

sociétés élaborent aussi des panneaux à plasma de grande taille, mais elles n'ont pas encore construit d'écran de diagonale supérieure à un mètre : les Sociétés *Philips* et *Thomson Tubes Électroniques*, par exemple, portent leur effort sur des écrans plus petits, de haute résolution.

Non seulement les écrans à plasma utilisent à plein les performances des nouvelles normes de télévision, mais ils concrétisent un vieux rêve des ingénieurs : plats et légers, ils s'accrocheront au mur comme un tableau. Au cours des années, plusieurs dispositifs plats de visualisation sont apparus, et quelques-uns, notamment les écrans à cristaux liquides, se sont imposés : dans les ordinateurs portables, dans les tableaux de bord d'avions et dans divers matériels électroniques. Cependant, seule la technique des écrans à plasma autorise la production d'écrans suffisamment grands pour l'affichage d'images très précises et changeant rapidement.

## Le fonctionnement

Par de nombreux aspects, les écrans plats sont supérieurs aux tubes cathodiques, ainsi qu'aux systèmes de projection grand format (*voir les encadrés des pages suivantes*). Beaucoup moins lourds et moins encombrants, ils ont une résolution et une luminosité uniformes sur toute la surface d'affichage, tandis que les tubes cathodiques et les projecteurs ont une résolution moins bonne et sont moins lumineux sur les bords et dans les coins. Les écrans plats sont plus efficaces (la quantité de lumière produite pour une puissance donnée est supérieure) que des dispositifs de projection de même taille et ils consomment moins d'énergie qu'eux, mais ils demeurent moins efficaces que les tubes cathodiques.

Le principe des écrans plats qui semblent le mieux fonctionner ressemble à celui des tubes fluorescents : un gaz traversé par un courant électrique est ionisé, c'est-à-dire que ses atomes et ses molécules perdent des électrons (un gaz ionisé est nommé plasma). Dans les écrans à plasma, le gaz est généralement un mélange d'hélium et de xénon. Le gaz ionisé émet un rayonnement ultraviolet qui excite un luminophore déposé sur la paroi interne du dispositif. En se désexcitant, ce dernier émet de la lumière visible.

Cette émission de lumière se produit dans chacun des millions d'éléments d'image (les pixels) qui constituent la surface de l'écran. Chaque pixel est composé de trois cellules, et chaque cellule contient des électrodes ainsi que des composés photo-émissifs peints sur les parois, sur le fond et, parfois, à l'avant de la cellule.

Chaque cellule fonctionne comme un tube fluorescent dont la couleur rouge, bleue ou verte dépend du type de luminophore. Ces luminophores sont le plus souvent des oxydes dopés. Pour le rouge, on utilise, par exemple, un oxyde d'yttrium dopé avec de l'euporium. Le vert peut être émis par un oxyde de zinc et de silicium dopé avec du manganèse. Enfin, le bleu s'obtient avec un oxyde de baryum, d'aluminium et de manganèse, dopé avec de l'euporium.

Cette brève description ne montre pas pourquoi la mise au point des écrans à plasma est si difficile. L'ionisation des gaz, tout d'abord, pose des problèmes. Lorsque l'on crée une différence de potentiel entre deux électrodes placées dans un gaz, aucun courant ne circule tant qu'il n'y pas de particules chargées (ion ou électron) pour le transporter. Dès sa création, la première particule chargée se déplace dans le gaz sous l'action de la force engendrée par la différence de potentiel ; elle rencontre alors d'autres atomes et molécules, qu'elle ionise et qui, à leur tour, ionisent d'autres atomes. Ainsi augmente le courant transporté entre les électrodes. Lorsque les ions positifs du gaz captent des électrons, ils émettent de la lumière ultraviolette, visible et infrarouge.

Pour obtenir des écrans efficaces, on doit à la fois faciliter la création d'ions primaires et limiter le courant qui circule entre les électrodes. Pour fournir les premières particules chargées, les systèmes à plasma utilisent une décharge auxiliaire, de sorte que la commutation puisse avoir lieu plusieurs fois par seconde.

D'autre part, les cellules doivent être conçues de manière que le courant qui circule entre leurs électrodes n'augmente pas excessivement. Sans une limitation de courant, le gaz s'ioniserait totalement, sa résistance électrique diminuerait et la décharge se transformerait en un arc électrique qui détruirait la cellule.

## Les signaux organisés

Les industriels fabriquent deux types d'écrans à plasma : les écrans à courant alternatif et les écrans à courant continu. Dans les écrans à courant alternatif, les plus répandus, le courant est limité grâce à la conception même des cellules : les deux électrodes situées dans chaque cellule sont séparées du gaz par une mince couche de matériau électriquement isolant, qui, comme un condensateur, ne peut être traversée que par un courant alternatif. En outre, ce condensateur limite le débit de courant et empêche la décharge de se transformer en arc.

Un écran à plasma ne se réduit pas à une série d'éléments lumineux : les ingénieurs doivent organiser la manière dont les signaux électriques commandent les cellules pour former des images. Comme pour tous les écrans plats, les cellules d'un panneau à plasma sont disposées selon un quadrillage. Les conducteurs électriques menant aux électrodes sont les lignes et les colonnes de ce quadrillage, dont chaque intersection comporte une cellule photo-émissive. Chaque conducteur est commandé par un circuit électronique qui émet le courant de commande.

Tous les écrans actuels étant des descendants des tubes cathodiques, de nombreuses techniques utilisées aujourd'hui pour la commande des écrans à plasma sont issues de leur vénérable ancêtre. Dans un tube cathodique, un faisceau d'électrons balaie l'écran. Le faisceau commence en haut à gauche, balaie une ligne vers la droite, pixel après pixel, descend d'un cran, puis balaie une nouvelle ligne, et ainsi de suite jusqu'à la ligne du bas, après laquelle il repart en haut de l'écran. Une image complète forme une trame, et le tube affiche 25 trames par seconde (30 en Amérique du Nord). Les écrans d'ordinateur, eux, sont «rafraîchis» 50 fois par seconde (60 fois aux États-Unis), que l'image soit modifiée ou non.

Avec leur arrangement matriciel et leurs cellules qui réagissent lentement, les écrans plats ne peuvent utiliser la technique de balayage des tubes cathodiques. Le signal commande l'affichage simultané de toutes les cellules d'une ligne, et une trame est obtenue par l'affichage de lignes successives.

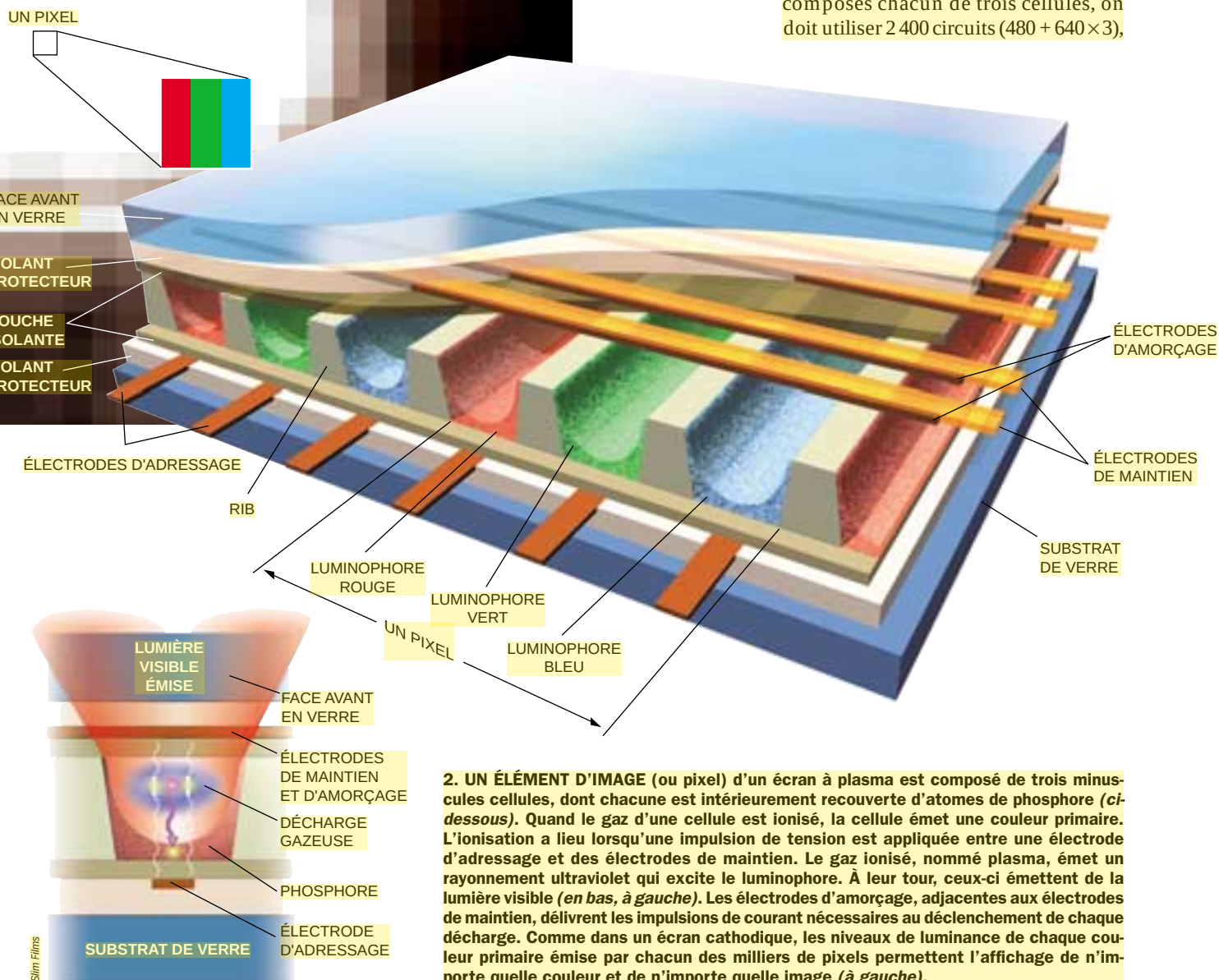
Dans un écran à plasma à courant alternatif, on applique des séries d'im-

pulsions de tension trop faibles pour déclencher une décharge. Cette tension est nommée «tension de maintien». Pour allumer une cellule particulière, on ajoute une tension (d'«excitation») à la ligne et à la colonne correspondante. Le courant qui circule charge alors le

condensateur de la cellule ; puis l'accumulation de charges produit une tension de sens contraire à la tension d'excitation, la décharge s'arrête ainsi que l'émission de lumière. Lors de l'impulsion suivante, de polarité opposée, l'effet de la charge résiduelle

s'ajoute à celui de la tension de maintien, et la cellule s'allume de nouveau. Elle reste allumée aussi longtemps que cette tension de maintien est appliquée. Chaque décharge ne dure qu'une microseconde environ et n'émet qu'une faible quantité de lumière, mais comme le nombre d'impulsions par seconde atteint 50 000, la quantité totale de lumière émise peut être notable.

On éteint une cellule en appliquant une tension qui réduit la charge électrique déposée sur les condensateurs. D'autre part, on règle la brillance des cellules en commandant le temps pendant lequel elles restent allumées. Ce système a un inconvénient, commun aux écrans plats : on doit disposer de très nombreux circuits de commande autour de l'écran. Ainsi, pour un écran classique d'ordinateur, avec ses 480 lignes et ses 640 colonnes de pixels, composés chacun de trois cellules, on doit utiliser 2 400 circuits ( $480 + 640 \times 3$ ),



**2. UN ÉLÉMENT D'IMAGE (ou pixel) d'un écran à plasma est composé de trois minuscules cellules, dont chacune est intérieurement recouverte d'atomes de phosphore (ci-dessous). Quand le gaz d'une cellule est ionisé, la cellule émet une couleur primaire. L'ionisation a lieu lorsqu'une impulsion de tension est appliquée entre une électrode d'adressage et des électrodes de maintien. Le gaz ionisé, nommé plasma, émet un rayonnement ultraviolet qui excite le luminophore. À leur tour, ceux-ci émettent de la lumière visible (en bas, à gauche). Les électrodes d'amorçage, adjacentes aux électrodes de maintien, délivrent les impulsions de courant nécessaires au déclenchement de chaque décharge. Comme dans un écran cathodique, les niveaux de luminance de chaque couleur primaire émise par chacun des milliers de pixels permettent l'affichage de n'importe quelle couleur et de n'importe quelle image (à gauche).**

quelle que soit la taille matérielle de l'écran (en comparaison, un tube cathodique n'a que deux circuits pour commander les déviations horizontales et verticales du faisceau, et trois circuits de modulation, un pour chaque couleur). Même avec la diminution du coût des circuits intégrés, ceux-ci sont si nombreux que les écrans à plasma restent chers.

Dans les écrans à plasma à courant continu, le courant est également appliqué par impulsion, mais les impulsions ont toutes la même polarité. Différents systèmes sont testés, mais, aujourd'hui, le seul grand écran à courant continu a été mis au point par les Laboratoires NHK (le centre public japonais de recherches en télé-

communication). Ces derniers ont présenté un écran de 1,056 mètre de diagonale, avec une bonne luminance et un bon contraste, mais ce système demeure lourd et moins efficace que les écrans à courant alternatif. De plus, il chauffe de manière excessive, et sa structure complexe le rend coûteux à fabriquer.

Un autre problème concerne la durée de vie. L'électrode négative (la cathode) s'use : soumis à un bombardement continu, les atomes sont éjectés de la cathode et se redéposent partout sur l'intérieur de la cellule. Le problème est plus gênant avec les écrans à courant continu, car le matériau pulvérisé est un métal et non un isolant, de sorte que des courts-

circuits peuvent se produire. À la longue, la cellule s'assombrit et l'écran devient moins lumineux.

Un groupe de Saint-Petersbourg a présenté un autre dispositif à courant continu, qui semble prometteur : cet écran est constitué d'un assemblage de morceaux de 20 centimètres carrés de côté, comportant chacun  $64 \times 64$  pixels. Les raccords, très fins, sont quasi invisibles. Chaque morceau étant piloté de façon indépendante, la luminance de l'écran est indépendante de sa taille, ce qui n'est pas le cas pour l'écran japonais, où la luminance est inversement proportionnelle au nombre de lignes. Cette structure composite ouvre la voie aux écrans de très grande dimension.

## Grands, lumineux et organiques

Parmi les nombreuses structures d'écrans plats, celle des écrans électroluminescents organiques semble particulièrement prometteuse : les molécules photoémissives sont ici des molécules organiques, c'est-à-dire composées d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Avec leurs couches actives 1 000 fois plus minces qu'un cheveu, ces dispositifs ont été présentés pour la première fois il y a juste dix ans. Les meilleurs d'entre eux, beaucoup plus brillants que les tubes cathodiques des téléviseurs actuels, fonctionnent sous une tension inférieure à dix volts durant des dizaines de milliers d'heures. Suffisamment rapides pour afficher des films vidéo, les matériaux organiques sont des composants de choix pour les écrans d'ordinateurs et de télévision de demain.

Ces appareils ont des caractéristiques étonnantes. Notamment les faibles liaisons qui s'exercent entre les molécules organiques permettent de les déposer sur des substrats plastiques minces et flexibles. Les écrans peuvent ainsi être roulés ou moulés sur des contours variés. Les couches actives et leurs supports plastiques sont si légers que le poids d'un écran d'ordinateur portable pourrait, en théorie, être réduit à une centaine de grammes.

Pour l'instant, l'écran le plus grand mesure 12,5 centimètres de diagonale, mais, en raison du faible coût des matériaux utilisés, on imagine un mur recouvert d'un écran organique géant. Les potentialités de ces matériaux intéressent des Sociétés comme *Eastman Kodak* ou *Motorola*, qui ont investi des milliards de francs dans des programmes de recherche appliquée, mais aussi de petites sociétés spécialisées.

### De la lumière, naturellement

La plupart des écrans organiques comportent trois couches de semi-conducteurs organiques : la couche de transport électronique, la couche émettrice de lumière et la couche de transport de trous. Ces couches sont entou-

rées par une cathode et une anode (voir la figure ci-dessous). Les particules négativement chargées (les électrons) et les porteurs de charges positives (les trous, qui correspondent à l'absence d'un électron) sont émis respectivement par la cathode et par l'anode sous l'action du champ électrique. Ils passent alors dans la région émettrice de lumière, où ils se recombinent, formant ce que l'on nomme des excitons. Ces derniers, électriquement neutres, sautent d'une molécule à l'autre et se dés excitent en quelques milliardièmes de seconde, émettant un photon dont l'énergie détermine la couleur. En choisissant une molécule adéquate pour la couche émettrice, on obtient de la lumière rouge, verte ou bleue. Selon la configuration des

