

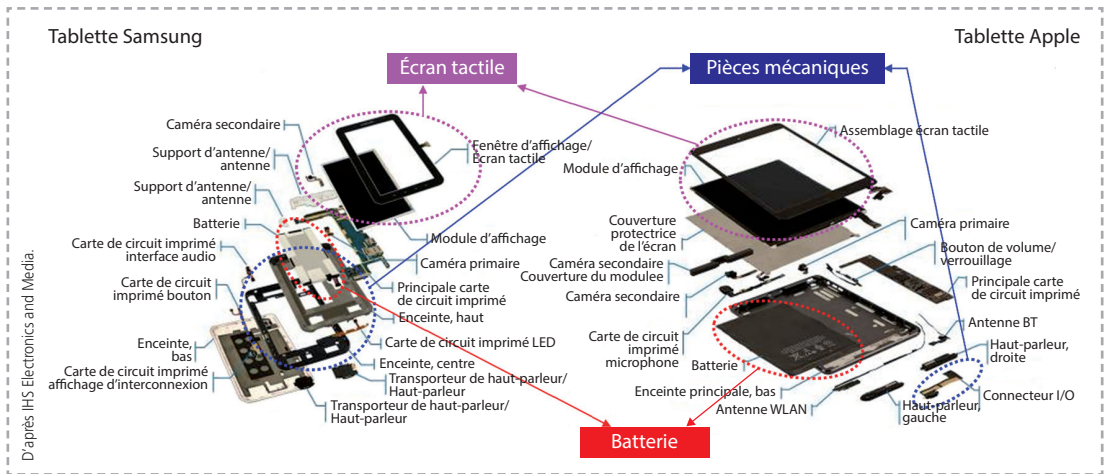
« EXPLOSER » UN SMARTPHONE

Le smartphone est devenu aujourd'hui un élément indispensable à notre vie quotidienne. Loin d'avoir l'unique fonction de téléphoner, nous pouvons désormais l'utiliser également pour prendre des photos, des films, surfer sur Internet. Mais avons-nous l'idée de la complexité d'un tel objet ?

Figure 1

Vues éclatées d'une tablette Samsung Galaxy (à gauche) et d'une tablette Apple iPad Mini (à droite).
Oups !
Que c'est compliqué...

Si à l'occasion d'une chute, il se casse et s'ouvre, nous pouvons constater qu'il est composé de plusieurs étages comme un mille-feuille compliqué (Figure 1).



Le mille-feuille

Lorsque l'on regarde de plus près l'intérieur d'un smartphone, voilà ce qu'on y trouve :

- 1 l'écran : on l'appelle écran tactile car, quand je le touche avec mon doigt, je peux faire bouger l'image et le texte ;



- 2 le module d'affichage : avec des transistors, des filtres de couleur et des petites lampes appelées des diodes électroluminescentes (LED) qui éclairent des millions de pixels et vont composer l'image et le texte, exactement comme sur un téléviseur ;
- 3 les cartes de circuits imprimés : sur lesquelles sont soudés des circuits intégrés et processeurs, véritables cerveaux du smartphone car ils sont faits de milliers de transistors. Ces transistors contiennent les « puces » qui commandent toutes les fonctions de votre appareil. La réception des appels de vos copains et copines, les circuits mémoires où vous stockez les numéros de tous vos amis, les circuits logiques qui traduisent en signaux ce que vous écrivez ou ce que vous photographiez, etc. ;
- 4 la batterie : pour que tout l'ensemble puisse fonctionner, il faut du courant électrique, il y a donc une réserve d'électricité avec un emplacement réservé. Cette batterie, plate, doit être chargée régulièrement à l'aide d'un chargeur ;
- 5 la coque : bien solide, en plastique et aluminium voire même parfois en composite carbone dans laquelle le tout est enchâssé.

Voyons maintenant en détail ces différents étages et comment ils fonctionnent.

L'affichage

Pour fabriquer une image sur l'écran d'un smartphone, on applique le même principe et les mêmes systèmes que pour une image de télévision haute définition. La lumière provient de petites diodes électroluminescentes, les LED.

Dans un écran LCD, avant de passer à travers des filtres colorés rouge, vert, bleu, la lumière générée par ces diodes est polarisée, c'est-à-dire que ses constituants ont pris une orientation, une direction bien précise (*Figure 2*).

Ceci est possible grâce à des cristaux liquides. Seuls les constituants de la lumière orientés dans la même direction que les cristaux liquides peuvent les traverser. Dans le cas inverse, la lumière ne passe pas.



Remarque

Les pixels sont de très petits points.



Remarque

On voit apparaître de plus en plus, pour l'éclairage de nos maisons, les lampes LED à faible consommation d'énergie comme par exemple certaines guirlandes de Noël.

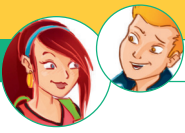


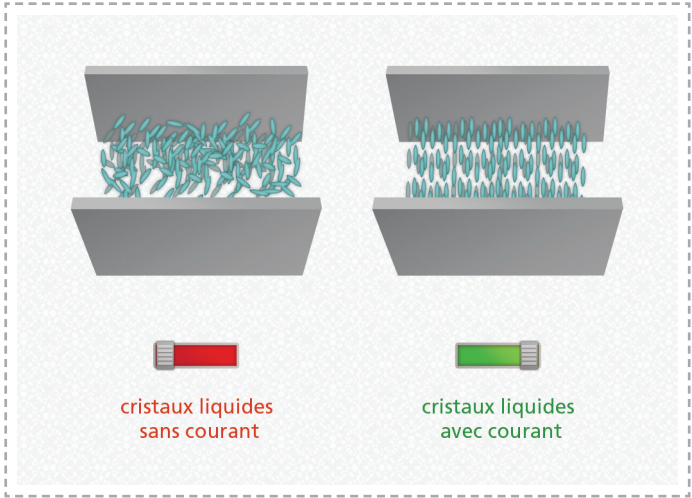
Figure 2

Orientation des cristaux liquides lorsque l'on applique un courant.



Les cristaux liquides

sont de petites molécules de polymères (sous forme de bâtons ou d'hélices) qui s'alignent sous l'influence d'un champ électrique.



Remarque

Les trois couleurs rouge, vert et bleu sont dites fondamentales.

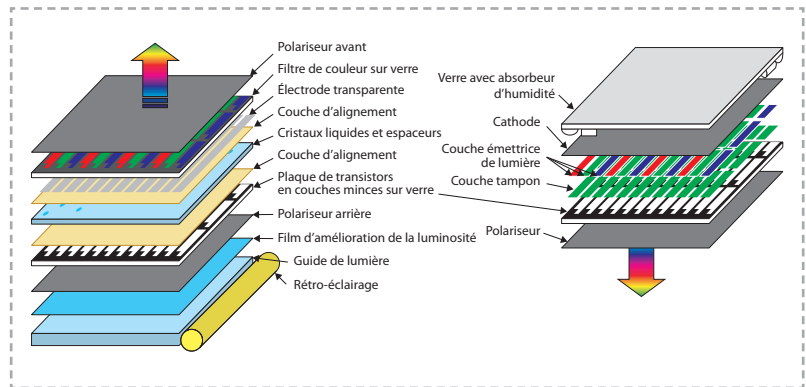
Le champ électrique, appliqué aux cristaux liquides, est généré par un petit transistor déposé en couche mince sur une plaque de verre et qui va définir la couleur des pixels (les petits points qui composent l'image).

Tous ces dispositifs constituent une magnifique machine car il faut savoir qu'un écran haute définition compte deux millions de points constitués à chaque fois des trois couleurs, réunissant six millions de pixels qui doivent fonctionner sans aucun défaut (Figure 3) !

Revenons un peu sur quelques définitions et termes que nous avons employés.

Figure 3

Schéma d'une vue éclatée d'un écran LCD (A) et d'un écran OLED (B).





Le transistor

Un transistor est un composé électronique comportant des zones où dominent des charges négatives (-) et d'autres, des charges positives (+). On définit alors trois domaines à l'échelle microscopique : la source, la grille et le drain.

Si aucune tension n'est appliquée à la grille, aucun courant ne passe entre la source et le drain.

Un transistor est un cristal de silicium très pur, dopé par des impuretés à très faibles concentrations comme par exemple du phosphore ou du gallium.

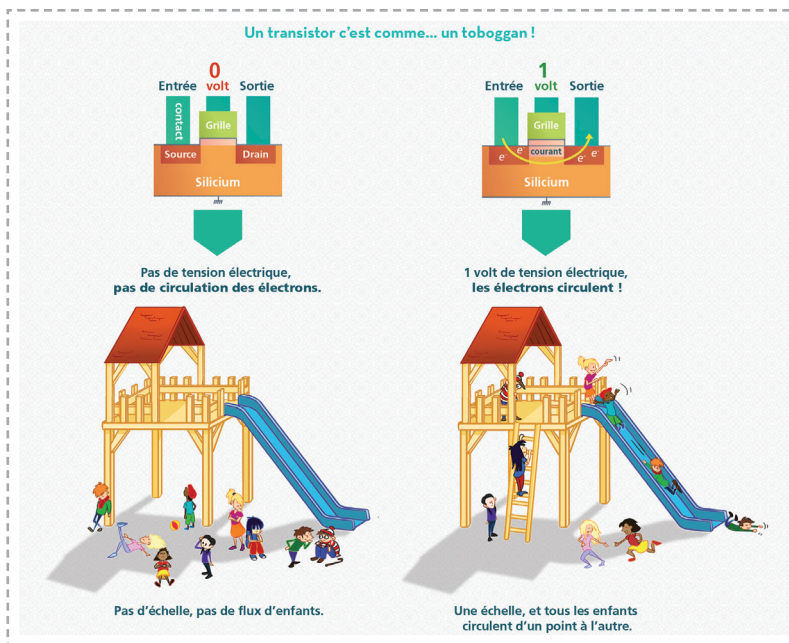


Figure 4

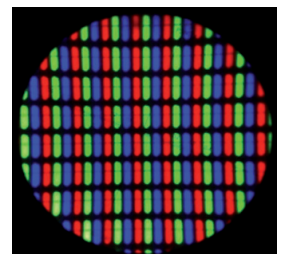
Le transistor : pour qu'il y ait déplacement des électrons, il faut que le courant passe. Pas d'échelle au toboggan, pas de descente !

Si on applique une tension d'un volt, alors le courant passe. On voit que grâce à un signal d'un volt sur la grille, on a constitué un interrupteur commandé à distance, ouvert ou fermé ! C'est lui qui sert à appliquer une tension pour faire passer ou bloquer la lumière sur le pixel (Figure 4).

Les transistors sont maintenant de taille de l'ordre de quelques dizaines de nanomètres (environ 10 000 fois moins que l'épaisseur d'un cheveu !) pour pouvoir en placer quelques millions sur la surface de l'écran du smartphone (Figure 5).

Figure 5

Le zoom sur un écran fait apparaître des pixels. Source : BASF.





Remarque

Une lumière blanche est par exemple celle d'une lampe de bureau.

Les filtres de couleur

La lumière blanche, passée dans le polariseur, traverse ensuite la couche de cristaux liquides qui peuvent changer complètement d'orientation ou s'aligner suivant une direction particulière et changer le plan de polarisation.

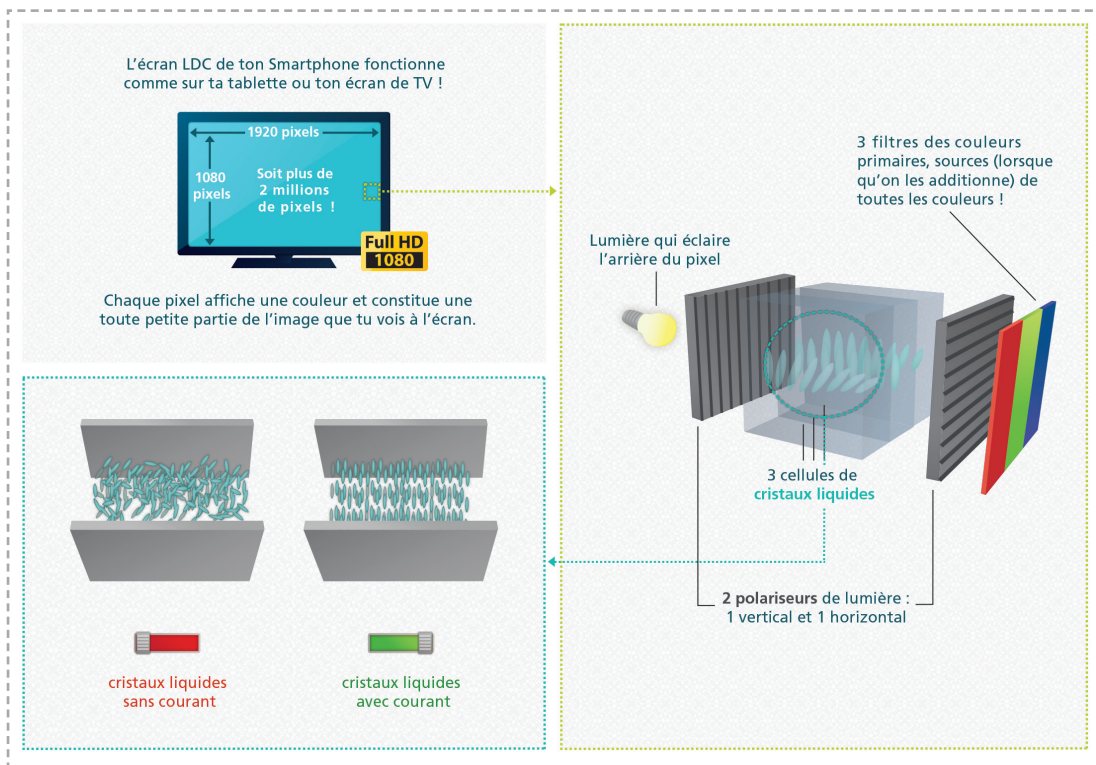


Figure 6

Fonctionnement de l'écran.

Examinons la *figure 6* : la lumière a traversé le filtre de couleur rouge. Si le second polariseur a un plan de polarisation parallèle à celui du premier de la lumière rouge, le faisceau peut passer et le pixel rouge est allumé. Si un courant électrique est appliqué à la couche de cristaux liquides, alors ceux-ci s'alignent suivant le plan du premier polariseur et la polarisation n'est plus changée. Lors de son passage, la lumière est toujours rouge mais son plan de polarisation est perpendiculaire à celui du second polariseur. La lumière ne passe alors pas et le pixel rouge s'éteint.



Où la chimie intervient-elle ?

La chimie est essentielle d'abord pour synthétiser les cristaux liquides smectiques ou cholestériques, puis aussi pour fabriquer les pigments rouges, bleus ou verts, avec des grains très petits et dispersés. On dit alors qu'ils sont « micronisés » car ils apportent un meilleur contrôle des couleurs.

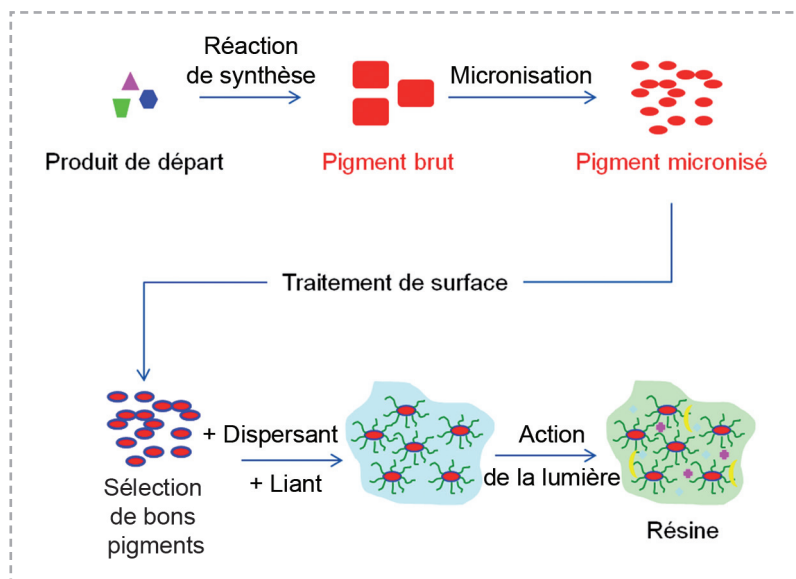


Figure 7

Schéma des différentes étapes de synthèse de la résine pour filtre coloré.
Source : BASF.

Les OLED

Une nouvelle technologie d'affichage qui simplifie les montages est celle des OLED (*Organic Light Emitting Diode*). Elle a d'abord été utilisée par Samsung et permet de remplacer les filtres par des émetteurs directs de couleur. En effet, chaque petit pixel va émettre sa propre lumière et donc sa propre couleur, rouge, vert ou bleu.



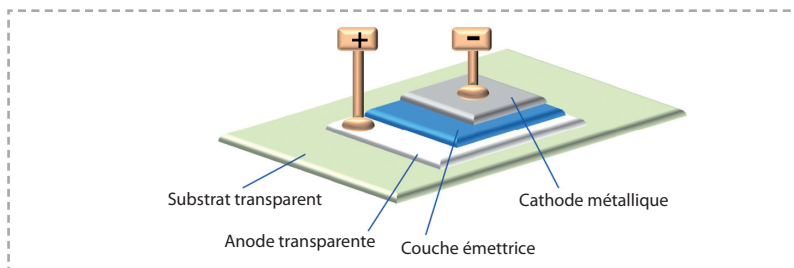
Remarque

Les couches de cristaux liquides, les filtres ainsi que les transistors de commande ne sont plus nécessaires d'où un gain de place évident et un smartphone plus fin.



Figure 8

Schéma d'un pixel OLED.



Sur un substrat transparent en plastique ou en verre mais qui peut être flexible, est déposée une couche conductrice de l'anode transparente à base de dioxyde d'étain (SnO_2) et d'oxyde d'indium In_2O_3 . On superpose la couche organique émettrice et une couche métallique pour la cathode (Figure 8). Quand la différence de potentiel s'établit entre l'anode et la cathode, le pixel s'allume. Pour la télévision haute définition, les OLED coûtent encore trop cher mais ils s'imposent progressivement pour les smartphones et les tablettes.



Remarque

Pas de gants pour utiliser un écran tactile ! En effet les textiles ne sont pas conducteurs contrairement à la peau.

L'écran tactile

Lorsque l'on pose le doigt sur l'écran, on déclenche un signal et cela peut soit ouvrir une fonction soit pointer et faire bouger une image, soit encore appuyer sur une lettre du pavé tactile. Le smartphone interagit avec l'utilisateur. Cela veut dire qu'en dessous de la plaque de verre ou de plastique du smartphone et au-dessus des LED, il existe un réseau quadrillé conducteur. Ce dernier est constitué de lignes et de colonnes conductrices séparées par des carrés isolants et qui dessinent une sorte de feuille quadrillée de cahier (Figure 9).



ITO : Indium Tin Oxide
(en français oxyde d'indium et d'étain).

Quand on touche la surface, le champ électromagnétique créé par ce quadrillage est perturbé. Comme les carrés sont petits, la position du doigt est facilement repérée avec précision et l'information est envoyée à l'interface électronique. Pour le réseau X/Y quadrillé, on utilise un matériau qui doit être conducteur et transparent. Le plus utilisé actuellement est un revêtement ITO en couche mince composé d'oxyde d'étain (SnO_2) mixte substitué à l'oxyde d'indium (In_2O_3) mais il reste fragile et ne supporte pas de déformation. Actuellement, on développe des polymères conducteurs et aussi des nanofils d'argent bon conducteur qui gardent 90 % de la transparence même si l'argent massif ne possède pas cette propriété.

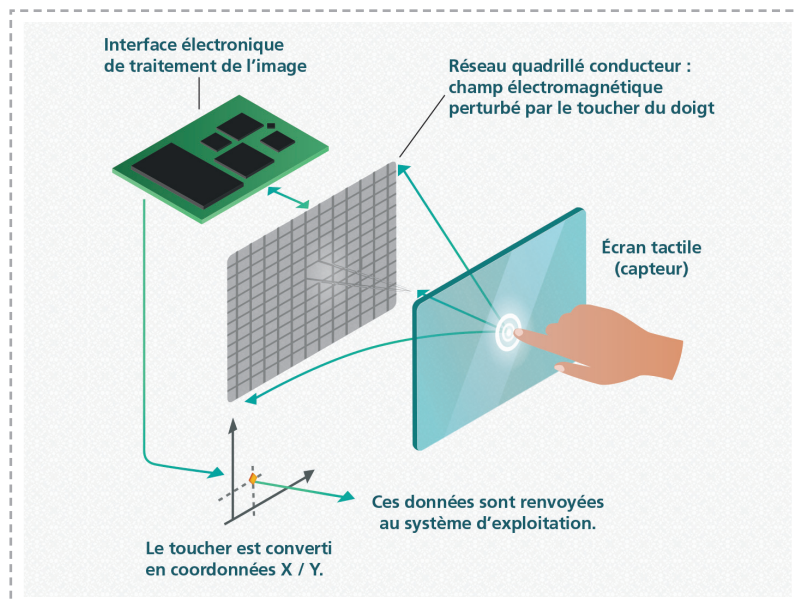


Figure 9

Cheminement du signal provoqué par l'appui d'un doigt sur l'écran.

La batterie

C'est le réservoir d'énergie pour le smartphone. Elle se décharge en plusieurs heures ou plusieurs jours en fonction de l'utilisation. On y adjoint souvent un supercondensateur qui peut faire face aux pics de consommation et suppléer la batterie. Le lecteur pourra se référer au chapitre « Stocker l'énergie pour communiquer » présentant la technologie sous-jacente aux batteries.

Conclusion

Dans un smartphone, la chimie est présente à toutes les étapes : le silicium ultra pur dans les transistors, les polymères et les colorants organiques sur l'écran, les oxydes d'étain et d'indium sur les surfaces. Par ailleurs, sans électrochimie la batterie ion lithium ne fournirait pas de courant électrique pour le faire marcher.