
TP2: LES ECRANS LCD

Objectifs

Assimiler le fonctionnement d'un écran TFT-LCD et comprendre sa structure, ainsi que les fonctions qu'effectuent les différents éléments qui le compose.

Appareils et matériels

- Oscilloscope
- Sondes x10
- Générateur de Vidéo
- Câble Coaxial de Connexion (Sortie RF – Entrée Antenne)
- Loupe x50
- Polariseur Linéaire



2.1 Bases théoriques

2.1.1 Fonctionnement des Écrans Électroniques

Un écran électronique peut être considéré comme un «traducteur de langue» qui transforme les signaux électriques séquentiels à des signaux lumineux (photons) avec une certaine configuration spatiale et temporelle (image). La conversion s'effectue sur deux processus :

- **Adressage** : il consiste à diriger le signal électrique à l'élément de visualisation (pixel) approprié. Il s'agit d'un processus équivalent à un adressage de mémoire, bien que dans celle-ci on a seulement deux états possibles «1» et «0» par contre dans le cas des écrans le potentiel de chaque pixel peut varier dans une échelle continue.

-
- **Conversion du signal électrique à des photons** : L'élément de visualisation (pixel) convertit le signal électrique adressé en une lumière avec une certaine longueur d'onde et intensité Figure (2.1).

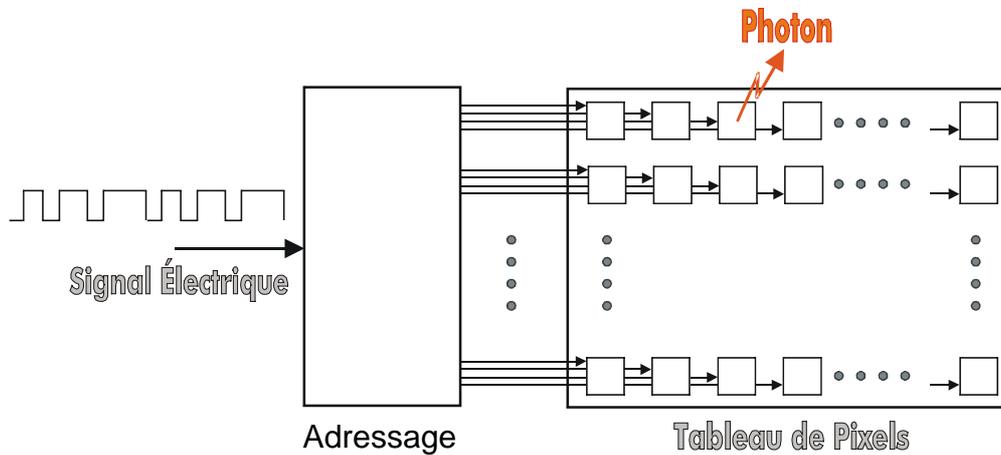


Figure 2.1.

L'obtention d'un signal lumineux peut se faire au moyen de dispositifs qui produisent des photons quand on leur applique un signal électrique. La luminescence peut être obtenue par différentes méthodes, comme par exemple :

- Électroluminescence (écrans de leds)
- Photoluminescence (écrans de plasma)
- Cathodoluminescence (écrans FED : Field Emission Display)

L'écran qui utilise cette méthode émet une lumière, mais ils existent aussi d'autres types d'écrans dans lesquels les pixels n'émettent pas de la lumière, mais se comportent comme une valve de la lumière. Dans ce type d'écrans les pixels modulent la lumière environnementale en une lumière interne et la redirige vers l'observateur.

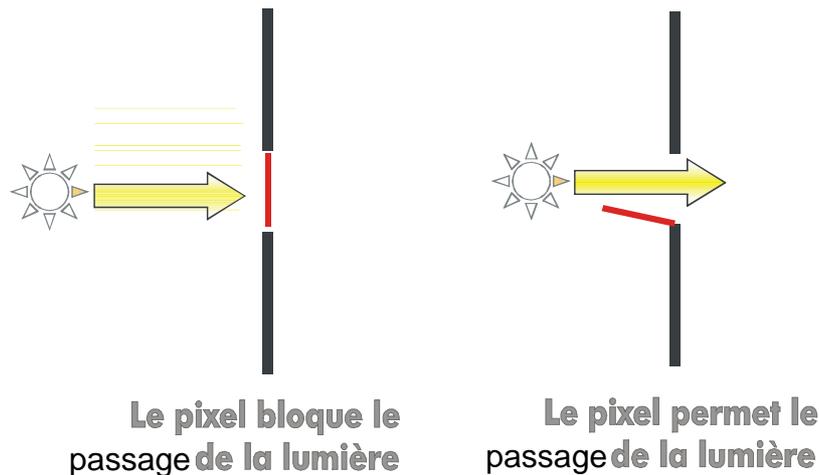


Figure 2.2.

Dans les écrans non émissifs, les pixels modifient l'intensité de l'onde lumineuse au moyen de la réfraction, de la réflexion ou de la modification de la polarité. Comme exemple, nous avons les écrans LCD (Liquid Crystal Displays) et DMD (Digital Mirror Displays).

Ainsi, les écrans LCD fonctionnent comme une valve de la lumière contrôlée électroniquement. En cas des écrans LCD destinés au Téléviseur on emploie une source de lumière blanche interne (backlight), obtenue au moyen de lampes fluorescentes de cathode froide (CCFL).

Contrairement au LCD, les écrans plasma ne requièrent pas une source d'illumination arrière, puisqu'il s'agit d'une technologie émissive. Les écrans plasma se basent sur l'application d'un courant à un gaz noble (normalement Néon ou Xénon), lequel provoque une transformation de l'état naturel de cette matière et la transforme à ce que l'on appelle plasma. A cet état, le gaz émet une grande quantité de photons, généralement dans le spectre ultraviolet, qui est invisible pour l'oeil humain. Toutefois, ces photons ultraviolets sont utilisés dans l'écran pour exciter une mince couche de phosphore qui, tout comme dans les téléviseurs de tube, émet finalement la lumière qui forme l'image sur l'écran.

2.1.2 Structure basique d'un Écran LCD

La structure la plus élémentaire pour un écran LCD, se base sur un polariseur, un modulateur électro-optique et un second polariseur dont l'axe de polarisation forme un angle de 90° par rapport au premier polariseur.

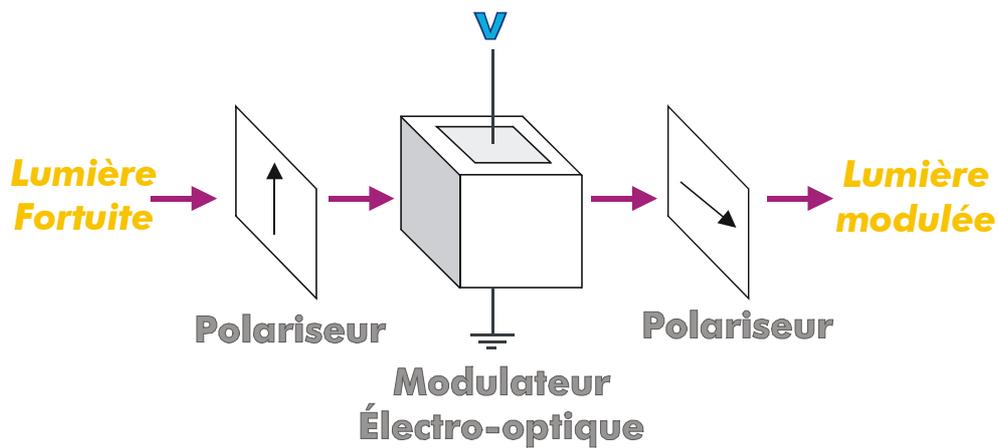


Figure 2.3.

Le modulateur électro-optique, formé par une cellule délimitée par deux plaques de verre remplit avec un cristal liquide, modifie la polarisation de la lumière d'une source de lumière de haute intensité.

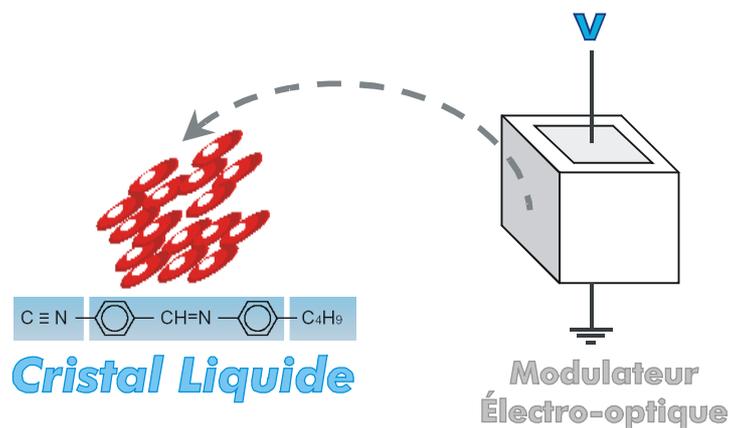


Figure 2.4.

Le cristal liquide présente deux caractéristiques très utiles: ses molécules sont polaires (une extrémité est électriquement plus positive ou négative que l'autre, comme l'aiguille d'une boussole en employant une analogie magnétique) et d'autre part peuvent conduire, à courber, ou tourner les rayons de la lumière le long de leurs axes suivant l'orientation de leurs molécules, c'est-à-dire, ils peuvent modifier la polarisation de la lumière.

L'orientation des molécules peut facilement être contrôlée, par l'application d'un voltage dans toute la cellule (les molécules sont alignées en parallèle avec le champ électrique pour diminuer l'énergie électrostatique) ou dans des portions de de celle-ci, et contrôler ainsi le degré de rotation de la lumière.

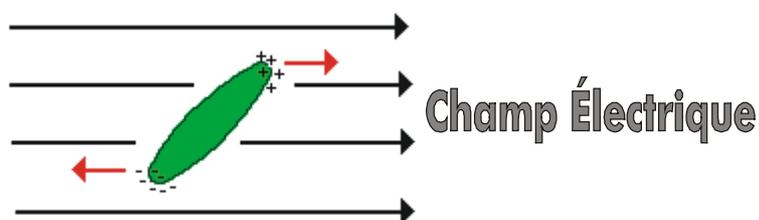


Figure 2.5.

Si la cellule de cristal liquide est placée entre une paire de polariseurs croisés, le contrôle du degré de rotation de la lumière permet de varier l'intensité lumineuse de la source d'illumination d'arrière. Ainsi, en fonction du voltage appliqué on obtiendra une certaine intensité lumineuse, laquelle sera utilisée pour la formation d'images.

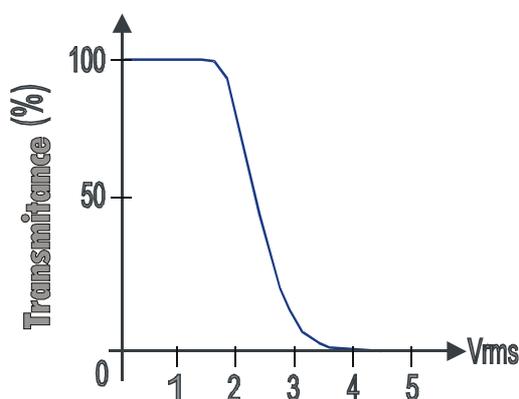


Figure 2.6.

2.1.3 Construction d'une Cellule LCD

2.1.3.1 Électrodes

La cellule LCD composée de deux plaques de verre est couverte, généralement, au moyen d'une couche très fine d'un mélange d'oxyde d'Indien (In_2O_3) et oxyde d'étain (SnO_3) connu comme ITO (Indium Tin Oxyde) pour obtenir les électrodes.

Dû au fait que cette couche qui couvre le verre est extrêmement mince (d'ordre des centaines d'ångströms) elle s'avère transparente et comme elle est élaborée avec un oxyde de deux métaux elle se comporte comme un matériel conducteur.

Au moyen des mêmes techniques employées dans les semiconducteurs conventionnels, ces couches peuvent être modelées pour former les structures de l'électrode. Ainsi, par exemple, les électrodes peuvent être modelées en formant des conceptions numériques de 7-segments (comme dans le cas d'horloges LCD) ou en formant une série de lignes disposées le long d'une matrice X-Y.

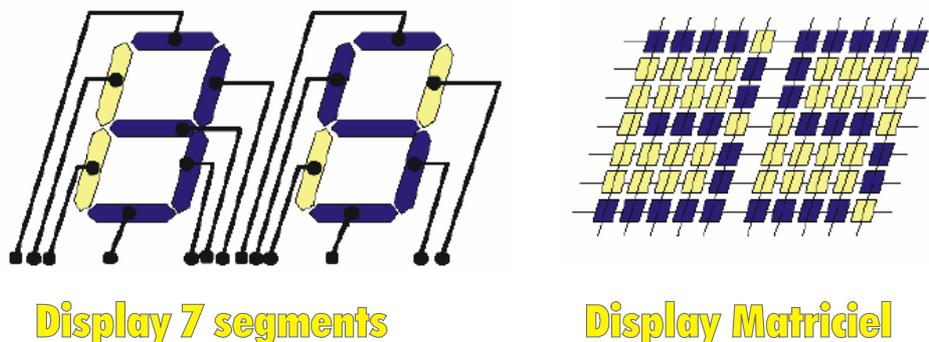


Figure 2.7.

Dans les cellules avec adressage matriciel passif, les deux couches d'ITO (Indium Tin Oxyde) sont imprimées dans les grandes lignes verticales parallèles adjacentes sur le cristal avant (colonnes) et dans les grandes lignes horizontales sur le cristal postérieur (lignes).

L'architecture lignes et colonnes combinées permet, dans les écrans matriciels, l'excitation multiplexée. Ainsi, pour exciter un pixel déterminé, on applique le voltage dans l'intersection de l'électrode verticale et horizontale correspondante.

La Figure 2.8 suivante montre la construction d'une cellule avec une structure matricielle de 6 lignes x 7 colonnes et adressage passif.

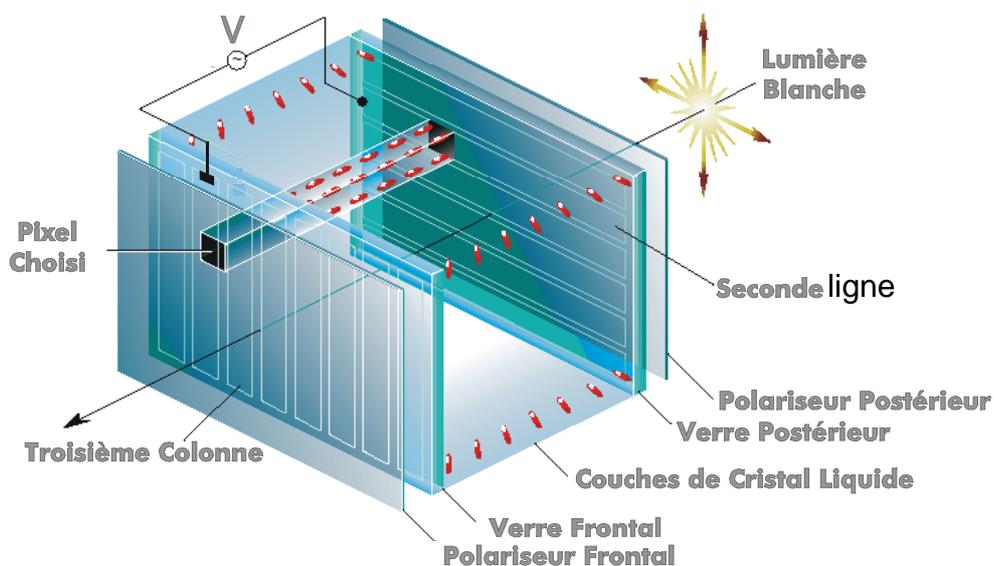


Figure 2.8.

Dans la Figure 2.9 suivante on montre la structure de la cellule de manière la plus schématique.

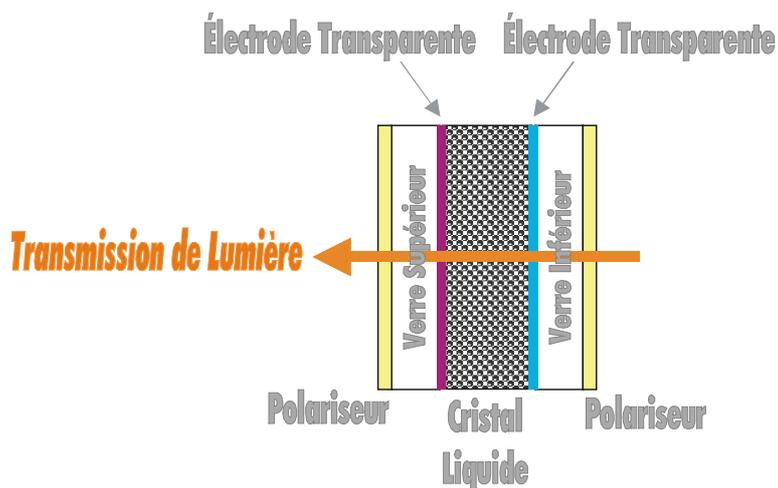


Figure 2.9.

D'une manière simple, la lumière qui émane de la puissante source d'illumination d'arrière est polarisée et elle est obligée de traverser une mince lame de cristal liquide. Si on applique un voltage au cristal liquide, on force la lumière à varier son plan de polarisation et, grâce à ceci, elle est capable de traverser un second filtre polarisé. Si on n'applique pas un courant sur le cristal liquide, la lumière garde son plan de polarisation et est incapable de traverser le second filtre, en créant un point noir sur l'écran, comme on peut observer dans la figure. Si sur le second polariseur on place un jeu de filtres avec les couleurs primaires (rouge, vert et bleu), comme il sera vu plus loin, en contrôlant le voltage appliqué on pourra créer des images avec différentes tonalités de couleur.

2.1.3.2 Couches d'Alignement Moléculaire

Après la couche d'ITO, la surface de chaque plaque de verre est couverte avec une couche d'alignement, généralement de polyamide. Cette couche est polie afin de créer sur sa surface des sillons microscopiques parallèles. Bien que tous les sillons soient parallèles, chaque plaque de verre a ses sillons orientés dans des adresses différentes.

Sans aucun champ externe, l'aménagement des molécules du cristal liquide est déterminé par les conditions limites. Alors, ces sillons provoquent que les molécules du cristal liquide soient alignées tout au long de l'adresse du polissage, comme il est montré dans la figure suivante. Ce phénomène d'alignement est transmis au reste de molécules adjacentes.

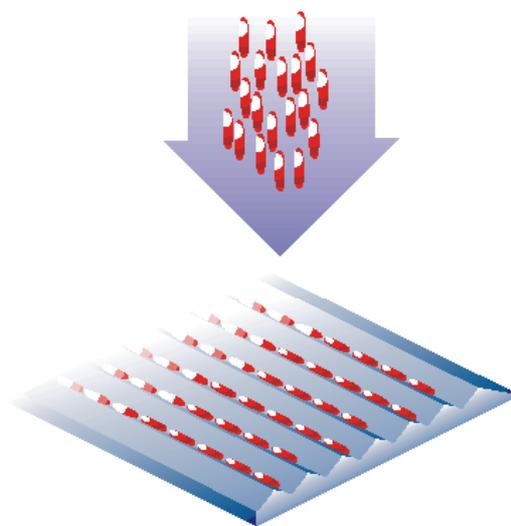


Figure 2.10.

En construisant la cellule avec les verres orientés comme il montre la Figure (2.11) suivante, de sorte que ses respectives adresses de polissage soient en angle droit on obtient que les molécules qui sont avec le verre supérieur soient orientées dans l'adresse « A », et les molécules qui sont à côté du verre inférieur soient orientées dans l'adresse « B ». Ces alignements sont transmis au reste de molécules internes en provoquant une tresse dans l'orientation des molécules.

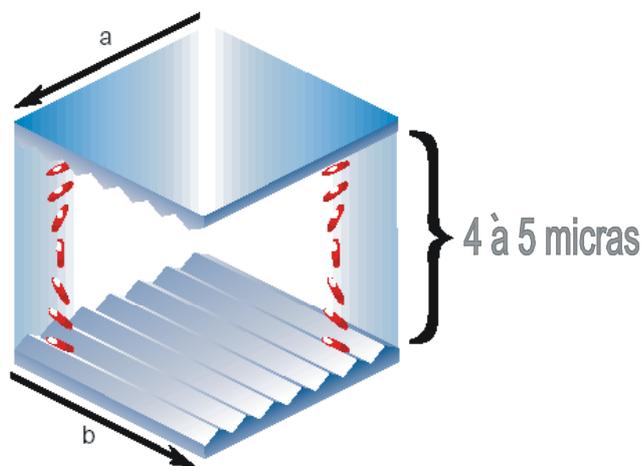


Figure 2.11.

Ce type de configuration, avec le cristal liquide entre deux lames de verre polies en angle droit (90°) un respect l'autre, est appelé Twisted Nematic (Nematic par torsion). Si à une cellule de cristal liquide avec cette configuration un faisceau de lumière polarisée arrive, dû au fait que les molécules de cristal liquide acquièrent une disposition hélicoïdale, l'adresse de la polarisation tendra à suivre la rotation de la tresse et sortira par le cristal opposé avec un virement de 90° respecte la polarisation originale, comme on montre la figure suivante.

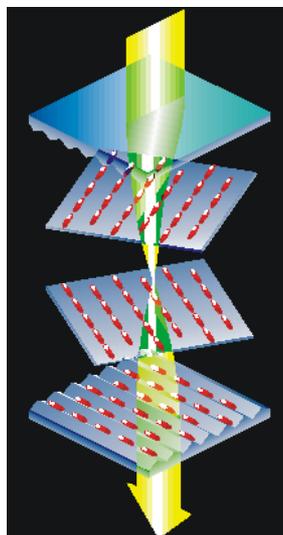


Figure 2.12.

Comme l'espace entre les électrodes est rempli avec cristal liquide, on utilise des fibres à verre ou boules de matière plastique, quelque peu de micras pour maintenir l'épaisseur uniforme.

2.1.3.3 Polariseurs

Un composant très important dans les écrans de cristal liquide est le polariseur linéaire, lequel est capable de bloquer certaines orientations de la lumière. Le polariseur consiste d'un film de matériel organique imprégné avec une substance dichroïque comme l'iode ou les colorants.

Dû au fait que dans le rayon de lumière naturelle l'excitation lumineuse est transmise dans toutes les adresses perpendiculaires autour du rayon, on utilise ce film polarisant pour bloquer le pas de toutes les adresses différentes de l'axe de polarisation, et permettre uniquement le pas de la lumière orientée dans l'adresse parallèle à l'axe de polarisation.

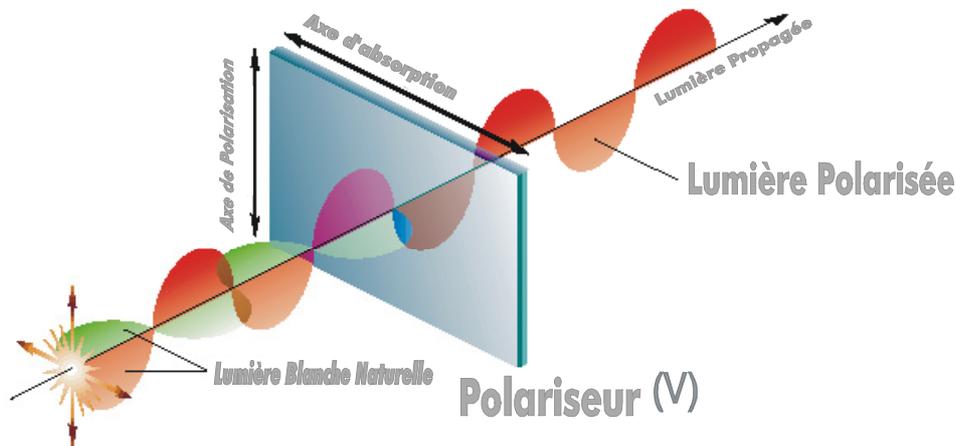


Figure 2.13.

Les films polariseurs sont fixés sur le côté frontal et postérieur de la cellule LCD en employant des techniques conventionnelles de stratification.

2.1.4 Backlight

Dû au fait que l'écran de LCD s'agit comme une matrice d'obturateurs, il est nécessaire d'une source d'illumination arrière très puissante.

Généralement, dans le Téléviseur avec écran de technologie LCD, l'illumination est obtenue au moyen de lampes fluorescentes de cathode froide (CCF : Cold Cathode Fluorescent). Ces lampes sont longs tubes de verre estampillé, de petit diamètre, couverts dans leur intérieur d'un mélange spécial de phosphore à terres rares et remplis avec des gaz de mercure, l'argon et le néon.

Quand on applique, au tube, une source de haute tension, les atomes du mercure commencent à détacher des électrons d'énergie importante, lesquels émettent une radiation ultraviolette intense qui bombarde le mélange de phosphore du recouvrement interne du tube, en écartant ceux-ci une lumière blanche très intense.

Les lampes fluorescentes de cathode froide présentent une série d'importantes caractéristiques, comme :

-
- Émission lumineuse de lumière blanche de haute pureté.
 - Coût réduit.
 - Efficacité importante (conversion d'énergie électrique en lumière).
 - Durée prolongée (supérieure à 25.000 heures).
 - Comportement stable et prévisible.
 - Vaste variété de luminosité.
 - Poids léger.

Par contre, les lampes fluorescentes de cathode froide (CCFL), présentent une série de particularités desquelles il faut tenir compte pour optimiser leur efficacité, durée, et prestations. Ainsi, pour maximiser la durée des lampes, les CCFL nécessitent d'une forme d'onde alternative (AC) exempte de tout composant continue (DC), puisque celle-ci peut causer que certains gaz s'accumulent dans une des extrémités du tube et être à l'origine d'un gradient de lumière irréversible, de sorte qu'une des extrémités du tube brille plus que l'autre.

Aussi, pour maximiser son efficacité (conversion d'énergie électrique en lumière) les lampes nécessitent de formes d'onde sinusoïdales. Pour obtenir ces conditions, les CCFL requièrent d'un Invertisseur DC-AC (INVERTER) qui transforme le voltage DC dans des signaux sinusoïdaux de 40 kHz à 80 kHz, avec un voltage de $500 V_{RMS}$ à $1000 V_{RMS}$.

Dans le Téléviseur avec des écrans de technologie LCD, les CCFL sont équi-spatialement distribuées le long de la partie arrière du LCD pour obtenir une distribution de la lumière uniforme, pour cela toutes les CCFL doivent opérer avec le même niveau de luminosité. Pour aider à distribuer uniformément la lumière des CCFL se place un diffuseur entre ceux-ci et le LCD.

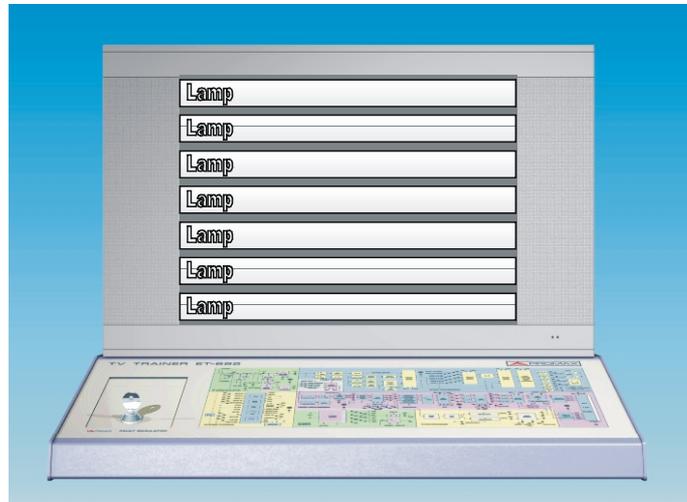


Figure 2.14.

2.1.5 Fonctionnement des Écrans de Cristal Liquide(LCD)

2.1.5.1 Contrôle de la Lumière

Quand les plaques de verre supérieur et inférieur de la cellule de LCD sont disposées de sorte que les adresses de polissage soient perpendiculaires, les molécules du cristal liquide acquièrent une disposition hélicoïdale.

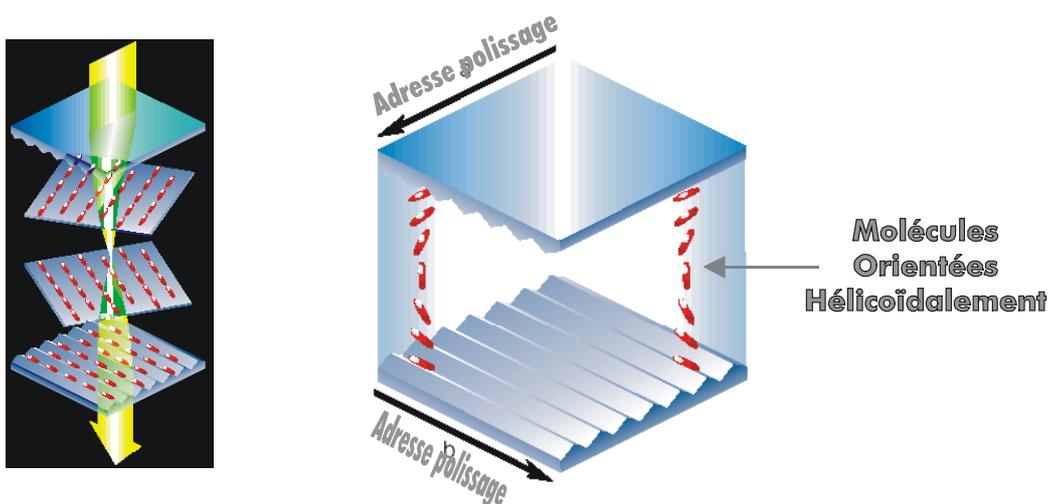


Figure 2.15.

Toute lumière qui traverse cette cellule de LCD suivra l'adresse dans laquelle sont disposées les molécules. Ainsi, si l'alignement moléculaire acquiert une disposition hélicoïdale de 90° , la lumière quand il traversera les centaines de couches de cristal liquide suivra la rotation de la tresse des molécules jusqu'à ce quelle tourne d'un angle 90° .

Dû au fait que les molécules du cristal liquide sont électriquement polaires, celles-ci peuvent facilement être ordonnées en appliquant une tension électrique dans toute la cellule complète ou dans certaines sections de la cellule. Alors, en contrôlant le voltage appliqué, les molécules du cristal liquide peuvent contrôler la lumière et, par conséquent, on peut former des images.

De la combinaison des polariseurs avec le cristal liquide résulte le système indiqué dans la figure suivante.

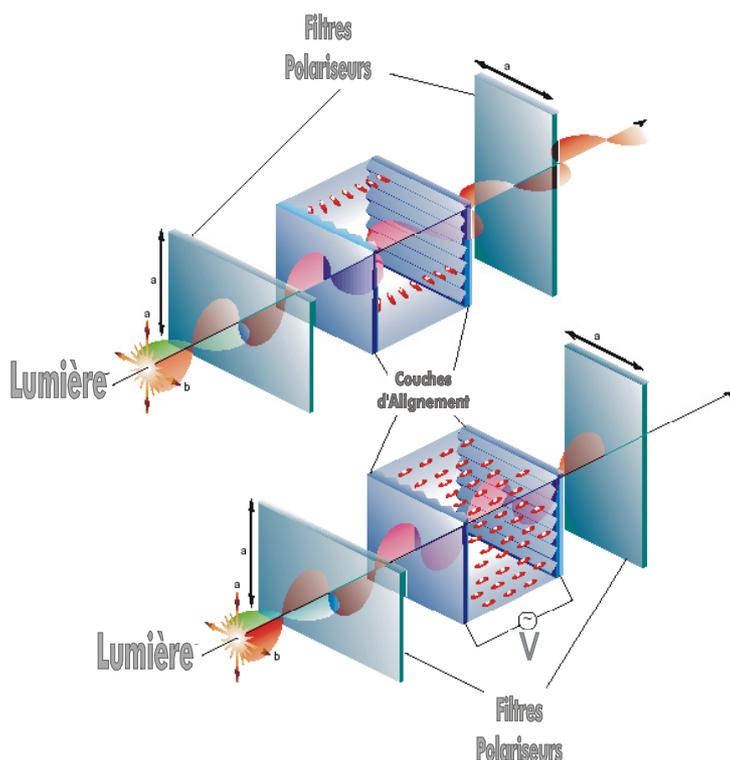


Figure 2.16.

Quand deux filtres polariseurs sont disposés de sorte que leurs axes de polarisation soient perpendiculaires, la lumière reçue se redresse un total de 90° , en traversant la disposition hélicoïdale des molécules de cristal liquide, ce pourquoi la lumière pourra traverser le second polariseur.

Si on applique un voltage au cristal liquide, les molécules sont orientées de sorte que leurs axes soient parallèles aux lignes de champ électrique. Ainsi, le champ électrique redresse les molécules de sorte qu'elles perdent leurs dispositions hélicoïdales, en produisant un alignement perpendiculaire aux verres de la cellule de cristal liquide. Étant donné l'alignement perpendiculaire des molécules, ne produit maintenant aucune modification de la polarisation au sein du cristal liquide, c'est pourquoi la lumière est bloquée par le second polariseur.

Quand on applique au cristal liquide une fraction de voltage, on obtient un plus grand ou plus petit orientation des molécules du cristal liquide du secteur adressé, de sorte que le polariseur absorbe plus ou moins de lumière. Comme résultat la lumière qui émerge du polariseur acquiert une tonalité intermédiaire, entre claire et foncée. Ce ton est connu comme « gris », et si un plus grand nombre de niveaux de gris est utilisé, sera mieux la qualité de l'image qui sera obtenue, dû au fait que le nombre total de couleurs reproductibles dépend du nombre de niveaux de gris et de son interaction avec les filtres de la couleur, c'est pourquoi on pourra exhiber un plus grand nombre de couleurs.

Si, par exemple, on utilise 8 bits pour codifier le voltage qui est appliqué à chacun des pixels, ils peuvent être obtenus jusqu'à 256 niveaux de gris par subpixel, c'est à dire, ils peuvent se reproduire jusqu'à 16.777.216 couleurs différentes.

2.1.5.2 Filtres de Couleur

Dû au fait qu'avec la technologie LCD on obtient des niveaux de gris, c'est-à-dire, niveaux intermédiaires de luminosité entre le blanc de luminosité maximal et le noir, il sera nécessaire de colorer la lumière. À cet effet, dans le Téléviseur LCD on a recourt à une solution analogue à celle utilisée dans les tubes de rayons cathodiques, dans lesquels on utilise les phosphore rouge (R), vert (G) et bleu (B) comme composants primaires de couleur.

Concrètement, dans le Téléviseur LCD, on emploie des bandes verticales de filtres alternés de rouge, de vert et bleu, alignées avec les subpixels, pour colorer la lumière; de sorte que chaque pixel contienne trois subpixels pour définir la couleur.

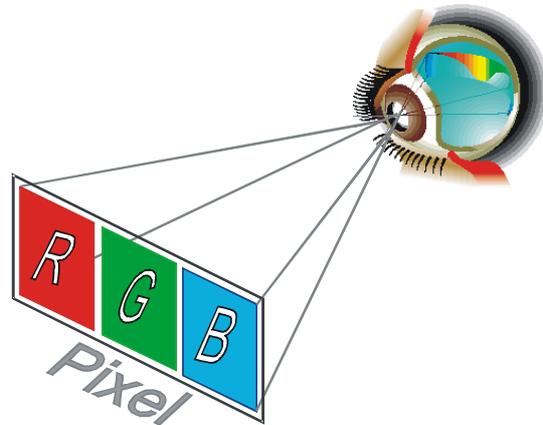


Figure 2.17.

Comme les subpixels sont trop petits pour être visuellement distingués de manière individuelle, les subpixels R, G et B apparaissent à l'oeil de l'observateur comme un mélange additif des trois couleurs.

Les filtres de couleur sont élaborés avec des colorants organiques, pigments ou oxydes de métal dichroïques, et ils sont implémentés au moyen de techniques diverses d'impression dans le substrat du verre avant (sur l'électrode transparente ITO).

Toute lumière qui traverse chacun de ces filtres acquière les caractéristiques de la couleur primaire. En fonction de l'intensité lumineuse qui influence le subpixel, il résultera une couleur plus ou moins intense.

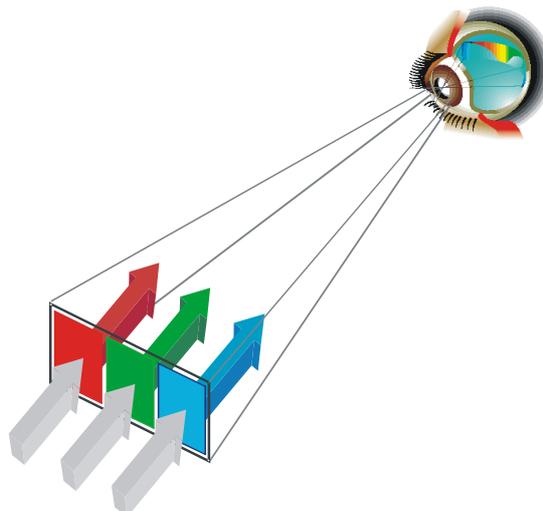


Figure 2.18.

2.1.6 Techniques d'adressage

L'adressage est le processus dans lequel les pixels sont activés ou désactivés pour créer l'image.

Les écrans LCD peuvent être subdivisés en deux groupes, selon comment on adresse les pixels individuellement :

- Adressage par matrice passive.
- Adressage par matrice active.

2.1.6.1 Adressage par Matrice Passive

Comme il a été précédemment indiqué, les visualisateurs avec matrice passive sont simplement construits avec seulement des électrodes de ligne et de colonne. La superposition de ces électrodes définit les pixels.

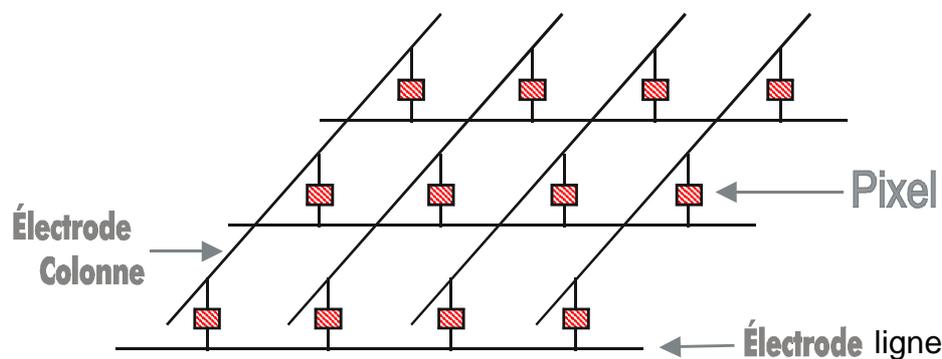


Figure 11.19.

L'excitation de la matrice passive est effectuée en appliquant une tension dans l'intersection des électrodes spécifiques verticales du signal et les électrodes spécifiques d'exploration ou scanne horizontale.

Dû au fait que les molécules de cristal liquide répondent à la valeur efficace du voltage (rms) qui reçoivent, il y a une limite fondamentale du nombre de lignes du visualisateur qui peuvent être adressées avec ce schéma.

Quand le nombre de lignes augmente, la durée du voltage appliqué sera plus petite et en conséquence, la valeur efficace (rms) diminue. Le résultat visuel consiste à une réduction du contraste (différence entre les pixels illuminés et ceux foncés). Au moyen d'autres variantes du cristal liquide comme la STN (Super-Twisted Nematic) on peut améliorer le contraste, mais ils ont aussi leurs limites.

Dans la figure suivante on observe l'application d'un voltage entre l'intersection de la seconde ligne et la seconde colonne d'un écran monochromatique. Les molécules de cristal liquide contenues dans le volume délimité par cette ligne et colonne, répondent au champ électrique résultant en étant aligné de sorte que ses axes soient parallèles aux lignes de champ électrique. Par conséquent, la lumière qui traverse ce volume de cristal liquide ne souffrira aucune modification de polarisation, de sorte que si on emploie un polariseur croisé on bloque le pas de la lumière. Ceci produit que le pixel choisi (2ème ligne - 2ème colonne) contraste avec le secteur qui l'entoure. Si les polariseurs n'étaient pas croisés, on obtiendrait un pixel blanc.

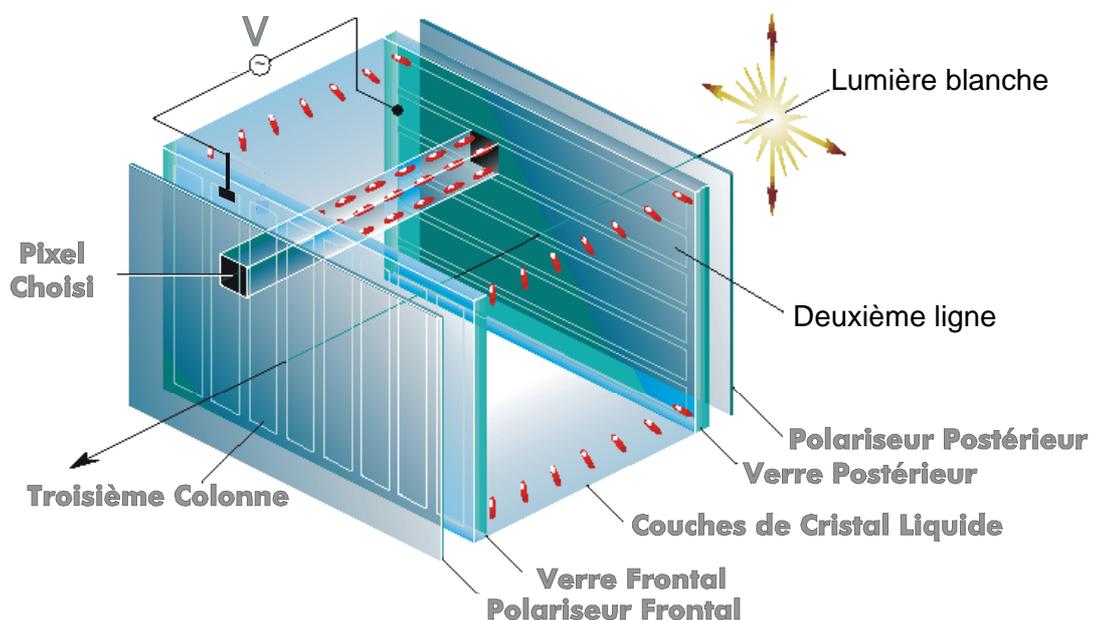


Figure 2.20.

2.1.6.2 Adressage par Matrice Active

Pour pouvoir exciter la cellule LCD avec un niveau plus élevé on utilise la méthode d'adressage actif. Au lieu de former le pixel au moyen de l'entrecroisement des électrodes de colonne et de ligne, les pistes verticales se transforment en lignes de données ou source, et les lignes horizontales se transforment en lignes d'exploration ou de porte, lesquelles adressent un élément commutateur connu comme un transistor de film fin (TFT : Thin Film Transistor). Pour la construction de ce transistor on emploie le silicium amorphe.

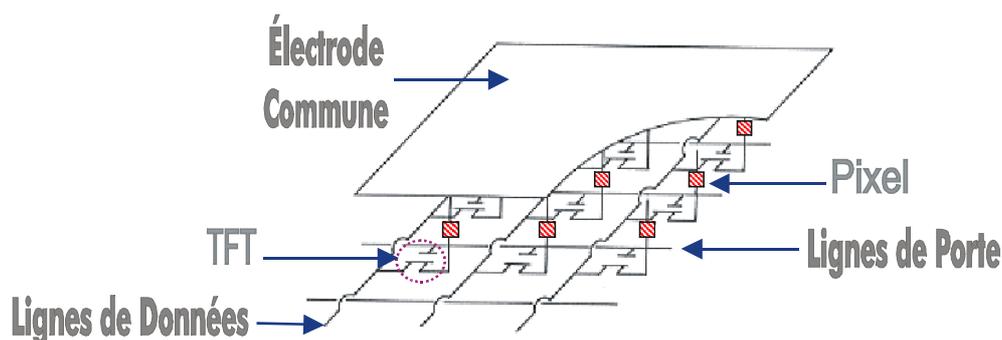


Figure 2.21.

Dans ce cas les électrodes, contrairement à la matrice par adressage passif, ne sont pas modelées sous forme de lignes et colonnes, mais dans des pixels individuels.

Si on observe la figure suivante on apprécie que l'adressage prenne lieu, complètement, derrière le cristal liquide. La surface frontale de l'écran est couverte avec une électrode continue tandis que l'électrode de la surface postérieure est modelée dans des pixels individuels, lesquels sont commutés au moyen du transistor TFT.