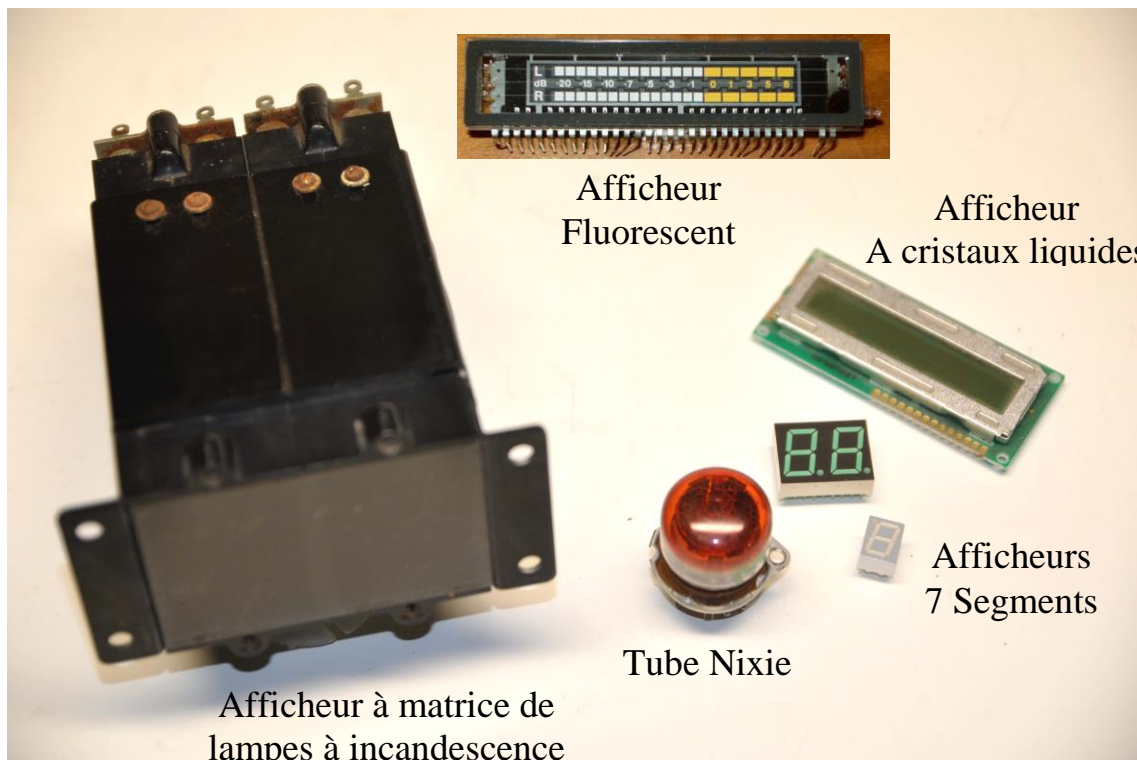


Historique et Technologies de l’AFFICHAGE DIGITAL

Par FIDOI

L’affichage Digital date des années 1950/1960 et a beaucoup évolué depuis !!
Ci-dessous une vue des éléments en ma possession :



1. Afficheur à matrice de lampes à incandescence

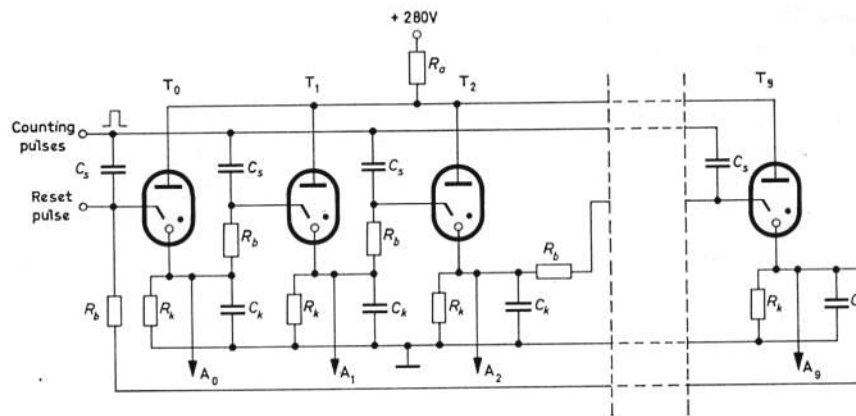
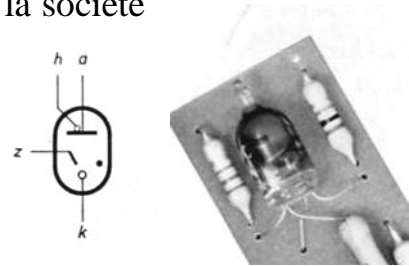
C’est me semble t’il le plus ancien, et aussi le plus simple. Il est constitué d’un écran dépoli sur lequel viennent s’afficher les chiffres. Chaque chiffre est généré par une lampe de 6,3V qui éclaire le chiffre correspondant (transparent sur fond noir) une petite lentille le projette ensuite sur l’écran. Les images ci-dessous suffisent pour en comprendre le fonctionnement.



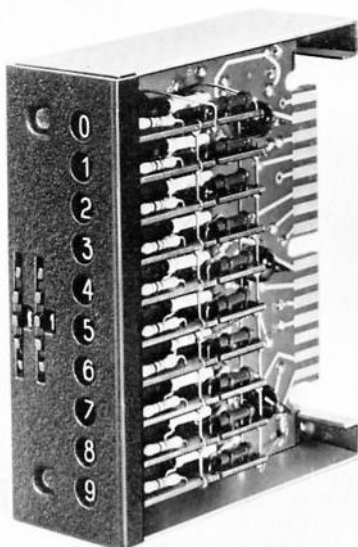
Ce genre d'afficheur est assez encombrant, comme le prouve la première image qui permet de se faire une idée de la taille des différents composants traités ici.

2. Afficheurs à « Tube Relais » Z-70-U

Ce système d'affichage était utilisé sur des dispositifs de comptage de nombre de spires sur des bobineuses de petits moteurs au sein de la société Philips. La particularité de ce système est que les éléments actifs du compteur sont utilisés l'élément actif pour l'affichage. Le tube Z-70-U est en quelque sorte assimilable de par son fonctionnement à un Thyatron a cathode froide. En effet ce tube ne possède pas de filament. Il possède deux états : il est ionisé ou non. Lorsqu'il est ionisé, il est lumineux comme une lampe néon, et c'est cette lumière qui est utilisée pour l'affichage. Un exemple d'application est indiqué sur la figure ci-dessous :



Les unités de comptage comportent chacune un groupe de 10 tubes configurés comme il est indiqué sur la figure ci-dessus. Le fonctionnement est simple : A la première impulsion de comptage, le tube 1 de la décade des unités s'ionise, à la seconde, le tube 1 s'éteint et le tube 2 s'ionise et s'allume à son tour, et ainsi de suite A la dixième impulsion, la première décade redémarre à zéro et incrémente d'une impulsion la décade des dizaine etc... Je ne vais pas entrer plus avant dans le fonctionnement de ces compteurs dont la fréquence était limitée aux environs de 2Khz, ce qui était suffisant pour compter le nombre de tours des bobinages. La particularité de ce type d'affichage était qu'il utilisait directement comme il était indiqué plus haut



Ce système se rapproche fortement du système précédent qui utilisait lui des lampes à incandescence. Des roues codeuses permettaient de programmer l'arrêt la bobineuse lorsque le nombre de spire souhaité était atteint. Ces unités étaient juxtaposées en formant les Unités, Centaines, et Milliers

3. Les Tubes Nixies

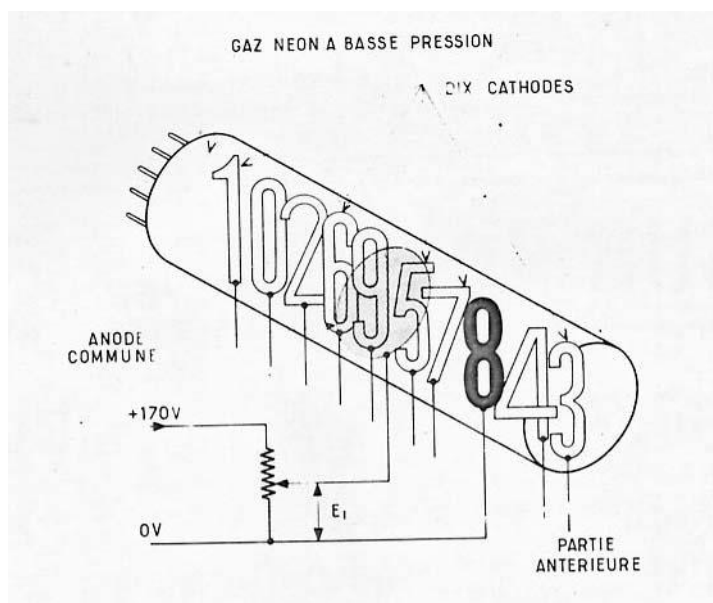
L'afficheur à tubes Nixie a été développé par un petit fabricant de tubes électroniques appelé *Haydu Brothers Laboratories*, et a été commercialisé en 1954 par Burroughs Corporation qui déposa la marque *Nixie*. Des composants similaires au fonctionnement semblable avaient été développés dans les années 1920, et les premiers tubes d'affichage produits en série avaient été diffusés à la fin des années 1930 par la société National Union Co. Et Telefunken. Cependant, leur finition était moins aboutie, et ils ne purent trouver de débouchés conséquents jusqu'à ce que l'électronique numérique atteigne un niveau suffisant de développement dans les années 1950/60.

D'après un article paru en juin 1973 dans le magazine *Scientific American*, le nom *Nixie* provient de l'abréviation « NIX I » utilisée chez Burroughs, et signifiant « Numeric Indicator eXperimental No. 1 ».

Un tube Nixie est un composant électronique utilisé pour l'affichage de chiffres et d'autres informations. Il est constitué d'un tube de verre qui contient une anode en fil grillagé, et plusieurs cathodes qui ont la forme des symboles à afficher (une par chiffre de 0 à 9). Le tube est rempli d'un gaz à basse pression, d'habitude composé principalement de néon et souvent un peu de mercure et/ou d'argon (on parle de mélange de Penning). Lorsqu'on applique une tension sur une cathode, celle-ci s'entoure d'un halo orange dû aux décharges dans le gaz.

Dans les années 1960/70 ils commencent à être utilisés sur les instruments nécessitant un affichage numérique (Voltmètres/Ampèremètres, Fréquencemètres etc...)

Voir la figure ci-dessous.



Il existait aussi des variantes du type fondamental « Chiffres » qui comportent des signes comme le « + » ou le « - »

Chaque cathode est munie d'une surface active qui leur permet d'émettre rapidement des électrons. Il suffit ainsi de relier une source de tension à l'anode commune et le pôle de polarité opposée à l'une quelconque des cathodes pour illuminer le chiffre correspondant. En regardant bien sur la photo ci contre on voit très bien les cathodes qui sont à l'avant de celles illuminées. La plus visible est la branche inclinée du chiffre 7.

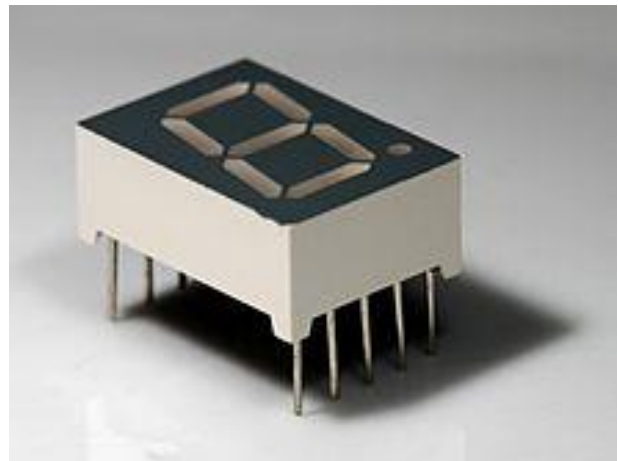


4. Les Afficheurs 7 Segments

Pour arriver à ce type d'afficheur, il faut commencer par l'avènement des diodes électroluminescentes. (DEL en français LED en anglais Light Emitting Diode)

La première émission de lumière par un semi-conducteur date de 1907 et fut découverte par H. J. Round. Quelques années après, en 1927, O. V. Losev dépose le premier brevet de ce qui sera appelé, bien plus tard, une diode électroluminescente. Ce n'est qu'en 1962 que la première LED rouge est créée par Nick Holonyak Jr et S. Bevacqua. Durant quelques années, les chercheurs ont cru devoir se limiter à quelques couleurs telles que le rouge, le jaune ou le vert. Dans les années 1990, les recherches, entre autres, de Shuji Nakamura et Takashi Mukai de Nichia, dans la technologie des semi-conducteurs InGaN permit la création de LED bleue, et par conséquent de LED blanches, par l'utilisation couplée de LED bleue et de luminophore jaune. Cette importante avancée fut le point de départ de nouvelles applications majeures : éclairage, écrans de téléviseurs et d'ordinateurs, etc...Je m'arrêterai là pour les diodes LED.

Très vite après cet l'avènement des diodes LED, l'idée est venue de créer de nouveaux afficheurs utilisant ce type de composant, L'afficheur 7 segments était né !!



L'afficheur 7 segments est un type d'afficheur très présent sur les calculatrices et les montres à affichage numérique : les caractères (des chiffres, bien que quelques lettres soient utilisées pour l'affichage hexadécimal) s'écrivent en allumant ou en éteignant des segments, au nombre de sept. Quand les 7 segments sont allumés, on obtient le chiffre 8. Pour ce type d'afficheurs à LED, deux cas de figures sont présents :



- Afficheur à anode commune : toutes les anodes sont

reliées et connectées au potentiel haut.

La commande du segment se fait par sa cathode mise au potentiel bas.

- Afficheur à cathode commune : toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas.

La commande du segment se fait par son anode mise au potentiel haut.

5. Afficheurs Fluorescents



Un afficheur fluorescent (en anglais VFD pour **V**acuum **F**luorescent **D**isplay) est un dispositif d'affichage utilisé dans des appareils électroniques grand public tels que les magnétoscopes, les autoradios et les fours à micro-ondes, etc. À la différence des écrans LCD que nous verrons par la suite, un afficheur fluorescent émet une lumière très intense, présente un contraste élevé, et peut comporter des éléments de couleurs différentes. Cette technologie est liée à la fois au tube cathodique et au tube Nixie.

Cet afficheur est composé d'une cathode chauffée (filaments), d'anodes (au phosphore) et de grilles, le tout scellé dans une enveloppe de verre où règne un vide poussé. La cathode est composée de fils de tungstène fins, entourée d'oxydes de métaux alcalino-terreux qui émettent des électrons lorsqu'ils sont chauffés par le passage d'un courant électrique. Ces électrons sont contrôlés et diffusés par les grilles faites de fils de métal fins. Si les électrons frappent les surfaces recouvertes de phosphore, ces dernières émettent de la lumière par fluorescence. À la différence des cathodes des tubes à vide traditionnels qui émettent un halo orange, les cathodes des afficheurs fluorescents sont conçues pour produire des émissions efficaces à des températures bien plus faibles, et elles sont donc presque complètement invisibles.

Le principe de fonctionnement est du même type que celui d'un tube à vide de type triode. Les électrons ne peuvent atteindre (« allumer ») une surface phosphorée que si à la fois la grille et la surface sont à un potentiel positif par rapport à la cathode. Ceci permet aux afficheurs d'être organisés sous forme multiplexée : les grilles et les surfaces



Afficheur fluorescent classique utilisé dans un magnéscope.



Gros plan d'un afficheur fluorescent sur lequel on note les filaments tendus par les ressorts métalliques visibles à droite.

forment une matrice, ce qui permet de minimiser le nombre de commandes à lui fournir. Dans l'exemple de l'afficheur de magnétoscope situé à droite, les grilles sont organisées de façon à ce que seul un chiffre soit allumé à la fois. Toutes les surfaces similaires de chaque chiffre (par exemple, le segment situé en bas à gauche) sont connectées en parallèle. Le microprocesseur de pilotage active les chiffres un par un, en appliquant une tension positive à la grille de ce chiffre, puis une tension positive aux surfaces voulues. Le flux d'électrons à travers la grille de ce chiffre frappe les surfaces mises au potentiel positif. Le microprocesseur passe d'un chiffre à l'autre à une vitesse suffisante pour faire croire à l'œil humain que tous les chiffres sont allumés en même temps.

Les indications supplémentaires (dans l'exemple, « VCR », « Hi-Fi », « STEREO », « SAP », etc.) sont connectées comme s'il s'agissait des segments d'un ou deux chiffres supplémentaires, ou bien de segments supplémentaires rattachés aux chiffres. Ils sont donc allumés par la même procédure que les chiffres. Certaines de ces indications peuvent utiliser du phosphore qui produit une couleur différente, par exemple de l'orange.

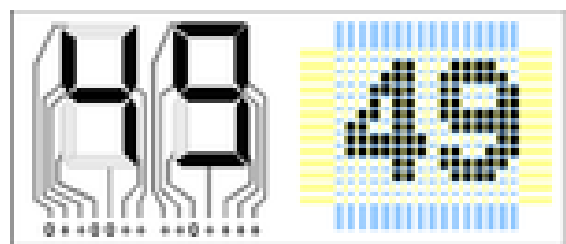
La couleur émise par la plupart des afficheurs fluorescents contient de nombreuses couleurs et peut souvent être filtrée de façon à produire des teintes plus saturées : bleu profond, vert profond, etc., en fonction des desiderata des concepteurs.

6. Afficheurs à cristaux liquides

C'est le type d'afficheur le plus courant à l'époque actuelle sur nos matériels Radio et sur beaucoup d'autres. Je passerai un peu plus de temps sur ce dernier type d'affichage, certainement le plus complexe (surtout pour les écrans couleur) et aussi parce que c'est sur ce type de produit que j'ai terminé ma carrière au sein de la société Philips, participant dans les années 2000 à 2003 au développement des premiers TV LCD.

Les afficheurs ou les écrans à cristaux liquides utilisent la polarisation de la lumière par des filtres polarisants et la biréfringence de certains cristaux liquides en phase nématique, dont on peut faire varier l'orientation en fonction du champ électrique. Du point de vue optique,

l'afficheur ou l'écran à cristaux liquides est un dispositif passif : il n'émet pas de lumière, seul sa transparence varie, et il doit donc disposer d'un éclairage. Par exemple, les premiers TV LCD utilisaient des panneaux rétro éclairés à l'aide de tubes fluorescents. Ces derniers étaient toujours allumés, ce qui réduisait le contraste de ces premiers écrans (Différence entre le Noir et le Blanc). Maintenant ce rétro éclairage est effectué par une multitude de diodes LED qui ne sont allumées que lorsque l'image à reproduire le réclame (suivant les zones sombres ou claires de l'image) En utilisant cette technologie LED, le contraste a pu être



Affichage par LCD a sept segments ou par pixels

amélioré d'un facteur 1000. Il est passé de 5 à 700 :1 pour les écrans utilisant de tubes fluorescents à 500000 :1 avec cette technologie LED.

D'abord disponible en monochrome et de petite taille, il est utilisé dans les calculatrices et les montres du fait de sa faible consommation électrique ; il permet actuellement d'afficher en couleurs dans des dimensions dépassant un mètre, en diagonale. Il a supplanté le tube cathodique dans la plupart des applications, sauf en très haute définition lorsque la palette des couleurs doit être précise et fidèle, et dans les environnements difficiles (par exemple quand la température d'utilisation est inférieure à 5 °C).

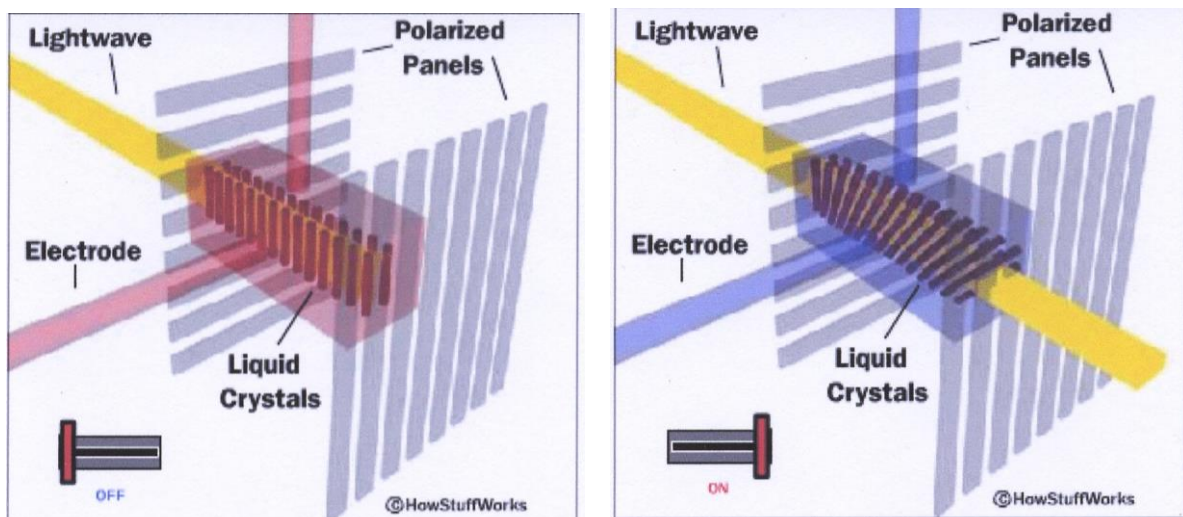
Les matériaux liquides cristallins ont été observés vers 1888 par Friedrich Reinitzer qui a émis le premier rapport sur ce phénomène en travaillant sur le benzoate de cholesteryl considéré alors comme le premier Cristal Liquide. Le terme « Liquid Crystal » a été « inventé » vers 1900 par Otto Lehmann

Les premiers panneaux d'affichage à cristaux liquides (LCD en anglais, pour « Liquid Crystal Display ») ont été présentés en 1971, mais il faut attendre 1985 pour que Matsushita propose un écran plat d'une taille et d'une résolution suffisantes pour être utilisable sur des micro-ordinateurs.

Dès 1984, c'est le laboratoire central de Thomson qui a développé le premier LCD en couleurs.

Les LCD sont utilisés depuis la fin des années 1990 en noir et blanc, puis en couleur depuis les débuts des années 2000 dans les téléphones portables, les ordinateurs personnels, les téléviseurs, les ordinateurs de bord pour les avions et les voitures. Son principal avantage est la faible consommation d'énergie et les AMOLED (de l'anglais : *Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode*) qui signifie *matrice active à diodes électroluminescentes organiques* offrent une consommation encore plus faible avec une meilleure qualité d'image.

Principe de fonctionnement des afficheurs à Cristaux liquides



La légende de ces figures est en anglais mais les termes utilisés sont faciles à comprendre :

Lightwave = Onde lumineuse

Polarized panel = Panneau polarisé

Lorsqu'on applique une tension sur l'électrode correspondant à un pixel ou à un groupe de pixel, on inverse la polarisation de la lumière entrant par le panneau arrière qui peut alors traverser aussi le panneau avant.. Sinon la lumière se trouve bloquée à cause de la quadrature des deux polarisations.

Procédé de fabrication

Le processus de fabrication des dalles de cristaux liquides (Ecrans de TV ou d'Ordinateur par exemple) est très automatisé et comprend, en atmosphère contrôlée, une succession de machines de très haute précision. Le point de départ de chaque face est une dalle de verre de grande dimension (jusqu'à 1,9 m par 2,2 m pour la « génération 7 ») sur laquelle sont préparés plusieurs écrans simultanément. Elles sont découpées après l'assemblage, puis collées des deux côtés.

Le verre utilisé doit, à la fois, être de faible épaisseur, inférieure à un millimètre, et résister sans déformation aux différents traitements chimiques et thermiques (température de transition vitreuse supérieure à 600 °C) sans perdre de sa transparence (résistance aux dérivés fluorés). À cet effet, on utilise du verre à forte teneur en silice, sans addition de baryum.

La vitre avant reçoit, successivement, les pigments du masque coloré, une couche de protection, une couche d'ITO (Oxyde d'Indium Etain pour l'électrode avant) puis de Polyimides (Polymères colorés) . Celle-ci est légèrement rainurée par frottement avec un velours spécial. La vitre arrière suit un processus plus complexe : dépôts de silicium, de métaux pour les électrodes, les lignes de données et condensateurs (tantale, aluminium), oxydation, photolithographie, puis espaceurs, et finalement le polyimide.

L'assemblage par collage doit être extrêmement précis, de l'ordre du micromètre, pour assurer une parfaite correspondance entre le masque coloré et les sous-pixels. Alors seulement, l'ensemble est rempli avec la solution de cristaux liquides. La dernière opération est l'application d'un film polarisant, en acétate de polymère, de chaque côté de l'assemblage.

Ordres de Grandeurs

Pour mieux se rendre compte des contraintes lors de l'industrialisation :

- les plaques de verre ont une épaisseur inférieure à 1 mm, couramment 0,7 mm ;
- l'épaisseur des électrodes en ITO de 100 à 150 nm, leur donne une bonne transparence ;
- les films Polyimides sont extrêmement fins : 10 à 20 μm ;
- la couche de cristaux liquides s'insinue dans un espace de 10 à 20 μm , soit moins de $\frac{1}{100}$ de l'épaisseur totale, ce qui rend le remplissage, des écrans de grande taille, très long ;
- dans les écrans TFT (pour Thin Film Transistor ou en français, Transistor à couche Mince), la couche de silicium ne dépasse pas 100 μm ;

Compte tenu de ces caractéristiques, la quantité de cristal liquide que renferme un écran d'un mètre de côté est de l'ordre de 20 cm^3 , soit 2 cl.

Quelques exemples d'afficheurs pour nos applications :



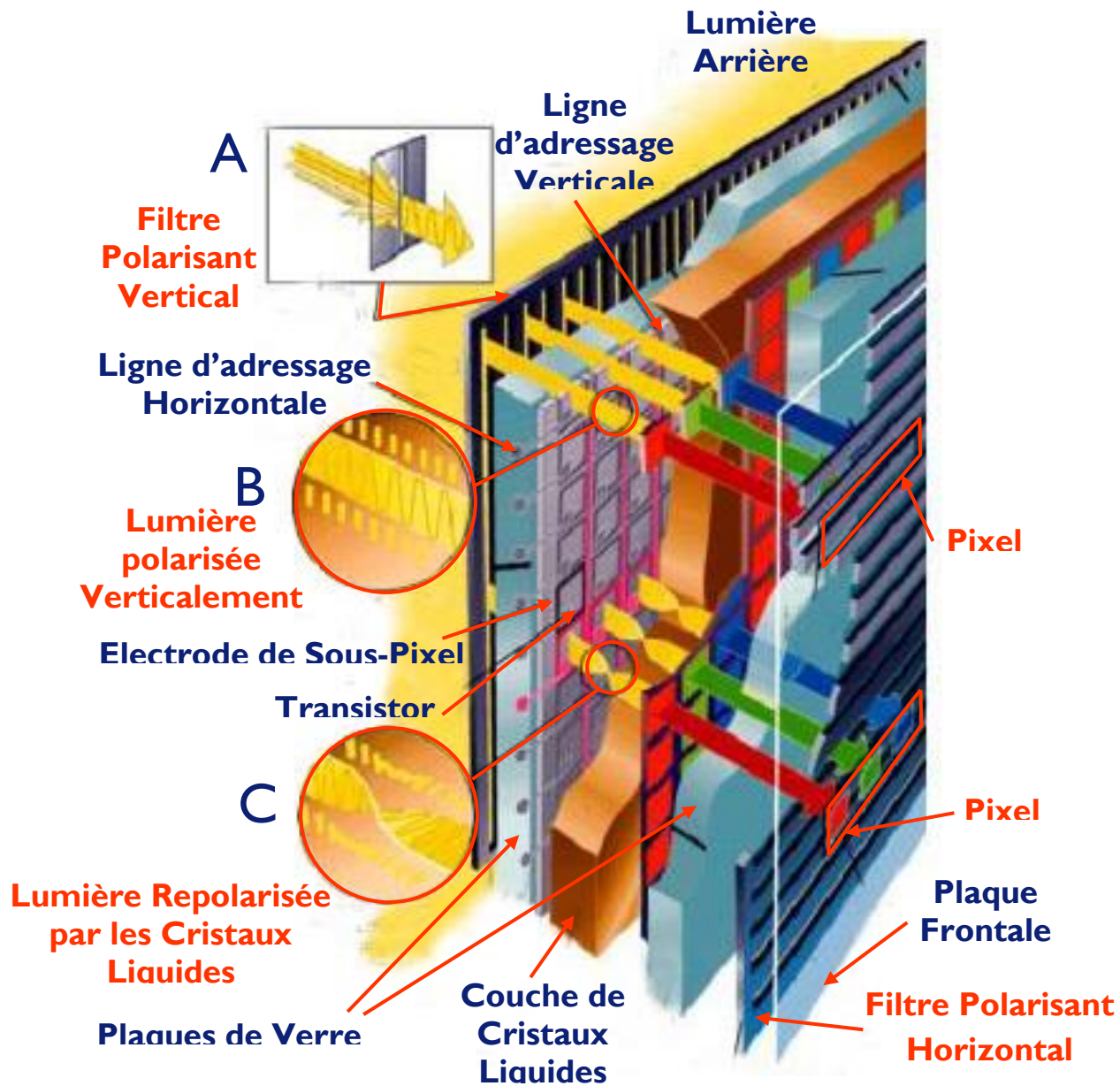
Afficheur LCD rétro éclairé 2 X 16 caractères utilisé chez moi sur le transceiver Bingo



Afficheur du FT-847 de Yaesu.

La plupart des marques utilisent des afficheurs spécifiques développés spécialement pour un appareil donné. Il en était d'ailleurs de même pour les afficheurs Fluorescents. En général, l'intensité du rétro éclairage est réglable selon le goût de l'utilisateur pour un contraste optimum, en fonction de l'éclairage ambiant.

Principe de fonctionnement d'un écran LCD Couleur



Comme sur un tube cathodique classique (espèce en voie de disparition !!) les trois pixels RVB (Rouge, Vert, Bleu) permettent de recréer l'ensemble de la palette des couleurs.

On voit sur cette figure que la lumière arrière est homogène et toujours allumée, il n'en est plus de même maintenant avec la technologie LED.

Bibliographie : Wikipédia, pour la partie historique.

En espérant vous avoir intéressés