



Les écrans d'affichage

DES INVENTIONS TOUT EN COULEUR



L'image animée a bouleversé les règles de communication et l'appréhension de notre histoire contemporaine. Les supports de visualisation ont connu une constante évolution technologique et sont désormais présents dans de nombreuses applications de notre vie quotidienne : la télévision et l'informatique bien entendu, ainsi que la téléphonie, la sécurité, la navigation routière, les services médicaux... soit globalement, une majeure partie des appareillages électroniques. L'écran est un dispositif d'affichage électronique d'images ou de données. Il existe aujourd'hui trois grandes catégories d'écrans d'affichage : les écrans à tube cathodique, les écrans à cristaux liquides et les écrans plasma. Ces deux derniers sont généralement désignés par le terme « écran plat ».

HISTORIQUE

La première technologie développée est celle de l'écran à **tube cathodique** (ou CRT pour



« *cathode ray tube* » en anglais). C'est en 1897 que Karl Ferdinand Braun, un physicien allemand, invente le tube à faisceau cathodique. Cette technologie fut développée par les travaux de Philo Farnsworth et sera à l'origine des caméras et récepteurs de télévisions modernes. En 1888, en étudiant les dérivés du cholestérol, les botanistes autrichiens F. Reinitzer et R. Virchow identifient le phénomène des « cristaux liquides » : substances dans un état intermédiaire, reliant les propriétés d'un liquide et d'un solide cristallisé. Il faudra attendre 1968 pour que la RCA (*Radio Corporation of America*, créée en 1919) s'intéresse au phénomène et mette au point le premier afficheur à cristaux liquides. En 1969, James Ferguson découvre l'effet TN (*twisted nematic*) sur lequel repose le principe des écrans

LCD. En 1973, G. Gray invente le cristal liquide biphényle qui permet de mettre en place des solutions à cristaux liquides stables aux conditions de pression et de température ambiantes. Le premier ordinateur portable doté d'un afficheur à cristaux liquides est produit en 1986. Le premier écran plasma a été inventé par les américains D. L. Bitzer et H. G. Slottow en 1964. Monochromes, ces premiers écrans à plasma produisaient des textes en orange ou en vert. Le succès de ce type d'écran s'estompe dès le début des années 1970, au profit des écrans cathodiques. Une entreprise japonaise présente en 1992 le premier écran couleur à technologie plasma, tandis que la vente au public est effective dès 1997.

TYPES D'ÉCRAN

ÉCRAN À TUBE CATHODIQUE

L'écran cathodique ou tube à rayonnement cathodique est un **tube en verre** sous vide contenant



un canon à électrons. Celui-ci est constitué d'une cathode (électrode métallique chargée négativement) et d'une ou plusieurs anodes (électrodes chargées positivement). La cathode émet des électrons attirés par l'anode, ce qui crée un flux d'électrons dirigé vers l'écran. Un champ magnétique constitué de deux bobines sous tension (appelées déflecteurs) permet de dévier ce flux horizontalement et verticalement. L'écran est quant à lui recouvert d'éléments phosphorescents, appelés luminophores. Lorsqu'un électron frappe un luminophore, ce dernier est excité et produit une lumière. C'est ainsi que se forme le pixel ou spot (le plus petit point affichable sur l'écran).

Un moniteur noir et blanc permet d'afficher des dégradés de niveaux de gris en variant l'intensité du flux d'électrons. Pour les moniteurs couleur, l'intérieur de la dalle du tube cathodique est tapissé de luminophores de 3 couleurs : rouge, vert et bleu d'où le nom RVB (RGB en anglais). La combinaison de ces trois couleurs primaires permet d'obtenir les autres nuances. Ces zones sont suffisamment proches pour que les différentes couleurs ne soient pas visibles mais seulement leur juxtaposition. Cette structure apparaît par exemple lorsque l'on

place une goutte d'eau sur le verre d'un écran. Le système couleur implique que le tube soit équipé de trois canons à électrons ou alors d'un seul canon envoyant les électrons suivant 3 filtres. D'autre part, un masque permet de guider les flux d'électrons afin qu'ils ne débordent pas sur des luminophores voisins. Ce masque est en fait une simple plaque métallique percée de trous, de fentes verticales ou d'un système hybride. Pour afficher une image à l'écran, la technique du balayage est utilisée. En fait, à la différence du cinéma où une image entière est projetée à chaque fois, le tube cathodique ne montre qu'un point lumineux à déplacement rapide, le spot. Ce balayage peut être entrelacé ou progressif. Le balayage entrelacé affiche l'image à l'écran en deux passages, d'abord les lignes impaires puis les lignes paires. Ainsi, seulement une demi-image est affichée à la fois. C'est le phénomène de persistance rétinienne qui donne l'illusion de voir des images complètes. Cependant, un léger lignage horizontal reste perceptible. Avec l'affichage progressif, ce problème est résolu car l'image est « peinte » en un seul passage et donne donc un affichage lisse et mieux détaillé. L'écran à tube cathodique est caractérisé par différents paramètres.

- La définition : c'est le nombre de points (ou pixels) que l'écran affiche. Ce nombre est généralement compris entre 640x480 (640 points en longueur, 480 points en largeur) et 1 600x1 200.
- La taille : elle correspond à la diagonale de l'écran mesurée en pouces ou en centimètres (1 pouce = 2,54 cm). La définition est différente de la taille puisqu'un

même écran d'une taille donnée peut afficher différentes définitions.

- Le pas de masque : c'est la distance qui sépare les points affichés à l'écran. Plus cette valeur est faible, meilleure est la précision de l'image affichée et plus l'écran peut afficher de pixels.
- La résolution : souvent confondue avec la définition, la résolution est le nombre de pixels par unité de surface (PPP : pixels par pouce ou DPI en anglais *dots per inch*). La résolution définit donc la netteté et la qualité d'une image. Plus la résolution est grande (c'est-à-dire plus il y a de pixels dans une longueur de 1 pouce), plus l'image est précise. D'une manière générale, on considère que la résolution d'un écran est de 72 ppp bien qu'actuellement leur résolution réelle soit généralement supérieure : elle atteint 96 ppp et même plus.

- La fréquence de balayage vertical : c'est le nombre de rafraichissement de l'image par seconde. On l'appelle aussi taux de rafraichissement, exprimé en Hertz. Elle représente le nombre de fois par seconde que le moniteur redessine l'image depuis la première ligne du haut jusqu'à la dernière du bas. Une valeur élevée permet à l'image de ne pas scintiller et améliore donc le confort visuel. La limite inférieure est de 67 Hz, valeur en dessous de laquelle le scintillement de l'image est visible. Plus la résolution est élevée, plus la fréquence de balayage doit être importante.
- La fréquence de balayage horizontale : elle est exprimée en kHz (kilo Hertz) et définit le nombre maximum de lignes horizontales que le moniteur peut afficher (balayer) en une seconde. Elle dépend donc de la résolution et du taux de

rafraichissement de l'écran.

- La focalisation : elle indique la forme du faisceau d'électrons, qui lors de l'impact avec le phosphore doit être le plus circulaire possible sur toute la zone visible de l'écran, et ce pour n'importe quelle résolution ou fréquence. Une mauvaise focalisation entraîne le brouillage des signes et des lignes représentés, particulièrement dans les coins de l'écran.
- La convergence : elle indique la position des trois rayons d'électrons l'un par rapport à l'autre pour le rouge, le vert et le bleu. Idéal est la superposition directe de ces rayons, pour obtenir un point d'image propre et blanc. Si ce n'est pas le cas, des bords de lignes ou de signes apparaissent colorés, voir même imprécis.

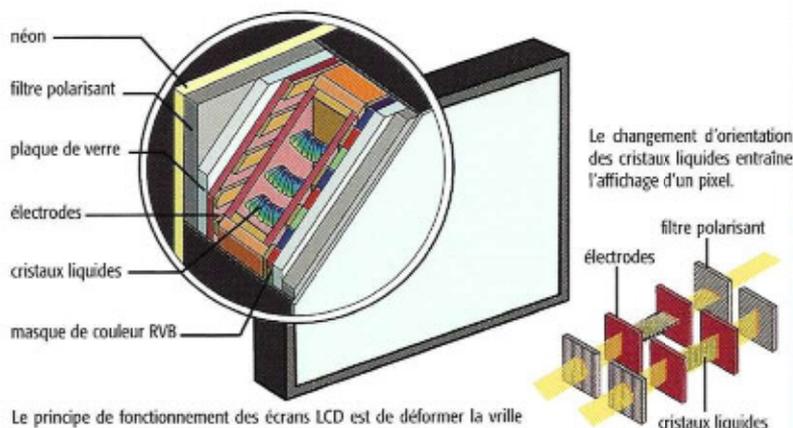
LES ÉCRANS LCD

La technologie **LCD** (*liquid crystal display*) repose sur la



polarisation de la lumière et la biréfringence de certains cristaux liquides (propriétés des cristaux de doubler un rayon lumineux qui les traverse). L'écran est constitué de deux polariseurs entre lesquels sont insérées deux plaques de verre enserrant des cristaux liquides. À chacune des faces, une couche de polymères assure l'ancrage des molécules. Les deux faces internes des plaques de verre comportent une matrice d'électrodes transparentes : une pour les écrans noir et blanc et trois pour les écrans couleurs. L'application d'une différence de potentiel plus ou moins élevée entre les deux

Principe de fonctionnement d'un écran LCD



Le principe de fonctionnement des écrans LCD est de déformer la grille que forment les cristaux liquides sous l'effet d'un champ électrique afin de faire varier la transmission de la lumière.

L'histoire du petit écran

1884

Mise au point du premier procédé de balayage par l'allemand Paul Nipkow.

1897

Invention du tube à faisceau cathodique.

1900

Le mot « télévision » est employé pour la première fois.

1924

Premier affichage d'une image reconnaissable sur un écran.

1938

Première démonstration expérimentale de la télévision en couleurs par John Baird.

1964

Invention de l'écran plasma.

1968

Invention de l'écran à cristaux liquides.

1983

Année de la mise sur le marché du premier écran plasma par IBM. Celui-ci était encore de type monochrome produisant des textes orange sur fond noir.

1996

Année où on dénombre plus d'un milliard de récepteurs de télévision dans le monde.

Ferdinand Braun



en 1897

Inventeur du tube cathodique

électrodes d'un pixel entraîne un changement d'orientation des molécules et une variation du plan de polarisation. La résultante est donc une modification de la transparence de l'ensemble du dispositif, le passage de plus ou moins de lumière à travers un filtre coloré et l'affichage du pixel. L'écran LCD n'émet aucune lumière et doit être accompagné d'une source lumineuse. On distingue trois dispositifs selon la manière dont l'écran est éclairé.

- Les écrans réfléchissants sont éclairés de face, par une lumière artificielle ou par la lumière ambiante (par exemple, les montres digitales ou les calculatrices).
- Les écrans transmissifs utilisent un rétroéclairage pour afficher les informations. Ce type d'écran est adapté à un usage en intérieur ou dans des conditions de faible éclairage. Ils fournissent une image contrastée et lumineuse sauf quand ils sont utilisés en extérieur (par exemple, les écrans de télévision ou d'ordinateur).
- Les écrans transflectifs utilisent un rétroéclairage ainsi qu'un polariseur caractérisé par sa capacité à transmettre la lumière d'arrière plan tout en réfléchissant une partie de la lumière ambiante. Les appareils munis de ce système peuvent être utilisés tant en intérieur qu'en extérieur (par exemple, les écrans d'appareils photo numériques).

Enfin, on distingue deux types d'écrans plats selon le système de commande permettant de polariser les cristaux.

- La technologie à matrice passive : chaque ligne et chaque colonne sont contrôlées par un transistor. Un pixel est défini à chaque croisement entre les électrodes verticales et horizontales. Le pixel s'allume lors de son adressage et s'éteint entre deux balayages. Les écrans à matrice passive utilisent généralement la technologie TN (*twisted nematics* : structure nématique en hélice qui correspond à un état mésomorphe plus proche de l'état liquide que de l'état cristallin). Ces écrans sont généralement peu contrastés et peu lumineux.
- La technologie à matrice active : chaque pixel est contrôlé individuellement. La technologie la plus utilisée pour ce type d'affichage est la technologie TFT (*thin film transistor*,

soit « transistors en couche mince »), permettant de contrôler chaque pixel à l'aide de trois transistors (correspondant aux 3 couleurs RVB). Le transistor permet ainsi de mieux contrôler le maintien de tension de chaque pixel pour améliorer le temps de réponse et la stabilité de l'affichage. Les écrans à matrice active bénéficient ainsi d'une meilleure luminosité et d'un affichage plus fin. Les caractéristiques des écrans LCD reprennent certains paramètres des écrans à tube cathodique ainsi que de nouvelles données propres à cette technologie.

- La définition en nombre de pixels.
- La taille en pouce.
- La résolution en pixels par pouce.
- Le pas de masque.
- L'angle de vision horizontal et vertical en degré : ces valeurs indiquent jusqu'à quel angle on peut observer l'image avec un contraste supérieur à 10:1.
- Le contraste : c'est le rapport de luminosité entre un pixel blanc et un pixel noir. Il est indiqué sous forme de ratio, 500:1 par exemple. Il doit être important car il garantit la qualité de restitution des couleurs, et notamment du noir, qui est le point faible des écrans LCD.

• La luminance : elle est mesurée dans l'axe de l'écran, en candela par mètre carré (cd/m²). Plus elle est importante et plus l'écran sera visible dans des pièces éclairées.

- Le temps de réponse : le temps de réponse correspond au temps (en millisecondes) mis par un pixel afin de passer du blanc au noir puis de nouveau au blanc. Ce test permet de connaître la réactivité des pixels : plus il est rapide et plus l'affichage sera précis.

• L'effet de traînée : il désigne le phénomène selon lequel un objet mouvant sur l'écran n'est plus délimité clairement, mais au contraire laisse derrière lui une traînée. Cet effet est particulièrement présent dans les écrans LCD à matrice passive et est provoqué par l'inertie du cristal liquide utilisé. En présence d'images mouvantes rapides présentant de grandes différences de contraste, les cristaux liquides ne sont plus capables d'adopter suffisamment rapidement le nouvel état. Ces effets sont rarement observés dans les écrans TFT ou les moniteurs à tubes cathodiques.

ÉCRAN PLASMA

La technologie plasma (PDP, *plasma display panel*) repose sur une émission de lumière par l'excitation d'un mélange de gaz inerte et non nocif (90% d'argon et 10% de xénon).

Chaque pixel de l'écran est composé de trois enveloppes colorées en rouge, vert et bleu. Chacune d'elles est adressée à une électrode ligne et à une électrode colonne permettant d'exciter le gaz de la cellule. Lorsque le niveau électrique est suffisant, les molécules de gaz contenues dans l'enveloppe perdent des électrons et le gaz adopte l'état « plasma » (fluide composé de molécules gazeuses, d'ions et d'électrons). Ces molécules de gaz, déficientes en électrons, émettent ainsi des ultraviolets (donc invisibles). Ils excitent alors une couche de phosphore se trouvant au fond de l'enveloppe qui s'illumine et crée une lumière de couleur rouge, bleue ou verte. En modulant la valeur de la tension appliquée entre les électrodes et la fréquence de l'excitation, il est possible de définir jusqu'à 256 valeurs d'intensités lumineuses, ce qui permet d'obtenir des pixels (composés de 3 cellules) de 16 777 216 couleurs (256³). L'écran *plasma* ne dessine pas l'image



ligne par ligne comme un téléviseur classique. Il affiche une image entière en stimulant tous les pixels, ce qui améliore le confort visuel (plus de scintillement, pas de distorsion latérale de l'image, écran parfaitement plat). L'électronique de commande comprend donc un doubleur de ligne permettant de désentrelacer le signal vidéo et d'afficher une image entière. Les caractéristiques de ces écrans reprennent les mêmes paramètres que les écrans LCD.

MODES GRAPHIQUES

Le mode graphique représente le mode d'affichage des informations à l'écran, en terme de définition et de nombre de couleurs. Dans le domaine des ordinateurs personnels (PC), différentes normes régissant la compatibilité entre cartes graphiques, écrans et logiciels, ont été développées.

LES NORMES

Il existe de nombreuses normes s'appliquant aux écrans. Celles-ci offrent des garanties de qualité, de construction ou encore de respect de l'environnement. À la fin des années 80, la norme MPRI a été élaborée par une autorité suédoise afin de mesurer l'émission de rayonnements par les matériels émettant des ondes électrostatiques. Cette norme fut amendée en 1990 pour donner la norme MPRII, reconnue internationalement. Elle est la première à concerner l'ergonomie et les économies d'énergie des moniteurs. Pour respecter ce standard, l'écran doit

disposer d'un mode veille qui réduit au minimum sa consommation électrique quel qu'il ne reçoit pas de signal vidéo et être compatible avec la norme DCC (*plug and play*). La norme MPRII est encore d'usage aujourd'hui mais d'autres normes l'ont supplantée.

En 1992, la confédération suédoise des employés professionnels introduit le standard TCO qui repose sur des exigences spécifiques dans les domaines de l'ergonomie, de l'énergie, des émissions (rayonnement) et du respect de l'environnement.

La norme TCO03 est la dernière en date. Cette norme définit entre autres le réglage en hauteur, les exigences en matière de câble, de boîtier et de recyclage. Par exemple, la définition des écrans TFT d'une diagonale d'écran de 17 à 19 pouces doit atteindre au moins 1 280 x 1 024 pixels, et au moins 1 600 x 1 200 pixels pour une diagonale de 21 pouces. Le minimum exigé au niveau de l'intensité lumineuse est de 150 candelas par mètre carré pour les écrans TFT.

L'ÉCRAN TACTILE

Un écran tactile est un périphérique informatique qui cumule les fonctions d'un écran (pour l'affichage) et d'une souris (pour le pointage). Il existe trois types d'écran tactile : la technologie



résistive (pour une utilisation privée) et les technologies à infrarouge ou capacitives (adaptées à un usage public). La technologie résistive est la plus économique et la plus simple.

Cependant, ces écrans tactiles ont la durée de vie la plus courte avec un nombre d'impact maximum de 1 à 10 millions. L'écran est constitué d'un empilement de couches dont deux sont conductrices et séparées par une couche d'isolant. Ces couches sont encadrées par deux barres horizontales et deux barres verticales. Le tout est recouvert d'un produit augmentant la dureté de la surface et résistant aux rayures. Lorsque l'écran est touché, les deux films conducteurs se mettent en contact. L'appareil applique alors successivement un voltage aux barres verticales puis horizontales et mesure la tension entre le point d'impact et chacune des barres. Les tensions ainsi mesurées sont proportionnelles sur chaque axe à la position de l'impact sur l'écran et les coordonnées du toucher sont transmises au système selon sa résolution. Pour les dalles tactiles infrarouges, leur intérêt réside dans le fait qu'elles sont très résistantes et qu'il n'y a pas d'usure mécanique. Une dalle tactile infrarouge n'est pas un écran mais un cadre où sont installés des émetteurs et des récepteurs infrarouges. Ainsi, la dalle de verre n'intervient pas dans la fonction tactile. Elle est fixée sur la partie inférieure du cadre tactile. Les émetteurs et récepteurs infrarouges créent un maillage lumineux invisible à l'intérieur du cadre (zone active). Lorsque

l'utilisateur touche la dalle, il interrompt le faisceau lumineux. Les récepteurs privés de lumière infrarouge détectent le point d'impact et transmettent les coordonnées au contrôleur. Dans les systèmes capacitifs, une couche qui accumule les charges est placée sur la plaque de verre du moniteur. Lorsque l'utilisateur touche la plaque avec son doigt, certaines de ces charges lui sont transférées. Les charges qui quittent la plaque capacitive créent un manque qui est mesurable. Un capteur dans chacun des coins de la plaque détermine alors les coordonnées du point touché.

LES ÉCRANS DU FUTUR

De nouvelles technologies d'affichage sont en cours de développement. Parmi les plus probables, on peut citer l'OLED, le SED, l'affichage 3D, des écrans souples ou *transparents*.



Les écrans OLED (*organic light-emitting diode*) équipent déjà de nombreux baladeurs, téléphones mobiles ou appareils photo numériques...

Ils sont une évolution du LCD : chaque cellule de cristaux liquides est remplacée par une diode. Cette technologie offre de nombreux avantages par rapport aux LCD : faible consommation électrique, meilleur rendu des couleurs, meilleur contraste et angle de vision, minceur et souplesse du support. Le seul point faible étant la durée de vie qui n'est pas encore optimale. Dans les SED (*surface-conduction electron-emitter display*), chaque cellule est un mini-canon à électrons au fonctionnement comparable à celui du tube cathodique. Cette technique permet d'obtenir les gains de rapidité et de netteté d'affichage des dalles CRT, tout en bénéficiant de l'encroûtement réduit des écrans plats. Elle procure des images nettes, une brillance supérieure, un pixel très fin, des rapports de contraste élevés, des angles de vision améliorés, une consommation électrique plus faible (2/3 de moins que les CRT et 1/3 de moins que les écrans LCD). Parallèlement, ces avancées technologiques offrent de nouvelles perspectives en terme de supports. Ainsi, un prototype d'un écran OLED transparent a été mis au point. Il serait capable de transmettre plus de 90% de la lumière ambiante. De nouveaux produits pourraient alors voir le jour, dans le domaine médical, de l'automobile... (par exemple, un pare-brise de voiture affichant diverses informations). Toujours avec la technologie OLED, c'est cette fois un écran souple qui a été conçu. Le prototype en question mesure 4 pouces de diagonale, seulement 0,1 mm d'épaisseur et ne pèse que 6 grammes. Plusieurs fabricants travaillent également sur des écrans LCD compatibles avec la 3D, capables d'afficher des objets en relief sans utiliser d'artifice comme les lunettes 3D.

Les normes d'affichage

Format d'affichage	Résolution
VGA	640 x 480
XGA	800 x 600
SVGA	800 x 600
WXGA	1 280 x 800
SXGA	1 280 x 1 024
WSXGA	1 600 x 1 024
UXGA	1 600 x 1 200
WSXGA+	1 680 x 1 050
WUXGA	1 920 x 1 200
QXGA	2 048 x 1 536
QSXGA	2 560 x 2 048
QUXGA	3 200 x 2 400