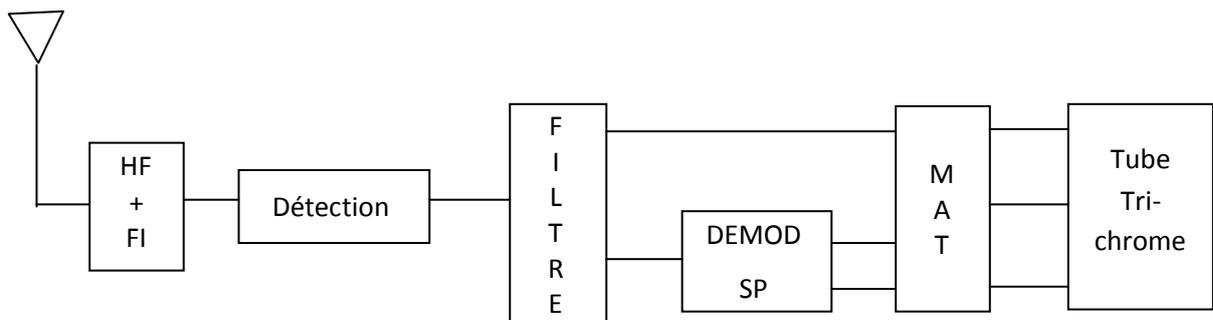
$$D'_B = E'_B - E'_Y$$

Ces deux signaux traversent des filtres passe bas qui éliminent les fréquences supérieures de leur spectre. De ce fait, ils prennent un certain retard sur  $E'_Y$  que l'on remet en phase avec eux par un circuit de retard. Les signaux  $D'_R$  et  $D'_B$  modulent une sous porteuse SP. Les signaux  $E'_Y$  et SP modulés par  $D'_R$  et  $D'_B$  additionnés constituent le signal vidéo composite de couleurs, auquel il convient d'ajouter les signaux de synchronisation.



**Figure 1.21.** Chaîne d'émission d'une transmission TVC.

A la réception, après détection du signal vidéo composite et séparation classique des signaux de synchronisation, un filtre sépare le signal de luminance  $E'_Y$  du signal de sous porteuse SP et on obtient ensuite les signaux  $D'_R$  et  $D'_B$ . Enfin, une matrice reconstitue les signaux primaires corrigés en gamma qui commanderont le tube de reproduction.



**Figure 1.22.** Chaîne de réception d'une transmission TVC.

### 1.11. Le signal vidéo analogique

Une image vidéo analogique en couleurs peut être reconstituée par le mélange, à quantité variable, des trois couleurs primaires rouge, vert, bleu. Mais en pratique, le signal vidéo ne se présente pas toujours sous la forme de trois signaux RVB. Il peut en fait revêtir quatre formes différentes.

#### 1.11.1. RVB

- Chaque couleur primaire rouge, verte, bleue est véhiculée par trois signaux distincts sur trois liaisons indépendantes (une quatrième voie peut être utilisée pour la synchronisation).
- La qualité de l'image est optimale, mais aucune compatibilité n'est offerte avec les téléviseurs noir et blanc.
- La bande passante requise est triplée par rapport à celle du seul signal noir et blanc, ce qui est totalement prohibitif pour l'enregistrement ou la diffusion.
- La liaison RVB est exploitée en studio pour connecter entre eux certains équipements vidéo, à l'intérieur des outils de traitement de l'image et ainsi qu'en informatique.

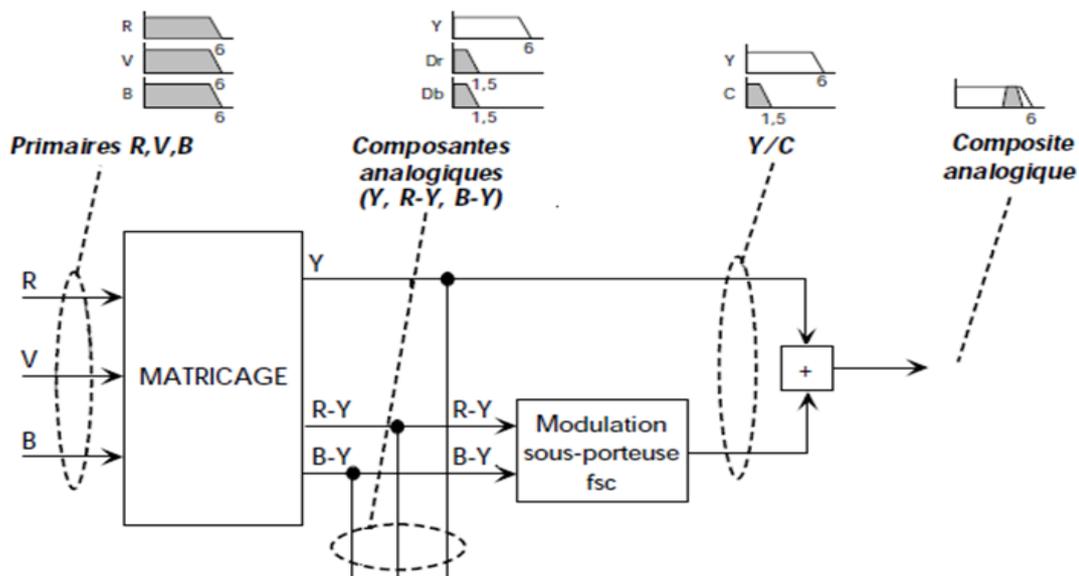
#### 1.11.2. Composantes

- Les signaux en composantes sont fabriqués à partir d'une recombinaison linéaire des signaux primaires RVB.
- Conduisant à un signal de luminance  $Y$  (représentant à lui seul l'image en noir et blanc), et deux signaux dits de différence de couleurs  $R - Y$  et  $B - Y$ , notés  $D_r$  et  $D_b$ .
- Les pertes en qualité sont assez minimales et la bande passante requise est beaucoup moins importante qu'en RVB car les signaux  $D_r$  et  $D_b$ , portant uniquement la couleur, sont peu encombrants.
- Cette représentation du signal vidéo en composantes est née avec le format Betacam de Sony au début des années 80. Elle a depuis servi de base à la norme numérique 4:2:2, ainsi qu'à la grande majorité des formats d'enregistrement vidéo.

#### 1.11.3. Composite

- Les trois signaux composantes  $Y, D_r, D_b$  sont combinés en un unique signal vidéo appelé signal composite.

- Il existe trois standards composites, le PAL, le SECAM et le NTSC, dont les différences portent essentiellement sur la manière dont sont combinés les signaux.
- Le signal composite offre une qualité d'image bien inférieure à celle des formats RVB et composantes (surtout dans la représentation des détails), mais il présente l'avantage indéniable d'être transmissible sur une seule voie.
- Il est utilisé en diffusion hertzienne et a été repris seulement par deux formats numériques, le D2 et le D3.



**Figure 1.23.** Les principaux formats du signal vidéo analogique.

#### 1.11.4. Y/C (ou composite séparé)

- Il s'agit d'un mode de représentation dans lequel la luminance et la chrominance sont codées chacune comme en composite, mais restent séparées l'une de l'autre au niveau de la connectique et des équipements.
- La qualité de l'image est meilleure qu'en composite (définition supérieure, pas de cross-color,...), les pertes se situant uniquement au niveau de la chrominance.
- La liaison Y/C est utilisée par les formats grand public S-VHS et Hi8, ainsi que sur certaines cartes de numérisation pour micro-ordinateurs.

### 1.12. Les standards de TVC

#### 1.12.1. NTSC (National Television System Committee)

- La modulation utilisée est AM sans porteuse
- Les fréquences des sous porteuses couleurs sont :

$$B - Y: f_c = 3.579545 \text{ MHz}$$

$$R - Y: f_c = 3.579545 \text{ MHz}$$

(Déphasée de  $+90^\circ$ )

- 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!

### 1.12.2. PAL (Phase Alternating Line)

- Le PAL est une amélioration de NTSC
- La sous porteuse de  $R - Y$  est déphasée de  $+ \text{ ou } -90^\circ$  une ligne sur deux.
- On transmet simultanément  $R - Y$  et  $B - Y$ .
- La modulation utilisée est AM sans porteuse
- Les fréquences des sous porteuses couleurs sont :

$$B - Y: f_c = 4.433619 \text{ MHz}$$

$$R - Y: f_c = 4.433619 \text{ MHz}$$

(Déphasée de  $+90^\circ$ )

- Meilleur rendu des couleurs

### 1.12.3. SECAM (SÉquentiel Couleur À Mémoire)

- On ne transmet qu'une couleur par ligne
- La modulation utilisée est FM.
- Les fréquences des sous porteuses couleurs sont :

$$B - Y: f_{B-Y} = 4.2500 \text{ MHz}$$

$$R - Y: f_{R-Y} = 4.40625 \text{ MHz}$$

(Déphasée de  $+90^\circ$ )

- L'autre couleur est prise de la ligne précédente
- Pas de mélange de couleurs
- Bon rendu des couleurs

