

Le fonctionnement des technologies d'affichage

LCD – OLED

Réalisé par :
Hugo MARCEAU – Melvin VIOUGEA

BTS SIO 2 // SESSION 2021 - 2022



TABLE DES MATIERES

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>LA LUMIERE ET LES COULEURS</u>	2
NOTION DE COULEUR	2
SYNTHESE ADDITIVE ET SOUSTRACTIVE	3
<u>LES CARACTERISTIQUES D'UN ECRAN</u>	4
LA DEFINITION (ET RESOLUTION)	4
LE TEMPS DE REPONSE	4
LE TAUX DE RAFRAICHSSEMENT	4
LA TECHNOLOGIE DE LA DALLE ET LES CONSEQUENCES QUI EN DECOULENT	4
<u>LA TECHNOLOGIE LCD</u>	6
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	6
DIFFERENTS TYPES DE DALLE LCD	10
LE RETRO-ECLAIRAGE	11
LIMITES DE LA TECHNOLOGIE	15
<u>LA TECHNOLOGIE OLED</u>	16
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	16
UTILISATION DE LA TECHNOLOGIE	18
<u>TECHNOLOGIE D'AVENIR : MICRO LED</u>	20
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	20
LES LIMITES DE LA TECHNOLOGIE	21
ET APRES LE MICRO-LED ?	22
<u>COMPARATIF DES TECHNOLOGIES D'AFFICHAGES</u>	23
<u>CONCLUSION</u>	24
<u>SOURCES</u>	25

Introduction

Le monde dans lequel nous vivons ne cesse d'évoluer, d'amener avec lui de nouvelles problématiques. L'informatique et les nouvelles technologies évoluent alors afin de répondre aux nouveaux besoins, toujours plus exigeants.

Des écrans à tube cathodique aux écrans LCD (Liquid Crystal Display), les technologies d'affichages ont évolué pour proposer des qualités d'affichage toujours meilleures et pour répondre aux nouveaux besoins (téléviseur, arrivée d'internet chez les particuliers, smartphones...)

C'est en 1897 que Karl Ferdinand Braun invente le premier écran, le « tube de Braun » (que nous connaissons sous le nom de « tube cathodique »). Ce tube de verre à vide muni à son extrémité d'un canon à électrons, le faisceau piloté par champ magnétique, balaye le côté opposé, recouvert d'une couche de phosphore qui permet l'émission de photons, donc de lumière. Le premier écran à tube cathodique sera commercialisé en 1922 par la société Western electric et le premier ordinateur à en être nativement équipé sera l'Apple 1. 1976

D'autres technologies verront le monde par la suite, comme les écrans plasma par exemple, avant de disparaître aux profits des technologies que nous utilisons aujourd'hui. Les écrans LCD et OLED font parties de ces technologies qui sont au goût du jour et nous allons voir dans ce document comment ils fonctionnent dans leurs domaines d'applications. Nous aborderons également les technologies d'avenir.

→ Mais les technos ne cessent d'évoluer
donc nouveaux besoins

La lumière et les couleurs

Afin de comprendre comment nous percevons les couleurs émises par un écran et comment l'écran produit ces mêmes couleurs, nous allons commencer par rappeler certains principes de physique de base concernant la lumière.

Notion de couleur

La lumière est une forme d'énergie issue de deux composantes :

- Une onde électromagnétique ondulatoire,
- Un aspect corpusculaire (les photons)

La lumière émise se déplace dans le vide à une vitesse d'environ 300 000 km/s. Nous nous intéresserons ici qu'à la première composante de la lumière : l'onde électromagnétique.

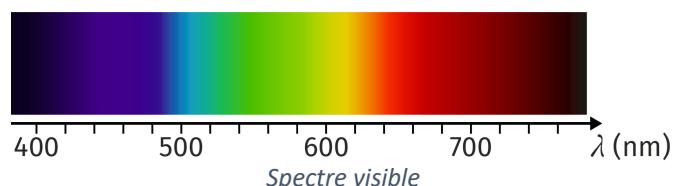
La couleur de la lumière est caractérisée par sa fréquence, elle-même conditionnée par la longueur d'onde et la célérité de l'onde. On caractérise généralement la longueur d'onde d'un phénomène oscillatoire par la relation :

$$\lambda = CT \quad \text{Avec : } \begin{aligned} \lambda &\text{ désigne la longueur d'onde} \\ C &\text{ désigne la célérité de l'onde} \\ T &\text{ désigne la période de l'onde (en secondes)} \end{aligned}$$

On appelle rayonnement monochromatique un rayonnement comportant une seule longueur d'onde, et rayonnement polychromatique un rayonnement qui en contient plusieurs. L'ensemble des longueurs d'ondes composant un rayonnement polychromatique (et leurs intensités lumineuses respectives) est appelé spectre.

Toutefois l'œil humain n'est pas capable de discerner les différentes composantes d'un rayonnement et ne perçoit que la résultante, fonction des différentes longueurs d'ondes qui le composent et de leur intensité lumineuse respective.

L'œil humain est capable de voir des rayonnements dont la longueur d'onde est comprise entre 380 et 780 nanomètres. En dessous de 380 nm se trouvent les ultraviolets, tandis que les rayons infrarouges ont une longueur d'onde au-dessus de 780 nm. L'ensemble des longueurs d'ondes visibles par l'œil humain est appelé spectre visible :



Il est possible de décomposer les couleurs spectrales à l'aide d'un prisme en cristal (une des découvertes d'Isaac Newton).

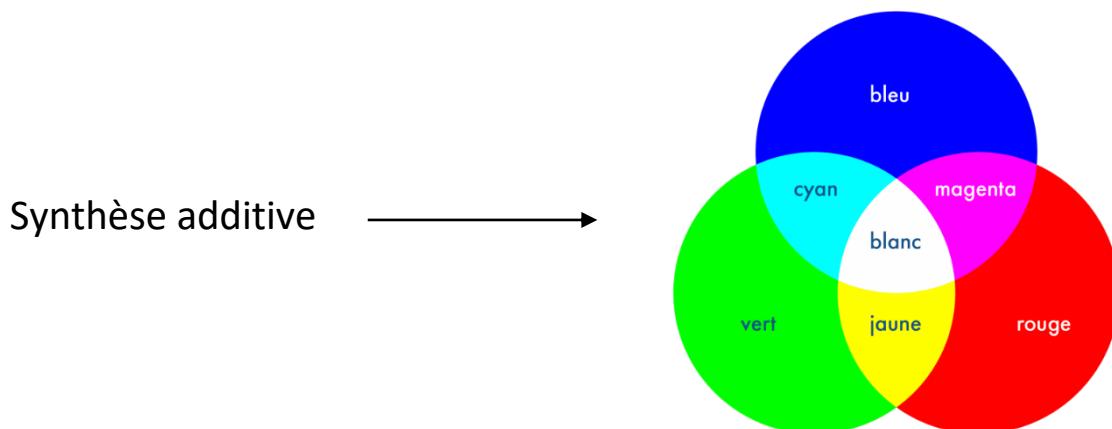


Synthèse additive et soustractive

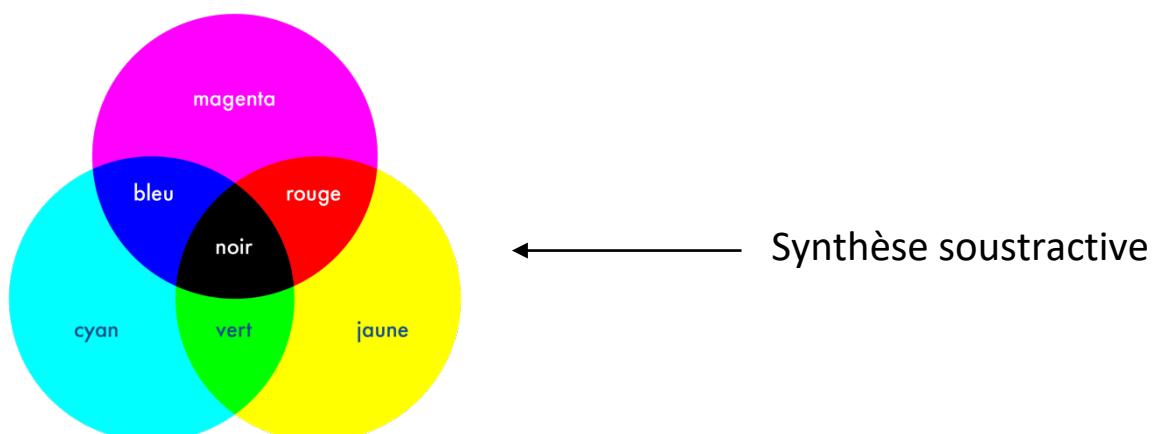
Comme vu précédemment, un rayonnement polychromatique est composé de plusieurs longueurs d'ondes, autrement dit (et de manière simplifiée) une couleur (sauf le rouge, le vert et le bleu) est composée de plusieurs couleurs.

Ainsi, La synthèse additive est le fruit de l'ajout de composantes de la lumière. Les composantes de la lumière sont directement ajoutées à l'émission, c'est le cas pour les écrans en couleur. Lorsque l'on ajoute les trois composantes Rouge, vert, et bleu (RVB), on obtient du blanc. L'absence de composante donne du noir. Les couleurs secondaires sont le cyan, le magenta et le jaune car :

- Le vert combiné au bleu donne du cyan
- Le bleu combiné au rouge donne du magenta
- Le vert combiné au rouge donne du jaune



La synthèse soustractive, quant à elle, est en quelque sorte l'inverse de la synthèse additive. Elle permet de restituer une couleur par soustraction, à partir d'une source de lumière blanche, avec des filtres correspondant aux couleurs complémentaires : jaune, magenta, et cyan. L'ajout de ces trois couleurs donne du noir et leur absence produit du blanc. C'est notamment le procédé qui est utilisé en photographie ou avec les imprimantes.



Les caractéristiques d'un écran

Avant d'attaquer le vif du sujet, nous allons étudier les différentes caractéristiques d'un écran, qui sont valables peu importe la technologie de celui-ci.

La Définition (et résolution)

La résolution est le rapport entre la définition de la dalle (exprimée en pixels) et sa surface d'affichage (dont la diagonale est exprimée en pouces), à ne pas confondre avec la définition qui correspond au nombre de pixels sur la dalle. Les deux sont intimement liés, mais ne nous donnent pas tout à fait la même information.

Ainsi, un écran d'une très grande taille avec une définition moyenne (donc une résolution assez faible) peut se révéler moins « précis » et net qu'un écran de petite taille avec une résolution élevé élevée.

Ces données sont importantes car elles nous donnent une idée de la netteté que l'image aura.

Le temps de réponse

Le temps de réponse correspond au temps à la dalle pour passer d'un point blanc à n'importe quel niveau de gris, puis revenir au blanc. Il est exprimé en millisecondes (ms). Plus le temps de réponse est bas, plus l'écran affichera rapidement les informations. C'est une donnée intéressante pour des utilisations tels que les jeux vidéo.

Le taux de rafraîchissement

Le taux de rafraîchissement définit le nombre de fois par seconde que l'écran peut afficher une nouvelle image. C'est une fréquence mesurée en Hertz (Hz). Un écran disposant d'un taux de rafraîchissement de 120Hz rafraîchit l'image 120 fois par secondes. Plus le taux de rafraîchissement est élevé, plus le contenu à l'écran paraîtra fluide.

La technologie de la dalle et les conséquences qui en découlent

C'est sur ce point que nous allons nous attarder. Il existe une multitude de technologies (tels que les tubes cathodiques, Plasma, LCD, OLED, Micro-LED...) tous avec leurs avantages et leurs inconvénients.

On retiendra alors 3 points essentiels :

Les angles de visions

L'angle de vision est exprimé en degré. Meilleur il l'est, meilleur sera le rendu de l'image lorsque nous ne le regardons pas de face. Plus largement, comme nous ne sommes pas parfaits, donc que nous sommes complètement incapables de nous aligner parfaitement avec notre écran et que nous possédons deux yeux qui ne peuvent être simultanément pile en face de la dalle, de bons angles de visions seront toujours bénéfiques.

La luminosité

Exprimée en candéla par mètre carré (cd/m^2) ou en Nits, elle est importante sur des appareils destinés à être utilisés en extérieur (comme des smartphones). Mais il ne faut pas uniquement se fier aux chiffres : une plus grande valeur n'est pas toujours meilleure. Une luminosité élevée n'est intéressante que pour les écrans destinés à être utilisés en extérieur.

Certains professionnels règlent leurs écrans avec des luminosités pour bénéficier de tous les détails de l'image.

Le taux de contrastes

Il s'agit de la différence de luminosité entre un pixel blanc et un pixel noir. On l'exprime souvent dans les spécifications des écrans par une notation comme 1:1000 (1 pour 1000). Les écrans avec un contraste faible confondent souvent les pixels gris foncé avec les pixels noirs. Plus cette valeur est élevée, plus la différence de luminosité entre les zones sombres et claires de l'image sera visible : l'image sera donc plus détaillée.

Certaines technologies (comme l'OLED) sont nées spécialement pour proposer des taux de contrastes (presque) infinis.

Écart de couleur

Également appelé delta E (ΔE), l'écart de couleur mesure la différence visuelle entre deux couleurs, dans un espace colorimétrique. Un bon delta E signifie qu'un écran propose de bonnes couleurs fidèles à la réalité.

D'autres caractéristiques existent, comme les dimensions de l'écran ou encore ses connectiques... Mais cela ne nous intéresse pas dans notre cas. Nous allons écarter ces caractéristiques afin de nous concentrer sur les différentes technologies d'affichage.

La technologie LCD

La technologie d'écran LCD (Liquid Cristal Display) est la technologie la plus utilisée actuellement dans le monde. Cette technologie est développée au début des années 1970 par un botaniste autrichien, Friedrich Reinitzer, et un physicien allemand, Otto Lehmann. Les écrans LCD commencent à être utilisés à grande échelle à partir de la fin des années 1990 pour les écrans des ordinateurs, et au début des années 2000 pour les téléviseurs.

Principe de fonctionnement

Un écran LCD est composé de plusieurs couches. Nous allons les détailler :

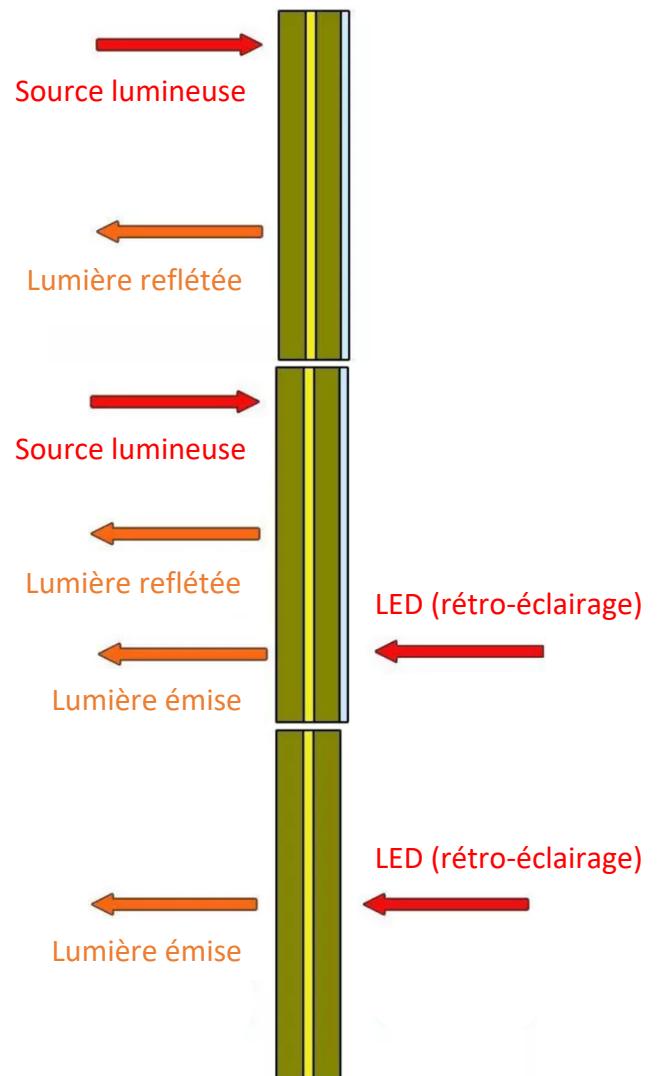
Rétro-éclairage

Un écran LCD n'émet pas de lumière, on dit que c'est un dispositif « passif ». Il est donc nécessaire d'envoyer de la lumière de l'arrière vers l'avant de l'écran.
Ainsi il existe 3 types de d'écran LCD :

LCD réfléchissant
La lumière ambiante est utilisée pour éclairer l'écran. Ceci est réalisé en combinant un réflecteur avec le polariseur arrière.

LCD transreflectif
Les écrans LCD transreflectifs sont un mélange des types réfléchissant et transmissif, le polariseur arrière ayant une réflectivité partielle. Ils sont associés à un rétro-éclairage pour une utilisation dans tous les types de conditions d'éclairage.

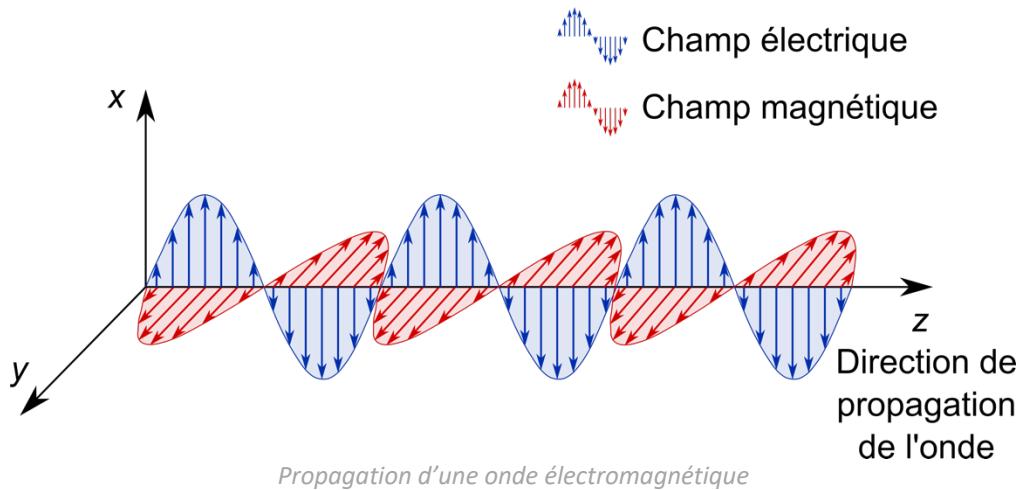
LCD Transmissif
Les écrans LCD transmissifs ont un polariseur arrière transparent et ne reflètent pas la lumière ambiante. Ils nécessitent un rétroéclairage pour être visibles.



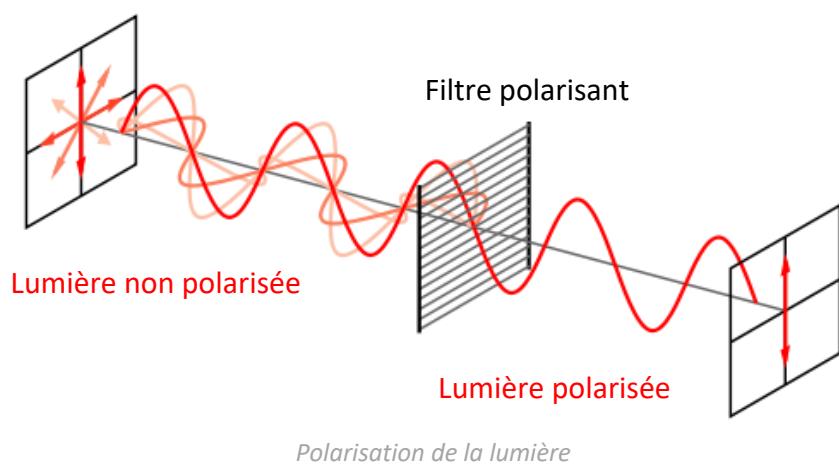
Dans notre cas, nous traiterons uniquement le cas des écrans Transmissif. La lumière est protégée grâce à un rétro éclairage (que nous détaillerons plus tard dans ce dossier). Il existe une multitude de technologies de rétro-éclairage.

Les filtres polarisants

La lumière est, pour rappel, une onde électromagnétique. Cette onde électromagnétique comporte donc 2 composantes : un champ magnétique et un champ électrique. Un champ est vertical et l'autre horizontal et le champ magnétique est perpendiculaire aux champs électriques. Chaque champ à une direction appelée « vecteur ».

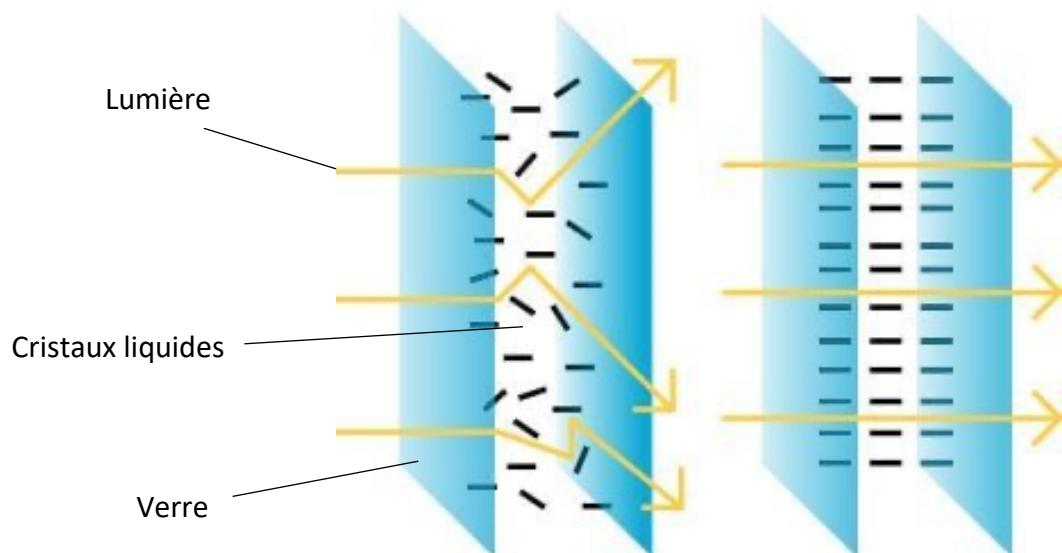


Lorsque cette lumière traverse un filtre polarisant, seule une des composantes traversera au travers du filtre : si le filtre polarisant est vertical, seule la composante verticale traversera le filtre, et inversement. Ainsi, en plaçant deux filtres polarisant tournés à 90° l'un vertical et l'un horizontal, la lumière ne passe plus.



Les cristaux liquides

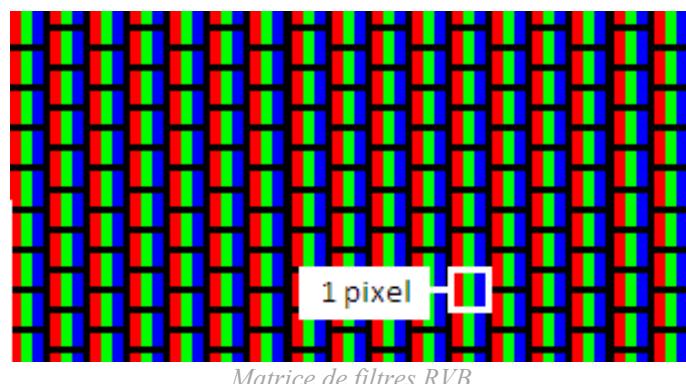
Afin que la lumière puisse traverser en quantité plus ou moins grande le deuxième filtre polarisant, on utilise des cristaux liquides. Les cristaux liquides sont contenus entre deux plaques de verres. Les cristaux liquides sont orientés horizontalement d'origine. Lorsqu'on soumet les cristaux liquides à une différence de potentiel par l'intermédiaire de deux électrodes, on peut les orienter de manière plus ou moins verticale afin de faire passer plus ou moins de lumière aux travers du deuxième filtre polarisant (donc vers l'œil de l'utilisateur de l'écran).



Propagation de la lumière au travers des cristaux liquides

Les filtres de couleurs

Un écran LCD, comme toutes les technologies d'écrans est composé d'une matrice de pixels (plusieurs millions). Le nombre de pixels dépendant de la résolution de l'écran. Chaque pixel affiche une couleur à la fois. Un pixel est composé de trois sous-pixel de couleur rouge, vert et bleu. Avec le principe de la synthèse additive et en faisant varier la quantité de rouge, de vert et de bleu émis par les sous pixels on arrive à créer les différentes couleurs. On note que l'absence de couleurs correspond à du noir (dans la théorie, car nous verrons que les pixels ne sont jamais totalement noirs).

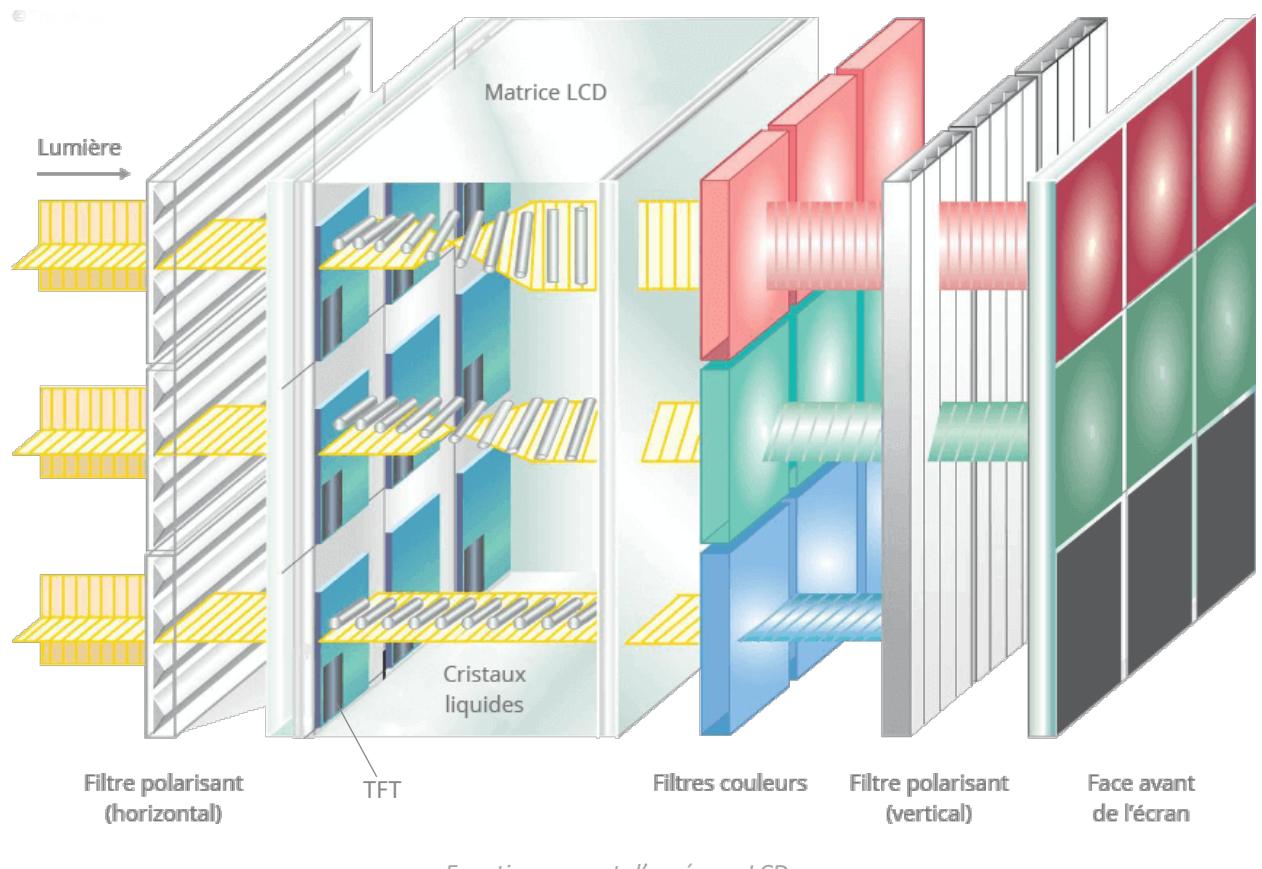


Thin Film Transistor (TFT)

On note également la présence d'une couche de transistor entre le premier filtre polarisant et la couche de cristaux liquides appelés TFT (Thin Film Transistor). Ce circuit électronique sert à contrôler chaque pixel indépendamment.

Schéma

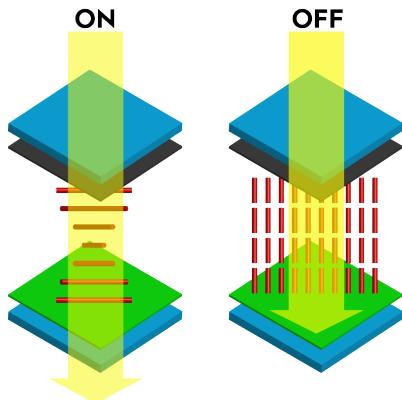
Voici donc un schéma représentant l'ensemble des couches d'un écran LCD. Il est important de noter que certains éléments du schéma ont été simplifiés afin d'en faciliter la compréhension.



Différents types de dalle LCD

La technologie LCD a beaucoup évolué. Plusieurs types de dalles LCD se sont succédés dans les téléviseurs, caractérisés par la forme et les propriétés des cristaux liquides employés, avec une incidence directe sur la qualité d'image (luminosité et contraste notamment) ainsi que l'amplitude de l'angle de visualisation horizontale et verticale. On compte à ce jour 3 types de dalles LCD.

TN (Twisted Nematic)

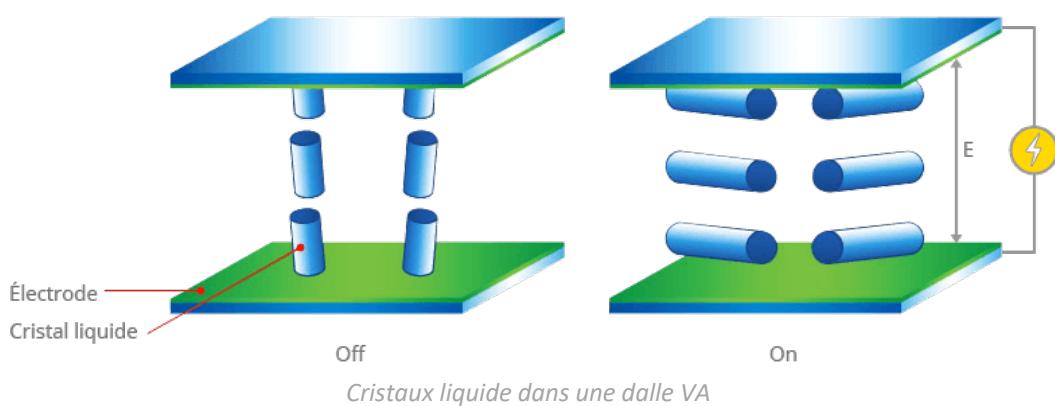


Cristaux liquides dans une dalle TN

Les écrans TN (Twisted Nematic) ont la particularité de faire varier la position de leurs cristaux liquides très rapidement, ce qui leur permet d'afficher des mouvements rapides sans effet de flou. Or, les angles de visions sont mauvais et le rendu de l'image très moyen. C'est une technologie facile à mettre en place et peu chère à produire. C'est pour cette raison que nous la retrouvons principalement dans les écrans d'entrée de gamme.

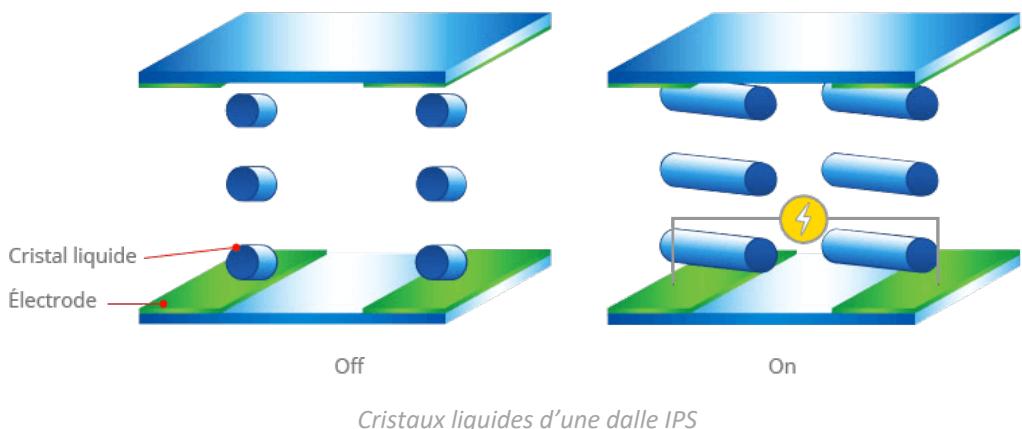
VA (Vertical Alignment)

Les dalles LCD VA exploitent des cellules dans lesquelles, au repos, les cristaux liquides sont alignés sur un axe perpendiculaire au plan de l'écran. Les dalles VA se distinguent par leur capacité à très bien « bloquer » la lumière de leur rétroéclairage, et donc afficher des noirs très sombres. Mais l'alignement vertical des cristaux liquides dans les cellules entraîne une diminution des angles de visualisation optimum de l'image.



IPS (In-Plane Switching)

Les dalles LCD IPS exploitent des cellules dans lesquelles, au repos (en l'absence de courant), les cristaux liquides sont alignés sur un axe parallèle au plan de l'écran. Le premier avantage des dalles IPS est d'assurer une diffusion uniforme de la lumière selon des angles de vision très large. Les dalles LCD IPS offrent par ailleurs un très bon rendu des couleurs, avec des teintes naturelles et réalistes. Elles ont cependant pour défaut de moins bien bloquer la lumière dans l'axe, ce qui se traduit à l'image par un noir moins profond, paraissant plutôt gris foncé dans l'obscurité, et un taux de contraste plus faible que celui des dalles de type VA.



Le rétro-éclairage

Le type de rétro-éclairage de la dalle LCD va avoir des conséquences sur plusieurs paramètres de l'image :

- La luminosité de l'écran
- Les couleurs
- Le contraste
- La qualité d'image

D'autre part, le rétro-éclairage de la dalle peut être géré globalement ou par zones.

Les tubes néons

Nous ne nous attarderons pas longtemps sur cette technologie car elle n'est plus du tout utilisée sur le marché des écrans LCD. Cette technologie a pour particularité d'être simple à fabriquer et peu coûteuse. Cette technologie compte de nombreux désavantages :



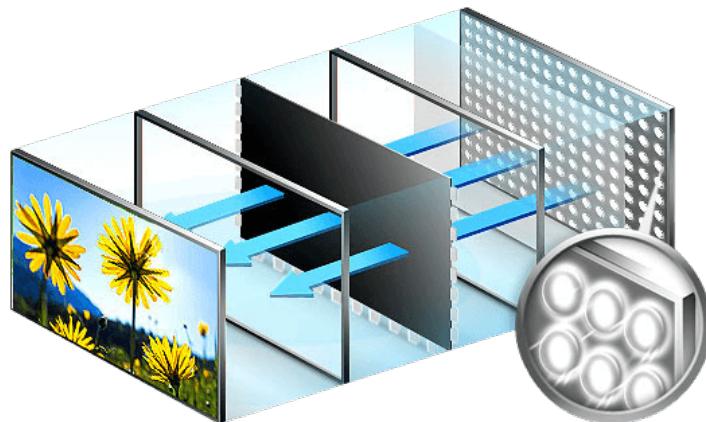
- L'image est peu contrastée, assez hétérogène et peu lumineuse
- Les écrans sont souvent encombrants
- La consommation électrique est élevée
- Peu de choix dans les tailles d'écran

Écran LCD + rétro-éclairage composé de tubes néons

Rétro-éclairage Direct LED (Full LED)

Pour rappel une LED (Light-emitting diode) ou DEL (Diode électroluminescente) est un dispositif opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.

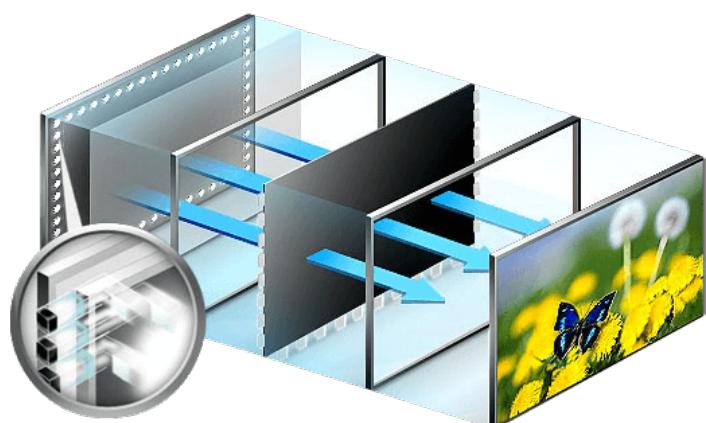
Dans le cas d'un écran avec un rétro éclairage Direct LED, l'arrière de la dalle LCD est entièrement tapissé d'un damier de LED, afin d'offrir un rétroéclairage homogène. Il peut s'agir de diodes produisant une lumière blanche, ou bien d'un système constitué de diodes RVB (des rouges, des vertes et des bleues) pour améliorer le rendu colorimétrique des images.



Écran LCD Directe LED

Rétro-éclairage Edge LED

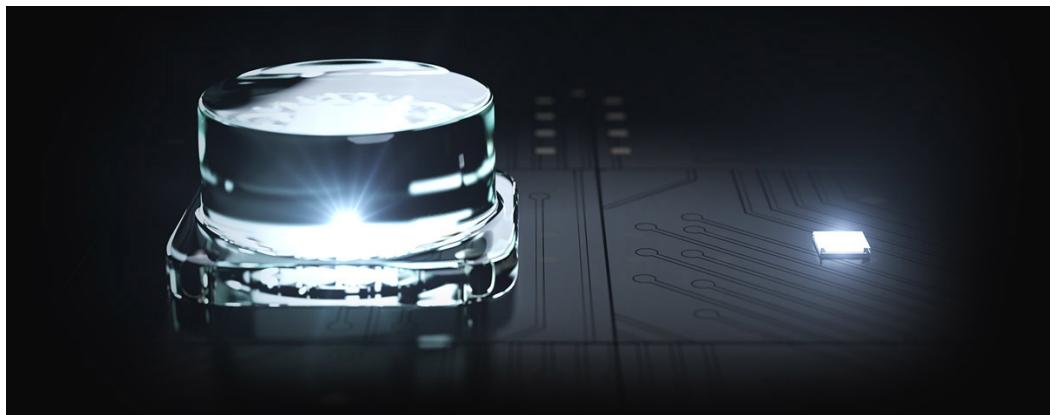
Le rétro-éclairage Edge LED utilise généralement une ou deux rampes de LED disposées sur un ou plusieurs bords de la dalle LCD (en haut, en bas, sur les côtés, plus rarement tout autour), un système de réflecteurs au dos de la dalle assurant la diffusion de la lumière à travers tous les pixels. Le principal intérêt de cette technique de rétro-éclairage est de permettre de réaliser des écrans beaucoup plus fins qu'avec un rétro-éclairage direct. Son principal inconvénient réside dans la difficulté d'assurer un rétroéclairage uniforme sur toute la surface de la dalle



Écran LCD Edge LED

Rétro-éclairage mini-LED

Les écrans utilisant ce type de technologie font appel à un très grand nombre de LED afin de générer une intensité lumineuse plus élevée et de gérer plus précisément les zones éclairées de l'écran. La gestion du rétro-éclairage par zone peut en effet se faire de manière plus fine pour obtenir un meilleur contraste en affichant simultanément des noirs profonds et des blancs très lumineux.



A gauche, une LED « classique » et à droite, une mini-LED.

Local Dimming

Cette technologie offre une gestion dynamique du rétroéclairage modulé par zone en temps réel après analyse de l'image à afficher. Elle est surtout exploitée sur les téléviseurs à rétroéclairage Direct LED et mini LED. L'arrière de la dalle est divisé en plusieurs zones, la luminosité des LED de chacune de ces zones pouvant être ajustée indépendamment en fonction de la luminosité de l'image affichée à l'écran. L'intensité lumineuse du rétro-éclairage peut ainsi être augmentée dans les zones claires de l'image et diminuée dans les zones plus sombres. Plus on augmente le nombre de zones de rétroéclairage derrière l'écran, plus la luminosité de l'image peut être ajustée finement.



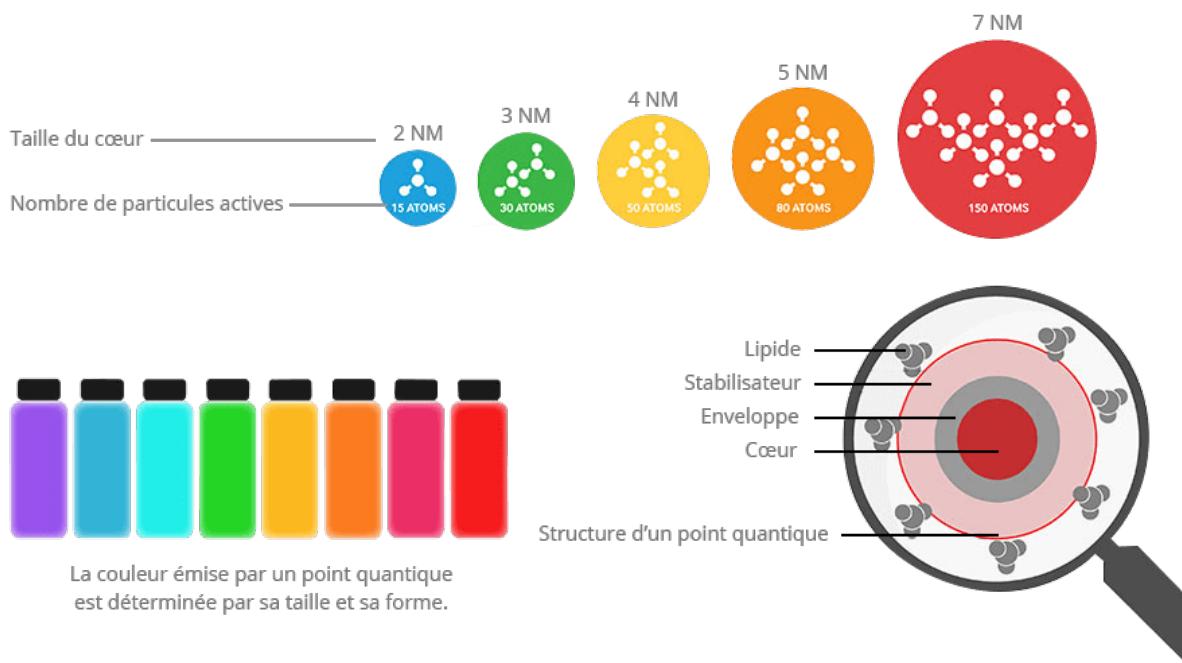
A gauche, une rétro-éclairage Full LED n'utilisant pas le local Dimming et à droite, un rétro éclairage mini-LED.

Quantum Dots (Filtres à boîtes quantiques)

Cette technologie est utilisée par de nombreux constructeurs, notamment par Samsung qui utilise le terme marketing « QLED » (à ne surtout pas confondre avec OLED !)

Un écran LCD classique exploite un rétroéclairage blanc, chaque sous-pixel filtrant uniquement la composante de la lumière utile à la composition de l'image (rouge, vert et bleu). Une partie de la lumière du rétroéclairage est ainsi "perdue", entraînant l'impossibilité de reproduire toutes les nuances de couleurs visibles par l'œil humain. Les écrans LCD utilisant des filtres à boîtes quantiques utilisent quant à eux des LED de couleurs bleues.

Intercalé entre le rétroéclairage et la dalle LCD, le filtre à boîtes quantiques des téléviseurs Quantum Dots exploite les propriétés optiques des nanocristaux de sélénium de cadmium. Excités par la lumière du rétroéclairage, ces nanocristaux émettent une lumière dont la longueur d'onde est déterminée par leur forme et leur taille. Le filtre à boîtes quantiques est ainsi calibré pour améliorer la pureté et la luminosité du rouge et du vert, points faibles des téléviseurs LCD à rétroéclairage classique.



Limites de la technologie

Les écrans LCD, bien qu'étant très largement adoptés sont majoritaires sur le marché des écrans et présentent certaines limites qui ont poussé les fabricants à innover pour améliorer leurs offres. Ces écrans ont l'avantage d'être largement développés et très bien maîtrisés, ce qui permet de concevoir des écrans à moindre coût avec des qualités d'image plus que correctes.

Mais les limites de cette technologie se font rapidement ressentir, notamment pour les utilisateurs les plus exigeants (professionnels de l'audio-visuel, amateurs de vidéos...).

Premièrement, bien que cette technologie ait fait l'exploit de dominer le marché des écrans face aux écrans plasma, elle manque d'une qualité qui a fait la force des écrans plasma : des contrastes quasiment infinis... En effet, Les écrans LCD utilisent un système de rétro-éclairage afin de permettre à la lumière d'arriver jusqu'à l'œil de l'utilisateur. Ces écrans ne sont pas capables de produire leur « propre lumière » ce qui fait qu'un pixel noir n'est en réalité pas totalement noir puisque la lumière produite par le rétro-éclairage traversera toujours la dalle.

Ensuite, le marché des appareils portables (smartphones, tablettes, consoles...) apporte un nouveau problème de taille pour les utilisateurs : l'autonomie. Ces appareils n'étant pas constamment reliés au courant, et utilisant donc des batteries (accumulateurs) se doivent d'être les plus durables possible pour que l'utilisateur puisse les utiliser très longtemps sans les recharger. Or, l'écran LCD est très souvent l'élément d'un appareil portable qui consomme le plus d'énergie.

Enfin, les nouveaux usages que nous avons de la technologie, comme par exemple les écrans bords à bords sur les smartphones ou encore les téléviseurs incurvés ou les smartphones pliables, contraint les constructeurs à utiliser d'autres technologies d'affichages plus flexibles et plus polyvalentes.

Une technologie répond plutôt bien à cette nouvelle demande : la technologie OLED (même si elle n'est pas la seule).

La technologie OLED

Cherchant à hériter de la qualité d'affichage de la technologie Plasma, la technologie OLED se veut être la technologie d'affichage du futur qui pourrait notamment répondre aux nouveaux défis posés par les objets mobiles et connectés (tels que les smartphones, tablettes, smartwatch...)

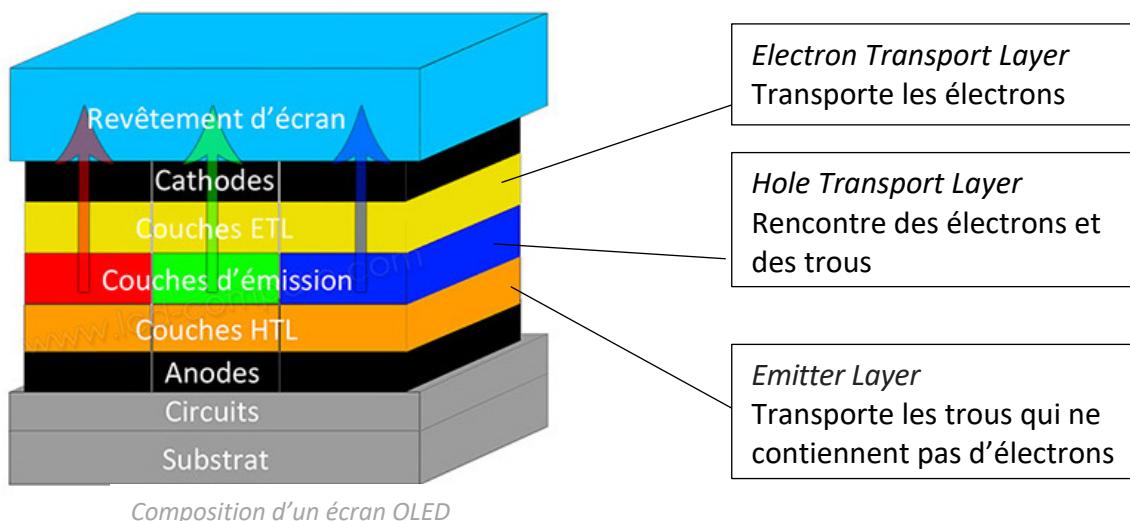
Le premier brevet pour un écran OLED est déposé en 1987 par la société Kodak et la première application commerciale est apparue vers 1997.

Mais cette technologie est-elle vraiment parfaite ? Remplacera-t-elle complètement la technologie LCD au point de la faire oublier ? Nous allons voir que la question n'est pas si simple. Pour mieux comprendre cela, nous allons commencer par étudier le fonctionnement de la technologie OLED.

Principe de fonctionnement

Une diode électroluminescente organique (DELO) usuellement désignée par son acronyme anglais OLED (Organic Light-Emitting Diode) est un composant électronique qui permet de produire de la lumière. Cette technologie permet aux pixels d'un écran de créer leur propre lumière afin qu'ils puissent constituer une image. Jusqu'alors, la lumière des pixels d'un écran était fournie soit par un dispositif lumineux externe, par exemple des tubes luminescents ou des LED pour les écrans LCD, soit par une réaction chimique sur les TV plasma (gaz excité). Désormais, la lumière illuminant les pixels d'une TV peut être produite par des composants OLED.

La diode OLED est constituée de plusieurs couches très fines, contenant des matériaux organiques (à base de carbone) :

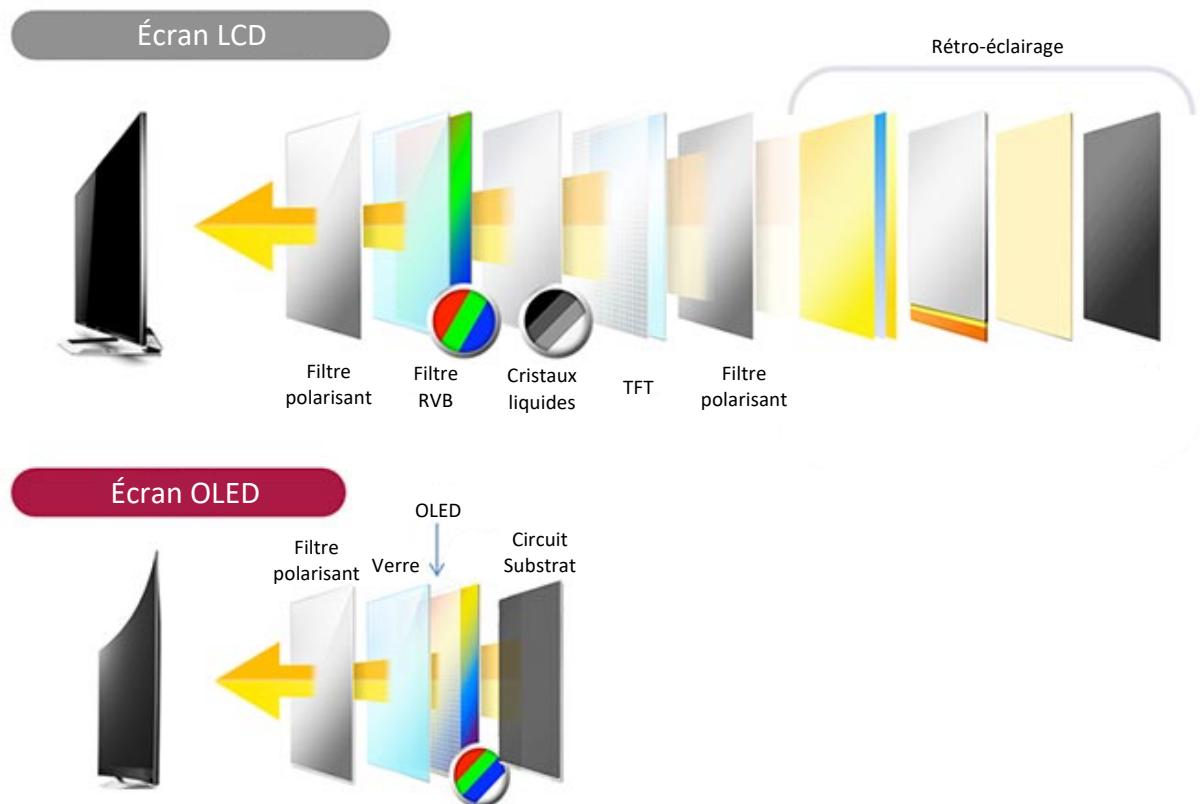


Ces couches sont intercalées entre une anode (une source de charges négative) et une cathode (une source de charges positives), ce qui permet qu'elles soient traversées par du courant. Lorsqu'un courant électrique traverse l'ensemble, les électrons et les "trous" se rencontrent au niveau de la couche d'émission où ils se combinent pour produire le photon à l'origine de la lumière.

Chaque pixel d'un écran OLED est constitué de trois diodes électroluminescentes juxtaposées (une rouge, une verte et une bleue), produisant leur propre lumière lorsqu'elles sont soumises à une tension électrique. L'ensemble repose sur un "substrat" transparent, en verre ou en matière plastique.

Le circuit est destiné à contrôler les pixels de l'écran indépendamment les uns des autres.

Voici pour comparaison la composition d'un écran LCD et d'un écran OLED :



Composition d'un écran LCD et OLED, on constate que l'OLED est composé de moins de couches

On constate que de nombreuses couches de l'écran LCD n'existent pas sur l'écran OLED. En fait, pour simplifier, on pourrait dire que les filtres de couleurs, les cristaux liquides, la couche TFT et le rétro-éclairage de l'écran LCD sont remplacés par une simple diode électroluminescente remplissant à elle seule la fonction de l'ensemble de ces couches.

La réduction du nombre de couche dans la composition d'un écran OLED aura pour effet de le rendre plus fin et plus léger, plus flexible (c'est-à-dire plus facile à déformer, créer des écrans avec des formes spécifiques...) et avec une consommation d'énergie mieux maîtrisée.

Mais les écrans OLED disposent d'autres avantages (et inconvénients) qui le rendent plus (ou moins) compétitif face aux écrans LCD...

Utilisation de la technologie

La technologie OLED propose de nombreux avantages face aux écrans LCD.

- D'abord comme nous l'avons dit précédemment, cette technologie a pour avantage de supprimer un grand nombre de couches dans la composition de l'écran (dont le rétro-éclairage) ce qui rend l'écran plus fin et permet de réduire la consommation d'énergie.
- Mais ce n'est que la face émergée de l'iceberg, la technologie OLED c'est surtout et avant tout un contraste extrêmement élevé (qui peut aller jusqu'à 1 :1000000, ce qui représente une valeur très élevée à l'écran LCD qui ont un taux de contraste moyen de 1 :1000) avec des noirs très profonds et un meilleur rendu des couleurs.
- Les angles de vision de l'écran sont également meilleurs puisque la lumière est émise directement par le pixel lui-même (et non par un système de rétro-éclairage) et les cristaux liquides sont supprimés.

Mais concrètement qu'est-ce que tout cela apporte ?

Dans un premier temps, cette technologie grâce à sa flexibilité, sa consommation d'énergie réduite et sa capacité à satisfaire l'œil des utilisateurs est la technologie idéale pour les appareils mobiles. On la retrouve aujourd'hui de plus en plus dans les smartphones, les tablettes et même certains appareils connectés (comme des smartwatches).



De nouveaux usages sont apparus, comme les smartphones à écrans pliables par exemple. Les écrans OLED étant plus fins et plus souples il est plus facile de leur donner une forme particulière. Ils sont également plus économiques en énergie. Nous avons ainsi pu voir apparaître des smartphones avec des bords arrondis et des trous dans l'écran abordant la caméra frontale de l'appareil.

L'appareil présenté sur la gauche (Samsung Galaxy Z Flip 3) est l'exemple parfait de ce que nous sommes capables de produire avec la technologie OLED.

La flexibilité et la finesse des dalles OLED a permis de démocratiser une nouvelle dimension plus immersive à la télévision : les écrans incurvés.



TV OLED incurvé LG



Apple Watch Series 7 (léger bords arrondis)



Affichage tête haute

Mais la technologie OLED n'est pas sans faille. Comme toute technologie, elle présente son lot d'inconvénients :

- D'abord, la durée de vie d'un écran OLED est limitée. En effet, celle-ci varie entre 10 000 et 50 000 heures. Les matériaux organiques utilisés dans la technologie OLED pour créer la lumière bleue se dégradent plus rapidement que ceux utilisés pour créer les couleurs rouges et vertes, ce qui peut modifier la balance des couleurs.
- La technologie OLED est également moins lumineuse que d'autres technologies (comme le LCD)
- Les écrans OLED sont sensibles à l'humidité (cela peut être problématique pour les smartphones pliables notamment)
- Un phénomène de marquage peut apparaître avec le temps sur la dalle (burn-in) du au vieillissement des diodes organiques. L'image reste « imprimée » sur l'écran.
- Enfin, le développement de la technologie OLED n'est pas facilité par le fait qu'il s'agit d'une technologie propriétaire, les brevets principaux appartiennent à Kodak, Idemitsu et Sony. Les droits d'utilisations vont sûrement freiner le développement de la technologie jusqu'à ce que les brevets tombent dans le domaine public.

Dans un souci d'amélioration et afin d'élargir les possibilités que les technologies d'affichages nous proposent, nous allons voir qu'une autre technologie d'affichage est en développement afin de corriger non seulement les défauts des dalles LCD, mais également celles des dalles OLED, pourtant pionnière à l'heure actuelle...

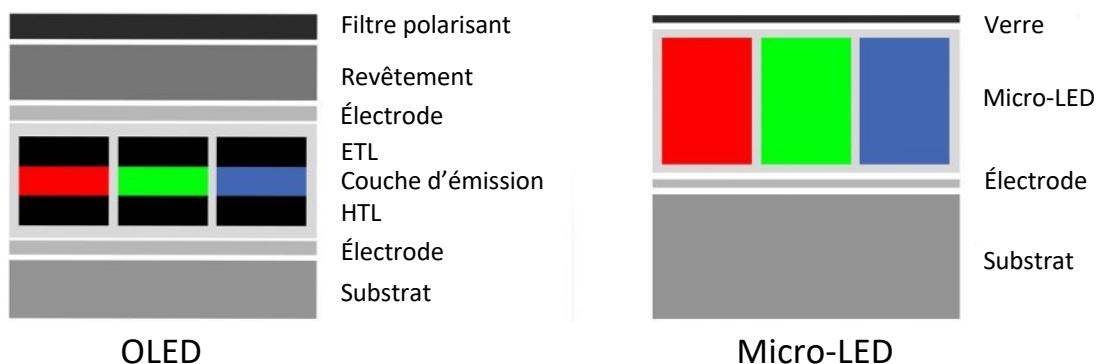
Technologie d'avenir : Micro LED

La technologie Micro LED (à ne pas confondre avec la technologie Mini-LED utilisée pour le rétro-éclairage des écrans LCD) est un dérivé des écran LCD LED, mais avec les qualités (améliorées) des écrans OLED...

Principe de fonctionnement

Sur un panneau micro-LED, les diodes sont placées les unes à côté des autres. Chaque pixel de l'image est constitué d'un triplet de LED (rouge, vert et bleu). À la manière de l'OLED., lorsque l'image est noire, la LED s'éteint. Jusqu'ici, nous constatons uniquement des similitudes avec les précédentes technologies.

La grande différence entre l'OLED et le micro-LED réside dans leur composition. Pas de matériaux organiques dans une Micro-LED, le carbone des OLED étant remplacé par du nitrate de gallium (GaN) sur silicium. Le premier avantage est donc qu'il n'y aura aucun phénomène de marquage des diodes et une stabilité des diodes dans le temps est assurée. Mais ce n'est pas tout, un écran Micro-LED est capable d'atteindre une luminosité très importante (jusqu'à 1 000 000 de cd/m²) et supporte parallèlement une très haute température. Étant donné que chaque « module » (micro-LED) de l'écran est indépendant, la modularité de l'écran est presque sans limite. Il est donc possible de choisir un nombre de modules et de fabriquer un téléviseur sur mesure. Plus intéressant encore, cette configuration ne serait pas figée et il serait possible à tout moment d'ajouter ou de retirer des modules pour éventuellement faire varier la diagonale de l'écran.



Comparatif technologie OLED et Micro LED

Les limites de la technologie

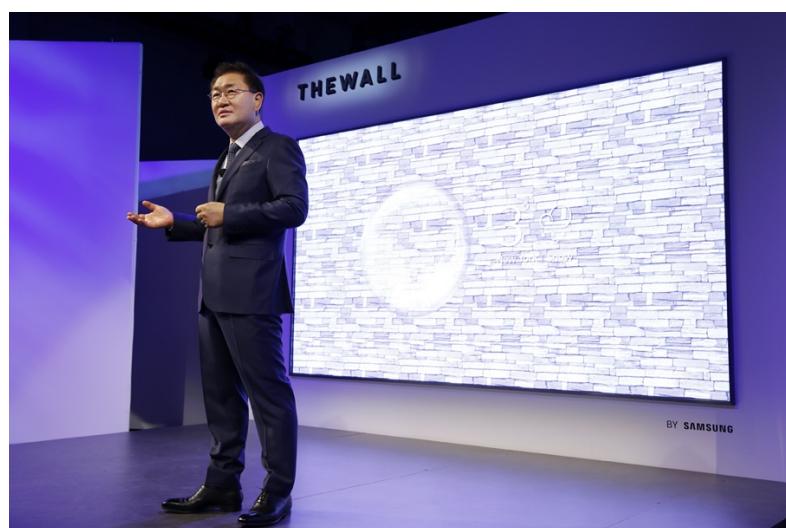
Mais cette technologie est, pour l'heure actuelle, plus un rêve qu'une réalité. En effet, les processus de fabrication sont complexes à mettre en œuvre et les géants de l'industrie qui travaillent sur cette technologie (principalement Samsung) font face à des difficultés liées à la miniaturisation (les Micro-LED mesurent environ (30 micros). Le taux de perte lors du processus de transfert des micro-LED sur les dalles reste trop important. La production de masse se révèle donc impossible, car trop coûteuse. En parallèle de cela, il n'existe pas de méthode de réplication efficace des micro-LED par impression, condition indispensable à une production en série.



Technologie Onyx dans une salle de cinéma

Actuellement, cette technologie n'est que rarement utilisée. Certaine salle de cinéma utilise de la technologie Onyx de Samsung. Celle-ci fonctionne sur le même modèle que le micro-LED, c'est à dire une image composée de plusieurs panneaux modulables regroupant des milliers de LED émettant leur propre lumière.

Ce que nous constatons, c'est que la technologie Micro-LED n'est nullement destinée (pour l'heure) à une utilisation grand public. Certains clients fortunés pourront se procurer l'un des rares écrans équipés de la technologie Micro-LED, comme le Samsung « The Wall », un écran disponible uniquement sur demande, avec des diagonales allant de 73 à 292 pouces (soit 7,41 mètres) pour des prix variant de 130 000 à 1,3 millions d'euro... Un budget astronomique qui restreint la clientèle de ce type de matériel à des professionnels ou des personnes fortunées.



Présentation du Samsung The Wall au CES 2018

Et après le Micro-LED ?

Si les problèmes de production de masse des écrans Micro-LED persistent, l'écran Micro-LED pourrait bien ne jamais voir le jour dans nos salons. On peut alors se demander si le micro-LED est l'avenir de la télévision (et des écrans en général) ? Rien n'est moins sûr. Si, sur le papier, la technologie est pleine de promesses, les difficultés liées, notamment à sa production, pourraient la maintenir au statut de rêve inaccessible.

Malgré que l'avenir du Micro-LED soit incertain, nous pouvons être sûr d'une chose : si la production de masse de cette technologie se révèle être un échec, les technologies LCD et OLED auront encore de beaux jours devant eux. Aucune technologie n'a été envisagée pour le moment pour succéder au micro-LED et les technologies LCD et OLED ne cesse d'évoluer, au point de proposer des résultats plus que satisfaisant, notamment pour les écrans OLED qui deviennent de plus en plus performants et de moins en moins fragiles.

- pour l'instant, aucune technologie envisagée
- de plus souffre de prob de production
- combinaison LCD, OLED et Micro-LED

Comparatif des technologies d'affichages

Afin de résumer ce document, nous allons mettre en comparaison les technologies que nous avons étudiées pour comparer leurs points forts et leurs points faibles.

On notera que pour la technologie LCD nous ferons une généralité en nous basant sur les technologies de dalles et de rétro-éclairages les plus couramment utilisées :

	+	-
LCD	<ul style="list-style-type: none">- Prix- Maitrise de la technologie- Durée de vie- Luminosité- Choix des écrans et des technologies associées	<ul style="list-style-type: none">- Technologie qui arrive à bout de souffle- Contraste limité- Consommation (correcte)
OLED	<ul style="list-style-type: none">- Contraste- Qualité globale de la dalle- Flexibilité- Consommation d'énergie- Épaisseur de la dalle	<ul style="list-style-type: none">- Durée de vie- Fragilité- Luminosité- Technologie propriétaire- Persistance de l'image (burn-in)
Micro LED	<ul style="list-style-type: none">- Contraste- Qualité globale de la dalle- Luminosité (très élevée)- Durée de vie- Modularité- Très limité et peu de choix (Seulement Samsung)	<ul style="list-style-type: none">- Prix (extrême)- Production difficile

Ce tableau nous permet de constater que chaque technologie a sa place dans le marché des écrans actuellement. Aucune technologie n'est actuellement en capacité de monopoliser le marché des écrans.

Conclusion

Pour conclure, les technologies d'affichage ne cesseront d'évoluer pour répondre aux nouveaux besoins d'un monde en quête d'amélioration constante. Les télévisions de salon, les smartphones, les voitures autonomes et même dans un futur proche les projets de métaverses, autant d'évolution qui ont alimenté et continuerons d'alimenter les évolutions des technologies d'affichage. Plus de 100 ans se sont écoulés depuis la sortie des premiers écrans, et pourtant, ces derniers ne sont toujours pas parfaits. Cela nous montre même leurs limites comme nous avons pu le voir avec le cas de la technologie Micro-LED. Le temps nous montrera si les ambitions tenues par le Micro-LED sont réalisables, et comment les opportunités du marché sont exploitées par cette technologie qui théoriquement ne dispose que de très peu de défauts...

Sources

- <https://www.son-video.com/guide/comprendre-les-technologies-d-affichage-tv-lcd-led-et-oled>
- <https://www.01net.com/actualites/ecranks-oled-ips-va-tn-quelles-sont-les-differences-640957.html>
- <https://www.ubaldi.com/guides/televiseur/technologies-tv--gup177.php>
- <https://www.journaldugeek.com/2020/09/28/ecranks-amoled-ou-lcd-quels-sont-les-avantages-les-inconvenients-et-que-choisir-pour-votre-smartphone/>
- https://www.frandroid.com/comment-faire/comment-fonctionne-la-technologie/206710_ips-amoled-igzo-flexibles-economie-denergie-on-decrypte-les-ecranks
- <https://ecranflexible.com/definition-technologie-oled/>
- <https://www.commentcamarche.net/contents/1211-la-lumiere>
- <https://www.ecran-interactif.net/informations/definition-ecran-interactif/differentes-technologies-interactives/technologies-d-affichage>
- <https://www.ecran-interactif.net/informations/definition-ecran-interactif/differentes-technologies-interactives/technologies-d-affichage/technologie-lcd>
- <https://www.youtube.com/watch?v=SP1pbRJGJY8>
- <https://www.orientdisplay.com/fr/réfléchissant-transflectif-et-transmissif/>
- <https://displaybly.com/transmissive-lcd-vs-reflective-lcd-vs-transflective-lcd/>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_électroluminescente_organique
- <https://www.lcd-compare.com/tv-oled-amoled-dossier-61.htm>
- <https://www.techno-science.net/definition/8113.html>
- <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-oled-2900/>
- <https://www.coolblue.be/fr/conseils/televiseur-plasma-vs-televiseur-oled.html>
- <https://ecranflexible.com/definition-technologie-oled/>
- <https://www.01net.com/actualites/micro-led-est-ce-vraiment-la-technologie-d-ecran-du-futur-1757421.html>
- <https://www.pocket-lint.com/fr-fr/televiseur/actualites/samsung/143311-ce-qui-est-microled-la-technologie-de-television-a-prendre-sur-oled-explique>
- <https://www.clubic.com/television-tv/televiseur/article-885532-1-led-oled-qled-micro-led-mini-ledquelle-technologie-affichage-correspond-mes-besoins.html>
- <https://www.lesnumeriques.com/tv-video/comprendre-caracteristiques-ecranks-choisir-a528.html>