

Chapitre 1 : le signal vidéo analogique

L'introduction des techniques numériques dans le traitement de l'image, en particulier les réductions de débit n'a pas modifié la structure de l'image reproduite sur les téléviseurs. Seuls les principes de transmission et de stockage de ces informations se sont trouvés complètement modifiés. Depuis le début du 20^{ème} siècle avec l'avènement du cinématographe des frères Lumière, il était possible d'avoir une sensation de mouvement à partir de la seule projection rapide de photographies sur un grand écran. Cette invention allait permettre la naissance d'une autre révolution : la télévision et plus globalement le multimédia.

Toutes ces techniques vont reposer sur une analyse fine et l'exploitation de toutes les limites physiologiques du sens de la vision et de l'audition.

1.1 Le signal vidéo noir et blanc

Juste un peu d'histoire avec quelques dates clés :

- 1926 naissance de la télévision par l'inventeur écossais John Baird au terme d'un long processus d'évolutions et de brevets
- 1932 mise au point de la première caméra de télévision
- 1935 premiers émetteurs installés en haut de la tour Eiffel
- 1937 débuts des émissions quotidiennes à Paris
- 1941 studios réquisitionnés par les Allemands et leur propagande
- 1948 adoptions en France du standard à 819 lignes
- 1967/1968 au JO de Grenoble arrivée en France de la deuxième chaîne de télévision en couleur avec un standard à 625 lignes et le procédé SECAM

1.1.1 Perception du mouvement : exploitation de la persistance rétinienne

En recevant une information lumineuse, les cellules de la rétine qui tapissent le fond de l'oeil mémorisent cette information pendant $1/50^{\text{ième}}$ de seconde environ soit 20 millisecondes. Cela permet d'en déduire que si l'on souhaite dans une séquence animée que le spectateur ne puisse pas distinguer le passage d'une image à la suivante il suffit de lui proposer une cadence supérieure à 50 images par seconde. Cette propriété a été largement exploitée par le cinéma, qui a

malgré tout conçu un dispositif original pour limiter le nombre d'image à capturer lors de la prise de vue.

Depuis le début du XX^{ème} siècle le cinéma utilise cette limitation physiologique pour tromper le sens de la vision. La prise de vue s'effectue à la cadence de 24 images/seconde alors que la projection s'effectue à la vitesse de 48 images par secondes mais chaque image est projetée deux fois au moyen d'un obturateur à disque.

Schéma du projecteur

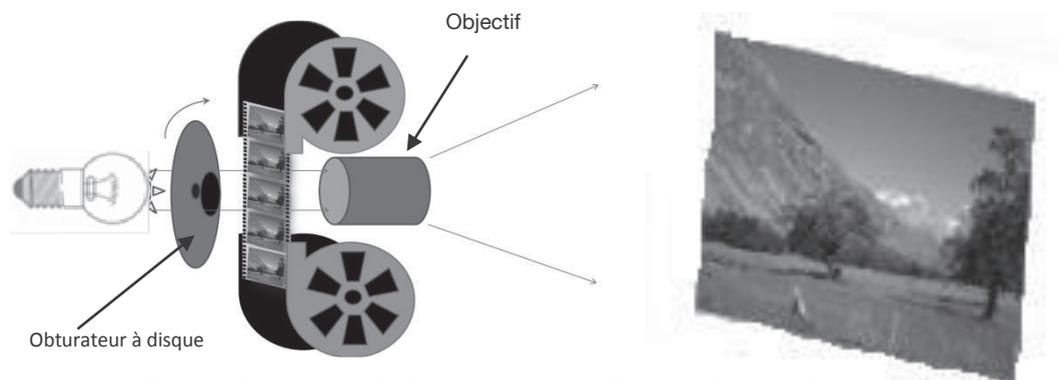


Figure 1 : schéma de fonctionnement d'un projecteur de cinéma

Pour la télévision, la nécessité de produire une base de temps synchronisée sur tous les récepteurs a déterminé le nombre d'image par seconde comme un sous multiple de la fréquence d'alimentation du courant électrique desservant tous les foyers.

En Europe le courant est distribué avec une fréquence de 50 Hz ce qui conduit à un système de prise de vue cadencé à 25 images par secondes (30 images par secondes aux USA et pays avec un courant électrique à 60 Hz). Chaque image est alors divisée en deux trames et affichée à la cadence de 50 trames par secondes sur les postes de télévision. La rémanence des écrans (à tubes à l'époque) donne l'illusion d'un affichage à 50 images par seconde.

A retenir pour la suite

cinéma : 24 i/s fréquence image 24 Hz

télévision : 25 i/s fréquence image 25 Hz

1.1.2 Analyse de l'image

Le cinéma propose à l'oeil des séquences constituées de séries de photographies. A un instant donné l'oeil reçoit la totalité du contenu de l'image [fig 2] .

→ L'analyse est donc *instantannée*

La vidéo ne pourra pas transmettre instantannément la totalité de l'image. Aussi cette image va être découpée en lignes qui contiennent un certain nombre de points. Chaque point lumineux représente ainsi un niveau de tension. [fig 3]

→ L'analyse est dite *Séquentielle*

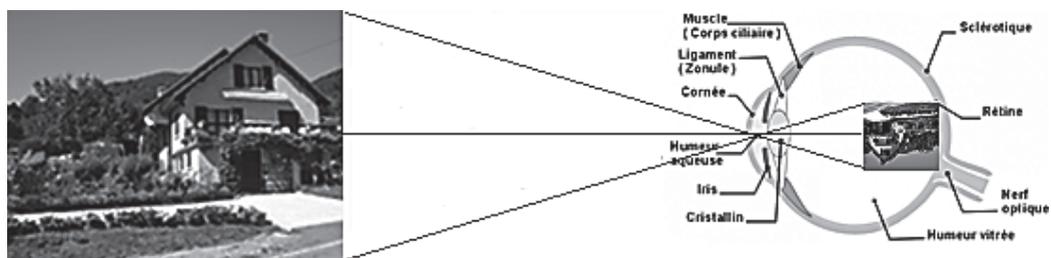


Figure 2 : la vision, analyse instantannée

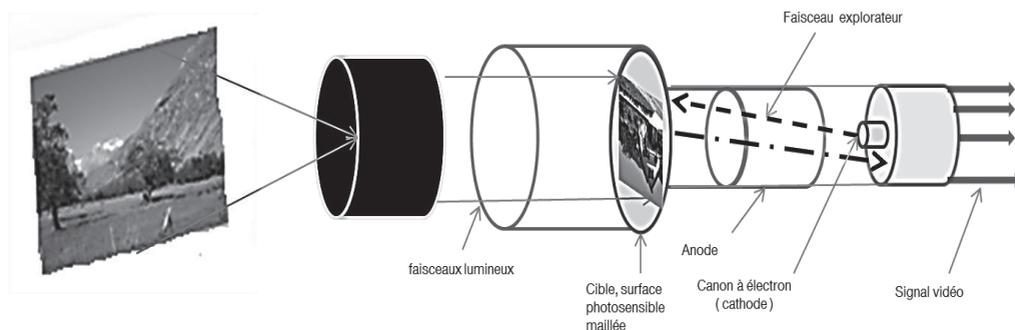
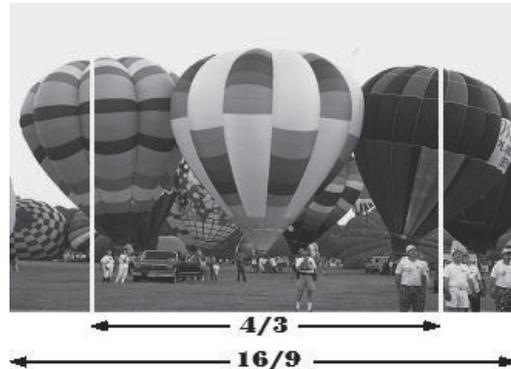
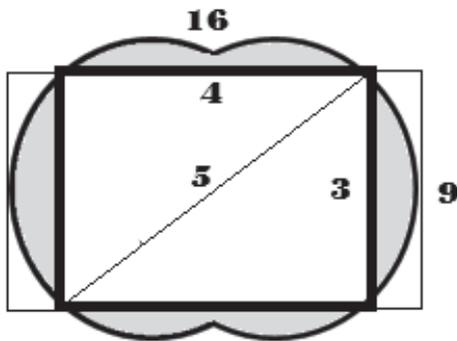


Figure 3 : le tube d'analyse d'une caméra vidéo, analyse séquentielle

1.1.3 Les formats de l'image : géométrie des yeux

La forme et les proportions de l'image de télévision ont été déduites de l'observation de notre géométrie binoculaire. L'image retenue est d'un format rectangulaire horizontal.

Les proportions hauteur largeur respectent au mieux notre champ visuel. Les tubes cathodiques de l'époque présents sur tous les écrans de télévision émettaient en plus des informations lumineuses attendues des quantités non négligeables de rayons X. Aussi pour des raisons de sécurité une distance minimale entre le spectateur et l'écran a été définie à quatre fois la diagonale de l'écran : $d=4D$ cette distance de sécurité servira de référence dans la suite de notre étude.



L'étude du champ visuel fait ressortir deux formats d'image correspondant à sa géométrie, le principe retenu étant qu'un spectateur placé à une distance de quatre fois la diagonale de l'écran doit voir l'image, toute l'image et rien que l'image et ce sans devoir bouger les yeux. Il ressort de cette observation les deux formats suivants :

→ **Format 4/3** image standard et historique de la télévision

La volonté de se rapprocher d'avantage des écrans panoramiques du cinéma et l'arrivée des écrans plasma et LCD pour les téléviseurs dans les années 90 ont permis de généraliser un nouveau format qui s'est imposé comme un nouveau standard :

→ **Format 16/9** nouveau standard de la télévision numérique

Le 16/9 est devenu le format image de référence de toutes les sources de télévision numérique, tous les appareils de télévision sont commercialisés sous ce format.

1.1.4 Découpage de l'image en lignes : exploitation du pouvoir séparateur

Cette propriété du sens de la vision traduit la structure biologique de la rétine. Elle est composée d'un assemblage de cellules photosensibles et possède de ce fait une limite : le plus petit élément discernable = la cellule elle-même cône ou bâtonnet.

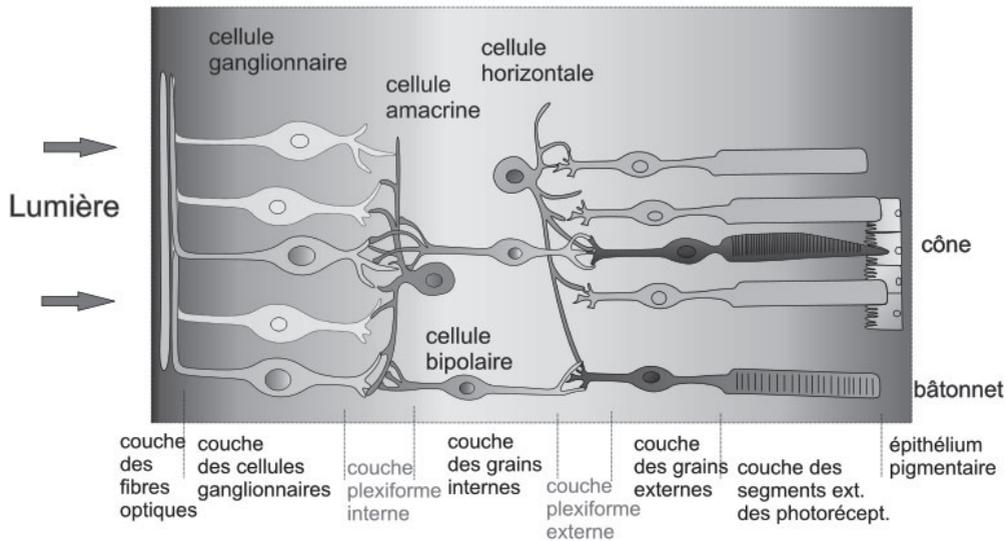


Figure 4 : structure de la rétine

Pour traduire cette propriété on estime qu'en valeur moyenne, le pouvoir séparateur d'un œil sain peut être défini au moyen d'un angle de 1 minute

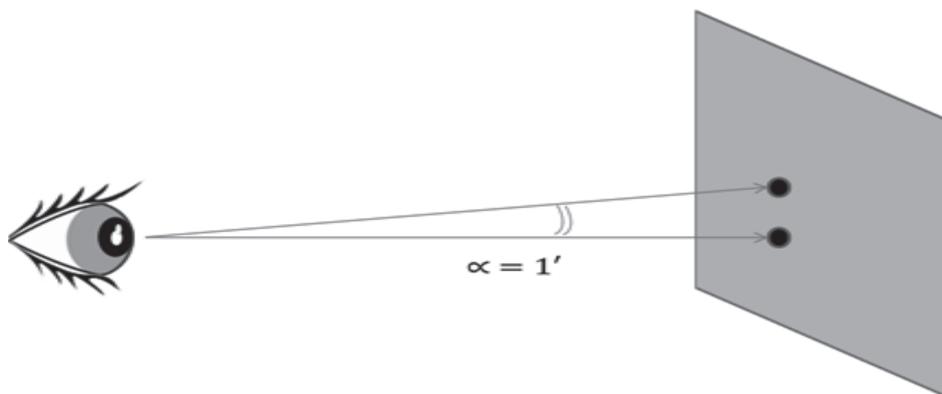


Figure 5 : pouvoir séparateur

Il s'agit là d'une limite, en dessous de 1 minute d'angle l'œil n'est plus capable de distinguer deux points consécutifs, ou au contraire à partir de 1 minute d'angle l'œil commence à distinguer deux points consécutifs. S'agissant d'un angle, cette propriété est indépendante de la distance séparant le sujet de l'écran avec les deux points à distinguer. Utilisons cette propriété pour déterminer en combien de lignes il faut découper l'image de manière à ce qu'un spectateur placé à la distance de quatre fois la diagonale ne puisse pas distinguer le passage d'une ligne à la suivante.

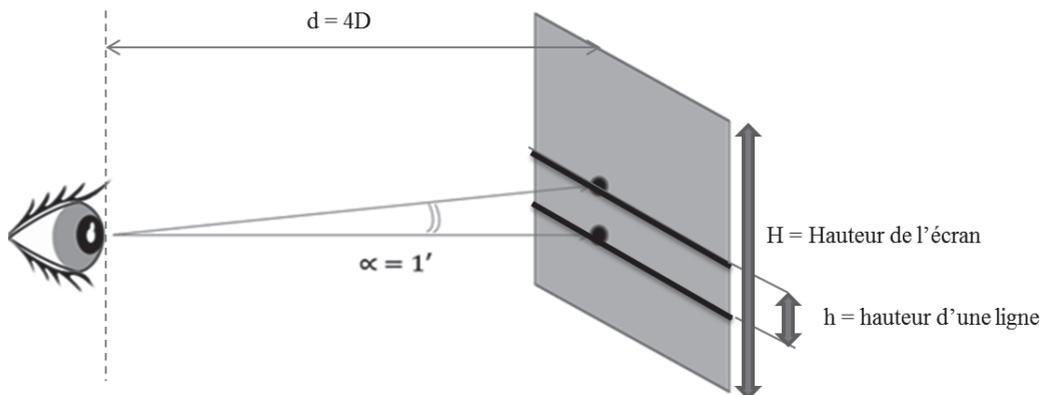


Figure 6 : calcul du nombre de lignes au minimum

Prenons comme hypothèse l'approximation suivante : $\tan(1') = 3.10^{-4}$
 L'image va être analysée au moyen d'un découpage en n lignes. Chaque ligne a une hauteur h et H la hauteur totale de notre écran est donc la somme de toutes ces hauteurs de ligne : $H = n \cdot h$ il suffit alors d'appliquer strictement la définition de la tangente :

$$\tan \alpha = \frac{\text{Côté Opposé}}{\text{Côté Adjacent}} \quad \text{où côté opposé} = h \quad \text{et côté adjacent} = H$$

Calcul :

$$H = \frac{3}{5} \cdot D$$

$$d = 4 \cdot D$$

$$n = \frac{H}{h}$$

$$\tan \alpha = 3.10^{-4} = \frac{h}{d} = \frac{3D}{5n} \cdot \frac{1}{4D}$$

$$n = \frac{1}{3.10^{-4}} \cdot \frac{3}{20} = \frac{10000}{20} = 500$$

Il faut donc proposer à l'oeil au minimum 500 lignes pour qu'il ne puisse pas distinguer la transition d'une ligne à la suivante. Dans la pratique les signaux vidéos sont construits sur :

625 lignes = 575 utiles + 50 lignes de services pour les systèmes à 50 Hz

525 lignes = 475 utiles + 50 lignes de services pour les systèmes à 60 Hz

1.1.5 Balayage horizontal et structure de ligne

- **Mode entrelacé**

Afin de limiter les phénomènes de papillotement dus à la transition d'une image à la suivante sur les écrans des téléviseurs, l'image totale est décrite en deux balayages verticaux comportant chacun la moitié des lignes d'affichage. Ce découpage est obtenu en prenant une ligne sur deux et permet de définir une trame paire et une trame impaire

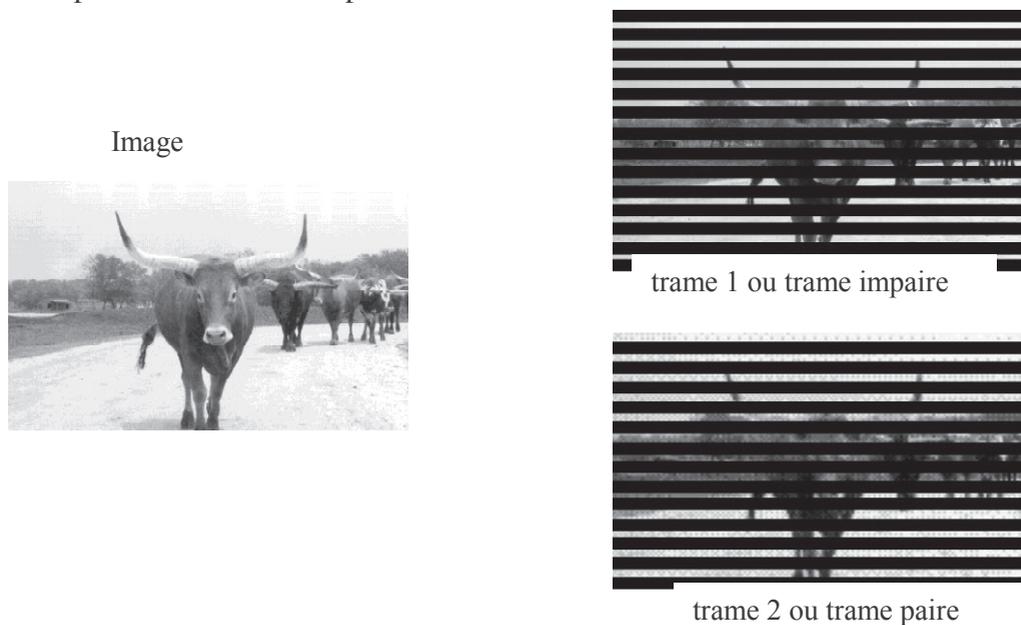


Figure 7 : entrelacement en deux trames

Ce découpage particulier en **deux trames entrelacées** caractérise les signaux de télévision. Le mode progressif qui consiste à décrire la totalité des lignes en un seul balayage est employé par les écrans informatiques.

- **Les balayages de l'image et l'affichage sur l'écran du téléviseur**

Le principe retenu est une analyse de l'image ligne par ligne. Pour afficher une image complète sur un téléviseur il faut :

- balayer horizontalement de gauche à droite pour décrire une ligne.
- balayer également du haut vers le bas pour passer d'une ligne à la suivante et décrire ainsi une trame.
- enfin l'écran devra mémoriser la trame pour y intercaler les lignes de la trame suivantes et afficher l'image complète.

- **Structure de ligne**

Une ligne du signal vidéo est considérée comme un intervalle de temps élémentaire de $64 \mu\text{s}$ durant lequel sont transmises des informations sur la luminance ou bien des informations de service. L'information utile est une tension positive proportionnelle à l'éclairement du point lumineux sur l'écran :

- 0 mV correspond au niveau du noir
- +700 mV à celui du Blanc
- -300 mV au niveau du fond de la synchro.

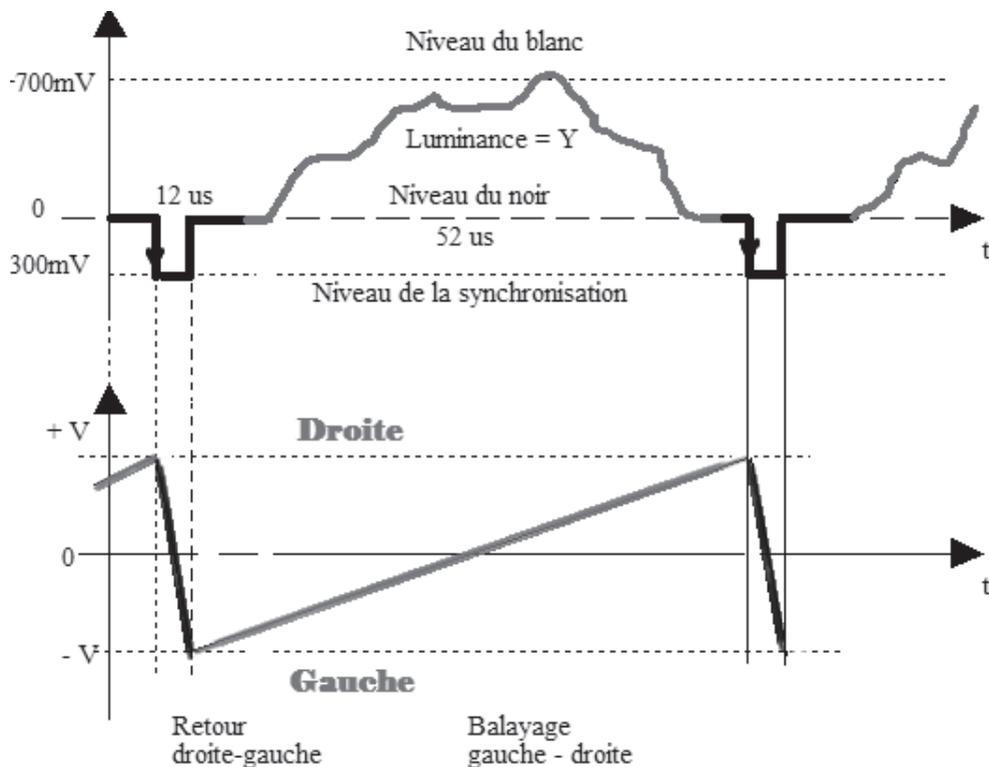


Figure 8 : balayage horizontal

Le balayage de la ligne s'effectue de gauche à droite au moyen d'une base de temps constituée de deux rampes : la première pour l'écriture de la ligne sur l'écran, la seconde pour le retour rapide gauche droite.

Ce retour gauche droite et le top départ pour l'écriture sur l'écran du téléviseur sont définis par le signal de synchro ligne avec une tension négative de -300 mV.

La synchronisation ligne représente un top analogique d'une durée de $12 \mu\text{s}$ ce qui ne laisse plus que $52 \mu\text{s}$ de signal utile. Cela représente près de 20% du signal réservé à la