

avant coureur

Un aperçu des évolutions technologiques et des changements qu'elles pourraient provoquer.



écrans flexibles

avant-coureur

Par EKIANJO

Dans le dernier numéro, je vous présentais ce à quoi pourrait ressembler l'avenir des écrans télévisuels dans nos foyers, avec l'évolution des technologies 3D. Cette fois-ci, nous allons nous écarter du foyer proprement dit, pour imaginer et prévoir l'évolution d'écrans plus mobiles : les écrans flexibles.

Tout comme l'écriture s'est d'abord manifestée sur des supports rigides comme la pierre ou le bois, avant de trouver refuge dans un médium flexible, d'abord avec le parchemin, enroulable, puis le livre, reliable, la technologie d'affichage des informations au XXe siècle suit une évolution similaire : l'apparition des écrans cathodiques - lourds et encombrants - suivie d'une évolution majeure vers les écrans plats avec, entre autres, la technologie des cristaux liquides. Comme la plupart des technologies liées à l'électronique, tout converge rapidement vers une miniaturisation progressive. Pour les écrans, cela signifie que l'épaisseur nécessaire à l'affichage se rapproche de plus en plus de celle d'une feuille de papier. Et au fur et à mesure que cette dimension diminue, les écrans tendent aussi vers la flexibilité, puisque la présence d'un support rigide n'est alors plus nécessaire.

L'avantage de supports flexibles pour les affichages numériques est en soi évident : dans l'idéal, les supports flexibles peuvent être plus adaptables, car pliables ou enroulables, plus compacts donc moins onéreux à fabriquer, et plus résistants (car flexibles, bah oui).

Mais avant d'entrer dans le champ de leurs applications à venir, attachons-nous à passer en revue les différentes tech-

nologies actuelles permettant d'afficher des pixels sur un écran plat, pour mieux comprendre l'étendue des possibilités actuelles et futures.

Les écrans plats, ou FPDs. (flat panel displays)

La manière la plus simple de classer les écrans plats est de les séparer en deux catégories primaires : s'ils émettent par eux-mêmes de la lumière ou non.

La plupart des écrans actuels sont des LCDs, et les LCDs ne sont pas capables de produire de la lumière – ils ont besoin d'un panneau luminaire à l'arrière de leur dalle pour rendre les couleurs visibles.

Du côté des écrans capables d'émettre de la lumière (ou d'en « produire » par réflexion), il existe plusieurs sous-catégories : les écrans à gaz (Plasma), ceux dits SED (Surface-conduction Electron-emitter Display), ceux qui se targuent de l'appellation « E-paper » imitant le principe du papier pour réfléchir la lumière, et enfin les écrans LED avec leurs dérivés (OLED, AMOLED).

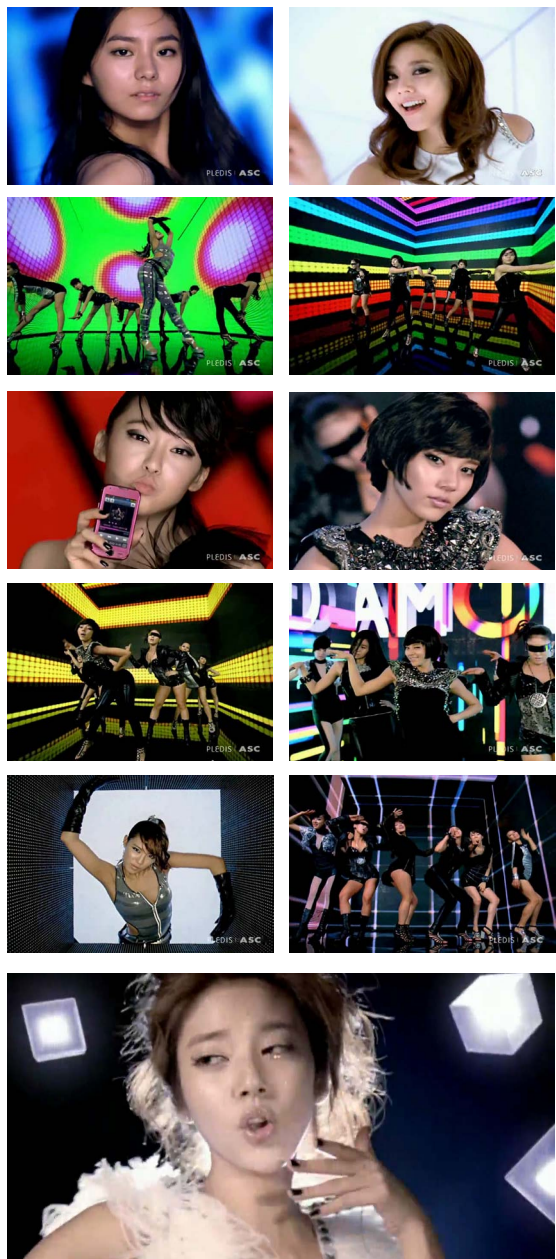
Vous n'avez peut-être jamais entendu parler des SEDs. C'est normal, puisque la technologie, bien que prometteuse, ne semble plus avoir d'avenir commercial dans l'immédiat. Il s'agissait en fait d'une évolution des vieux écrans cathodiques d'antan, dans le principe. En lieu et place d'un gros tube cathodique qui parcourt l'écran rapidement, dans le cas des SEDs, chaque pixel est une sorte de mini-CRT, avec son propre émetteur d'électron, le tout à une taille très réduite,

bien entendu. La technologie avait de multiples avantages, avec une grande finesse de pixels possible et un contraste très élevé (100 000 pour 1, avec un taux de rafraîchissement de 0,2 ms). Ajoutez à ça un angle de vue énorme (sans dégradation de la qualité de l'image), bref, largement mieux que ce que les meilleurs LCDs pouvaient prétendre atteindre. Canon comptait sortir de nouvelles télévisions avec cette techno dès 2008, en partenariat avec Toshiba pour la fabrication. Mais à cause de problèmes de brevets, Canon avait dû retarder leur mise en vente. Le marché changeant rapidement, Canon a en parallèle pris des parts dans le développement des TV LED. 2010 marque l'abandon officiel par Canon du SED pour les produits de grande consommation, avant de liquider sa filiale en question.

Il paraît que des applications dans le domaine du médical seraient encore envisageables, mais bon, vu le nombre de radiologues lisant Sanqua, permettez-moi de tirer un trait ici.

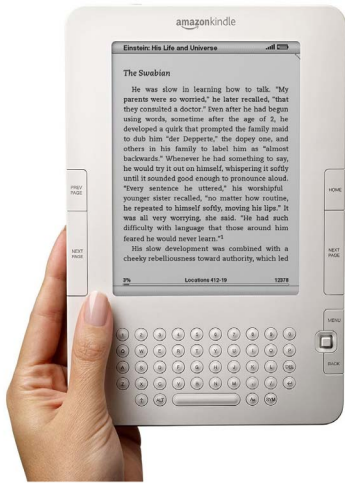
Le plasma, déjà abordé dans SPARK1, mérite lui aussi d'être éliminé de la liste. Bien que toujours techniquement très correct, il n'évolue guère, reste gros, et sa consommation est stable face à des écrans LCDs qui s'améliorent de jour en jour avec des prix de plus en plus bas.

L'introduction des écrans LED (OLED, AMOLED) ne fait qu'enfoncer davantage dans la boue le plasma, puisqu'à moyen terme, les écrans LEDs devraient être moins chers à fabriquer et encore meilleurs que les écrans LCDs, grâce à une complexité réduite pour la fabrication en masse.



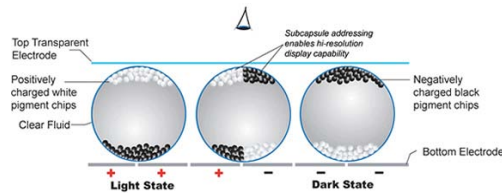
Samsung est à l'origine d'un des meilleurs spots de pub pour une nouvelle technologie, en engageant Son Dambi pour interpréter le titre "AMOLED" en collaboration avec le girls band "After School". La Corée, le pays du bon goût?



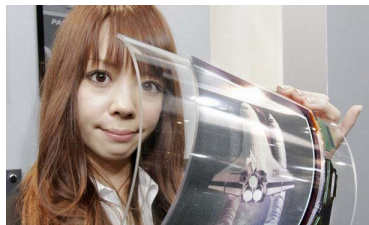
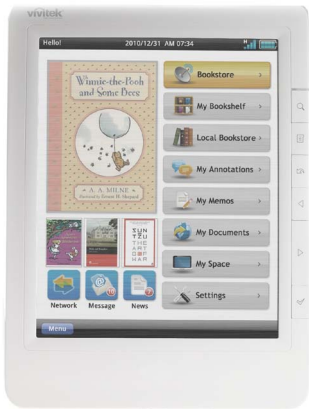


E·INK

L'e-ink est basée sur le principe de l'électrophorétique, déjà relativement vieux, qui, dans sa dernière itération, mélange des particules réfléchissantes "blanches" et absorbantes "noires" pour créer une image, le tout dans un medium huileux. C'est très lent, c'est moche, la résolution est pourrave et c'est aussi la principale raison pour laquelle je n'ai pas d'e-reader. Vivement que ça disparaisse.

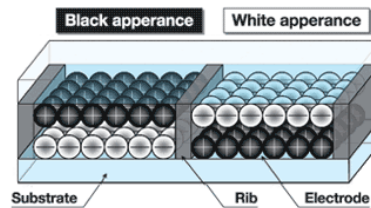


Electrophorétique



BRIDGESTONE

Non, Bridgestone ne fait pas que des pneus. Le géant japonais développe diverses technologies, dont des versions améliorées des e-readers Electrophorétiques. Là encore on mélange des particules noires et blanches, mais sous forme de poudre aux propriétés similaires à celle d'un liquide. Le tout dans l'air (pas d'huile). Un e-reader en couleurs existe déjà, et la techno est prête pour les écrans flexibles. Mais si vous attendiez à voir de la vidéo à 30 images par seconde, faudra repasser...



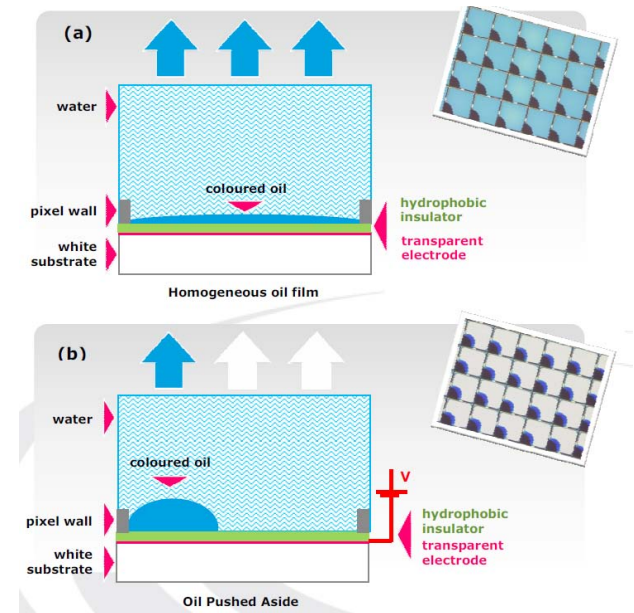
QR-LPD

Les seules technologies qui se prêtent finalement à l'apparition d'écrans flexibles sont celles dites du « E-paper », et celles de l'OLED.

Pour le « E-paper », il s'agit davantage d'une sous-catégorie. En effet, de multiples manières d'aboutir à un résultat similaire existent, et il est important de comprendre leur fonctionnement pour mieux saisir en quoi elles sont différentes.

La plus commune, dite « E-ink », utilisée notamment dans le Kindle d'Amazon et le Sony Reader, est basée sur le principe de l'électrophorétique. Pour simplifier, il s'agit d'une suspension de particules pigmentées chargées dans une huile, présente dans chaque micro-cellule qui constitue chaque pixel de l'écran. L'huile n'est pas transparente, mais colorée (en noir). Une fois soumises à une tension, les particules chargées migrent d'une côté ou de l'autre de la paroi. Quand elles se retrouvent en face de l'écran, le pixel apparait comme « blanc », les particules agissant comme agents réfléchissants de la lumière. Quand les particules se retrouvent à l'opposé de l'écran, la lumière est alors absorbée dans l'huile noire, et ne ressort pas : le pixel apparait alors comme sombre.

Bridgestone (qui ne fait pas que des pneus) possède aussi sa propre technologie dans le domaine, le QR-LPD (Quick Response Liquid Powder Display). Au lieu d'utiliser l'huile comme medium, c'est l'air qu'ils emploient (c'est moins cher de l'heure... oh oh). Les particules chargées sont cette fois-ci sous forme de poudre aux propriétés physiques proches de celles d'un liquide (d'où le nom « Liquid Powder »). Deux



L'electrowetting (ou électromouillage, en bon français) est une autre technologie à base d'huile et de flotte. Cette fois-ci, pas question de balancer des particules d'un coin à l'autre de la cellule : il s'agit de modifier la surface couverte par l'huile, en modifiant le courant appliqué, ce qui modifie l'apparence de chaque pixel. Liquavista a réussi à en faire des versions en couleurs, et le procédé est suffisamment rapide pour permettre la vidéo. Samsung est maintenant propriétaire de la techno.

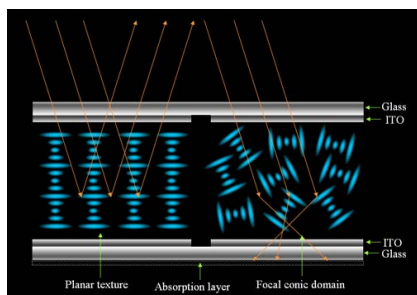
types de particules doivent alors fonctionner de pair : celles réfléchissantes (renvoyant donc l'impression de pixel blanc) et celles obstruant (absorbant la lumière pour donner un pixel noir). Récemment, Bridgestone a aussi dévoilé une version en couleurs de cette technologie. Malgré son acronyme, le « Quick Response » n'est pas à l'ordre du jour. La vitesse de rafraîchissement est encore très lente, même si, comparée à l'électrophorétique, elle est effectivement bien plus vélocité.

Une autre variante de la technologie est connue sous le nom de REED (Reverse Emulsion Electrophoretic Display). Il s'agit cette fois-ci d'une dispersion de nano-gouttes polaires dans un liquide apolaire – bref, deux liquides non miscibles. Les nano-gouttes sont composées de pigments bleus et de surfactants dans un ratio déterminé, pour éviter que les nano-gouttes ne se regroupent cash, sans rien vous dire, en une seule grosse goutte par attraction mutuelle. Quand de l'électricité parcourt le liquide médium, les nano-gouttes se regroupent alors dans le liquide, et modifient donc l'absorbance lumineuse du liquide. Ce procédé utilise apparemment moins d'énergie que l'E-ink, et permet d'avoir des taux de rafraîchissement plus rapides, permettant même la vidéo.

Un autre avantage concerne le procédé de fabrication : il pourrait être compatible avec ceux utilisés actuellement pour la fabrication d'écrans LCDs. La société Zikon est apparemment la seule à travailler activement sur le sujet, et les informations concernant leurs écrans en développement sont difficiles à obtenir, d'où l'absence de comparaison avec les autres offres précitées.

L'« Electro-wetting » est une autre technologie, très prometteuse. Liquavista, une startup qui a déjà lancé plusieurs écrans basés sur ce principe, vient d'être rachetée par Samsung, conscient de l'intérêt stratégique de ce genre d'affichage. Du point de vue physique, c'est extrêmement simple. Chaque pixel est une micro-cellule contenant de l'eau claire et de l'huile colorée. Au fond de la fosse de la cellule se trouve une surface hydrophobe isolante. Puisque cette surface n'aime pas l'eau, elle s'associe directement avec l'huile présente dans le mélange. L'huile a donc tendance à recouvrir la surface hydrophobe, « noircissant » alors le pixel. Si on induit un courant à cette solution, la tension entre la surface de l'eau et celle de l'huile s'en trouve altérée, et l'eau chasse alors l'huile sur le côté de la cellule. La surface n'est alors plus recouverte par l'huile, et apparaît comme « blanche ». Même si techniquement, un coin de la surface est toujours occupé par l'huile, cela reste un phénomène microscopique. À l'œil nu, les pixels apparaissent donc comme blancs.

L'electrowetting a de multiples avantages. Sa fréquence de rafraîchissement est tout d'abord très rapide. Le temps de réponse est évalué à 3 ms, et il faut à peu près 20 ms pour passer d'un état de noir complet à blanc complet. Une vitesse largement suffisante pour permettre 25 images par seconde, donc de la vidéo. La consommation de ce type d'affichage est aussi très réduite, parmi les plus basses du marché. Par contre, cette technologie n'est pas bi-stable, c'est-à-dire que les pixels ne restent pas dans leur état s'ils cessent d'être excités, contrairement à l'électrophorétique. Malgré tout, le voltage étant relativement stable dans ce genre de cellule, il n'est



Les LCD cholestériques sont capables de changer d'orientation quand ils sont soumis à un courant, et réfléchissent alors la lumière différemment. Le contraste est pas terrible, ne vous fiez pas à l'image ci-dessus, c'est quasiment jamais comme ça en vrai. C'est du niveau des "babes" qui présentent ces écrans. Pas de quoi vous faire bander.

LCD Cholestérique



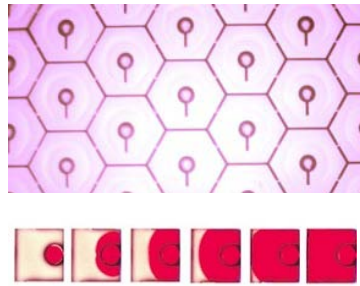
pas nécessaire de rafraichir le courant toutes les 50èmes de seconde pour avoir une image stable. Un rafraichissement beaucoup plus lent permet aussi de garder une image lisible. C'est la seule technologie « E-paper » qui permet de travailler à des taux de rafraichissement variables (relativement courts ou relativement longs), pour réduire la consommation d'énergie. Maintenant, difficile de prédire l'avenir de cette technologie, tant qu'elle ne sera pas commercialisée par des acteurs majeurs dans le domaine de l'Ebook, des téléphones ou des tablettes. Comme nous l'avons vu maintes fois par le passé, ce n'est pas toujours la meilleure techno qui l'emporte.

Parmi la foule de techniques employées pour réfléchir cette foutue lumière, citons aussi les LCD cholestériques (ChLCD).

Non, ils n'ont pas de problèmes de cholestérol, malgré ce que semble indiquer le nom. Il s'agit en fait de LCD figés sous forme de spirale, et qui ont des propriétés bi-stables comme l'électrophorétique. Il n'est pas nécessaire d'avoir du courant en permanence pour garder ledit LCD dans son état, mais uniquement pour le faire changer d'un état à un autre. On les appelle aussi des « Zero-power LCD ». Cette méthode d'affichage a été utilisée dans les premiers lecteurs d'eBooks comme ceux de Jinke. Il est possible de fabriquer des ChLCD en couleurs sans passer par des filtres de lumière. Ce genre d'affichage permet non seulement de réfléchir la lumière visible, mais aussi les infrarouges, ce qui en fait une technologie privilégiée pour les applications militaires. Le temps de réponse est encore relativement long (Fujitsu

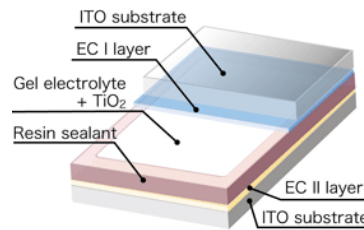
annonce 70 ms pour leur technologie, bien que Kent Displays prétende atteindre 25 ms) et le taux de contraste pas génial (Fujitsu : 7 :1) quoique Kent Displays là encore roule des mécaniques (avec du 25 :1, le meilleur taux de contraste pour les e-papers). Mais Kent Displays n'a pas vraiment d'écran prototype à montrer au public, donc on se contentera de croire en Fujitsu, qui eux ont déjà commercialisé un écran (en couleurs) à base de ces LCD cholestériques.

La technologie électrofluidique, est, elle, très simple dans le principe. Imaginez une surface d'un pixel recouverte de minuscules cavités. Dans ces petits trous, se délassent des dispersions aqueuses de pigments. Comme ces cavités ne représentent qu'une toute petite partie de la surface totale (disons 5%), elles sont invisibles à l'œil nu, qui ne perçoit alors qu'un pixel blanc. Mais une fois soumis à l'excitation électrique, nos petites dispersions aqueuses sortent en courant de leurs cavités pour recouvrir ni une ni deux plus de 90% de la surface. Comme le procédé utilise des pigments colorés, le rendu est très proche de celui du papier. L'indice de réflexion des autres technologies e-ink se situe entre 40 et 50%, mais l'électrofluidique atteint apparemment 70% sans problèmes, avec l'espoir de pouvoir toucher des doigts l'indice du papier (85%) dans un futur proche. Le taux de rafraichissement serait aussi plus rapide que celui de l'électrophorétique – les chiffres de 20 ms sont annoncés – ce qui rendrait la vidéo possible. Récemment (fin 2010), la société Gamma Dynamics a aussi indiqué avoir trouvé un moyen de « fixer » l'image créée par ce procédé sans maintenir une tension électrique, grâce à une géométrie particulière des



Electrofluidique

Encore une idée assez marrante, qui comporte des fluides, des solutions aqueuses colorées qui se "cachent" à l'intérieur de cavités à la surface des cellules. Le courant les fait sortir des cavités à volonté, de manière très rapide, pour "noircir" le pixel. C'est suffisamment vélocité pour permettre la vidéo, mais on attend encore de voir des prototypes pour se faire une idée claire du potentiel.



Electrochromique

Rien à voir avec les autres techniques. Ici, c'est le principe de l'oxydation-réduction qui est à l'origine du changement des couleurs dans chaque cellule. Le rendu des couleurs semble excellent, mais le changement d'état est bien trop lent pour prétendre à une utilisation universelle. Mais pour les étiquetages, c'est tout bon. Et c'est déjà flexible, comme Siemens l'a prouvé.

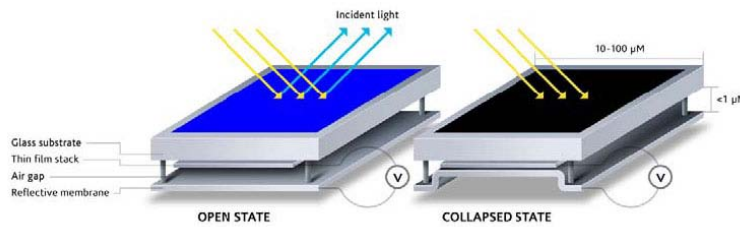
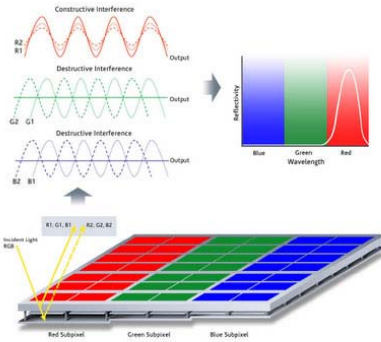
cellules. De fait, ces écrans deviendraient aussi bi-stables. Un autre avantage, important, concerne la production en masse : il serait possible de fabriquer de tels écrans avec les chaînes pour LCD traditionnelles, rendant le coût de la transition a priori moindre. Mais tout cela, c'est encore du théorique, vu qu'on est encore au stade du prototype...

Des technologies encore plus fantaisistes, en veux-tu, en voilà, comme celle de l'électrochromique. Celle-ci utilise la propriété de l'oxydation / réduction de certains matériaux, qui changent de couleur suivant l'un ou l'autre de ces états. Un affichage par EC doit fonctionner avec deux conducteurs : le matériau qui subit l'oxydation ou la réduction et un électrolyte, le tout fixé sur un substrat pour maintenir les deux ensemble. Au niveau du rendu, c'est très proche de ce que le papier peut offrir, puisque le contraste offert est très grand et les couleurs très riches. Les matériaux absorbent certains

spectres de la lumière visible et en réfléchissent d'autres, tout comme le font les pigments dans les encres pour papier, quand la plupart des autres technologies fonctionnent sur le principe de la dispersion de la lumière. Les affichages électrochromiques peuvent être extrêmement fins, jusqu'à 100 microns d'épaisseur, ce qui en fait des candidats favoris pour des écrans flexibles. Le temps de réponse semble néanmoins faire obstacle à toute utilisation vidéo : en 2005, après plusieurs années de recherche, les meilleurs résultats approchaient les 200 ms. Même si des progrès récents ont sans doute vu le jour, il est peu probable qu'ils aient été spectaculaires. On en aurait sûrement parlé récemment si ça avait été le cas.

N'oublions pas non plus de citer Mirasol et sa technologie unique des IMOD (Interferometric MODulator Display). Là, on est dans le domaine de l'optique de pointe, où les sub-pixels se comportent comme des interféromètres de Fabry-Perot

(merci Wikipedia pour m'apprendre tous les jours comment mieux épater mes amis). Ces interféromètres ne réfléchissent qu'une longueur d'onde particulière de la lumière, produisant alors des couleurs vives et pures, de la même manière que les ailes de papillon, qui reproduisent aussi ce phénomène dans la nature. Il s'agit là aussi d'une techno bistable, qui ne consomme d'énergie qu'en changeant d'état. Le principe optique est complexe, mais techniquement la mise en place est relativement simple. La surface se compose d'une membrane réfléchissante secondée, en dessous, d'un autre film qui agit en tant que miroir, séparé par un espace de la première. Quand la lumière ambiante est réfléchi par la première membrane et le film miroir simultanément, les deux lumières émergentes coïncident, d'où naît une interférence, produisant une lumière d'une longueur d'onde précise. Pour faire varier les couleurs, on ajuste la distance entre les deux films, grâce à la surface miroitante inférieure, légèrement



flexible. Suivant la taille de l'espace entre les deux surfaces, la longueur d'onde résultante varie. Ainsi, tout le spectre de la lumière visible peut être recréé. Au point de vue fabrication, de nouveaux procédés utilisant le principe de jet d'encre ont été développés. Ces avancées feront du Mirasol une technologie peu coûteuse à produire dans un futur proche. Rien ne semble donc s'opposer à une prochaine commercialisation. Le temps de réponse de ce genre d'affichage est suffisant pour assurer une vidéo fluide à 30 fps, et permet de regarder n'importe quel contenu en plein soleil, sans problème. Qualcomm a bien compris l'intérêt stratégique et a annoncé une nouvelle usine consacrée au Mirasol, basée à Longtan, Taiwan, pour produire des écrans de petite et moyenne tailles. Cet établissement sera fonctionnel à partir de 2012, suite à un investissement de presque un milliard de dollars. Et ce n'est pas la seule usine capable de les produire... Au CES 2011, les derniers prototypes ont été

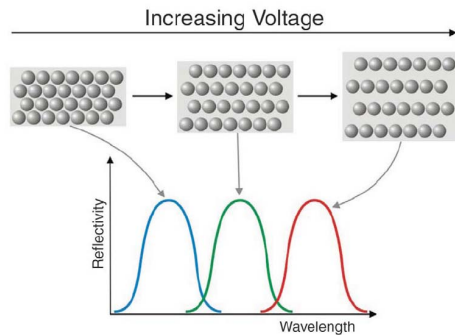
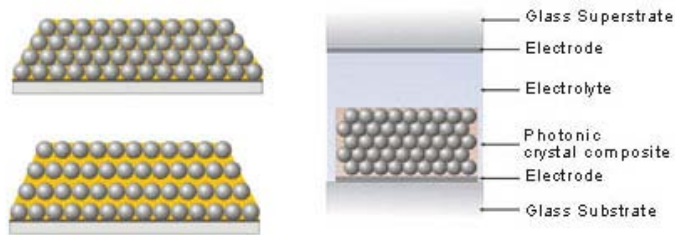
Interference Modulator (IMOD)

Une manière de faire tout à fait à part. Au lieu de créer des couleurs par simple réflexion, les écrans IMOD génèrent des couleurs par interférences lumineuses, tout comme les ailes de papillon dans la nature. Un procédé qui serait impossible à concevoir sans une théorie ondulatoire de la lumière. Mirasol est l'une des sociétés leader dans le domaine, rachetée récemment par Qualcomm qui sentait la bonne idée. Ces écrans IMOD existent déjà et ont été présentés au CES à deux reprises, et on sait pour sûr qu'ils sont capables d'afficher de la vidéo, même si quelques saccades sont visibles. C'est sans doute la technologie la plus à même de faire oublier à tout le monde le E-ink de merde.

dévoilés, et même s'il reste encore des progrès à faire (pour avoir un peu plus de luminosité, et encore plus de fluidité dans l'affichage), on est quand même à des années-lumière de l'horrible E-ink. Quand même, du progrès...

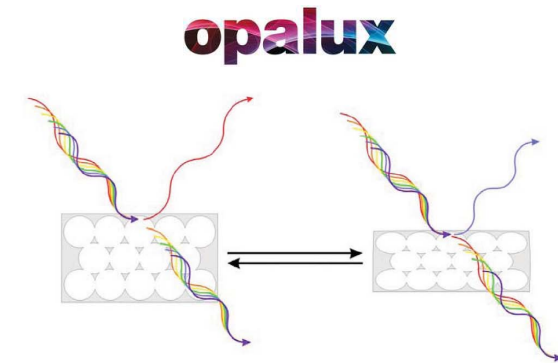
Les technologies du futur

Deux autres techniques pour réfléchir de la lumière sont encore en développement, et ne seront pas prêtes pour le marché avant plusieurs années. L'une est connue sous le nom de « Photonic Crystal Technology ». Des nanostructures cristallines, donc d'un arrangement particulier, ont une propriété de modifier la couleur réfléchie. Les opales artificielles, par exemple, peuvent être stimulées grâce à un courant pour altérer leur couleur. Si l'on intègre ces opales sur une couche comprenant des millions de minuscules sphères de silice, imbriquées sur un polymère électro-actif, le tout pris en sandwich entre deux électrodes transparentes, vous obtenez un pixel



Photonic Crystals

Dans ce cas là on utilise la propriété physique de certains cristaux en matière de réflexion de la lumière. Et suivant l'arrangement de la structure cristalline, avec plus ou moins d'espace, on peut modifier le spectre de la lumière réfléchi. Apparemment seules les opales ont ce genre de propriété, mais la société Opalux a eu une idée géniale : elle "moule" le cristal des opales dans un polymère, puis dissout les opales. Il ne reste alors plus qu'un polymère qui ressemble à un gruyère, les trous se trouvant là où les opales étaient placées. Au final, ce réseau polymérique a les mêmes propriétés de réflexion de la lumière que les opales (sorte de réseau inversé), et le polymère peut être compressé davantage, car il est plus flexible.



à l'écran. Quand le courant passe, vous pouvez contrôler le polymère électroactif pour le faire gonfler à certains endroits, ce qui modifie l'écart entre ces nano-sphères, produisant alors d'autres couleurs. L'avantage de cette techno est que le pixel lui-même peut changer complètement de couleur (sans être une combinaison de rouge, vert, bleu), permettant ainsi des couleurs plus vives et plus intenses.

Les récents développements ont permis d'améliorer considérablement le rendement de cette technologie : désormais les nano-sphères sont dissoutes directement dans un polymère poreux, et il n'est plus nécessaire d'utiliser une encapsulation dans la silice. Les pores des polymères sont alors remplis d'un liquide électrolyte pour transmettre le courant, et le tout est bigmac-isé entre deux électrodes. Mais rien n'est encore parfait : le liquide électrolyte perd de son efficacité avec le temps, un peu comme dans le cas des batteries rechargeables. Et la vitesse de passage d'une grande longueur d'onde à une plus faible (de l'autre bout du spectre, du rouge

au violet par exemple), laisse encore à désirer. Il n'est encore pas sûr que ce système voie le jour.

L'autre voie est celle de LCDs doublés de nouveaux polymères photo-alignables, basés sur des pigments Azo. Un procédé à faible coût permettrait de rendre ces LCDs bistables. Un polymère basé sur des pigments Azo permet de modifier les couleurs issues du LCD, et reste stable en termes d'alignement une fois modifié. La modification du polymère est effectuée par UV. Pour rendre possible ce genre d'écran, il serait nécessaire d'intégrer une couche de LED pour modifier l'état de ces polymères Azo et faire varier les couleurs, mais pour l'instant le mécanisme nécessaire à la réécriture de ces polymères n'est pas établi. Il faudra encore plusieurs années pour que ce procédé arrive à maturation.

Comme vous pouvez l'imaginer, le futur ne sera pas fait d'une seule technologie suprême pour répondre à tous les besoins. Il est fort probable que plusieurs de ces technologies abou-

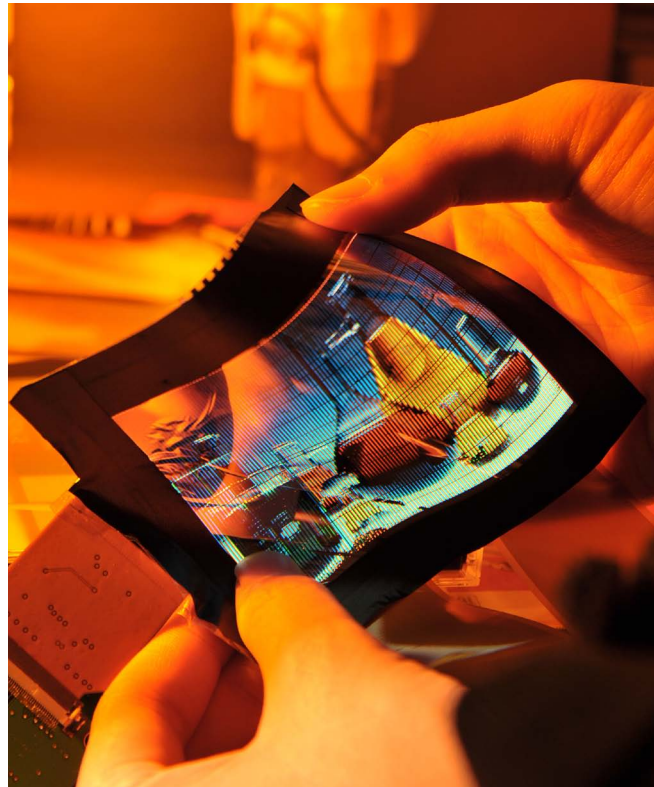
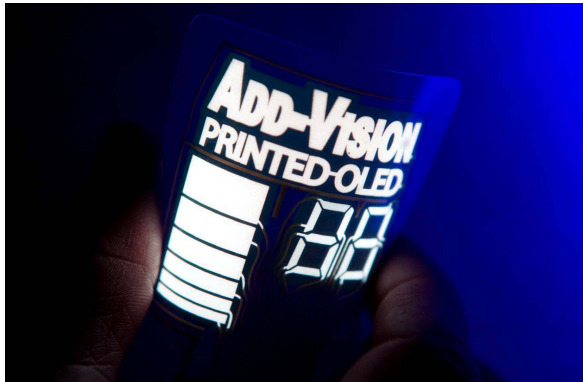
tissent commercialement, et demeurent pour leurs avantages respectifs. Il est cependant probable que pour les tablettes et les e-readers, les technologies du Mirasol (IMOD), de Liquidavista (Electrowetting) ou encore celle de Gamma Systems (Electrofluidique) l'emportent rapidement face au vieillissant procédé E-ink (Electrophorétique).

Maintenant, vous en savez plus sur ces technologies d'affichage. Qu'en est-il de leur propriété à devenir flexibles ?

La contrainte de base : flexibilité oblige.

Si l'on devait choisir entre les technologies émissives et réfléchives pour les écrans flexibles, la comparaison ne serait pas forcément uniquement technique. Bien entendu, on peut s'amuser à comparer les avantages de chacun par rapport à l'autre :

Les OLEDs peuvent se targuer d'être meilleurs que les E-paper pour tout ce qui suit : forte résolution, forte luminosité (car



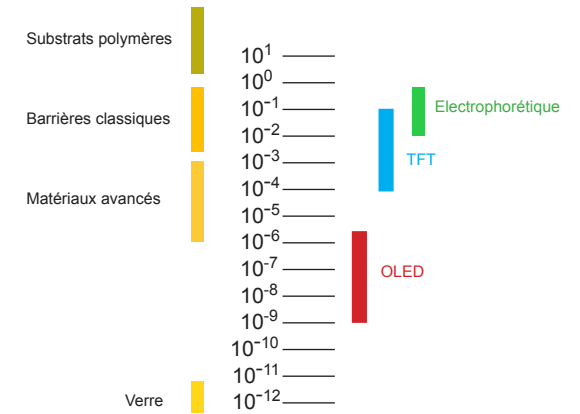
émisive), très riches en couleurs (millions), temps de réponse très court (compatible avec la vidéo).

Mais les différentes technologies d'E-paper présentent cependant d'autres avantages : un coût très faible dans les années à venir, un contraste qui s'améliore d'année en année, une très bonne lisibilité même en plein soleil, donc idéale pour tout contenu textuel, consommation électrique très faible, donc très mobile, et une fixation d'image possible (sans courant), le tout couplé à une meilleure résistance physique que l'OLED.

Oui, la résistance de l'OLED est l'un des gros problèmes liés à la commercialisation d'écrans OLEDs flexibles. Pour mieux comprendre le problème, observons la différence entre un OLED classique et un OLED flexible.

Le problème, pour transformer les OLEDs actuels en OLEDs flexibles, consiste principalement à remplacer le substrat en verre par un substrat plastifiant, qui comporte les mêmes qualités isolantes. Car la perméabilité de la vapeur d'eau est un élément critique pour la technologie OLED : elle va créer des zones non-conductrices sur les électrodes par hydrolyse. D'autre part, l'oxygène de l'air va, lui, oxyder la cathode (formation de rouille). Il faut, pour limiter au maximum cet effet, garder la perméabilité de la membrane entourant l'OLED en dessous de 10^{-6} g/m² pour la vapeur d'eau, et 10^{-5} cm³/m²/jour pour l'oxygène.

Même avec un substrat en verre, les meilleurs OLEDs ne peuvent durer que 10000 à 14000 heures, ce qui est faible en comparaison des écrans LCDs dont la durée de vie peut s'étendre à 50 000 heures.



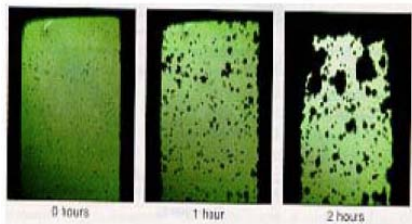
Rendre les OLEDs flexibles durables est surtout un problème de protection des cellules: il n'existe pas encore de matériaux assez efficaces pour remplacer le verre. Elles s'hydrolysent donc rapidement.

Les recherches actuelles visent donc à garantir que le substrat choisi arrive à atteindre la perméabilité limite pour garantir une durée de vie raisonnable à l'écran.

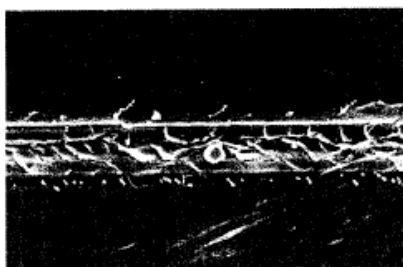
En sus, l'ITO de l'OLED (Anode) qui se trouve sur la face visuelle de l'écran, doit être capable de résister aux tensions mécaniques pour continuer à fonctionner correctement et ne pas se briser au fur et à mesure.

Il faut donc réduire au maximum son épaisseur, et l'aider avec l'ajout de composants flexibles en son sein.

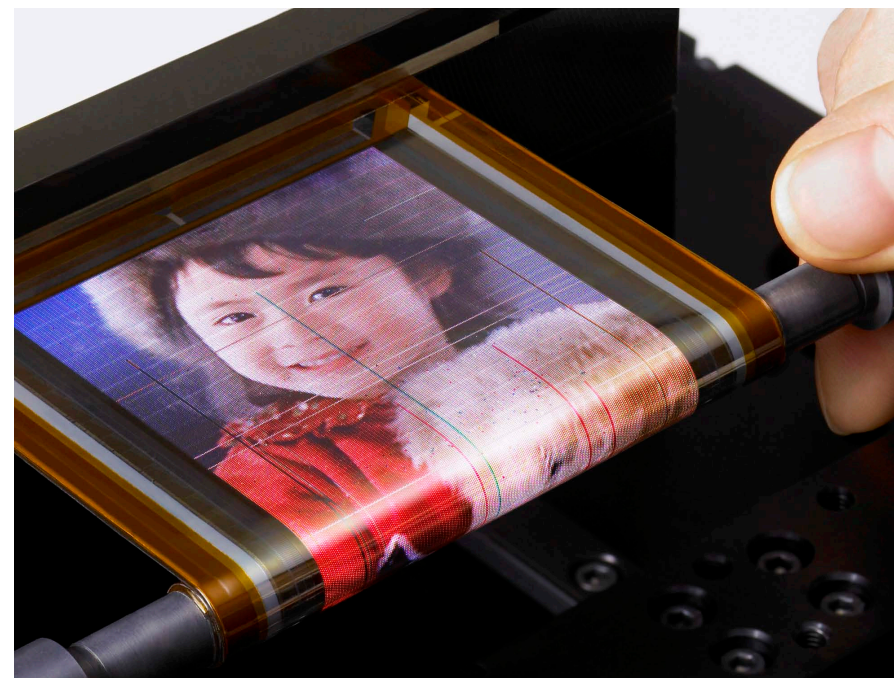
Les OLEDs sont donc aussi des candidats à devenir flexibles, grâce à la simplicité de leur fonctionnement, mais les contraintes sont multiples. Malgré tout, de gros consortiums participent activement au développement de l'OLED flexible.



Voilà ce qui se passe quand la vapeur d'eau pénètre un écran OLED : par hydrolyse des électrodes, des régions non conductrices se forment, ce qui fait perdre à l'écran son électroluminescence. D'où la nécessité d'encapsuler ces cellules pour éviter toute intrusion de vapeur d'eau.



Si vous tordez un écran flexible OLED 100 000 fois, de petits artefacts apparaissent sur la surface de l'anode. Ici on voit très bien que la surface se lézarde comme du verre à une échelle de 1 micromètre. A moyen terme vous obtenez des lignes blanches ou noires sur votre écran, ce qui n'est jamais souhaitable. Sur l'image de droite, cet effet est largement visible sur cet écran OLED enroulable de SONY.



et nul doute que cette injection constante d'argent frais finira par donner des résultats probants.

En ce qui concerne les technologies basées sur le principe du e-Paper, elles devraient toutes, à terme, être très peu chères à fabriquer sous forme flexible. Pour les LCD, il était en effet nécessaire, dans le processus de fabrication, de déposer sur un substrat en verre une couche de silicone, sur laquelle était fabriquée une couche de transistors (les TFT, Thin Film Transistor), pour assurer l'adressage rapide de chaque pixel de l'écran (la fameuse matrice active). Manque de bol, industriellement cela demande de hautes températures, et parfois même des conditions sous vide, ce qui empêche formellement toute utilisation de substrats à température de fusion basse comme la plupart des plastiques.

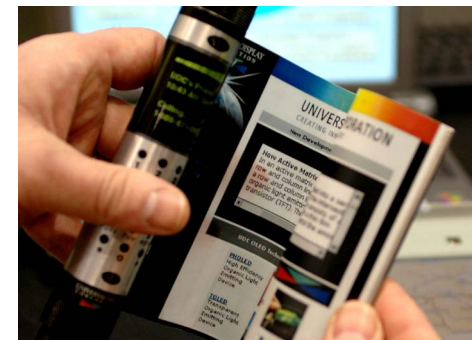
La bonne nouvelle, c'est que des petits gars ont réussi à développer des semi-conducteurs sans silicone, pouvant être formés à des températures ambiantes. Des transistors « organiques ». A partir de là, les substrats plastiques deviennent utilisables, et les écrans peuvent enfin tendre vers la flexibilité. Un autre avantage de ces composés organiques est qu'ils peuvent être imprimés sur des surfaces comme avec les imprimantes à jet d'encre (pas littéralement, hein), ce qui diminue fichtrement leur coût de production. Pour vous donner un ordre d'idée, l'investissement pour une usine de LCD était jusqu'alors de l'ordre de 4 milliards de dollars, alors que pour des écrans à base organique, on évalue l'investissement à 10-20 millions de dollars seulement. Dès lors que ces appareils seront produits en masse, on peut s'attendre à une chute vertigineuse des prix des écrans flexibles.

Darren Bischoff, responsable du Marketing chez E-ink, disait d'ailleurs à ce sujet :

«Vu les perspectives d'amélioration des matériaux et des procédés utilisés dans la fabrication des écrans flexibles dans les 5 prochaines années, il est fort possible qu'un nouveau paradigme émerge dans le domaine de la fabrication des écrans, dans la direction d'écrans flexibles à faible coût et à gros volumes. Si la chute du prix des composants continue sur sa lancée, on peut s'attendre à des écrans tapissables pour le tiers du coût des écrans actuels, fragiles et reposant sur du verre.»

Cependant, l'un des problèmes techniques à surmonter pour la commercialisation en masse des écrans flexibles concerne

Quand on parle d'écrans flexibles, les petites gens pensent tout de suite aux applications immédiates : la transformation du papier physique en version électronique, pour lire son bouquin, ou son journal dans le métro. Vous aurez l'air hi-tech dans un métro de Paris low-tech qui pue la pisse, mais c'est pas grave. Ensuite, l'idée des écrans enroulables n'est pas très éloignée non plus.



Ce qu'on imagine moins, c'est que toute surface sera désormais susceptible de devenir un écran. La vision futuriste de Total Recall au sujet des ongles qui changent de couleur en un coup de stylo est vraiment à portée de main, d'ici 5 à 10 ans. Mieux encore, imaginez votre voiture comme un écran en elle-même : son apparence pourra être modifiée via des skins au jour le jour, suivant le conducteur ou vos humeurs. Et qui sait, elle servira peut-être même de vecteur publicitaire à grande échelle !

aussi le panneau d'affichage. Sur les écrans LCD, le panneau est lui aussi en verre, solide, et permet de conserver un alignement parfait entre chaque cellule d'affichage. Dans le cas d'un panneau flexible, outre la résistance mécanique qui se doit de garantir ses propriétés malgré les distorsions, la fidélité des couleurs est en jeu : si le fossé entre le panneau de transistors (à l'arrière de l'affichage) et la cellule d'affichage change, même d'une manière minimale, il existe un risque de distorsion chromatique, plus ou moins grand selon les technologies employées.

Quel marché pour les écrans flexibles?

Le marché est potentiellement immense. Couplez la disponibilité en masse d'écrans flexibles, de petite ou de grande taille, à consommation réduite, au faible coût d'achat, et

vous avez toute la recette pour une vraie petite révolution des affichages à la bolchevique.

Tout le marché de la publicité physique risque de passer au numérique en l'espace d'une dizaine d'années, avec les avantages de flexibilité que cela apporte. Les E-books, bien entendu, sont des applications naturelles, évidentes. Les ordinateurs portables, tablettes, PC de bureaux, pourront aussi bénéficier de ces technologies. Mais cela va bien plus loin, avec de l'électronique qui sera véritablement « portable » dans vos vêtements. Et peut-être même, des chaussures qui changeront de couleur à votre guise, pour peu qu'elles soient imprimées avec ces matières en surface. Et pourquoi pas votre slip, pendant qu'on y est... Du point de vue militaire, plus besoin de PDA encombrants, à porter sur soi : les combi-

naisons pourront intégrer d'elles-mêmes affichage et électronique, pour un plus grand confort (et un poids réduit).

Les objets électroniques « jetables » devraient faire leur apparition. Encore plus « jetables » que nos téléphones portables, comme par exemple des cartes de crédit avec affichage intégré sur la surface, ou même des produits de consommation courante dont le packaging peut changer de contenu. Les montres vont, elles aussi, connaître un renouveau complet : fini les cristaux liquides plats, les designers pourront donner libre cours à leur imagination pour adapter l'affichage horaire à la rondeur du bras.

Dans les voitures, le tableau de bord plat est amené à disparaître : soit on l'adapte en rondeur pour ne plus dégommer



La révolution des écrans flexibles va aussi permettre de changer la manière dont on conduit. Déjà, imaginez un tableau de bord OLED comme ci-dessous, aux formes fantaisistes adaptées au design de la voiture... imaginez les indications du GPS s'affichant directement sur votre pare-brise, sans avoir à détourner votre attention de circulation. Enfin, la nuit, le pare-brise pourrait vous afficher une vue "nocturne" par traitement du signal pour vous garantir une bonne vision et éviter ces bambis suicidaires.



le design général de la voiture, tout en maintenant son affichage, soit on le supprime complètement : en effet, avec des écrans flexibles transparents, on peut dès lors imaginer que des indicateurs divers s'affichent cash sur votre pare-brise, en harmonie avec la circulation. Pour la navigation guidée, c'est encore mieux : le GPS pourrait alors directement vous indiquer la route à suivre en marquant d'une couleur spéciale la route, et vous signalant avec de grosses flèches où et quand tourner, sans que vous ayez à quitter les yeux du trafic.

Non, le mot révolution n'est pas de trop. Au moins équivalent à la révolution du LCD à l'époque du cathodique, sauf que dans le cas des écrans flexibles, la conversion sera deux ou trois fois plus rapide.

Oui, mais pour quand ?

Il est toujours relativement délicat de s'avancer au niveau de la disponibilité des technologies sur le moyen-terme, à cause du nombre de facteurs en jeu qui redoublent d'incertitude avec le temps.

Cependant, il est possible que d'ici peu (courant voire fin 2011), les e-readers en couleurs apparaissent sur le marché, sans forcément atteindre le niveau de qualité d'un iPad en termes de qualité d'écran. Dans le futur proche (d'ici 2013), ces e-readers seront probablement capables d'afficher de la vidéo et d'être aussi véloce que les tablettes LCD traditionnelles, avec une bien meilleure lisibilité (sans encore égaler celle du papier) couplée à une consommation réduite, en tout cas pour l'écran. Vous savez ce que ça veut dire : une mobilité

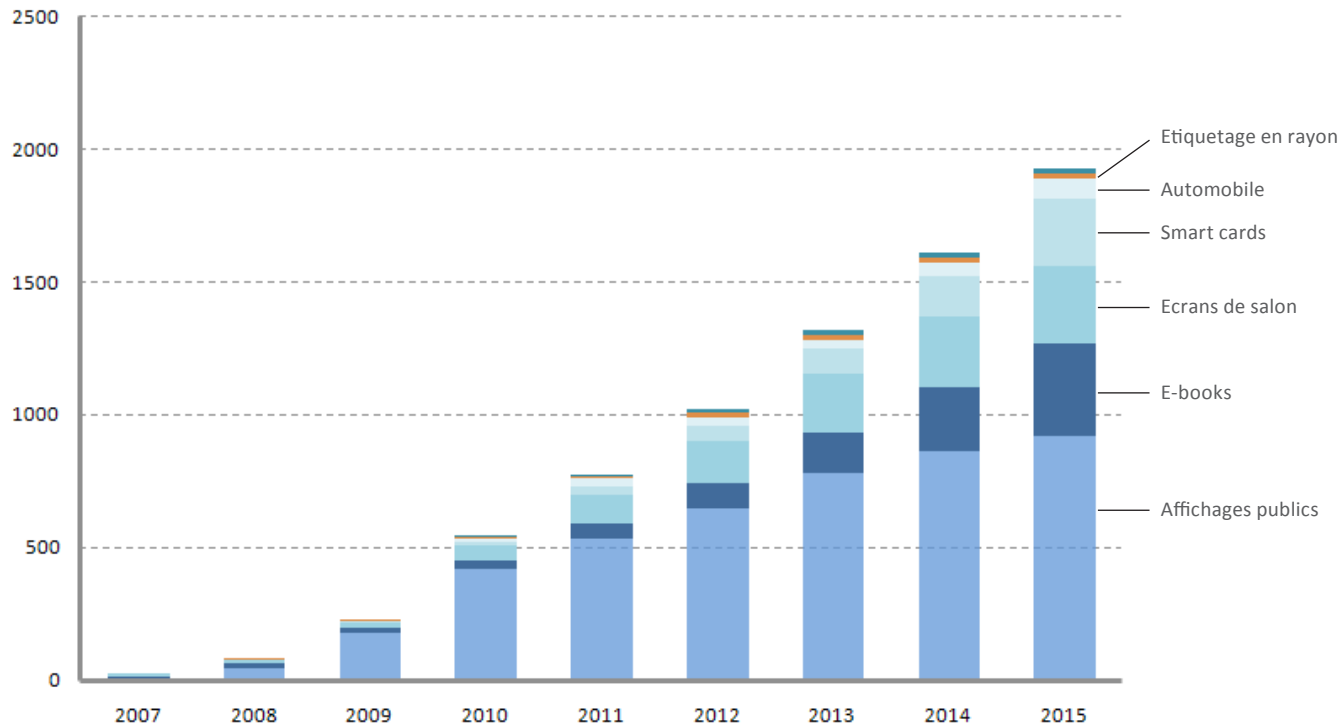
accrue, qui ne va faire que s'allonger avec les technologies en développement.

Le développement des écrans flexibles va précipiter aussi la mise en place imminente des étiquetages électroniques en rayons de magasins : c'est déjà le cas en Europe dans plusieurs grandes chaînes, mais les technos actuelles consomment de l'électricité en continu. Le e-paper va remplacer progressivement ces affichages dépassés et permettre une meilleure lisibilité, couplée à une consommation électrique quasiment nulle, car bi-stable. Avec la démocratisation du e-paper à grande échelle, il est fort probable que les affichages deviennent plus dynamiques dans nos supermarchés. Pouvoir lancer une promotion sur une gamme de produits, à tel moment de la journée, deviendra possible d'un simple clic. Avec l'avène-

L'évolution du marché des écrans flexibles dans les prochaines années

En millions de dollars en ordonnées, par catégorie. Source : Solomon Systech, Nov 2008

Notez que d'autres estimations sont plus optimistes et prévoient dès 2012 un marché de 2 milliards.



ment du e-paper en couleurs, il sera aussi possible de capter l'attention plus facilement sur des produits particuliers. Et pourquoi pas, demander plus de thunes aux fabricants pour « mettre en valeur » leurs produits en étagère (c'est déjà le cas actuellement, mais sous différentes formes).

Bien que cela ne soit pas directement lié à la flexibilité en tant que telle, avec la réduction significative de l'épaisseur de ces écrans, il devient aussi possible de les rendre transparents. Il est alors facile d'imaginer des surfaces en verre, translucides, qui se transforment soudain en écran une fois sous tension. Les applications en termes de publicité sont gigantesques, puisque toute surface « utile » pourra alors être aussi transformée en espace « vendable ». Des portes coulissantes qui affichent des messages à l'intention des clients, des bus ou des métros dont les fenêtres se transforment soudain en panneaux d'information ou de pub pendant le trajet...

Entre 2014 et 2016 (après la fin du monde, donc, pour ceux qui restent), on pourra sans doute voir apparaître des appareils (ou vêtements) au look intelligent. Par exemple, des téléphones portables qui peuvent adapter leur couleur à celle de votre choix, ou celle de vos vêtements. C'est une application directe des écrans flexibles (ou imprimables) pour prendre n'importe quelle forme et proposer un changement de couleur rapide et stable sans consommation électrique induite.

Vers la même période, les affiches publicitaires de grande

taille passeront sans doute à l'une des technologies évoquées. Les affichages électroniques actuels pour la pub sont des LED, très lumineux et de fort bonne qualité, mais ils vieillissent très mal et consomment beaucoup. Le jour où il faudra renouveler une part importante du parc de ces LED, les industriels regarderont de près ce qui est disponible, durable, et de même qualité lumineuse. Vers 2015-2016, le e-paper sera probablement prêt à ce genre d'usage en masse, une fois que son indice de réflexion sera équivalent à la qualité d'affichage du LED.

Toujours vers la même période, les premiers portables enroulables feront probablement leur apparition. Samsung a d'ailleurs annoncé au CES 2011 que les écrans enroulables qu'ils présentent actuellement ne seront pas prêts pour commercialisation avant 5 ans, ce qui confirme cette évaluation. Le jour où ils sortiront, plus besoin de se trimbaler avec une sacoche : il sera possible d'emporter dans sa poche une tonne d'électronique dans les dimensions les plus réduites qui soient, une fois la barrière de l'écran rigide abolie. Reste cependant la partie électronique, mais dans ce domaine, la miniaturisation fait des progrès de jour en jour. Le seul véritable challenge, dans ce domaine, est d'arriver à créer des écrans qui résisteront à des milliers d'ouverture et de fermeture. Les écrans enroulables existent d'ores et déjà, mais les matériaux utilisés ne peuvent pas survivre à de nombreux enroulages et déroulages sans montrer des faiblesses sur les surfaces et des artefacts sur les écrans.

Ce n'est qu'une question de temps.

La convergence de toutes les technologies actuelles est inexorable : la miniaturisation des mémoires, la persistance des écrans et les économies d'énergie qui vont aller avec, l'augmentation du nombre de transistors par surface pour les microprocesseurs, et le besoin grandissant d'électronique embarquée de la part des utilisateurs vont faire des écrans flexibles un vecteur de croissance et d'innovation immense dans cette nouvelle décennie.

Dans SPARK1, j'abordai la question des écrans 3D aussi bien portables que de salon. Même si ces deux technologies vont sans doute se développer en parallèle, il est plus facile d'imaginer l'intérêt commercial de toutes ces technologies d'écrans flexibles que celles des écrans 3D, dont les applications sont somme toute limitées. Avoir un écran qui s'adapte sur n'importe quelle surface (ou presque) ouvre des perspectives énormes d'utilisation dans tous les domaines (éducatif, publicitaire, ludique, télévisuel, et j'en passe), et dans tous les environnements (pas uniquement dans le salon, donc). Il favorisera la création de nouveaux business tout comme le LCD fut à l'origine des PDA et des ordinateurs portables en son temps.

L'avenir de ces technologies promet d'être surprenant, et passionnant.

