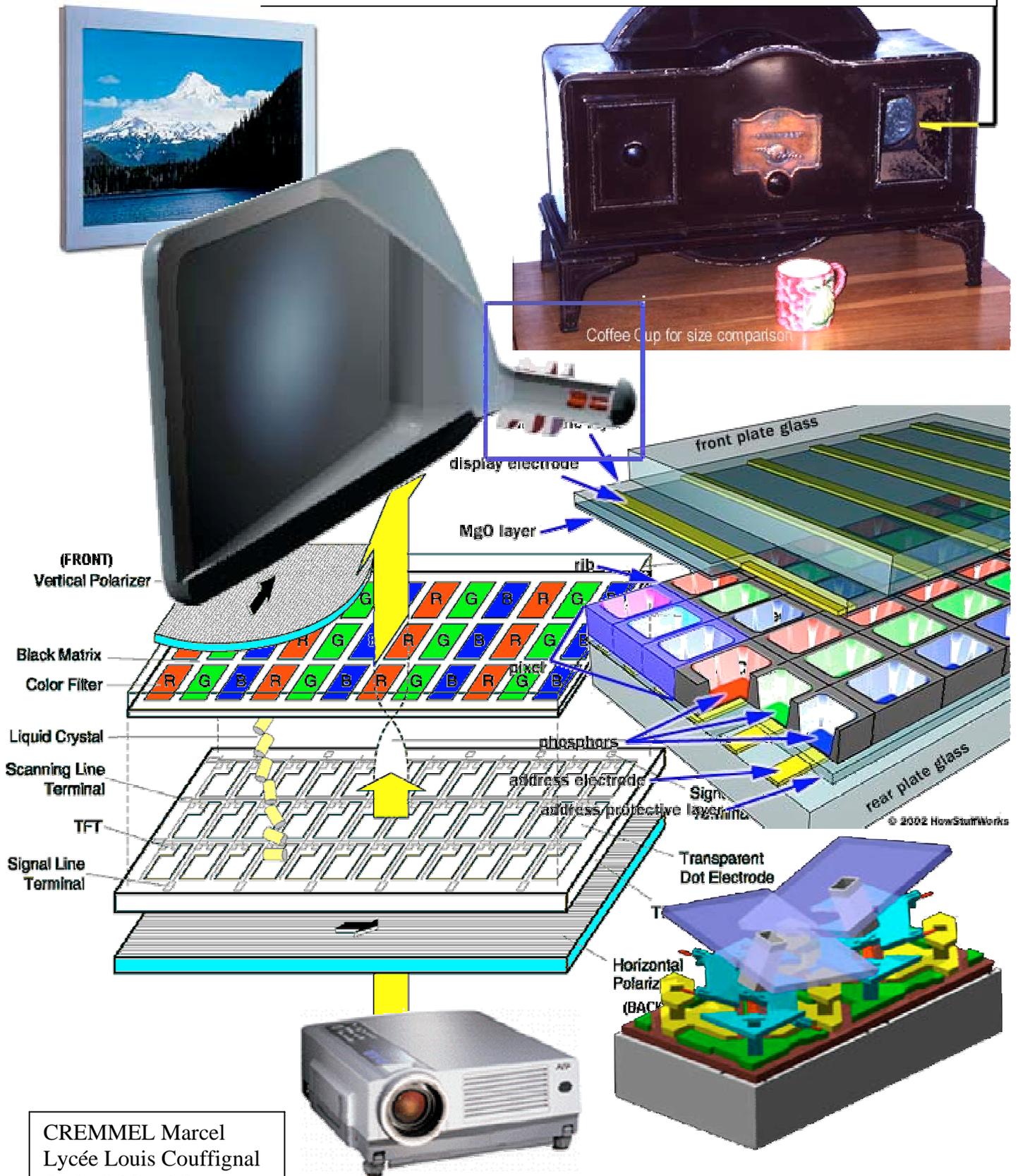


REPRODUCTION DES IMAGES VIDÉO

Présentation des technologies et historique



CREMEL Marcel
Lycée Louis Couffignal
STRASBOURG

REPRODUCTION DES IMAGES VIDEO

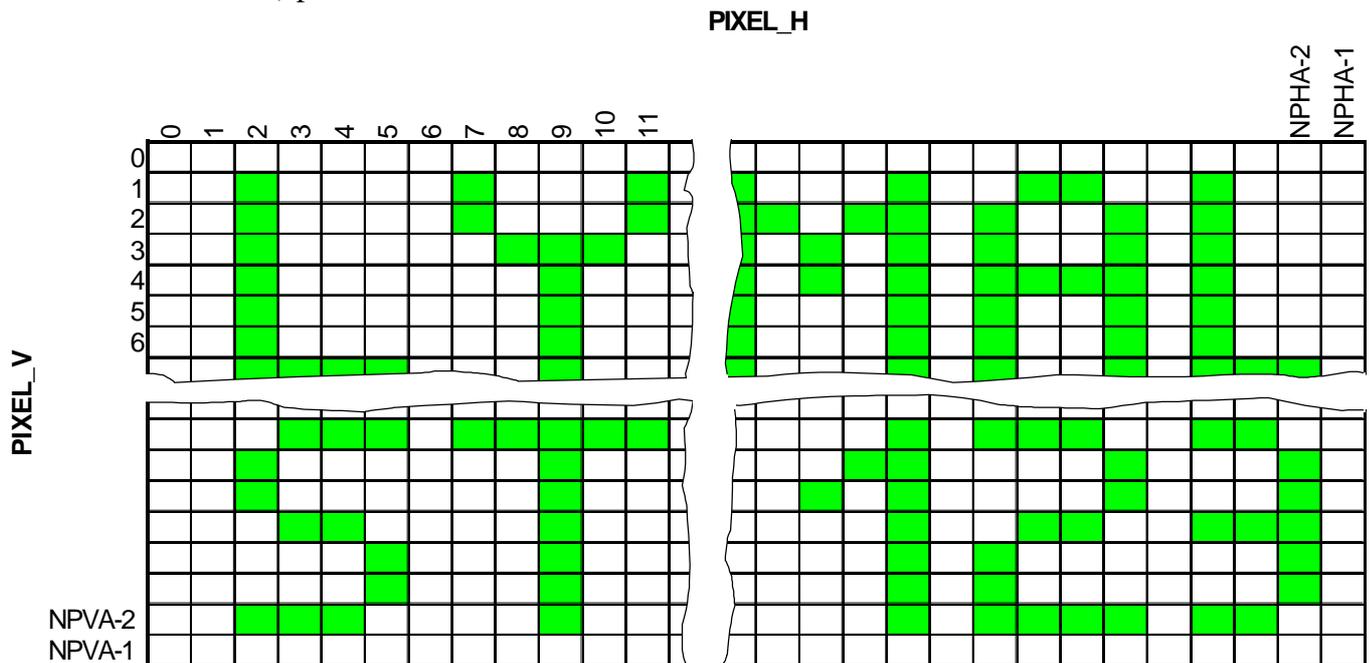
Présentation des technologies

1. Organisation d'une image vidéo

Aujourd'hui toute image vidéo, statique, mobile, en noir et blanc ou en couleurs, est constituée d'une matrice de "pixels" (points élémentaires). Cela est imposé à la fois par les technologies des écrans (cathodique, LCD, plasma, ...), des capteurs des caméras de prise de vue et les structures des mémoires vidéo pour les images informatiques.

La taille de la matrice, rapportée à la dimension de l'écran, définit la résolution ou définition de l'image.

Exemple : image de NPHA (Nombre Pixels Horizontaux Affichés) par NPVA (Nombre Pixels Horizontaux Affichés) pixels :



Pour reproduire une image de façon satisfaisante, les quantités NPHA et NPVA doivent être aussi grandes que possible et chaque pixel peut prendre n'importe quelle couleur visible. La technologie et le coût limitent ces performances en fonction des applications.

Exemples :

- Télévision "grand public" : – Résolution : 1 pixel/mm (700 pixels pour une largeur de 70cm)
- Nombre de couleurs par pixel : ∞ (procédé analogique PAL ou SECAM)
- Télévision G.P. de qualité : – Résolution : 1,5 pixels/mm (1050 pixels pour une largeur de 70cm)
- Nombre de couleurs par pixel : ∞ (procédé analogique PAL ou SECAM)
- Moniteur haute résolution : – Résolution : 4 pixels/mm (1280 pixels pour une largeur de 32cm)
- Nombre de couleurs par pixel : ∞ (procédé analogique RVB)
- Image MPEG1 PAL : – 384 x 288 pixels sur 2^{24} couleurs (format 4/3)
- Image MPEG2 PAL : – 720 x 576 pixels sur 2^{24} couleurs (format 4/3)
- HDTV Euro 80 : – 1920 x 1080 pixels sur 2^{24} couleurs (format 16/9)
- Image PC : – 1024 x 768 (format 4/3) pixels sur 2^{24} couleurs est le standard minimum.

Dans le cas d'une image numérique, à chaque pixel est associé une information binaire dont la taille et le codage définissent la couleur et la saturation de ce pixel.

Exemples :

- Mémoires vidéo des cartes graphiques de première génération : 1 bit par pixel
- Deux seuls états sont possibles : noir ou blanc.

Ne peuvent être utilisées que pour du texte ou du dessin simple.

- Mémoire vidéo VGA (Video Graphic Array) simple : 3 bits par pixel
Ces 3 bits permettent de choisir 1 couleur ou 1 niveau de gris parmi 8
Convient pour du texte ou du dessin coloré, mais pas pour reproduire des images "naturelles".
- Mémoires vidéo VGA étendues :
 - 8 bits par pixel : 256 couleurs possibles
 - 16 bits par pixel : 65536 couleurs possibles
 - 24 bits par pixel : $2^{24} = 16.777.216$ couleurs possibles.
 - 32 bits par pixel : $2^{24} = 16.777.216$ couleurs possibles + 1 octet qui définit la transparence. Il semble que l'on n'ait pas besoin d'aller au-delà !

Les cartes graphiques actuelles sont assez souples : les tailles de la matrice et le nombre de couleurs sont programmables. Les limites sont fixées par la taille de la mémoire.

2. Signal vidéo

Généralement, le lieu de production de l'image vidéo (un studio de télévision par exemple) est éloigné de celui de la reproduction ! C'est le principe même de la télé-vision.

C'est dans ce but qu'ont été élaborées, et **normalisées**, les caractéristiques d'un signal adapté à la transmission d'une image : **le signal vidéo**.

Il doit comporter toutes les composantes de l'image : ses dimensions ainsi que la luminosité et la couleur de chaque pixel. Toutes ces informations ne peuvent pas être transmises simultanément sur un seul signal : l'image à transmettre est donc analysée séquentiellement, pixel par pixel, de gauche à droite et de haut en bas, de sorte qu'à un instant donné, le signal vidéo ne contient que les informations relatives à un seul pixel.

La transmission d'une image complète prend donc un certain temps, et dans le cas d'images animées, celle-ci est périodique avec un rythme suffisant pour la fluidité.

La nature séquentielle du signal vidéo impose la présence d'une fonction de mémorisation dans le dispositif de reproduction. Cette mémorisation peut être analogique (rémanence de l'écran cathodique par exemple) ou numérique (RAM "vidéo").

Le formatage du signal vidéo permet de reconstituer les dimensions de l'image.

En analogique, les normes actuelles sont : PAL, SECAM et NTSC.

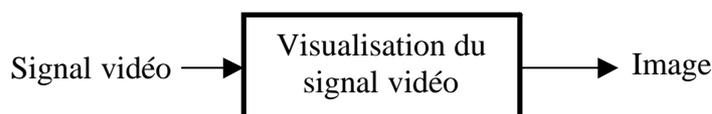
En numérique, le principe de base est le même, la couleur de chaque pixel étant codée sur un certain nombre de bits. Pour limiter le débit binaire à des valeurs raisonnables, les standards actuelles utilisent des algorithmes de compression : DV, MPEG1, MPEG2, MPEG4, ...

Le support de transmission peut être un câble, une onde hertzienne ou la lumière dans une fibre optique.

Se reporter au document ressources "Signal vidéo" pour de plus amples informations.

3. Visualisation de l'image vidéo

Cette fonction exploite le **signal vidéo** pour reproduire l'image la plus fidèle possible.



Cette fonction pose de très nombreux problèmes. Les technologies élaborées pour la réaliser sont en continuelle évolution depuis près de 100 ans !

Pour ne citer que les plus récentes :

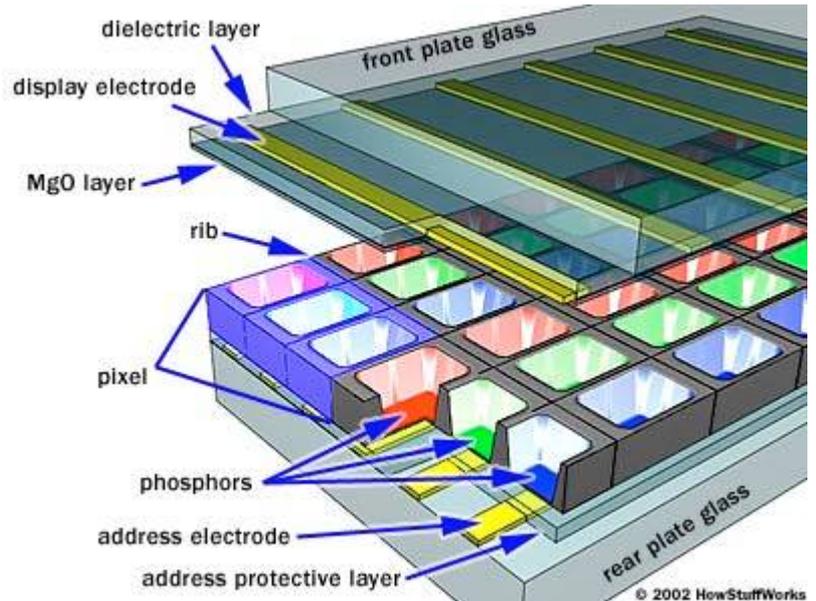
- écran plasma
- LCD de type TFT
- projecteurs LCD et DLP (Digital Light Processing).
- écran cathodique (de moins en moins utilisé)

3.1 Écran plasma

Le nom technique de l'écran plasma est le PDP (Plasma Display Panel). En physique, l'état solide, liquide et gazeux sont les trois principaux états de la matière. Le plasma lui est le quatrième, un état particulier qui accélère la circulation des électrons suite à un amorçage provoqué par une forte tension électrique. Le plasma s'obtient donc en appliquant un fort champ électrique dans un milieu gazeux constitué de gaz rares (hélium, xénon, krypton...), ceux qui se prêtent le mieux à ce genre d'excitation. Comme dans les tubes néon qui illuminent nos cuisines, la décharge électrique émet un rayonnement ultraviolet qui sera ensuite rendu visible sous forme de lumière colorée grâce à des particules de phosphores rouges, verts ou bleus.



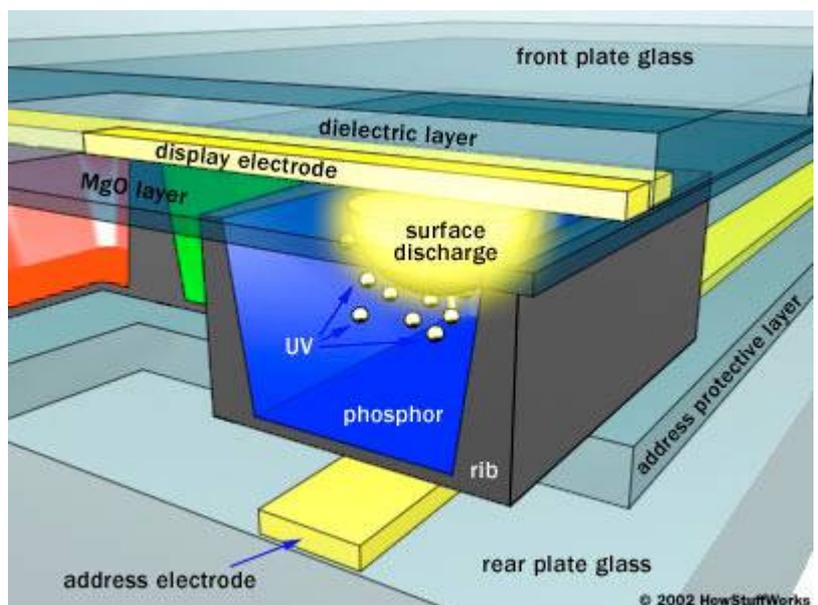
Plusieurs phases sont nécessaires à la fabrication d'une dalle plasma. Sur la face avant de l'écran plasma, on grave à la sérigraphie des électrodes pour créer des champs électriques, tandis que sur le panneau arrière d'autres électrodes sont placées sous la couche de phosphore des trois couleurs fondamentales. Les deux panneaux sont ensuite assemblés, et scellés. Toute la difficulté réside dans le contrôle précis du niveau de luminance de chaque cellule de plasma (le pixel), tout au long de la durée de vie de l'écran. En effet, une décharge électrique dans un gaz rare est un phénomène instable qu'il faut ici maîtriser avec précision pour reproduire avec cohérence l'ensemble des valeurs d'une image



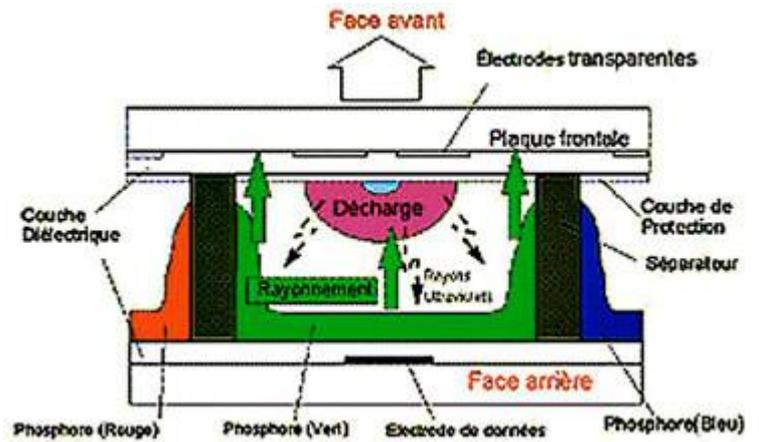
Mécanisme de décharge du plasma :

décharge du gaz → génération UV → illumination → affichage

Chaque pixel est composé de trois enveloppes colorées en rouge, vert et bleu remplies d'un mélange de gaz inertes (néon et xénon). Chaque enveloppe est reliée à deux électrodes entre lesquelles passe un courant électrique. Lorsque le niveau électrique est suffisant, les molécules de gaz contenues dans l'enveloppe choisie perdent des électrons et le gaz prend la texture appelée "plasma". Ces molécules de gaz, déficientes en électrons émettent alors des ultraviolets. Ces UV excitent une couche de phosphore se trouvant au fond de l'enveloppe qui s'illumine et crée une lumière de couleur rouge, bleue ou verte.

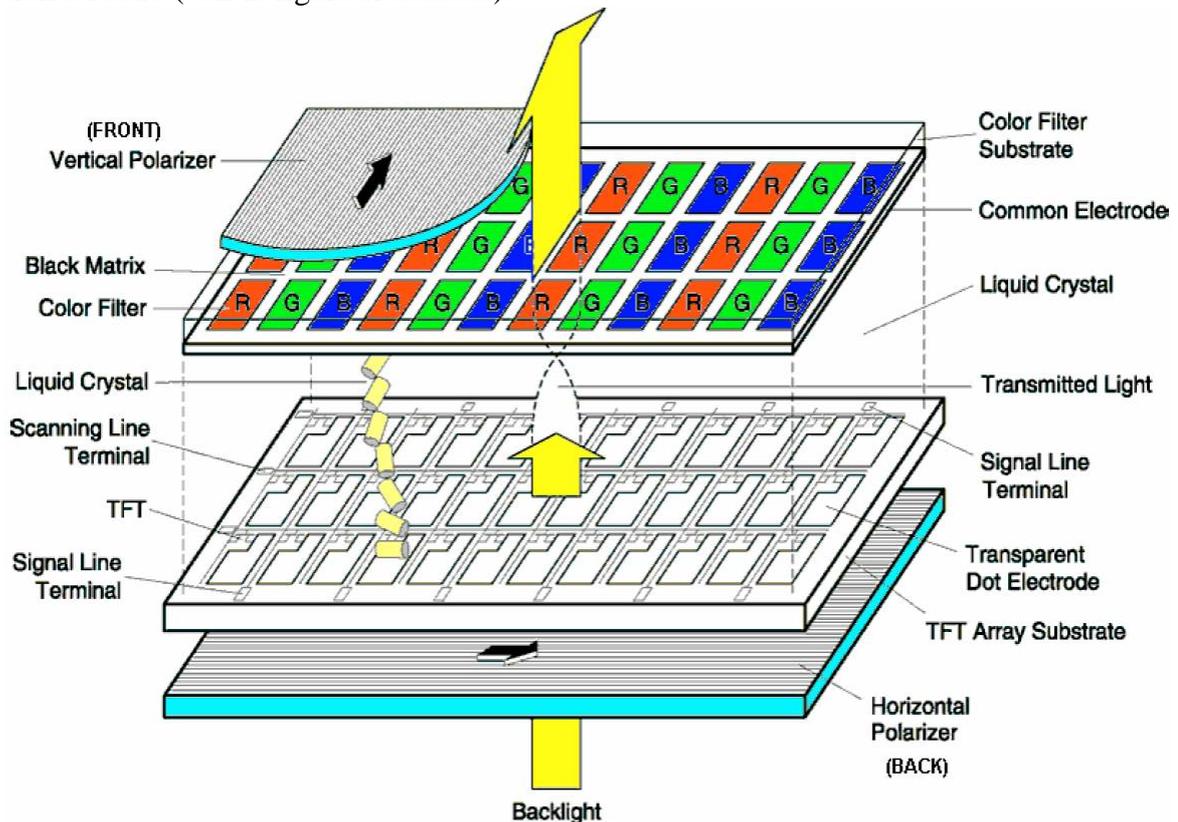


L'intensité de cette couleur est obtenue en modulant le nombre et la tension des impulsions électriques entre les électrodes. Il existe 256 niveaux pour chaque couleur, c'est pourquoi il est possible de recréer 16,7 millions de couleurs (256 x 256 x 256). Le plasma ne dessine pas l'image ligne par ligne comme un téléviseur classique. Il affiche une image entière à la fois en stimulant tous les pixels. L'électronique de commande comprend donc un doubleur de ligne permettant de désentrelacer le signal vidéo et d'afficher une image entière.



3.2 Écran LCD

Les cristaux liquides sont des matières organiques amorphes, qui ont la propriété de modifier la propagation de la lumière, plus exactement sa polarisation, si on leur applique un champ électrique. Leurs molécules, de forme allongée, s'ordonnent naturellement de manière parallèle les unes aux autres. Le principe de l'écran LCD consiste à placer des cristaux liquides en sandwich entre deux plaques de verre polarisant et orientées à 90°. Les molécules, au repos, vont passer progressivement d'une orientation à l'autre (voir la figure ci-dessous).



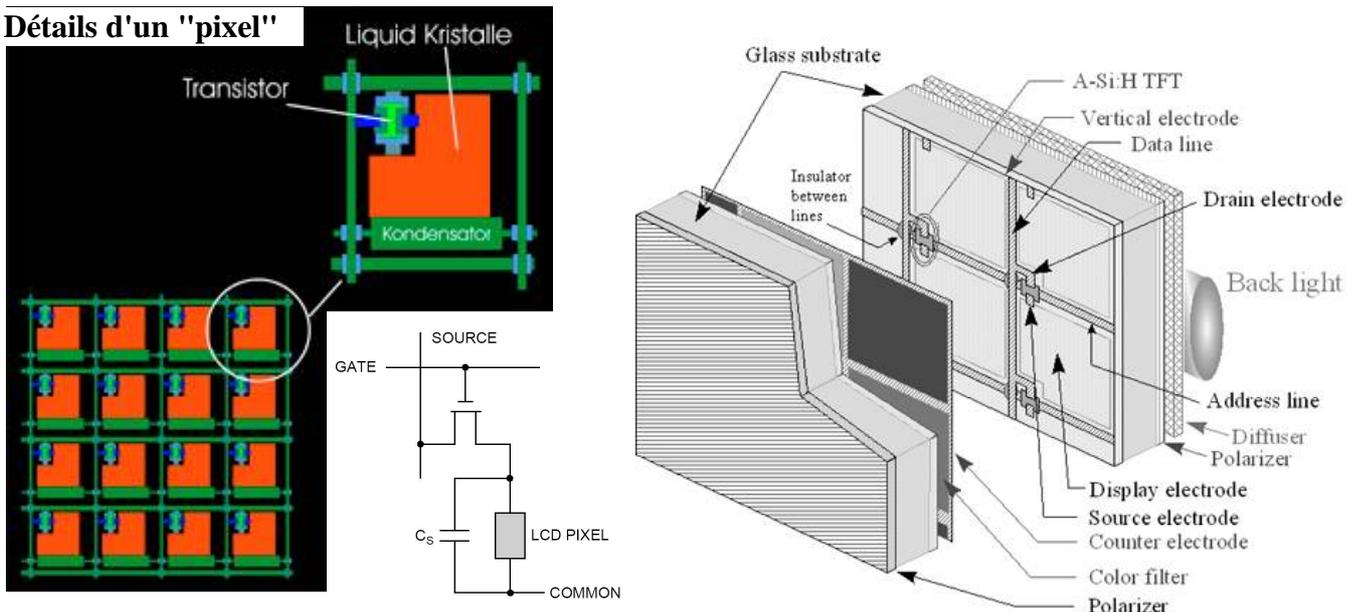
L'écran est rétro-éclairé de manière uniforme via le premier filtre polarisant, sa polarisation est guidée par les molécules et après une rotation de 90° elle passe par un deuxième filtre polarisant. Sous l'effet d'une tension de commande, les molécules vont progressivement s'orienter dans le sens du champ électrique et la lumière sera bloquée par le deuxième polariseur. Chaque pixel de l'image est constituée d'une cellule de ce type devant laquelle est placé un filtre rouge, vert, ou bleu.

La principale difficulté réside dans le système de commande des pixels. La technologie à matrice passive utilisée dans les premiers écrans est beaucoup trop lente pour convenir au flux d'image vidéo. Il faut donc employer des matrices dites actives, constituées de transistors en couche mince TFT (Thin Film Transistor), ils doivent être transparents ! Ces transistors assurent une commutation rapide mais

sont très difficiles à réaliser. Plus la taille de l'écran augmente, plus grand est le nombre de transistors et importante l'augmentation des risques de défaut.

L'angle de vision naturellement réduit de l'écran LCD est une autre contrainte pour son adaptation au marché de la télévision.

Détails d'un "pixel"



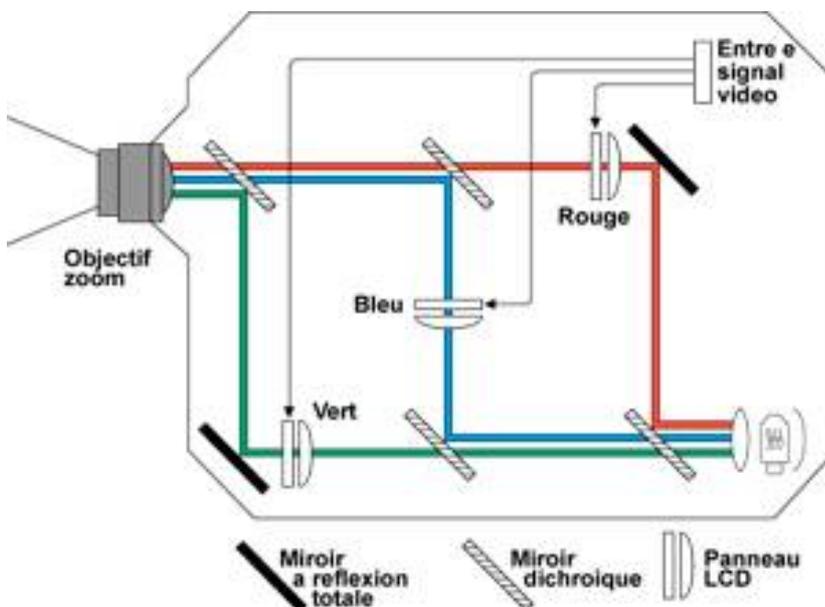
Les signaux "GATE" et "SOURCE" sont communs à tous les pixels d'une ligne et respectivement d'une colonne de la matrice.

Le "Pixel LCD" est alimenté si "GATE"="1" ET "SOURCE"="0". On accède ainsi individuellement à chaque pixel de l'écran. Le condensateur C réalise la fonction mémoire quand le MOS est bloqué.

3.3 Vidéoprojecteur LCD

Dans un projecteur LCD, le faisceau lumineux blanc généré par une lampe puissante traverse une matrice constituée d'une multitude de points (pixels) que l'on peut assimiler à une diapositive. Chacun de ces points est un cristal liquide qui, selon son état, va "doser" la quantité de lumière qui va la traverser. L'état du point LCD est piloté par le signal vidéo.

Le nombre de points de la matrice LCD définit la résolution de l'affichage. La maîtrise et les dernières évolutions de la technologie de fabrication ont permis de voir le nombre de pixels augmenter considérablement.



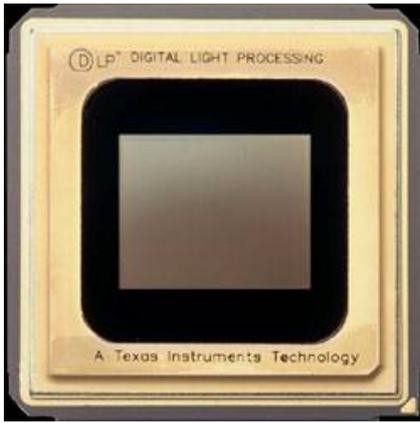
Les projecteurs LCD utilisent tous 3 matrices de technologie TFT. La lumière blanche de la lampe est décomposée en 3 couleurs fondamentales par des miroirs dichroïques rouge, vert et bleu. Chacun de ces faisceaux traverse une des 3 matrices.

Le signal vidéo est décomposé en ses 3 composantes R, V et B, qui pilotent chacune la matrice concernée.

Les 3 faisceaux lumineux résultants sont alors combinés et focalisés pour être projetés sur l'écran.

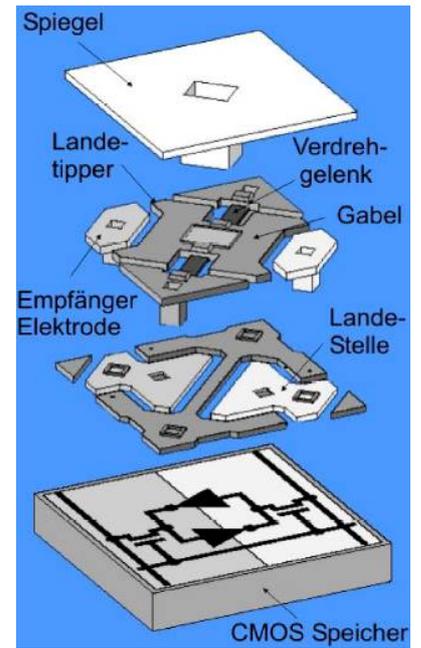
Avantages : - faible coût
Inconvénients : - luminosité et contraste faibles

3.4 Vidéoprojecteur DLP

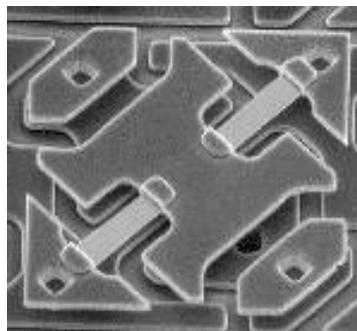
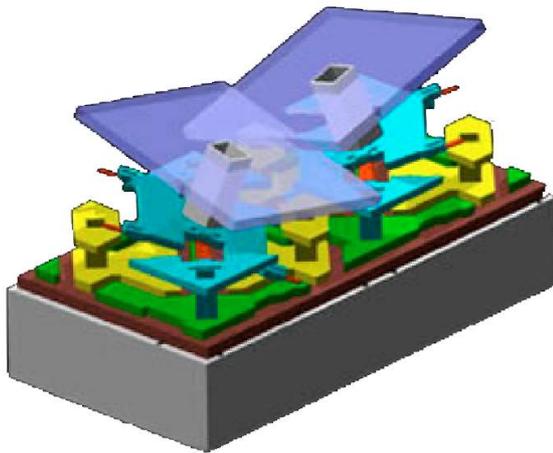


La technologie DLP (Digital Light Processing), développée par Texas Instruments, est la plus récente en matière de projection. Elle utilise la matrice DMD (Digital Micromirror Device). Lorsqu'un signal électrique, converti à partir du signal vidéo, lui est appliqué, chaque miroir bascule sur son axe et réfléchit ainsi plus ou moins de lumière vers l'objectif.

Le contraste et la luminosité sont bien meilleurs qu'avec la technologie LCD.

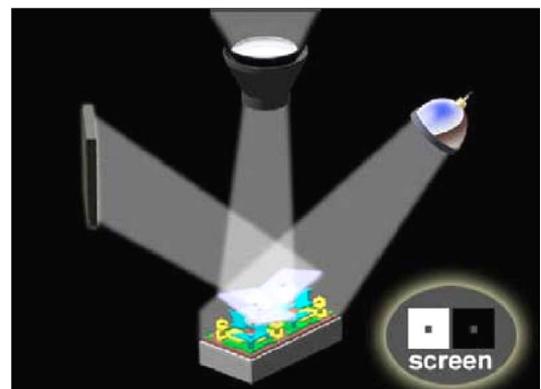
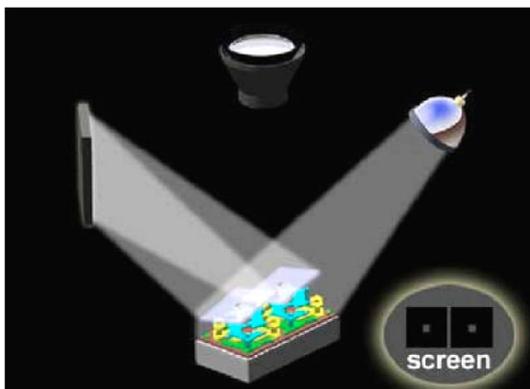
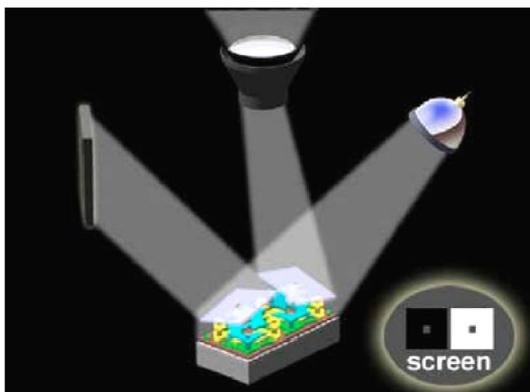


Détails du montage des miroirs



Vue microscopique

Exemples de cas de réflexions (2 miroirs par pixel)

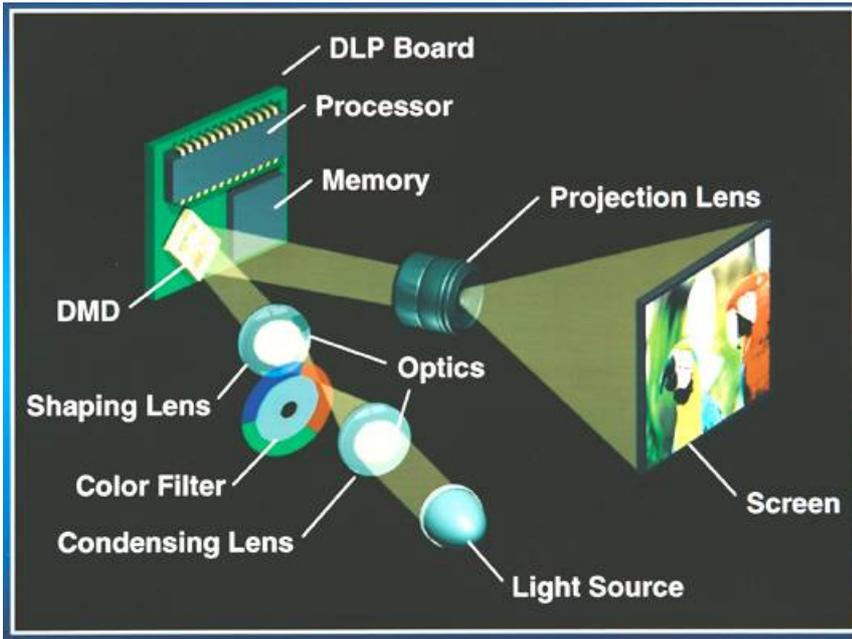


Avec 2 miroirs par pixel, on ne peut reproduire que 4 niveaux de gris. C'est insuffisant.

Les circuits actuels comportent une matrice de 3x3 miroirs par pixel, permettant de reproduire 512 niveaux de gris.

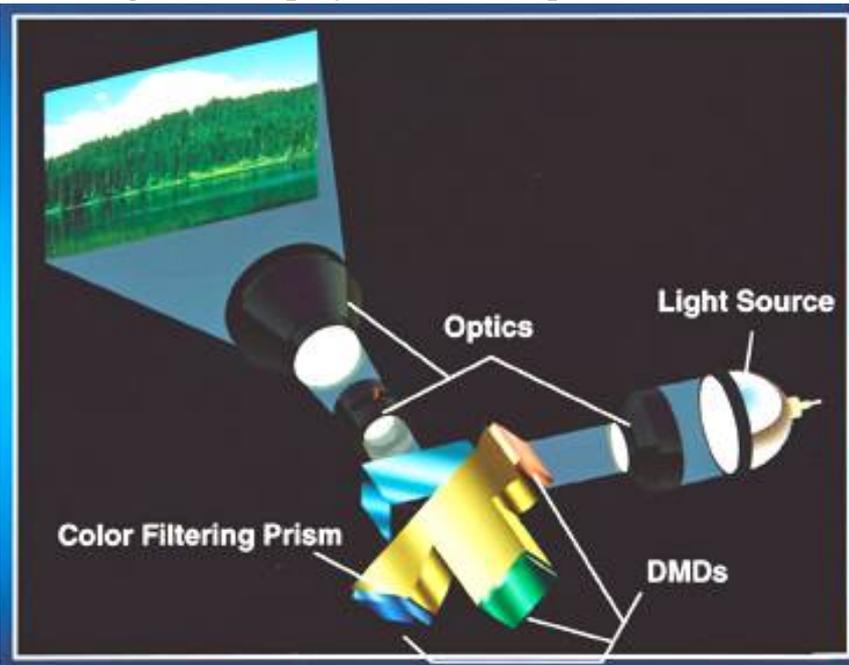
Reproduction de la couleur

Technologie de vidéoprojecteur à un seul "chip" : usage "grand public"



Pour des raisons économiques, un seul DMD est utilisé.
Un disque comportant 3 filtres optiques RVB tourne à grande vitesse, synchronisé à la vidéo. Les miroirs sont pilotés par les composantes R, V et B du signal vidéo en fonction de la position du disque.
L'écran est donc illuminé successivement par les composantes rouge, verte et bleue de l'image. L'œil les intègre et on voit une image naturelle.
Avantage : coût réduit
Inconvénients : luminosité faible
bruit du disque

Technologie de vidéoprojecteur à 3 "chips" : utilisation "cinéma"



Il n'y a plus de disque rotatif : chaque "chip" reçoit en permanence une des 3 composantes couleur du flux lumineux de la lampe et est piloté en permanence par la composante couleur correspondante du signal vidéo. Les 3 flux réfléchis sont alors combinés pour reproduire l'image sur l'écran par synthèse additive.
Avantages : luminosité élevée
silencieux
Inconvénients : coût très élevé

3.5 Écran cathodique

Cette technologie de reproduction d'images animées est la plus ancienne (premières expériences en 1926 !) mais reste encore la plus répandue. En effet :

- elle offre le meilleur rapport qualité / prix,
- le haut de gamme reste encore supérieur aux autres technologies

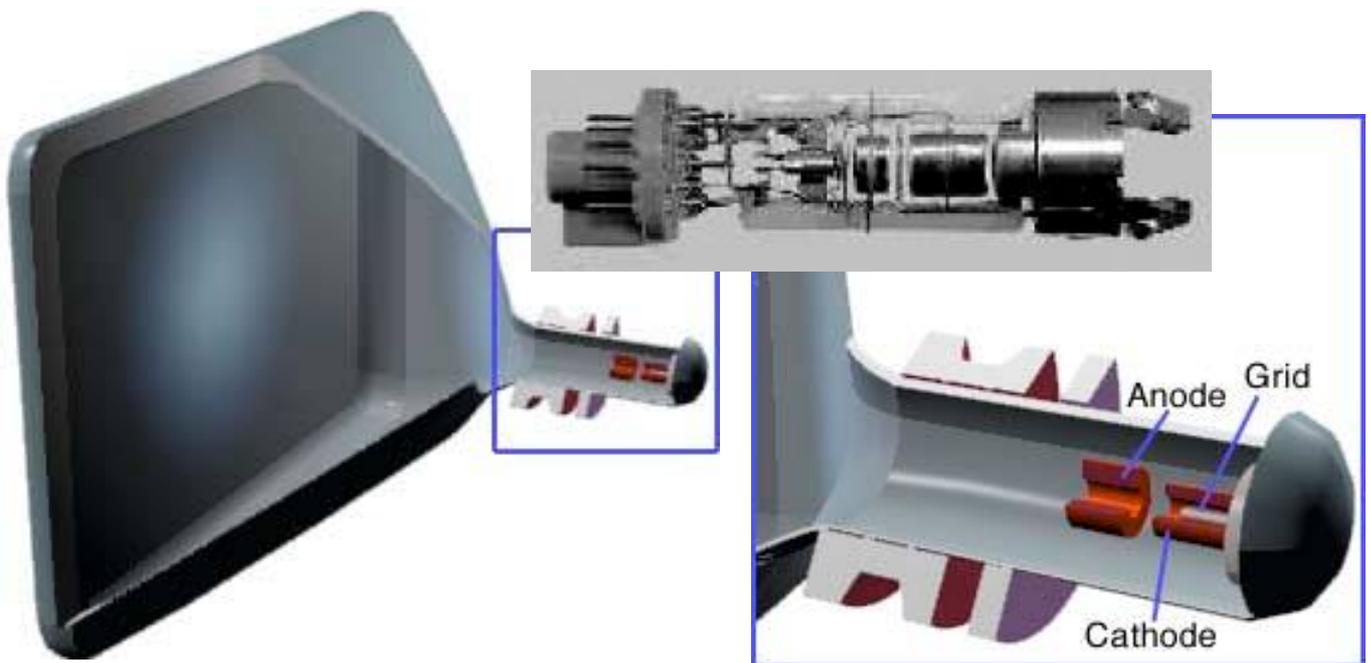
Par contre, la taille des écrans est limitée par les contraintes mécaniques sur les parois du tube en verre. Le principe est basé sur la notion de balayage séquentiel développé à l'origine pour transmettre une image à distance. En effet, pour des raisons pratiques, on s'impose d'utiliser qu'un seul canal de transmission : 1 câble à 1 conducteur, 1 fréquence porteuse, ect ...

Pour transmettre une image, on est alors contraint de transmettre **séquentiellement** les états de chacun des pixels, ce qui nécessite une fonction de **mémorisation** dans le récepteur. Si l'image est mobile (TV), le cycle doit se répéter à un rythme suffisant : on obtient le **signal vidéo**. Ce signal est décrit en détail dans un document ressources spécifique.

Dans les écrans cathodiques, le balayage est réalisé de gauche à droite et de haut en bas, sauf sur les anciens radars à affichage circulaire où le balayage est en spirale.

Un tube cathodique à vision directe se présente sous la forme d'une "ampoule", toute en verre, de forme conique plus ou moins aplatie, dont le fond constitue l'écran et dans le col de laquelle est placé le canon électronique. Un vide très poussé est fait à l'intérieur de cette enceinte.

Le col abrite le canon électronique et les électrodes d'accélération et de focalisation du faisceau électronique. En TV couleur, trois faisceaux électroniques sont produits, un par couleur fondamentale. L'électrode "Whenelt" contrôle l'intensité du faisceau électronique. Un tube couleur comporte 3 Whenelt pour contrôler les 3 couleurs fondamentales.



Grâce à la maîtrise des déflexions électromagnétiques, les angles de déviation du faisceau électronique se sont largement élargis (de 50° aux débuts de la TV, jusqu'à près de 120° aujourd'hui) ce qui a permis de réduire la profondeur des téléviseurs. La déflexion électrostatique utilisée dans les oscilloscopes pour la précision des déviations, n'est pas exploitée en TV car les tubes seraient gigantesques !

L'écran est garni de particules fluorescentes excitées en un point par le flux d'électrons. En TV couleurs, chaque "pixel" de l'écran est constitué d'un triplet RVB de points fluorescents (ou luminophores) et est précédé d'une fine grille métallique : le masque. Celui-ci permet à chacun des 3 faisceaux électroniques de n'atteindre que les luminophores d'une couleur.

Pour plus de détails, se reporter au document "Tubes cathodiques et circuits de déviations"

4. Historique de la télévision

Voici un petit tableau résumant les 100 premières années de la télévision :

1880 à 1899	Période de rêve, de concept et de découvertes.
1900	Les premières utilisations du mot "télévision" dans le monde.
1922 à 1927	Premières expériences avec un système MÉCANIQUE de disque de balayage. L'image de la télévision est orange néon et très petite.
1928 à 1934	Premières télévisions mécaniques vendues au public. Au meilleur moment de la télévision mécanique, 42 chaînes américaines utilisent le système de Jenkins, cependant la qualité d'image manque. Ce type de télévision n'était pas approprié à un usage commercial. La télévision électronique promet beaucoup plus que la mécanique.
1926 à 1935	Premières expériences avec la télévision entièrement électronique utilisant un rayon cathodique (le système de base que nous avons aujourd'hui)
1935 à 1941	La télévision électronique expérimentale commence à s'annoncer en Allemagne, en Angleterre, en Italie, en France, aux États-Unis, en Hollande, etc...
Début des années 1940	Le travail de CBS sur une télévision mécanique couleur commence.
Premier juillet 1941	La télévision électronique commerciale noir et blanc commence à s'annoncer aux États-Unis
1942 à 1945	La deuxième guerre mondiale stoppe toutes les ventes de télévisions et la plus grande partie de la radiodiffusion publique.
Tard en 1946	Le premier ensemble de télévision américaine de production massive est le RCA 630-ts. Environ 43 000 ont été créées et il n'en reste qu'entre 800 et 900 de nos jours.
25 juin, 1951	La première télévision mécanique couleur de CBS fait son entrée sur le marché américain à \$499.95 US.
20 octobre, 1951	La radiodiffusion pour la télévision mécanique couleur de CBS s'arrête définitivement.
Mai 1954	La première télévision couleur entièrement électronique est la RCA CT-100 vendue à plus de 1000\$ US!
1987	Télévision japonaise haute définition analogique au format 16:9 se dévoile (aussi appelé MUSE). Mais c'était inutile puisque l'on prévoyait déjà la technologie numérique qui serait un standard mondial de télévision haute définition. Ces systèmes étaient donc presque entièrement inutiles puisqu'ils allaient être très rapidement dépassés par de nouveaux standards et ils étaient incompatibles avec bien des choses!
1990	La division General Instrument's Video Cipher annonce la télévision haute définition numérique.
1995	Le congrès passe l'acte de télécommunications de 1995, remplaçant les vieilles lois datant de 1934.
Tard dans les années 1990	Internet, le World-Wide-Web entre en scène; déclenchant ainsi de nouvelles communications pour le 21ème siècle!
2000	La télévision numérique est accessible à tous et la télévision haute définition s'étend aux États-Unis au Japon et en Europe.

Reproduction des images vidéo

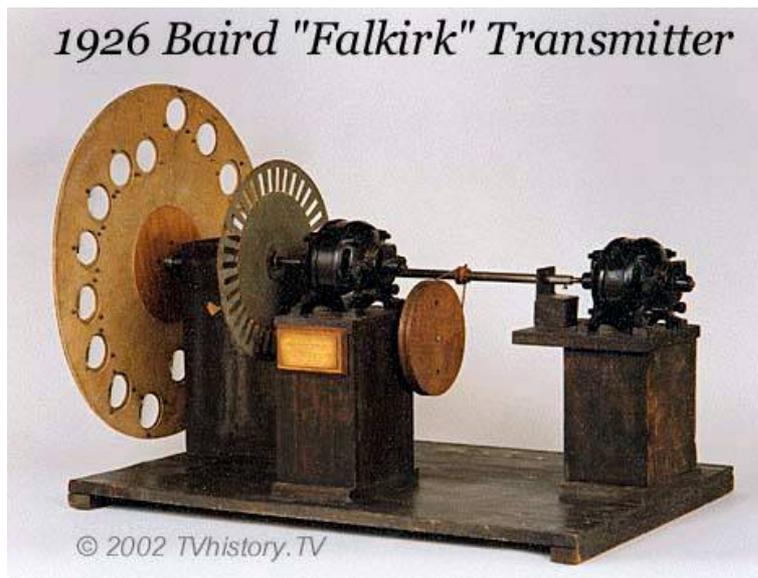
La télévision mécanique

Les toutes premières boîtes à images étaient des machines mécaniques. Voici une image de l'écran d'une télévision mécanique de 30 lignes en marche :

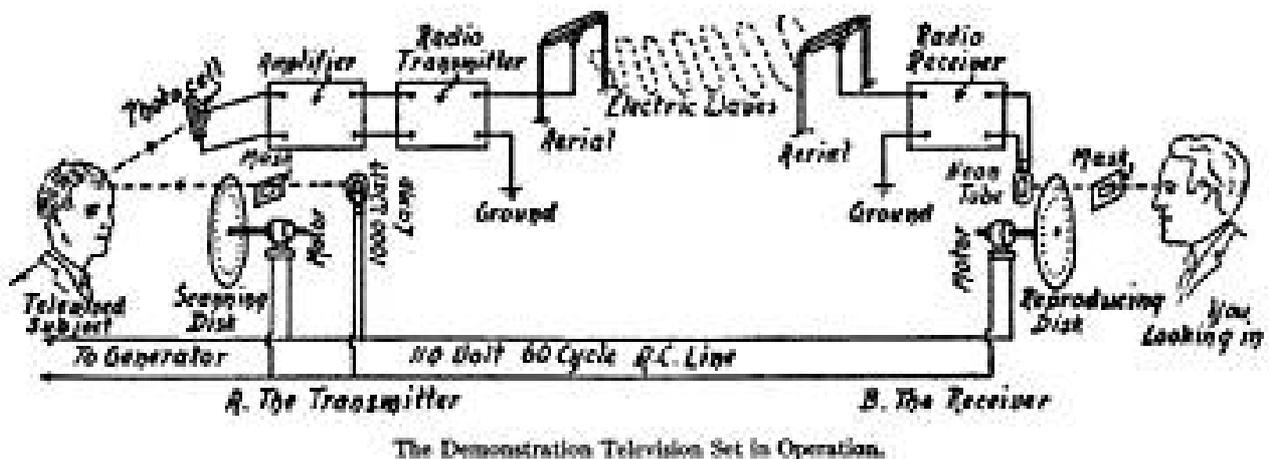


Voici aussi une télévision britannique mécanique des années 1920 vue de l'extérieur :

L'émetteur :



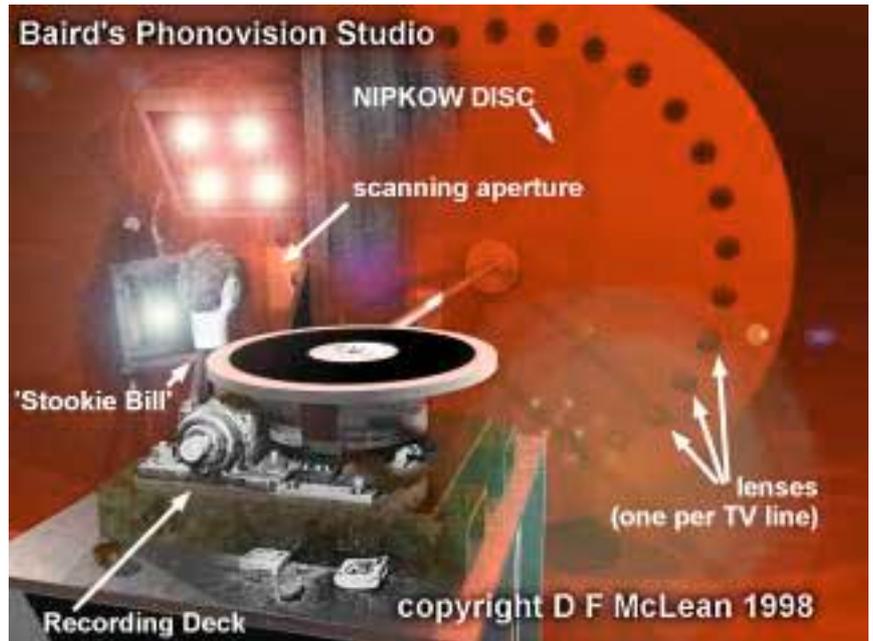
La chaîne de transmission :



L'ancêtre du magnétoscope



qui a permis de conserver des images de cette époque de pionniers.



Du noir et blanc à la couleur

La première télévision couleur était encore une télévision mécanique et elle était fabriquée par Air King. Voici une photo d'une des ces uniques télévisions puisqu'elles ont été produites en nombre très limité:



Source : <http://www.tvhistory.tv/>



Source : <http://www.tvhistory.tv/> (Voir l'image originale)

Cette télévision (à gauche) et son concept de couleur unique se vendait environ 500\$ US à sa sortie en 1951 mais elle a été abandonnée seulement 4 mois après sa sortie. Cette télévision affichait aussi en noir et blanc. Elle a été rapidement détrônée du marché par la RCA CT-100 (à droite), la première télévision couleur entièrement électronique. Cette télévision avait un écran de 12 pouces et demi et elle ses ventes étaient prévues à plus de 75 000 mais il ne s'en serait vendue que 5000. Des employés et des institutions auraient eu des rabais pour se débarrasser des stocks restant chez RCA.

Sommaire

1. ORGANISATION D'UNE IMAGE VIDÉO	2
2. SIGNAL VIDÉO	3
3. VISUALISATION DE L'IMAGE VIDÉO	3
ÉCRAN PLASMA.....	4
3.2 ÉCRAN LCD.....	5
3.3 VIDÉOPROJECTEUR LCD	6
3.4 VIDÉOPROJECTEUR DLP.....	7
3.5 ÉCRAN CATHODIQUE	9
4. HISTORIQUE DE LA TÉLÉVISION	10