

Février 2005 - N°17

L'électronique grand public aux Etats Unis

Le marché de l'électronique grand public est en pleine croissance aux Etats-Unis : + 12,5 % en 2004 (Chiffres CEA). Des dernières technologies d'écrans plats, aux lecteurs MP3, en passant par les ordinateurs aux performances exceptionnelles pour monter des vidéos, stocker des photos et jouer aux jeux vidéo de dernière génération, les produits de l'électronique grand public sont devenus omniprésents dans la vie de tous les jours. Devant le dynamisme du secteur, tous les grands constructeurs informatiques proposent désormais des solutions innovantes, faciles d'utilisation et de moins en moins chères pour espérer bénéficier de la dynamique de ce secteur florissant. Après la tenue du Consumer Electronics Show (CES) à Las Vegas au début du mois de janvier, ce dossier présente un état de l'art du secteur de l'électronique grand public aux Etats Unis, d'un point de vue économique et stratégique, mais aussi en présentant les technologies mises en jeu derrière les appareils du quotidien.



Salon MacWorld 2005 de San Francisco - chaque année, la grande réunion des aficionados de la marque Apple rassemble des milliers de personnes venues découvrir ses derniers produits.

Sommaire

Editorial (p.3)

- A - Le marché de l'électronique grand public (p.4)
- B - Les composants au coeur de l'information (p.5)
- C - Les technologies de l'affichage (p.10)
- D - La mobilité : vers un monde sans limites (p.13)
- E - MEMS et nanotechnologies pour l'électronique (p.17)

Conclusion (p.17)

Références (p.18)



Le Digital Entertainment Center de HP intègre un processeur d'Intel pour accéder aux contenus multimédias et les partager entre plusieurs appareils de la maison.



Editorial

Au moment où nous bouclons ce nouveau numéro de la Lettre Etats-Unis Sciences Physiques, nous apprenons le départ de Carly Fiorina qui quitte, sous la contrainte de son conseil d'administration, son fauteuil de PDG de HP. L'entreprise californienne est citée à de nombreuses reprises dans les pages de notre dossier consacré à l'électronique grand public. Ce secteur en particulier a donné lieu à de nombreuses annonces de la part de l'entreprise et de sa dirigeante. Mais il faut croire que les déclarations tonitruantes de Carly Fiorina, ses shows en présence des stars d'Hollywood, sa stratégie d'occupation des marchés tous azimuts et surtout les conséquences de l'acquisition du constructeur informatique Compaq, n'ont pas séduit les marchés financiers (une action à 21 \$ aujourd'hui contre 70\$ il y a six ans). Le rachat de Compaq en 2002 n'a pas permis de redresser les marges de l'entreprise dans le secteur des ordinateurs personnels, ni d'y préserver ses parts de marché.

Le marché des PC est un créneau impitoyable où les constructeurs se livrent à une concurrence acharnée et où les marges des entreprises sont très faibles. Ce segment a clairement rejoint le domaine de l'électronique grand public qui nécessite de la part des constructeurs d'énormes économies d'échelle et les contraint à des marges opérationnelles réduites. C'est dans ce cadre que le fabricant chinois Lenovo a annoncé, en décembre dernier, le rachat de la division PC de IBM qui se sépare ainsi d'une de ses activités historiques. C'est en effet en 1981 qu'IBM avait sorti son premier PC tournant avec le fameux DOS de Microsoft et ouvrant la voie à la révolution de la micro-informatique.

Autre annonce récente : le rachat par SBC de l'opérateur de télécommunications historique AT&T. Après les opérateurs mobiles en 2004 et les fusions Cingular/AT&T Wireless et Nextel/Sprint, c'est le secteur du fixe qui rentre dans une nouvelle phase de concentration. La fin d'AT&T est, pour tous les passionnés de technologie, une page d'histoire qui se tourne. C'est la disparition d'une entreprise mythique créée au 19^{ème} siècle par l'inventeur (américain !) du téléphone, qui aura équipé l'Amérique en appareils et lignes téléphoniques, et dont les laboratoires de recherche, les fameux Bell Labs, auront permis de nombreuses découvertes scientifiques y compris fondamentales (du transistor au rayonnement de fond de l'univers). Mais les lois du marché et la dérèglementation amorcée aux Etats-Unis en 1984 lui auront été fatales.

C'est donc bien tout le secteur américain des technologies de l'information dans son ensemble qui continue sans cesse ses restructurations, poussé par une concurrence internationale exacerbée en particulier asiatique et tiré par les innovations régulières qui le caractérise. Souhaitons cependant que les lois du marché, et que la course à la rentabilité ne freinent pas les investissements en recherche des entreprises et n'obèrent pas les découvertes et les innovations de demain!

Christophe Lerouge,
Attaché pour la Science et la Technologie
San Francisco

A) Marché de l'électronique grand public

“Le secteur de l'électronique grand public est dans le vent” Gary Shapiro, président de la Consumer Electronics Association (CEA).

Les chiffres publiés au cours du dernier CES (Consumer Electronics Show) de Las Vegas [1] montrent que les ventes de produits électroniques ne se sont jamais aussi bien portées. Le total du marché américain a dépassé la barre des 100 milliards de \$ (G\$) en 2003 (Tableau 1), et les estimations pour 2004 sont toujours optimistes avec une croissance de 12,5% à 113 G\$. La progression des ventes devrait ainsi continuer jusqu'en 2008 pour passer les 150 G\$. Au niveau international, le marché pesait 230 G\$ en 2003, et est estimé à 246 G\$ en 2004 (hausse de 7%¹), dénotant la fertilité du marché américain (45% du marché global). Ce dynamisme est expliqué par l'innovation des constructeurs renouvelant régulièrement leur produits, et par la culture de consommation instaurée dans les foyers américains : la consommation annuelle de produits électroniques se monte à 600 \$ par personne².

Le grand rendez-vous des professionnels du marché de l'électronique grand public, le CES tenu à Las Vegas du 5 au 11 Janvier, rendait compte de cet optimisme non démenti par les constructeurs. Avec l'avènement de l'ère digitale, les marchés se diversifient et les profits augmentent dans de nombreux secteurs. Cette révolution numérique se construit autour du consommateur moderne avec des besoins spécifiques : l'appareil technologique doit centraliser les avantages de la mobilité, du confort du salon (réception des programmes audiovisuels) et du secteur de l'information et de l'internet.

Ayant en perspective ce marché grandissant, les spécialistes software et hardware du secteur informatique (Intel, Microsoft, Dell, HP...) se reconvertissent en diversifiant leurs offres pour le secteur du multimédia, de l'image ou de la mobilité. Un des exemples de ces nouveaux marchés est le centre multimédia (*media center*), véritable hub médiatique destiné au salon des consommateurs. Branché sur le téléviseur et communiquant avec les autres appareils électroniques de la maison par une connexion sans fil, le centre multimédia regroupe les fonctions d'enregistrement, d'accès à l'internet, d'accès à sa bibliothèque musicale,...

¹ Chiffres de iSuppli Corp. [2]

² Sondage réalisé par IDC [3]

* Le marché se caractérise par plusieurs facteurs :

- La prolifération des marques : nombreuses sont les entreprises qui veulent aujourd'hui obtenir une part de marché dans ce secteur florissant et le public américain assiste à une explosion du nombre de marques dans l'électronique. Le consommateur peut ainsi choisir entre 124 marques d'appareils photos numériques ou plus de 300 marques de téléviseurs (NPD Research) [4]. Cette concurrence lui est bénéfique car les prix des équipements s'en trouvent diminués. Cette compétition entre les marques est rude, certaines start-ups asiatiques n'hésitant pas à casser les prix pour percer le marché. Pour faire face à cette recrudescence de la concurrence, certains constructeurs se regroupent pour former des alliances et consolider leur partenariat. Différents consortiums émergent au niveau technologique et sur l'élaboration de standards. Malgré cette prolifération des marques, le comportement des consommateurs ne s'en trouve pas fortement modifié et le marché de l'électronique grand public reste réputé difficile à percer. Selon un sondage mené par IDC sur plus de 1000 personnes interrogées, la majorité privilégiait toujours les grandes marques de l'électronique comme Sony dans l'achat de téléviseurs.

- La volatilité des cycles : avec le développement régulier de nouvelles générations de composants (évolution de la densité d'intégration des composants semi-conducteurs selon la loi de Moore), les acteurs de l'électronique grand public renouvellent rapidement leurs offres entraînant un raccourcissement des cycles de vie des produits. Avec la diminution du prix des composants, les consommateurs sont rapidement séduits par des concepts novateurs associés à des prix accessibles. Des campagnes marketing ciblant un public jeune créent également de nouvelles niches. Un des meilleurs exemples de la rapidité des cycles est l'Ipod d'Apple qui, encore inexistant il y a cinq ans, est désormais un des produits phares de la marque, avec une forte popularité chez les 15-25 ans.

- La convergence des technologies : le cloisonnement qui existait entre les domaines de l'électronique grand public et de l'informatique disparaît peu à peu avec des standards qui sont désormais partagés, MP3 et DVD par exemple. Les grandes marques du monde informatique (Intel, Microsoft, HP, Dell,...) accèdent aux salons des consommateurs pour centraliser le divertissement et l'information sous un mode interactif. Des appareils électroniques traditionnels s'équipent de nouvelles fonctionnalités : appareil photo numérique à connexion

Tableau 1 : Marché américain des produits électroniques (Milliards de \$ - G\$) - Source CEA

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
94,211	95,793	102,611	113,545	125,726	135,785	146,647

WiFi, téléphone mobile retransmettant des programmes audiovisuels, lecteur multimédia partageant musique, photos et vidéo ... Les différents appareils s'échangent leurs données et l'usage devient intuitif pour le consommateur moderne.

* Parmi les principaux moteurs de la croissance :

- Les écrans plats occupent le sommet des ventes de produits électroniques depuis l'année dernière. Les revenus explosent et certains constructeurs anticipent même les demandes induisant des surproductions et une baisse des prix (-20% dans le dernier quart 2004). De nombreuses technologies se disputent aujourd'hui la suprématie du marché : cristaux liquides (LCD), plasma (PDP), Digital Light Processing (DLP), Liquid Crystal On Silicon (LCOS), Organic Light Emitting Diode (OLED), ... L'enjeu est considérable puisque le marché américain des téléviseurs représente 12 G\$ aujourd'hui et devrait croître à 15 G\$ en 2005 (Source CEA [5]). Sur ce chiffre global, les écrans plats ont une part de marché de 40%.

- Les lecteurs portables MP3 : depuis la sortie de l'Ipod en 2001, les ventes de lecteurs de musique portatifs ont augmenté exponentiellement. Selon NPD Group, le marché mondial des lecteurs MP3 devrait atteindre 58 G\$ en 2008. Le secteur le plus prolifique devrait être celui des lecteurs à mémoire Flash avec 50 millions d'unités vendues en 2008 (12,5 millions en 2003). Les ventes sur l'année 2004 ont triplé totalisant 1,2 G\$ (CEA), notamment grâce à la transition du marché vers les lecteurs à disques durs d'un prix plus élevé. La majeure partie des bénéfices revient pour l'instant à la marque Apple qui détient une part de marché de 65 % pour les baladeurs MP3, grâce à son Ipod et Ipod mini. Apple avait, en septembre dernier, une part de marché de 92 % pour les lecteurs portables à disque dur. Cette année, la marque a présenté son dernier né, l'Ipod Shuffle, pour s'attaquer au marché des baladeurs à mémoires Flash qui représente 29 % du marché total des baladeurs.

- Les téléphones portables : la combinaison des téléphones portables et des appareils photos numériques continue de profiter aux ventes d'appareils de téléphonie mobile. Les terminaux sont désormais équipés d'écrans, principalement 2,5 pouces (~6cm), dont la résolution augmente (jusqu'à 5 Mégapixels) et dont les besoins énergétiques diminuent. Les téléphones deviennent de véritables "couteaux suisses" de l'information avec la possibilité de regarder la télévision, d'accéder à internet, de stocker des photos et des vidéos. Ces innovations poussent ce marché vers une hausse de 15 % en 2004 (CEA).

- Les appareils photos numériques : avec la baisse du prix des composants et des capteurs, les revenus aux Etats-Unis se montent à 4,5 G\$ en 2004 avec 17,6 millions d'unités vendues (CEA). Les estimations portent sur plus de 20 millions d'unités vendues en 2005 pour un montant des ventes à 5 G\$.

Entraîné par cette vivacité du secteur de la photo numérique, le marché du stockage des données et des cartes mémoires est à la hausse. Les différentes technologies de stockage (Memory Stick, SD, MMC, Compact Flash) coexistent dans un marché qui a augmenté de 200 % en 2004 avec plus de 3 G\$ de ventes (Source CEA). Les prévisions pour l'industrie du stockage des données sont très bonnes (6 G\$ de revenus sur les 12 prochains mois) grâce à la diminution de la taille des mémoires et le besoin grandissant de conserver des données diverses.

B) Les composants au coeur de l'information

Le marché des semiconducteurs se porte bien avec un montant total des ventes à 218 G\$, en hausse de 23% en 2004 selon Gartner Dataquest [6]. Intel reste le numéro 1 des ventes de semiconducteurs. Samsung (Produits DRAM, mémoires Flash, TV à écrans plats) et TI (puces pour le marché des télécommunications, technologie DLP) obtiennent les meilleurs taux de croissance. Les ventes de semiconducteurs dans le secteur Asie-Pacifique est en forte progression avec + 34%, l'Amérique du nord totalise un revenu en hausse de 16%. De par la diversification des marchés de l'électronique grand public, les composants ont accès à de nouvelles niches pouvant induire de forts bénéfices. Un marché en forte progression pour les composants semiconducteurs est celui des décodeurs ou "set top boxes", et des téléviseurs qui devrait croître de 3,1 G\$ en 2003 à 9,3 G\$ en 2008 (+25 %) (Source IDC).

1) L'ordinateur personnel :

- Marché des PC : les ventes d'ordinateurs personnels aux Etats Unis ont augmenté de 12 à 15 % en 2004, soit un total d'unités vendues autour des 180 millions (IDC, Gartner). Dû à une baisse des prix en 2003, le montant totalisé stagnait à 175 G\$. Au niveau international, Dell, HP et IBM¹ sont les leaders du marché des PC. Aux Etats-Unis, la part de marché de Dell atteint les 33% et HP 20%. Apple, qui reste avec une part de marché oscillant entre 2 et 3 %, tente une nouvelle fois d'offrir une alternative crédible au monde du PC avec la sortie récente de son Mac Mini, unité centrale à bas prix (500\$). Sur le front des microprocesseurs, Intel et AMD se partagent le marché : Intel 81%, AMD 18%.

- Technologie : les ordinateurs personnels et les serveurs intègrent les dernières technologies misant sur la puissance des composants (fréquence d'horloge des processeurs, capacité des mémoires caches, connectivité sans fil intégrée

¹ IBM a annoncé fin 2004 qu'il cédait sa division PC à la marque chinoise Lenovo. Lenovo pourra utiliser la marque IBM pendant encore 5 ans et sera une compagnie purement PC à la différence aujourd'hui des autres constructeurs qui diversifient leurs produits vers l'électronique grand public.

au chipset, ...) mais au détriment d'une forte consommation électrique et de fuites de courant dans les transistors durant les périodes de veille, paramètre à minimiser pour les applications portables. Selon la loi de Moore, les générations de composants se succèdent tous les 2 à 3 ans, augmentant le nombre de circuits intégrés par puce, accélérant le traitement de l'information. Avec la mise en production de composants selon la technologie 90 nm, les processeurs les plus performants du commerce tournent actuellement avec des fréquences proches de 4 GHz. L'industrie des semi-conducteurs faisant face à des barrières technologiques importantes, les constructeurs se doivent d'innover pour continuer à améliorer les performances. Ainsi 2004 aura été marquée par l'émergence de l'architecture 64 bits et des processeurs multicoeurs.

a) 64 bits : Avec l'introduction de processeurs comme le G5 d'Apple (puce IBM PowerPC 970), l'Athlon 64 d'AMD ou l'Intel EM64T, l'ère des processeurs 64 bits est arrivée. Ces nouvelles puces peuvent traiter une quantité de données deux fois plus importantes et adresser plus de mémoires par cycle d'horloge que les processeurs 32 bits actuels. Cela signifie des coûts largement diminués pour les entreprises disposant de larges bases de données. Pour exploiter au maximum les capacités de tels processeurs, les logiciels doivent cependant être renouvelés. Microsoft prépare une version 64 bits de son Windows XP pour l'année prochaine et devrait sortir deux versions de son système d'exploitation LongHorn, 32 et 64 bits. Aujourd'hui la taille de ce marché est estimé à 260 M\$ et devrait atteindre 6,6 G\$ en 2008 (iSupply). AMD, Apple, IBM, Intel, Microsoft, Sun sont les compagnies à surveiller dans ce domaine.

b) Architecture multicoeurs : L'année 2004 a été marquée par la montée en puissance des processeurs multicoeurs, notamment par des constructeurs comme Intel et AMD qui l'ont inclus dans leur roadmap pour les ordinateurs de bureau et portables. Selon iSupply, ce marché est estimé à 259 M\$ en 2004 et projeté à 18,5 G\$ en 2008. Avec l'augmentation de la fréquence d'horloge des processeurs et la densité d'intégration des composants, l'industrie microélectronique se trouve face à des problèmes de fuites électriques durant les périodes de veille et de dissipation de chaleur dégradant les performances des circuits. Pour remédier aux fuites électriques, Intel utilisait jusqu'alors un plus fort courant de fonctionnement, induisant cependant une plus grande consommation énergétique et une plus grande quantité de chaleur à dissiper. Par exemple, le dernier processeur Pentium 4 d'Intel utilise 125 millions de processeurs selon la technologie 90 nm et consomme 100 W. Cette puissance à dissiper est colossale et équivaut presque à la puissance par unité de surface d'un réacteur nucléaire (Source Intel).

Une des solutions à ce problème consiste à intégrer plusieurs processeurs (CPU) sur une même puce : il s'agit de l'architecture multicoeurs. Cette technologie permet de traiter plusieurs applications en parallèle et a des besoins

énergétiques moindres. Pour une puce bicoeurs, les performances devraient augmenter de 1,5 fois (Intel). Tous les constructeurs s'alignent désormais sur cette technologie et présentent leur propre modèle intégrant plusieurs CPU : Intel (processeur à double coeur Prescott, disponible début 2005), AMD (Opteron bicoeur, disponible début 2005); Sun Microsystems (Niagara à huit coeurs, disponible en 2006) et Cavium (Octeon à 16 coeurs) fourniront des processeurs pour les serveurs. Freescale, spin-off du secteur semi-conducteurs de Motorola, sera le premier à réaliser un processeur à double coeur PowerPC (PowerPC8641D) de IBM. Nouveau composant issu du consortium IBM/Toshiba/Sony (STI), le processeur Cell équipera la prochaine génération de consoles Sony (Playstation 3 prévu pour début 2006). Présenté récemment à l'International Solid State Circuits Conference de San Francisco début février, le Cell se base sur un design System-On-chip (SoC) où sont intégrés un processeur PowerPC 64 bits plus 8 autres coeurs fonctionnant parallèlement. Réalisé par une technologie 65nm, la fréquence du processeur devrait atteindre 4,6 Ghz. IBM est également en train de préparer un consortium autour de son architecture PowerPC au nom de "Power.org" [7] regroupant une quinzaine de partenaires. Le but du groupe est de construire une communauté de standards libres autour de systèmes utilisant l'architecture PowerPC, selon deux buts technologiques majeurs : l'architecture des bus et les serveurs. Les droits de propriétés intellectuelles continueront d'être conservés par IBM.

c) Refroidissement externe : Une autre approche permettant d'assurer une dissipation maximum de la chaleur des composants est de créer des systèmes de refroidissement externes. Plusieurs technologies existent pour refroidir les CPU : système de convection à l'air, pompes à chaleur, fluide de refroidissement... Aujourd'hui, le PowerPC G5 d'Apple possède un système de refroidissement liquide, où le débit du fluide de refroidissement et la rapidité des ventilateurs sont ajustés dynamiquement par le système d'exploitation Mac OS X suivant la température du processeur. Cooligy, basée en Californie et créée par des étudiants et des professeurs de Stanford, s'est spécialisé dans la réalisation de systèmes de refroidissement liquide. Regroupant des membres du Microscale Heat Transfer Lab, Stanford Microfluidics Laboratory et du Micro Structures and Sensors Lab, l'équipe a reçu des financements de la DARPA, Intel, AMD et Apple pour poursuivre ses recherches. Un de leur produit utilise un réseau de microcanaux constamment alimentés en eau froide pour dissiper la chaleur du processeur vers un radiateur externe. Thermacore, basé en Pennsylvanie, est un autre spécialiste du domaine et fournit des systèmes de refroidissement liquide à des compagnies comme AMD, Intel et HP. Des chercheurs de la School of Engineering de GeorgiaTech ont développé un nouveau dispositif de refroidissement appelé SynJets [8]. Il s'agit de réseaux de jets d'air qui permettent de créer un flux d'air turbulent autour du processeur pour un meilleur mélange de l'air chaud avec l'air ambiant. La technologie a été licenciée fin 2003 à la compagnie Innovative Fluidics à Atlanta.

2) L'ordinateur mobile :

Suivant les ventes de PC de bureau, le marché des ordinateurs portables devrait augmenter de 20 % avec un total de 20 millions d'unités vendues en 2005 sur le territoire américain. Selon Current Analysis, après le succès des écrans 16/9^{ème} pour les portables, l'année 2005 devrait voir la montée en puissance des ordinateurs de type "*thin and light*" : mince et léger. Les consommateurs ont préféré jusqu'à présent les ordinateurs mobiles massifs dotés de puissants processeurs et d'un poids peu adapté à une grande mobilité. Désormais les analystes voient l'émergence des portables avec un poids inférieur à 3 kg, dont le marché a évolué de 6 % à 20 % de part de marché en 2004. Cette transition provient d'une baisse des prix générale dans le secteur de l'informatique, couplée à des designs innovants et un besoin croissant pour les consommateurs d'avoir des produits plus enclins à la mobilité.

Intel et son processeur Centrino domine aujourd'hui le marché des PC mobiles et a sorti son processeur Sonoma dans le courant du mois de janvier, nouvelle version du Centrino Mobile. Sonoma intègre une puce Pentium M légèrement plus rapide que le précédent Centrino, plus un nouveau chipset Alviso dont la fréquence de bus atteint 533 MHz. Il est équipé de fonctionnalités audio haute-définition, notamment pour la connexion d'un microphone réduisant le bruit de fond pour les applications VoIP. Intel prévoit également de lancer une gamme de PC portables intégrant un combiné téléphonique¹. Dans une perspective plus lointaine, le premier processeur multicoeurs de Intel pour le marché des ordinateurs portables sera le Yonah, version 65 nm du Pentium M. Pour concurrencer Intel et son Centrino, AMD, dont la part de marché pour les processeurs d'ordinateurs mobiles se monte à 9%, a annoncé la mise en vente de son processeur Turion pour des ordinateurs ayant une forte autonomie pour un faible poids. Ce processeur se basera sur la technologie 64 bits de AMD. Il devrait permettre de dissiper plus de chaleur que son concurrent : de 25 à 60 W contre 20 W pour le Centrino (Source AMD). Contrairement au Centrino, le Turion n'intègre pas de fonctionnalités sans fil sur le processeur lui-même.

3) Le point de vue technologique :

Si les architectures des composants diffèrent, leurs technologies se ressemblent et les processeurs les plus avancés intègrent des transistors CMOS réalisés sur des substrats SOI, avec des canaux de conduction en silicium contraints en tension pour améliorer la vitesse des porteurs de charge et des interconnexions de cuivre couplées à des matériaux diélectriques low-k. Actuellement un des principaux paramètres à améliorer pour la technologie des transistors est le courant de saturation I_{dsat} dans les transistors (Voir Lettre Sciences Physiques N°12 [9]). Pour cela, de nouveaux matériaux et configurations logiques

sont expérimentés pour optimiser le fonctionnement des composants.

- Le courant de saturation des transistors est depuis peu amélioré en introduisant une couche de silicium contrainte en tension sous la grille pour véhiculer les électrons dans le canal de conduction, augmentant la vitesse des porteurs de charge jusqu'à 15%. Sur ce thème, IBM a présenté début décembre à l'IEDM de San Francisco plusieurs technologies pour continuer à améliorer le transport des électrons dans les transistors CMOS : un nouveau type de transistor avec des canaux de conduction en germanium contraint en tension (Fig.1). IBM a indiqué que son procédé était compatible avec la chaîne de production des CMOS actuels et avait permis de tripler les performances des transistors. Le Ge devrait permettre également de faciliter l'introduction de matériaux high-k pour parer aux fuites à travers l'oxyde des grilles.

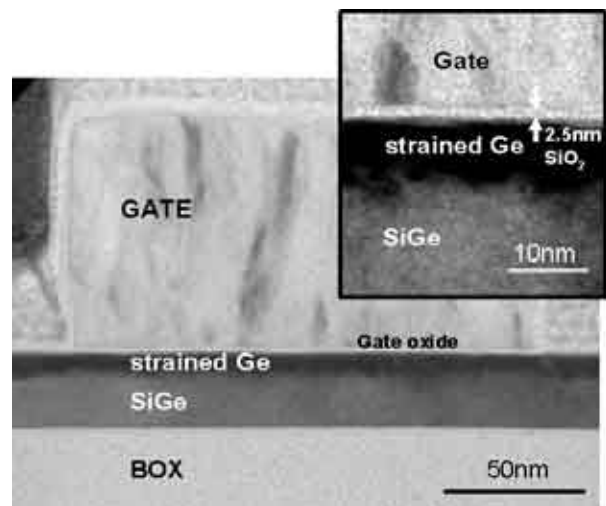


Fig.1 : Technique de Strained Germanium développée par IBM. Le germanium a de meilleures propriétés de conduction et augmente la mobilité des électrons dans le canal de conduction.

Seconde technologie présentée en collaboration avec AMD, Sony et Toshiba, l'incorporation de couches de NiSi contraintes (en tension et en compression) a permis également d'améliorer le flux des électrons dans les transistors PMOS et NMOS (Fig.2). Le procédé, issu d'une collaboration entre AMD, Sony, Toshiba et IBM, est le premier à intégrer la technique de silicium en tension avec la technologie SOI diminuant encore l'énergie consommée par le composant. La technique appelée "Dual Stress Liner (DSL)" augmente le courant de saturation de 11% dans les transistors NMOS et de 20 % dans les transistors PMOS, soit une amélioration de la vitesse globale du transistor de 24%. AMD a fait part de son intention d'intégrer cette nouvelle technologie dans ses puces multicoeurs Opteron 64 bits commercialisées début 2005.

¹ Toutes ces fonctionnalités utilisant la VoIP sont regroupées sous le nom de Extended Mobile Access.

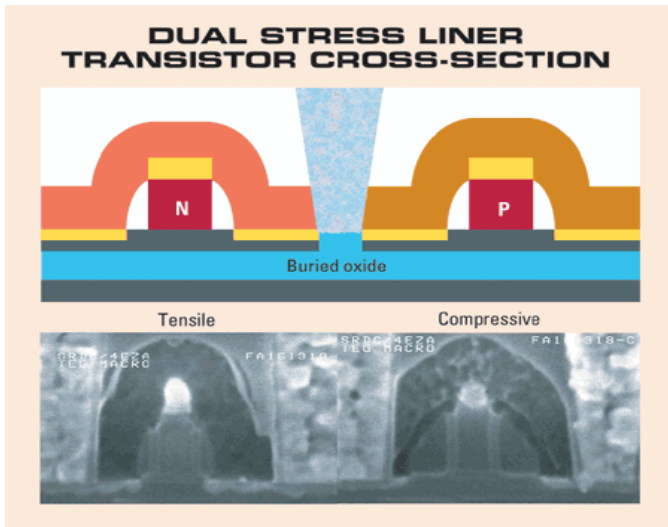


Fig.2 : Technologie de Dual Stress Liner améliorant le courant de saturation des transistors en imposant, dans les transistors de type n et de type p, des contraintes respectives en tension et en compression.

4) Le stockage des données (Cf. Lettre Sciences Physiques N°7 - Oct 03 [10]) :

Autrefois cantonné aux applications informatiques, le marché du stockage des données a explosé depuis quelques années avec la démocratisation des appareils nomades. Avec l'émergence des technologies mobiles, les ventes n'ont cessé de croître et le marché américain est estimé à plus de 60 G\$. Trois catégories principales sont à distinguer :

- les mémoires à l'état solide pour les circuits intégrés (20 G\$), Flash (12 G\$)
- les mémoires à aimantation magnétique : disques durs (20 G\$)
- les techniques optiques : DVD et générations suivantes (Blu Ray, HD-DVD)

a) Les mémoires RAM :

Les mémoires de demain devront être non volatiles (conservation de l'information lors des périodes de veille) avec un temps d'accès minimal. Aujourd'hui les mémoires les plus courantes dans les ordinateurs sont les DRAM et les SRAM. Les DRAM ont la qualité d'avoir une forte densité d'intégration et les SRAM une grande rapidité d'accès. Ces deux types de mémoires sont cependant volatiles. Plusieurs technologies sont en développement pour succéder aux SRAM et DRAM:

- les FRAM : mémoires ferroélectriques;
- les MRAM : mémoires magnétiques qui stockent les données suivant l'orientation des domaines magnétiques;
- les PCM : anciennes mémoires OUM de Ovonyx dont le principe est la permutation d'un matériau chalcogène entre une phase amorphe et cristalline;
- les NRAM : mémoires à base de nanotubes développées par Nantero.

i) FRAM (Ferroelectric RAM) : La technologie FRAM comporte de nombreux avantages sur les mémoires Flash, DRAM et SRAM : des temps d'écriture rapide ($< 35\text{ns}$), faible consommation et non volatilité. De plus, la taille d'une FRAM est inférieure à celle d'une cellule SRAM, rendant son intégration plus facile pour la production en masse de composants. Ramtron International Corp et TI ont présenté durant la conférence "Non Volatile Memory Technology Symposium 2004" tenue à Orlando le 17 novembre dernier [11], un prototype de FRAM embarquée selon la technologie 130 nm. Leur modèle comprend cinq niveaux d'interconnexions métalliques en Cu couplées à un matériau low-k FSG. Leur première mémoire de 4Mo est attendue pour fin 2005.

ii) MRAM (Magnetic RAM) : Les MRAM sont un type de mémoire non volatile dont la vitesse concurrence les SRAM. Se basant sur les propriétés de l'électronique de spin, les MRAM se composent de millions de cellules de matériaux ferromagnétiques où l'information est stockée suivant le sens de polarisation de ces domaines. Freescale avait présenté en septembre dernier ses modèles de MRAM [12] (MR2A16A) de 4Mo avec des temps d'accès de 30 ns. Freescale est en train de devenir un des pionniers de la technologie avec plus de 90 brevets déjà déposés sur les MRAM. Freescale collabore aujourd'hui avec ST et Philips pour développer sa technologie. Lors de l'International Electron Devices Meeting de San Francisco le 14 décembre 2004, NEC, Renesas, TSMC et Toshiba, ont chacun présenté des nouvelles structures de MRAM [13] :

- TSMC a développé une MRAM réduisant le courant d'écriture d'un facteur deux selon un procédé 0,18 microns.
- Toshiba et NEC ont créé une MRAM d'1 Mbit sur une cellule de type "crosspoint" par un procédé 130 nm. La mémoire a un temps d'accès de 250 ns et un courant d'opération de 1,5 V.
- Renesas Technology a fabriqué une mémoire MRAM pour des fonctionnements à haute fréquence ($> 143\text{MHz}$). Renesas a utilisé une technologie 130 nm et un procédé de dépôt damascène pour réaliser les quatre niveaux d'interconnexions de cuivre. Le système a été testé sur plus d'un trillion de cycles d'écriture sans dégradations apparentes.

iii) PCM (Phase Change Memory) : les mémoires PCM s'apparentent aux anciennes mémoires OUM de Ovonyx (Sunnyvale, CA). Cette technologie se base sur les propriétés d'un matériau chalcogène (Tellurium par exemple) à être permuté entre un état amorphe à forte résistance électrique et un état cristallin à faible résistivité, selon un chauffage du matériau. ST annonçait, en juin dernier, la mise au point d'une nouvelle technologie prête à remplacer la technologie Flash des mémoires [14]. Cette nouvelle technologie appelée Phase Change Memory offre des performances potentiellement meilleures que les Flash, couplées à une forte capacité d'intégration. ST et Ovonyx collaborent ainsi depuis trois ans sur la mise en place de mémoires PCM pour l'ère post-Flash.

iv) **NRAM (Nanotube-based RAM)** : Il s'agit d'un type de nanomémoire qui devrait combiner les avantages des mémoires Flash, DRAM et SRAM. Dans ces puces, des interrupteurs nanométriques, un nanotube disposé au-dessus d'une électrode, se déforment sous l'influence d'un champ électrique externe et ferment le circuit en entrant en contact avec l'électrode. Les deux états On et Off sont stables et n'ont pas besoin d'être actualisés régulièrement. Les NRAM sont non volatiles comme les Flash, denses comme les DRAM et rapides comme les SRAM. Pour plus de fiabilité, les ingénieurs ont utilisé une douzaine de nanotubes pour coder un bit. Une propriété importante de ce matériau est qu'il est résistant au rayonnement, important pour les applications militaires. Nantero (Woburn, Massachusetts) et LSI Logic (Gresham, Oregon) ont réussi à incorporer la technologie brevetée par Nantero de mémoires à base de nanotubes de carbone, dans une ligne de production de l'industrie microélectronique [15]. Nantero a également signé récemment un accord avec Brewer Science Inc. (Rolla, Missouri), spécialiste de produits chimiques pour l'industrie microélectronique, pour commercialiser des solutions de nanotubes de carbone compatibles CMOS [16].

b) Les disques durs :

- **Marché** : avec la maturation du marché des PC et l'augmentation des données numériques à stocker, le nombre de dispositifs intégrant des disques durs (HDD) va être en forte progression dans les années à venir. Alors que les disques durs dans les produits de l'électronique grand public représentaient 5 % du marché des HDD en 2003, ce chiffre devrait augmenter à 33% en 2008, selon un taux de croissance moyen de 67%. Trendfocus prévoit que les ventes de disques durs atteignent 55 millions d'unités en 2006, comparé aux 17 millions en 2004. Aujourd'hui, plusieurs types de disques durs sont disponibles sur le marché : 3,5, 2,5, 1,8 et 1 pouce de diamètre. Toshiba contrôle le marché (98 %) pour les disques 1,8 pouces. Avec la réduction de la taille des disques durs, les constructeurs se reconvertissent vers des applications mobiles nécessitant une faible taille et une large capacité de stockage. En 2005, 500.000 téléphones portables avec des disques durs intégrés devraient être vendus et 5,2 millions en 2008 (IDC Research).

Les microdisques durs (1 pouce de diamètre) sont une des dernières générations de HDD dont le marché est en pleine progression : 90 M\$ en 2003 et 1 G\$ en 2007 [17]. Aujourd'hui, un nombre croissant de lecteurs MP3, appareils photos numériques, PDA et bientôt téléphones portables, intègrent des microdisques durs. En 2008, jusqu'à 8% des téléphones portables pourraient avoir un disque dur. Les experts prévoient une croissance de 85% jusqu'en 2008 (Gartner Dataquest). En 2004, Cornice Inc., basé dans le Colorado, a vendu un HDD de capacité 1,5 Gb à des constructeurs comme RCA et Rio pour des lecteurs MP3. Hitachi, qui a racheté la technologie d'IBM sur les micro disques durs en 2002, devrait dépasser cette année les 5 millions d'unités vendues depuis 1999. Western Digital Corp. vient d'introduire son nouveau HDD pour le marché des lecteurs MP3 [18]. Son dispositif tournera à des vitesses

de 3600 tours/minute pour une capacité de stockage de 6 Gb. Une nouvelle taille de disques durs à 0,85 pouce a été présentée l'année dernière par Toshiba en collaboration avec GS Magicstor, basé en Chine [19]. Ces HDD pourraient stocker des capacités de 4 Gb sur une surface de la taille d'un timbre poste. Il n'est cependant pas sûr que cette technologie prenne le dessus sur les mémoires Flash, pour le marché des appareils portables.

- **Technologie** : Les disques durs sont des systèmes électromécaniques de stockage. L'information est stockée sur un film magnétique à la surface du disque et les bits sont lus en détectant les variations de champ magnétique quand le disque est mis en rotation sous la tête de lecture. Aujourd'hui, les faibles tailles des bits génèrent de très faibles champs magnétiques et requièrent que la tête de lecture soit très proche de la surface du disque. Avec l'émergence de l'effet GMR, la densité de stockage a pu être améliorée avec le développement de têtes de lecture plus sensibles aux variations magnétiques. Alors que jusqu'à récemment la densité des bits stockés doublait tous les ans, cette évolution s'est ralentie à 30% par an. Avec la réduction de la taille des bits à des échelles nanométriques, l'effet superparamagnétique¹ devient une des barrières principales à la réduction de la taille des domaines magnétiques. La frontière mythique d'intégration oscille autour des 1Tbit/in². Au-delà, l'incertitude réside. La nature elle-même peut répondre à cette question : la densité d'information de l'ADN est estimée à 250 Tbit/in².

La configuration longitudinale actuelle des surfaces de stockage est limitée par l'interaction entre les bits voisins dont les champs magnétiques ont tendance à se repousser. Des configurations comme l'enregistrement vertical (PMR) permettent d'améliorer la densité de stockage sans diminuer la taille physique des bits et éviter les problèmes d'interaction [20]. Comme les données sont plus densément intégrées, la tête de lecture se déplacent moins et l'énergie consommée diminue. A la différence de l'enregistrement longitudinale, la configuration verticale induit un plus fort couplage magnétique entre les bits. Cette technique devrait permettre d'atteindre des densités de 133 Gbits/inch². Les lecteurs PMR devraient être accessibles sur le marché dès la fin de l'année, notamment pour les disques durs 1,8 et 0,85 pouces de Toshiba. Cela signifie également que de nouvelles générations d'Ipod pourront bientôt voir le jour, Toshiba fournissant les disques durs 1,8 pouces des lecteurs d'Apple.

c) Les technologies optiques :

Le choix du format successeur au DVD met en ébullition le secteur du stockage optique des données depuis quelques années. L'issue est proche désormais car les principaux acteurs du domaine font leur choix pour l'une ou l'autre des

¹ Dans cet état, les fluctuations thermiques aléatoires peuvent changer son orientation magnétique.

technologies. Deux possibilités : le Blu-Ray et le HD-DVD. Le HD-DVD, successeur direct du format DVD, est soutenu par des compagnies comme Toshiba, NEC, Sanyo, Samsung et des studios hollywoodiens : Paramount, Warner, Universal. Le Blu-Ray est défendu par Dell, TI, Hitachi, HP, JVC, LG, Mitsubishi, Panasonic, Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony, TDK et Thomson... et récemment par Walt Disney Pictures.

Tableau 2 : Technologie des disques optiques

	Laser rouge		Laser bleu
	DVD	HD-DVD	Blu-Ray
Capacité	4.7 Go	20 Go	27 Go
Taux de transfert	11 Mbit/s	36 Mbit/s	36Mbit/s
Disponibilité	Actuelle	Fin 2005	Début 2006

Au niveau technique (Tableau 2), le Blu-Ray se distingue du HD DVD par une diminution de la couche de protection superficielle de 0,6 à 0,1 mm. Cependant le substrat du Blu Ray est de 1,1 mm contre 0,6 mm pour le HD DVD (même format que le DVD actuel). Cette différence de substrat nécessitera pour le Blu Ray un changement de l'infrastructure de production, un des principaux freins à son développement. Les données étant plus proches de la surface du disque pour le Blu-Ray, le lecteur permet de lire des informations de tailles plus petites que le DVD, améliorant la densité de stockage du disque. Sony espère augmenter le nombre de couches de données sur un disque jusqu'à 8 d'ici à 2007.

Plusieurs solutions existent quant à l'issue du problème : cohabitation des deux formats sur un même lecteur, choix d'un format hybride,... L'avantage est pour l'instant du côté du Blu Ray avec des appareils des lectures déjà en vente au Japon de la marque Sony. Le HD DVD bien que successeur officiel, a besoin de faire ses preuves et devrait être en vente milieu 2005. Même si le Blu Ray totalise plus de grands constructeurs dans son camp, aucun format n'a pris le dessus et les mois à venir seront critiques dans le choix du prochain format de disques.

C) Les technologies de l'affichage :

- **Marché** : Le marché de l'affichage est un des secteurs actuels les plus porteurs dans l'électronique grand public. Les revenus pour les ventes de téléviseurs représentaient 12 G\$ en 2004 et sont estimés à 15 G\$ en 2005 aux Etats-Unis (CEA). Les technologies d'affichage sont nombreuses et la compétition acharnée pour subsister¹. Les écrans plats ont représenté à eux seuls 40 % du marché total des TV en 2004.

¹ Fin d'année dernière, Fujitsu annonçait son retrait du marché des téléviseurs à technologie plasma et des bruits, par la suite démentis, couraient sur l'avenir incertain de Sony dans ce domaine.

Les ventes de TV LCD devraient obtenir une part de marché de 18% en 2008, alors qu'elles représentaient 2,2 % des ventes en 2003 (iSupply). Ces écrans prennent peu de place et sont esthétiquement plus attirants que les anciens téléviseurs à tube cathodique plus imposants. Devant cet envol des ventes de téléviseurs à écrans plats, ce sont les traditionnels tubes cathodiques qui cèdent peu à peu la place aux technologies Liquid Crystal Display (LCD), Plasma Display (PDP), Liquid Crystal On Silicon (LCOS), Digital Light Processing (DLP), Surface-conduction Electron-emitter Display (SED), Organic Light Emitter Diode (OLED). En plus de ces technologies, de nouveaux matériaux sont développés pour le marché de l'éclairage et de l'affichage. Un des exemples innovants vient de l'encre électronique développée par eInk Inc. (Cambridge, MA), qui pourrait constituer un support d'affichage courant dans les prochaines années.

Liquid Crystal Display (LCD) : - Dans la technologie LCD, un liquide électro-sensible est confiné dans des cellules reliées à des contacts électriques et disposées entre deux plaques transparentes polarisées, dont les axes de polarisation sont perpendiculaires. Quand un champ est appliqué, les molécules s'alignent suivant la direction du champ. Si la polarisation de la lumière est perpendiculaire à l'axe de polarisation de la plaque, toute la lumière est absorbée et les cellules apparaissent noires. Deux types d'écran LCD existent : matrice active ou passive. Aujourd'hui, les matrices actives sont les plus courantes (95 % des écrans LCD), car elles permettent d'obtenir des images plus lumineuses et précises que les matrices passives. Dans cette technologie, une plaque contenant des transistors de type TFT (Thin Film Transistor) positionnés sur chaque cristal liquide est interposée entre les plaques polarisantes.

- Selon les projections de la Consumer Electronics Association, les écrans LCD pourraient représenter 26% des ventes de téléviseurs en 2008 aux Etats-Unis. Selon IDC, le marché des TFT LCD va croître jusqu'à 7 G\$ en 2008 alors qu'il est de 3,7 G\$ en 2004. Selon DisplaySearch Inc., le revenu et le nombre d'écrans LCD de moyennes et petites tailles sont en augmentation. Au cours du second trimestre 2004, les revenus pour les écrans LCD de dimensions inférieures à 10 pouces (<25cm) ont atteint 4,6 G\$, soit plus 47 % par rapport à 2003. Il s'est ainsi vendu 223,5 millions d'unités en 2004. Cette hausse est attribuée au marché des téléphones mobiles, consommateurs d'écrans TFT de 2,2 pouces, en augmentation de 78,6 % avec une part de marché de 13% des écrans vendus. Au niveau international, l'Europe représente 35% des ventes, suivi du Japon (29%) et de l'Amérique du nord (26%). Les catégories 20-21 pouces (~50cm) dominent le marché (25%), puis 30-32 pouces (~75-80cm) à 18%. Les vendeurs principaux sont : Sharp, Philips, Sony et Samsung.

Plasma (PDP) : - Un écran plasma est fait de deux plaques de verre qui renferment près d'un million de cellules. Ces cellules sont constituées de minuscules capsules, couvertes

de phosphore rouge, vert et bleu, appelées pixels. Celles-ci sont remplies de gaz et leurs parties supérieures et inférieures contiennent des électrodes. Le gaz reçoit des décharges électriques entraînant l'émission d'une lumière ultraviolette qui stimule les capsules ou pixels rouge, vert et bleu, et ainsi l'émission d'images en couleur. L'attrait pour les téléviseurs Plasma vient de leur faible taille, le panneau d'affichage ne mesurant que 6 mm d'épaisseur (10 cm avec l'électronique du téléviseur). Ils consomment autant que les télévisions à tube cathodique et ont une durée de vie moyenne de 60.000 heures. Avec la chute des prix, on peut acheter aujourd'hui un téléviseur Plasma de 42 pouces autour des 2000 \$ aux Etats-Unis, concurrençant fortement le secteur des TV LCD.

- Les ventes de téléviseurs Plasma sont en bonne progression avec 714.000 unités vendus en 2004 aux Etats-Unis (DisplaySearch [21]). L'Amérique du nord représente le plus gros marché (36 %), suivi de l'Europe (33%) et du Japon (12 %). Au niveau des tailles, les écrans 42 pouces (~105cm) à résolution WVGA (854x480 pixels) représentent 54 % des ventes. Les fournisseurs principaux sont Panasonic (20%), Sony (13%), LGE (12%), Hitachi et Samsung (8%), Philips et Pioneer (8%). Les ventes de PDP devraient rapporter 24 G\$ en 2008 avec plus de 13,6 millions d'unités vendues (MindBranch [22]).

Digital Light Processing (DLP) : - Le DLP est une technologie d'affichage par rétroprojection utilisant un composant semiconducteur pour projeter la lumière. Une des pièces principales de la technologie DLP est le composant DMD : Digital Micromirror Device. Il se compose d'un réseau rectangulaire de 1,3 millions de miroirs pivotants. Les miroirs peuvent pivoter pour se tourner vers la source lumineuse (On) ou contre (Off) créant un pixel lumineux ou sombre sur la surface de projection. Le code qui permet de faire un streaming de l'image est traité par le composant semi-conducteur et fait pivoter les miroirs plusieurs milliers de fois par seconde. Pour colorer les images, une lumière blanche émise dans le système DLP passe à travers une "roue" de couleur avant d'arriver sur la surface du DMD. La roue filtre les couleurs suivant le rouge, vert et bleu et peut recréer jusqu'à 16,7 millions de couleurs. Utilisés pour le cinéma, trois puces DMD combinées, chacune associée à une couleur primaire, permettent de recréer jusqu'à 35 milliards de couleurs.

- La technologie DLP est issue des laboratoires de Texas Instrument [23]. Spécialiste des semi-conducteurs, TI s'est associé à Samsung en 2001 pour produire des téléviseurs DLP ; Samsung cherchait alors un partenaire pour percer le marché américain. Aujourd'hui les parts de marché de Samsung Digital TV se portent à 15% et TI annonçait la vente de son cinq millionième composant DLP courant du mois de décembre [24]. Aujourd'hui aux Etats Unis, plus de 75 modèles de TV DLP sont disponibles sur le marché et plusieurs dizaines de salles de cinéma sont équipées de la technologie DLP Cinema. Les ventes projetées sur 2004 indiquent une croissance de

250%, l'Amérique du nord étant le marché dominant (82%). Un modèle de téléviseur DLP coûte aujourd'hui 4500\$ pour une dimension de 61 pouces (~150cm).

Liquid Crystal On Silicon (LCOS) : - Les téléviseurs LCOS intègrent une technologie hybride entre le LCD et le DLP, typiquement appliquée pour les télévisions à rétroprojection. Le procédé est similaire à celui des DLP, à la différence qu'il utilise des cristaux liquides au lieu de micromiroirs pour bloquer et réfléchir la lumière incidente. Les cristaux liquides sont déposés directement sur la surface du composant recouvert d'une couche aluminisée la rendant hautement réfléchive. Suivant le mouvement des cristaux, la lumière est réfléchiée ou non par la surface et est modulée pour créer une image.

- Bien qu'attrayante, cette technologie est difficile à maîtriser et nombreux sont les constructeurs qui se sont cassés les dents pour produire des TV LCOS à des prix abordables. Un des exemples récents est Intel qui avait annoncé lors du CES 2004 la mise en vente d'un téléviseur LCOS avant la fin de l'année et qui a dû renoncer à son projet au coût de réalisation trop élevé. HP, Toshiba et Philips s'étaient déjà essayés sans succès à cette technologie. Aujourd'hui, rares sont ceux à poursuivre l'aventure LCOS. Sony l'utilise néanmoins dans des projecteurs à prix élevé. MicroDisplay Inc., basé en Californie et spécialiste des composants LCOS depuis une dizaine d'années, est cependant optimiste, ayant obtenu récemment des contrats avec des marques de télévision coréennes et chinoises [25].

SED : - Récemment présentée au public (Septembre 2004), la technologie SED brevetée par SED Inc., est issue d'une collaboration de recherche de cinq ans entre Canon et Toshiba, totalisant un investissement de 1,8 G\$. Canon a apporté sa technologie SED découverte en 1986 et Toshiba son expertise dans le domaine des téléviseurs à tube cathodique. Des téléviseurs SED devraient être mis en vente dès l'été 2005 et des prototypes étaient en présentation au CES 2005. Les constructeurs espèrent obtenir une part de marché de 20 à 30% des ventes de téléviseurs une fois le produit lancé.

- La technologie SED est similaire à celle des écrans à tube cathodique, mais avec des milliers de canons à électrons (Fig.3). Ces micro-canons à électrons ont une structure plane avec une partie émettrice constituée d'une couche de d'oxyde de palladium (PdO), une couche servant d'électrode et un substrat de verre. La couche de PdO est entaillée d'une fente de quelques nanomètres de largeur. En appliquant une différence de potentiel sur cette fente, un phénomène de conduction par effet tunnel se crée et les électrons éjectés et accélérés par un champ externe vont heurter une plaque de verre recouverte de phosphore. A la différence des tubes cathodiques, les écrans SED ne nécessitent pas de systèmes de déflexion du faisceau d'électrons, rendant possible la création de téléviseurs de quelques cm d'épaisseur. Canon espère utiliser une technique

de jet d'encre pour réaliser les structures de cathode du dispositif SED, minimisant les coûts de production. Un autre avantage du SED est son efficacité (5 Lumens/W contre 1 à 2 lumens/W pour les écrans Plasma) et une très faible consommation électrique, environ 1/3 de l'énergie requise par les écrans LCD et PDP.

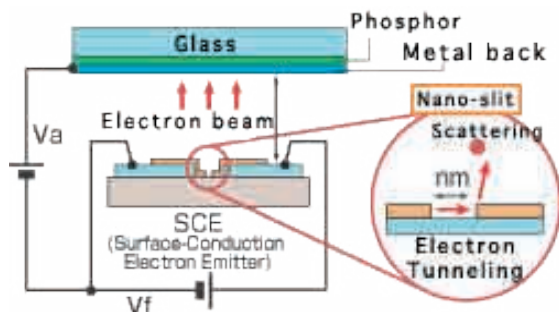


Fig.3 : Technologie SED développée par Canon et Toshiba. Similaire au principe des téléviseurs à tube cathodique (CRT), les SED permettent d'obtenir des contrastes et des qualités d'image comparables aux CRT. Source Canon

Organic Light Emitting Diode (OLED) : - Les OLED sont des diodes LED faites de matériaux polymères semi-conducteurs organiques. Les écrans OLED fonctionnent sur le principe physique de l'électroluminescence de couches de matériaux organiques. La technique est de créer des états d'excitons, un électron excité et un trou, dans le substrat. Ces états d'excitons sont créés en appliquant un courant sur une couche dite "émettrice", à partir d'une cathode¹ qui injecte les électrons et d'une anode qui fournit les trous. L'électron et le trou se recombinent en émettant un photon. Des dérivés du PPV (poly(p-phenylène vinylène)) sont fréquemment utilisés comme composé polymère. Un des avantages majeurs des OLED est que ces écrans ne nécessitent pas d'éclairage rétroactif, réduisant leur consommation électrique et leur épaisseur. La technologie OLED développée par Cambridge Display Technology (CDT) à Cambridge en Angleterre, appelée Light Emitting Polymer, permet de réduire les coûts de production, car le matériau de base est une chaîne de molécules pouvant être réalisée par une impression jet d'encre.

- Grâce à leur faible consommation électrique, un marché majeur pour les OLED est celui des dispositifs mobiles qui nécessitent des grandes autonomies de fonctionnement. Le marché des OLED a généré 250 M\$ en 2003 (78% des revenus venaient des téléphones cellulaires) et devrait atteindre 2,4 G\$ en 2007 (Frost&Sullivan [26]). Pioneer, Samsung, LG, Fujitsu et Motorola utilisent déjà des écrans OLED dans leurs téléphones portables. Lors du CES 2005, Samsung présentait son premier écran OLED de 21 pouces surpassant

en efficacité et en luminosité les écrans LCD. Une des barrières majeures des OLED étaient jusqu'à présent leur coût exorbitant de réalisation. Avec l'émergence de nouvelles techniques d'impression, les prix chutent (jusqu'à 50%) rendant la technologie accessible : Samsung a ainsi annoncé un doublement de sa production d'écrans OLED en 2004. La durée de vie des OLED est un autre désavantage majeur. Pour recréer le spectre des couleurs, les écrans ont besoin de trois types d'OLED : rouge, verte et bleu. Les OLED rouge et verte ont des durées de vie acceptables de 20.000 heures, mais les OLED bleues sont loin derrière avec généralement une longévité d'un millier d'heures. Cambridge Display Technology a cependant présenté récemment (Octobre 04) une diode OLED bleue avec une durée de vie de 70.000 heures [27]. Un problème légal pourrait enfin aussi ralentir le développement de la technologie OLED : Kodak, ayant développé le composant dans les années 90, détient la majorité des droits de propriétés intellectuelles.

- **Encre électronique (e-Ink)** : - Une autre technologie à surveiller dans le secteur de l'affichage, mais ne ciblant pas le marché des téléviseurs, est l'encre électronique, en développement depuis de nombreuses années (Fig.4). La technologie utilise des millions de microcapsules, chacune renfermant des particules blanches chargées positivement et des particules noires chargées négativement. Quand un champ électrique est appliqué, les particules blanches se déplacent vers le haut de la microcapsule où elles deviennent visibles. Ces microcapsules sont insérées dans une fine couche liquide facilement imprimable sur différents types de surface.

- Alors que la prolifération des e-books était annoncée il y a quelques années, les mauvais résultats du marché ont ralenti le développement de l'encre électronique. Mais 2004 a marqué le retour en force des e-books et, avec lui, le développement de l'e-Ink. L'e-book Librié de Sony commercialisé au Japon l'année dernière intègre la technologie d'encre de la compagnie E-Ink. Fin 2004, Plastic Logic Ltd (Cambridge, Angleterre) et E-Ink Corp. (Cambridge, Massachusetts) concluaient un accord sur la fabrication de surfaces d'affichage électroniques flexibles [28]. Les deux compagnies associent leur savoir faire pour réaliser des surfaces d'affichage haute résolution à matrice active. Une résolution de 100 dpi (dots-per-inches : points par pouces) est attendue pour 2005 et 150 dpi en 2006 pour des dimensions de type A4 et A5. Ces surfaces seront flexibles jusqu'à un rayon de courbure inférieur à 2 cm.

- Parmi les entreprises développant l'encre électronique, Eikos Inc. (Franklin, Massachusetts) travaille sur la production d'une encre transparente à base de nanotubes de carbone pour des revêtements et des circuits pour le marché de l'affichage. L'encre d'Eikos est neutre en couleur, lui permettant d'améliorer la brillance et le contraste des surfaces. Elle peut être appliquée facilement sur des surfaces flexibles. Eikos reçoit des fonds du Department of Defense (DoD) et de capitaux risqués pour financer ses recherches.

¹ L'oxyde d'indium et d'étain est généralement utilisé pour l'anode et l'aluminium pour la cathode.

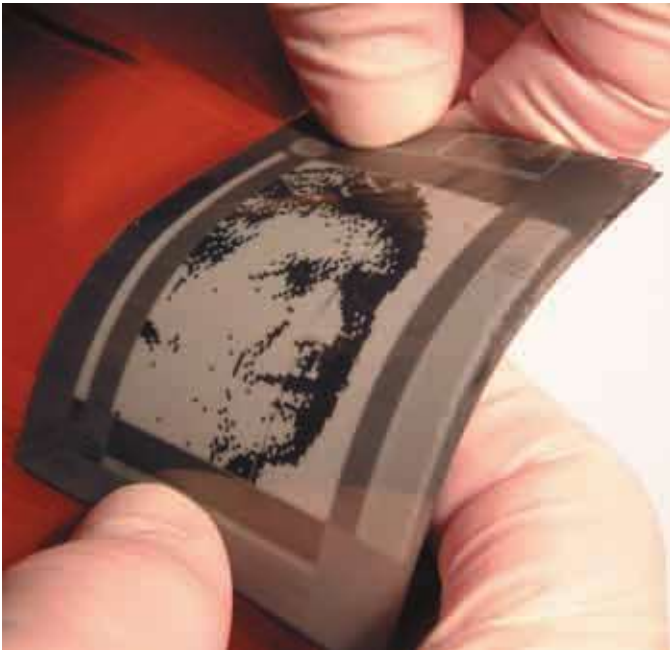


Fig.4 : Prototype de surface d'affichage utilisant la technologie d'eInk.

Un des gros marchés pour l'encre électronique est celui de l'affichage sur des grandes surfaces pour les transports publics. Les surfaces ont besoin d'être lisibles sous angles et des conditions d'illumination différents. E-Ink a ainsi signé plusieurs contrats, notamment avec IXYS (Santa Clara, Californie) [29] et Toppan (Japon) [30] pour fournir sa technologie dans des projets d'affichage à grandes dimensions.

D) La mobilité : vers un monde sans limites

Avec l'émergence des applications multimédias et l'accès aux larges bandes (câble, DSL), de nouveaux services et plateformes de communication se développent pour fournir au consommateur des appareils interactifs et interopérables. Les maisons intelligentes ou «smart homes» voient le jour avec la prolifération des réseaux domestiques (Fig.5) et le besoin du public de partager des contenus numériques : musiques, photos, vidéos. Les ventes de produits pour les réseaux domestiques devraient ainsi atteindre plus de 15 G\$ en 2006 (InStat/MDR [31]). Avec la démocratisation des PC intégrant des fonctionnalités de communication sans fil (WLAN), les ventes de composants ont augmenté rapidement ces dernières années. Un des marchés fertiles pour ces composants WLAN est celui de l'électronique grand public et de la téléphonie sur IP qui devraient obtenir la moitié des 2,1 G\$ escomptés pour le marché WLAN en 2008 (InStat/MDR). Aujourd'hui, ce sont principalement des vendeurs américains qui dominent le marché : Agere, Atheros, Broadcom, Conexant, Intel et TI.

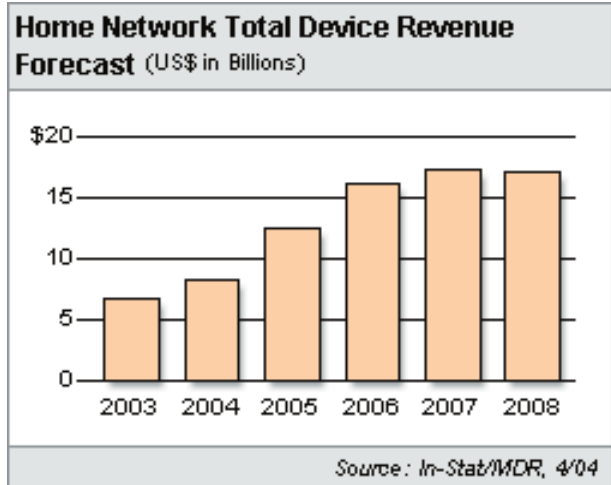


Fig. 5 : Préviation des revenus des réseaux domestiques de 2003 à 2008 aux Etats-Unis. Source InStat/MDR

L'accent est mis sur la disponibilité des données à tout moment : à la maison ou en déplacement. Les fonctionnalités des téléphones portables deviennent de plus en plus diverses et requièrent le développement de nouvelles générations de composants consommant peu et intégrant différentes technologies (analogique, numérique, radiofréquence).

Les réseaux sans fil :

L'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) et la Federal Communications Commission¹ (FCC) définissent les standards industriels dans le secteur des télécommunications aux Etats-Unis. Le standard IEEE 802 définit les protocoles de communication pour des réseaux LAN (Local Area Network) et MAN (Metropolitan Area Network) véhiculant des paquets de données aux tailles variables. Le 802.11 définit les protocoles WLAN (Wireless LAN). Plusieurs technologies existent pour le même protocole ; le WiFi 802.11b et 802.11g fonctionnant sur la bande de fréquence libre à 2,4 GHz sont les plus répandues.

WiFi : - Avec plus de 50.000 bornes à travers le monde², la technologie WiFi est bien ancrée dans les moeurs des consommateurs qui demandent une connexion internet mobile rapide. La technologie WiFi fonctionnant sur une partie du spectre électromagnétique non soumise à une licence de la part de la FCC, chaque consommateur peut créer son propre réseau domestique ce qui amplifie aujourd'hui les ventes de composants WiFi. Selon Global Digital Living (une étude récente menée par Parks Associates [32]), 52%

1 La FCC décide des bandes de fréquence d'émission des technologies et de leur puissance maximale d'émission.

2 JiWire.com est une compagnie basée à San Francisco qui fournit une base de données sur la répartition des hot spots à travers le monde. Selon eux, Londres est l'endroit le plus couvert avec plus de 1200 bornes, la Californie est l'état des Etats Unis le plus fourni avec plus de 4000 bornes.

des foyers utilisent désormais la technologie WiFi pour leur réseau domestique, mieux que l'Ethernet. Ce marché devrait connaître une bonne progression dans les années à venir notamment par l'arrivée de nouveaux standards, équipements et services (InStat). Selon Infonetics [33], ces ventes de composants WiFi obtiendraient une croissance annuelle de 37% jusqu'en 2008 avec un total des revenus de 3,7 G\$. Le marché des connexions WiFi pour les systèmes embarqués est également très porteur avec un taux de croissance annuel estimé à 66% jusqu'en 2008 (InStat). En 2003, les adaptateurs WiFi PCI Cards représentaient 49% des adaptateurs WiFi vendus dans le commerce et plus d'un ordinateur portable sur deux était muni d'une connectivité sans fil.

- Cisco Systems (San Jose, Californie) et Linksys (Irvine, Californie), une division de Cisco Systems, sont les deux plus gros fournisseurs de composants WiFi aux Etats-Unis. Le standard le plus populaire est le 802.11g (78% des connexions dans les deux prochaines années - InStat) qui a des taux de transferts plus importants que le 802.11a et b. Deux nouveaux standards ont été définis en 2004 : le standard sécurité 802.11i en juin dernier et le 802.11e destiné aux applications multimédias fin 2004. Une spécification fixant le débit minimum du WiFi à 100 MBits-per-second (Bps) est attendue pour fin 2006. La technologie 802.11n devrait être accessible au consommateur en 2006 ajoutant la technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output) aux anciens standards et devrait prendre une part de marché de 55% en 2008 (InStat). La technologie MIMO est destinée à augmenter le débit et la couverture des connexions WLAN de type WiFi. Linksys présentait au dernier CES son routeur intégrant la fonction MIMO permettant de streamer en parallèle des données entre des antennes multiples. Les produits SRX de Linksys intègrent des composants True MIMO de Airgo Networks (Palo Alto, CA) qui permet de multiplier le débit par un facteur 8 pour des couvertures trois fois plus grandes. Belkin (Compton, CA), Planex (Japon), Smartvue (Nashville, TN) et SOHOware (Santa Clara, CA) présentaient également leurs produits dotés de True MIMO au CES 05. Airgo Networks, pionnier de la technologie, est satisfait des ventes de ses composants qui ont récemment dépassé le million d'unités [34] dans un marché ultra-concurrencé par des compagnies comme Intel, TI et Broadcom.

WiMAX : - Le WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ou standard IEEE 802.16¹, est une technologie de communications de type Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) qui a une couverture d'environ 50 km autour d'une borne suivant un débit des données jusqu'à 70 MBits/s. Couvrant une surface plus grande que le WiFi, le WiMAX évolue dans un marché

émergent pour le secteur des télécommunications sans fil haut débit. Selon TelecomView [35], le WiMAX devrait rentrer en compétition directe avec le DSL et obtenir une part de marché de 70% en 2009 pour le secteur des communications sans fil. iSupply prévoit que le marché des composants et des services WiMAX ne prendra un réel essor qu'à partir de 2007 avec la démocratisation de la technologie, les revenus dépassant 2,5 G\$ en 2009 avec un taux de croissance annuel de 50%. Seattle aux Etats Unis expérimente la technologie avec le fournisseur d'accès SpeakEasy (Seattle, WA). Quatre bornes suffisent à couvrir son centre ville. Intel est un mécène important de la technologie et a investi des fonds dans SpeakEasy et ClearWire (Kirkland, WA) pour développer le WiMAX. Le président d'Intel Craig Barrett soulignait lors du CES 2005 que parmi toutes les technologies de communications sans fil disponibles, seulement deux ou trois seront intégrées aux ordinateurs : par exemple, le WiMAX qui augmentera le coût des ordinateurs de 100 à 200 \$, ou l'UWB pour le transfert rapide de fichiers.

UWB : - La technologie d'Ultra Wide Band est une technique de modulation d'ondes radio qui se base sur la transmission de pulsations ultracourtes (quelques nanosecondes) sur une grande gamme de fréquences simultanément. Cette technologie permet de fournir de forts débits sur de faibles distances, idéal pour le réseau domestique. La FCC a approuvé sa commercialisation en 2002 en permettant à l'UWB d'émettre sur la bande de fréquence 0,6-3,1 GHz. Caractérisé par une grande rapidité de transfert des données (480 MBps à 1 m, 110 Mbit/s à 10 m) et une faible consommation électrique, l'UWB pourrait conquérir le marché du transfert de vidéo ou de programmes audiovisuels par streaming entre la TV, décodeur, camscope, ... Le marché des composants UWB devrait ainsi connaître une croissance annuelle de 400 % entre 2005 et 2008 avec la mise en place des réseaux domestiques (InStat/MDR).

- Dès 2003, des start up ont su attirer l'attention des capitaux risqués sur l'intérêt de la technologie et aujourd'hui des compagnies comme Staccato Communications Inc. (San Diego, CA), Wisair Ltd (Israel), Pulse-Link Inc. (Carlsbad, CA) et Alereon Ltd (Austin, TX) proposent des composants UWB. Ces start-ups auront cependant fort à faire contre les grands constructeurs comme Intel ou Freescale. qui développent également la technologie. Après le feu vert donné par la FCC sur l'utilisation de sa technologie Direct Sequence UWB, Freescale présentait un téléphone mobile compatible UWB lors du dernier CES, lui permettant de se connecter à un ordinateur portable pour télécharger des photos. La technologie UWB est cependant divisée aujourd'hui entre deux grands groupes, ce qui ralentit sa commercialisation et la définition du standard IEEE 802.15.3a. D'un côté la version DS UWB de Motorola, de l'autre la technologie Multiband OFDM Alliance (MBOA) de Intel et TI. Si Motorola réussit à mettre un produit efficace sur le marché, il pourrait faire pencher la balance de son côté dans le choix de l'IEEE. Les premiers produits UWB devraient être accessibles aux

1 Les standards 802.16d et 802.16e sont destinés respectivement aux applications fixes et mobiles.

particuliers à la fin de l'année 2005. Se définissant comme un réseau de type Personal Area Network (PAN), l'UWB ne devrait pas concurrencer le WiFi qui couvre de plus grandes distances, mais plutôt les technologies Bluetooth et Zigbee.

Bluetooth : - Le Bluetooth est une technologie qui permet d'échanger des données entre deux appareils situés à des distances proches (<10 m) sur des fréquences radios. C'est un moyen de communication consommant peu et ne nécessitant pas de bornes comme le WiFi : chaque appareil est autonome. Le protocole opère sur une gamme de fréquences libres à 2,45 GHz similaire au WiFi. Les taux de transfert du Bluetooth sont faibles (~700 kbits/s), mais la dernière version 2.0 devrait permettre d'obtenir des débits de l'ordre de 2 MBps. Chaque dispositif Bluetooth peut interagir avec sept autres appareils, mais avec une seule connexion active à la fois.

- Le marché Bluetooth est en pleine progression : il a doublé entre 2003 et 2004, avec environ 150 millions d'unités vendues (InStat/MDR). Les projections sur les ventes de Bluetooth parlent de 721 millions d'unités en 2008 avec des revenus totalisant les 1,7 G\$. Selon ABI Research [36], plus de 22 millions de véhicules seront équipés Bluetooth d'ici à 2008, couvrant 16 % du marché automobile (notamment pour la connexion mains libres des téléphones ou un système de démarrage automatique). Le Bluetooth Special Interest Group a dévoilé en novembre dernier sa roadmap pour 2006 [37]. Le document prévoit des taux de transfert plus importants, une plus faible consommation et une sécurité accrue. Le Bluetooth est prévu pour une utilisation accrue dans les combinés portables et les systèmes embarqués des voitures, et s'étend également vers la maison (communication avec les appareils domestiques et informatiques) et la maintenance industrielle. Un des buts du SIG est d'étendre les applications du Bluetooth vers le partage des fichiers Peer to Peer et la Voix sur IP. S'agissant de la sécurité, les recommandations de la roadmap sont plus drastiques : alors que les codes PIN sont aujourd'hui de 4 chiffres, la nouvelle spécification 2.0 demande une séquence alphanumérique plus longue augmentant jusqu'à un million le nombre de possibilités.

Zigbee : - Le Zigbee est un protocole de communication utilisant les ondes radio pour créer des réseaux personnels. Le standard du Zigbee est l'IEEE 802.15.4 et le Zigbee SIG a publié ses premières spécifications 1.0 en décembre dernier [38], après deux ans et demi de développement. La technologie Zigbee se veut plus simple et moins chère que le Bluetooth, pour des applications à faible taux de transfert de données et une faible consommation. Le Zigbee opère sur les bandes de fréquence 2,4 GHz, 915 et 868 MHz. Le taux de transmission des données est de 250 kbps à 2,45 GHz, 40 kbps à 915 MHz et 20 kbps à 868 MHz. Les distances de couverture sont de l'ordre de 10 à 75 mètres. La technologie peut supporter jusqu'à 65.000 bornes dans ses réseaux. L'objectif de cette technologie est de créer un réseau de bornes Zigbee autonomes

et interactives pour notamment le secteur de la maintenance industrielle ou le confort domestique. Plusieurs types de composants Zigbee existent : un système coordinateur qui régule le réseau, un système FFD (Full Function Device) qui peut agir comme routeur intermédiaire et un système RFD (Reduced Function Device) qui peut communiquer avec les autres bornes mais ne peut pas relayer de données. Ces bornes Zigbee communiquent constamment entre elles et peuvent réduire leur consommation en se mettant "en veille" lorsqu'inactives. Un des meilleurs exemples est le cas pour l'interrupteur de lumière : le système Zigbee de la lampe (type FFD) reste toujours actif à la différence du système intégré à l'interrupteur (RFD) qui ne devient actif que lorsqu'il change de position.

- Grâce à sa polyvalence, les projections sur les ventes de puces Zigbee sont optimistes : alors qu'un million d'unités devraient être vendues en 2005, 2006 marquera l'envolée de la technologie avec une vente de 80 millions d'unités selon ABI Research. Les premiers dispositifs compatibles Zigbee devraient arriver dans le commerce première moitié 2005. Le 14 décembre dernier, Freescale annonçait que Maxstream Inc., situé à Lindon dans l'Utah, avait sélectionné sa plateforme pour un produit nommé Xbee [39]. Ce produit a été approuvé par la CE (Commission Européenne) et la FCC, et incorporera des puces de Freescale sur des modules RF. Cependant, en raison d'une longue incubation du Zigbee, la technologie Bluetooth a aujourd'hui une longueur d'avance et la compétition sera rude pour pénétrer le marché des WPAN.

Wireless USB : - Le Wireless USB est une version sans fil de la technologie USB. Le WUSB est aujourd'hui développé par le Wireless USB Promoter Group [40], formé au printemps 2004 au Forum des développeurs d'Intel. Le groupe compte sept partenaires : Agere Systems, HP, Intel, Microsoft Corporation, NEC, Philips Semiconductors et Samsung Electronics. Une des spécifications définies pour le moment est un débit minimal de 480 MBps, similaire aux performances des ports USB 2.0 actuels. La cible première, concernant la consommation, est de 300 mW et 100 mW à terme. Les spécifications techniques sont basées sur les travaux de la MultiBand OFDM Alliance (MBOA) et de la WiMedia Alliance qui participent à l'élaboration de la plateforme UWB. Le principe de fonctionnement du WUSB est un système hôte qui régule le trafic et la largeur de bande entre plusieurs dispositifs WUSB connectés. L'hôte peut se connecter à un maximum de 127 appareils WUSB à la fois pour une distance de couverture d'environ 10 m. Cypress Semiconductor Technology (San Jose, CA) a développé une technologie de connexions Wireless USB sur des SoC à 2,45 GHz pour des réseaux de capteurs sans fil [41]. IBM utilise la technologie WUSB de Cypress pour de nouveaux claviers sans fil. Comme le Zigbee, le Wireless USB fonctionne à 2,45 GHz avec une largeur de bande de 1 MHz et supporte 65.000 bornes. Le Wireless USB fonctionne avec une taille de codage plus faible : 4 ko au lieu de 32 ko pour le Zigbee.

Sa qualité vient de sa très faible consommation électrique : le courant de veille est inférieur à 0,25 microA. Stacatto Inc. (San Diego, CA) se positionne aujourd'hui comme un acteur majeur du développement de la technologie WUSB en réalisant des composants silicium intégrant des fonctionnalités WUSB. Au CES 2005, Staccato présentait ses premiers produits en démonstration avec Intel et Philips, disponibles fin 2005. Staccato a également signé des partenariats avec le constructeur de systèmes de projection DLP Coretronic (Taiwan) pour réaliser des téléviseurs [42].

RFID et NFC : - RFID (Radio Frequency Identification) est une technique radiofréquence pour stocker et accéder à des données à partir d'étiquettes RFID qui intègrent une antenne et un émetteur-récepteur pour communiquer avec d'autres systèmes RFID. Deux types de RFID existent : passif et actif. Les systèmes passifs n'ont pas d'alimentation propre et sont propulsés par le signal qu'ils reçoivent les autorisant à renvoyer une réponse très courte à l'interlocuteur, idéal pour l'identification et l'inventaire de produits. De tels appareils sont très petits, en dessous du mm, et ont une distance de communication d'environ 5 mètres. Les systèmes actifs disposent de batteries et de plus de mémoires en permettant des communications sur plusieurs dizaines de mètres. Passive ou active, la technologie RFID fonctionne sur 4 gammes de fréquences : basses fréquences (125-134 kHz), hautes fréquences (13,56 MHz), UHF (868-956 MHz)¹ et micro-ondes (2,45 GHz). Les puces passives sont les moins chères à réaliser : environ 0,40\$ aujourd'hui, mais ont encore besoin de diminuer leur prix. Selon Gartner, un prix de 0,10\$ ne sera possible qu'en 2010. Les revenus globaux des étiquettes RFID sont projetés à 300 M\$ en 2004 et 2,8 G\$ en 2009 (InStat/MDR). Le marché le plus important pour la technologie RFID se situe pour l'instant dans l'étiquetage des produits commerciaux des grandes chaînes de supermarché (Walmart a commandé la technologie RFID pour l'inventaire de ses produits). Au niveau commercial, les puces RFID sont plus rares mais apparaissent notamment dans les appareils de démarrage des voitures (Toyota, Lexus). Pour l'électronique grand public, la technologie RFID commence à trouver son marché pour de nouvelles applications dans les produits mobiles. Motorola présentait une technologie appelée Liquid Media au CES 2005 destinée à une mobilité sans limites du consommateur [43]. Intégrant une puce RFID, leur produit permet de continuer la lecture d'un morceau musical ou vidéo dans différents environnements quand cette puce passe à proximité d'appareils électroniques : téléviseur, ordinateur, téléphone, PDA.

- Technologie de communications sans fil de type «peer to peer», le Near Field Communications (NFC) est développé conjointement par Philips, Sony, TI et Nokia. Les appareils communicants intègrent chacun une puce RFID, qui peut être

active ou passive, et qui vont s'échanger des informations (identité, transactions bancaires,...) lorsque suffisamment proches. Le NFC utilise un champ magnétique d'une fréquence de 13,56 MHz détectable sur des distances de quelques centimètres (< 20 cm) avec des débits de 106, 212 ou 424 kbps selon les applications. Présenté au CES 2005, les écouteurs sans fil (Zen Wireless Handset) de Creative Inc. utilisent la technologie NFC de Aura communications Inc. (Wilmington, MA). L'avantage d'une telle technologie est sa longue autonomie de fonctionnement, une vingtaine d'heures, sur une distance de deux mètres.

Nouveau service de télécommunication :

VoIP : - A la différence des technologies précédemment citées, la VoIP est un nouveau type de service pour les télécommunications où la voix est transmise sur des paquets de données utilisant les protocoles de l'internet (IP). Pour les consommateurs, un de ses avantages majeurs est son faible coût pour les communications, surtout pour les appels longue distance. Pour les opérateurs, la technique permet d'utiliser les infrastructures de la technologie IP préexistante. Parce que l'IP ne fournit pas de mécanismes pour s'assurer que les paquets de données arrivent dans le bon ordre séquentiel, les communications utilisant la voix sur IP peuvent être soumises à des aléas dans la qualité du service (problèmes de retards ou d'intégrité des paquets de messages).

- La VoIP est en plein développement avec plus de 400 fournisseurs d'accès recensés aux Etats-Unis (VoipAction [44]) et environ 1 million d'abonnés. Ce chiffre devrait passer à plus de 12 millions en 2009 selon Jupiter Research [45] avec une pénétration de la VoIP de 10% dans les foyers américains. A travers le monde, le logiciel gratuit de voix sur IP Skype compte 13 millions d'utilisateurs, dont 2 millions aux Etats-Unis (Source Skype). De nombreux dispositifs équipés VoIP étaient présentés au CES : le Wireless VoIP de DSP Group (Santa Clara, CA), la Voice Over Broadband Technology de TI, l'adaptateur de Kiwi Systems (Pasadena, CA) pour transformer un téléphone standard en appareil compatible VoIP. Reste à conquérir pour ces acteurs de la scène VoIP les 112 millions de lignes téléphoniques aux Etats-Unis. Sur le marché des composants, TI domine le marché des puces VoIP et les revenus passeront de 137 M\$ en 2003 à près d'1G\$ en 2008 (InStat/MDR). Un des moteurs de cette croissance sera l'intégration de fonctionnalités VoIP sur des téléphones mobiles hybrides cellulaire/VoIP. Pour accélérer le développement du VoIP mobile, IBM, VeriSign (Mountain View, CA), BridgePort Networks (Chicago, IL) et Airespace (San Jose, CA), un équipementier WLAN racheté par Cisco, viennent de créer l'alliance Mobile IGNITE (Mobile Integrated Go-to-Market Network IP Telephony Experience). Les acteurs contribueront notamment au développement de la VoIP pouvant être permutée facilement entre différents types de réseaux : WiFi et cellulaire. Comme le DSL il y a quelques années, la VoIP aura besoin de start-ups pour continuer à

¹ La bande de fréquence UHF n'est pas utilisable en France car elle interfère avec la bande dédiée aux communications militaires.

croître et que les fournisseurs bien établis le fassent accéder à un marché plus important.

E) Les MEMS et les nanotechnologies pour l'électronique grand public :

a) L'émergence des MEMS (Micro ElectroMechanical System)

: Les constructeurs de produits électroniques grand public ont aujourd'hui un fort engouement pour les composants MEMS. De plus en plus de MEMS sont intégrés dans les produits du commerce, augurant une augmentation des volumes de production. La baisse des prix et la diminution des tailles sont des facteurs importants de ce développement. Selon In Stat/MDR, les ventes de MEMS devraient augmenter à un rythme annuel de 13,2 % entre 2003 et 2008. Avec un revenu global de 400 M\$ actuellement, les ventes de MEMS devraient dépasser les 500 M\$ en 2008. Les produits moteurs sont les : MEMS optiques, MEMS RF, capteurs de pression, infrarouge. Parmi les produits les plus vendus : les processeurs DMD de la technologie DLP de TI utilisés pour les écrans de téléviseurs, les FBAR d'Agilent Technology (Palo Alto, CA), résonateurs acoustiques, dans les téléphones portables.

b) Le développement des nanosciences a aussi permis de réaliser des produits plus performants, résistants, avec de nouvelles fonctions : vêtements anti-taches, vitres auto-nettoyantes, matériaux ultrarésistants plus légers,... Les grands fournisseurs de matériaux et d'électronique investissent en masse dans les nanotechnologies pour développer les composants de demain. L'impact financier des nanotechnologies est estimé aujourd'hui de 20 à 50 G\$ et pourrait passer la barre du trilliard de \$ en 2010.

Aujourd'hui, les applications des nanotechnologies dans les produits électroniques commencent à voir le jour grâce à une plus grande maîtrise des techniques de production et à la baisse des coûts de réalisation. En voici quelques exemples :

- en février 2004, une recherche commune menée par l'université de Tsinghua en Chine et de Louisiana State University (LSU) aux Etats-Unis a débouché sur la mise au point de filaments pour les ampoules à incandescence à base de nanotubes de carbone, consommant moins d'électricité et produisant une plus forte luminosité [46].

- des chercheurs de l'University of Southern California (USC) et de l'University of Texas (UT) ont développé des lunettes de vision nocturne utilisant des quantum dots pour optimiser la détection d'émissions infrarouges [47].

- des prototypes d'écrans plats à base de poussières de diamants ou de nanotubes de carbone sont en développement actuellement. Ces Field Effect Displays (FED) consomment moins que les téléviseurs Plasma et LCD rendant une meilleure image à moindre coût. Carbon Nanotechnologies Inc. (Houston, Texas) commercialise des «BuckyTubes», nanotubes de carbone graphène à simple paroi [48]. Dû à leur forte capacité d'émission, les BuckyTubes peuvent agir comme les canons à électrons

des téléviseurs mais pour des pixels individuels. Samsung a affirmé avoir déjà mis au point un prototype de téléviseur avec cette technologie [49]. Advance Nanotech Inc., basée à New York, travaille avec l'Université de Bristol en Angleterre [50] pour réaliser des écrans plats à base de poussières de diamants ou nano-diamants, qui possèdent des propriétés de fluorescence leur faisant émettre un photon lorsqu'ils sont excités par un laser.

- Nanosys Inc., basée à Palo Alto, vient de créer un partenariat avec Sharp [51] pour développer des piles à combustibles pour le marché des appareils électroniques portables : téléphones, appareils photos, ordinateurs,... Les piles à combustibles permettent de stocker une plus grande densité d'énergie comparé aux batteries classiques NiMH.

Conclusion : Avec la diversification des marchés des produits électroniques grand public, le secteur connaît une forte croissance qui ne devrait pas s'estomper avant de nombreuses années. L'ajout de nouvelles fonctionnalités aux appareils préexistants font découvrir au consommateur de nouvelles expériences. Les demandes se portent sur des produits toujours plus performants, faciles à utiliser et interactifs. Nombreux sont les constructeurs qui misent aujourd'hui sur l'interopérabilité des systèmes pour accélérer la convergence des technologies. Le CES tenu à Las Vegas début janvier confirmait la volonté des professionnels de diversifier leurs produits et d'intégrer des fonctions de mobilité sans limites grâce au développement des technologies de communication sans fil. Nombreuses sont les techniques émettant sur des bandes de fréquence libre permettant au consommateur de créer son propre réseau de communication domestique : WiFi, UWB, ZigBee,... A plus long terme, le domaine des nanotechnologies devrait pénétrer les produits du grand public avec des matériaux comme les nanotubes de carbone dont la polyvalence permet de créer des surfaces ultrarésistantes, des écrans plats ou des filaments pour les ampoules. Les marques auront toujours besoin d'innover pour satisfaire un consommateur curieux d'expérimenter de nouveaux médias et habitué à renouveler régulièrement ses produits électroniques. Même si la plupart des produits sont issus directement de laboratoires privés, certaines initiatives publiques, notamment le Media Lab du MIT [52] créé dans les années 80, est un centre de recherche appliqué à l'innovation dans les secteurs multimédias à la frontière des sciences cognitives jusqu'aux nanotechnologies en passant par les communications sans fil. Les chercheurs réfléchissent aux futures grandes tendances de l'électronique grand public.

*Michaël Ronan Nique,
San Francisco*

Références :

- [1] Consumer Electronics Show : <http://www.cesweb.org>
- [2] <http://www.isupply.com>
- [3] <http://www.idc.com>
- [4] <http://www.npd.com>
- [5] Consumer Electronics Association : <http://www.ce.org>
- [6] <http://www3.gartner.com/Init>
- [7] <http://www.power.org/>
- [8] Technologie SynJets : <http://gtresearchnews.gatech.edu/reshor/rh-w04/fluidics.html>
- [9] Dossier de la Lettre Sciences Physiques sur l'ITRS : <http://www.france-science.org/home/page.asp?target=nfo-let&PUBLID=10&LIVRID=8116&LNG=fr>
- [10] Dossier de la Lettre Sciences Physiques sur le stockage des données : <http://www.france-science.org/home/page.asp?target=nfo-let&PUBLID=10&LIVRID=7852&LNG=fr>
- [11] FRAM de TI et Ramtron : <http://www.ssipex.com/industry/te2004112302.htm>
- [12] MRAM de Freescale : <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?nodeId=0ST287482186253>
- [13] IEDM 04 : <http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml?articleID=55301486>
- [14] Mémoire PCM de ST et Ovonyx : <http://www.st.com/stonline/press/news/year2004/t1480h.htm>
- [15] Collaboration Nantero et LSI Logic sur les NRAM : http://www.nantero.com/pdf/june_2004.pdf
- [16] Collaboration Nantero et Brewer Science sur des solutions de nanotubes de carbone : <http://www.nantero.com/pdf/brewer05.pdf>
- [17] Business 2.0 Sept. 2004
- [18] Micro disque dur de Western Digital : <http://www.wdc.com/en/company/releases/PressRelease.asp?release={0CB405C1-FBB0-447C-9647-38195009ED0F}>
- [19] Disque dur 0,85 pouce de Toshiba : http://www.toshiba.co.jp/about/press/2004_03/pr1601.htm
- [20] Technologie de stockage des données sur disque dur : Solid State Technology, Sept. 2004 "Hard disk-drive technology revolutionizes processing"
- [21] <http://www.displaysearch.com>
- [22] <http://www.mindbranch.com>
- [23] Technologie DLP : http://www.dlp.com/dlp_technology/default.asp
- [24] Ventes composants DLP : http://www.dlp.com/about_dlp/about_dlp_press_release.asp?id=1222
- [25] <http://www.microdisplay.com/>
- [26] <http://www.frost.com/prod/servlet/frost-home.pag>
- [27] CDT a développé une diode bleue à longue durée de vie : http://www.cdtltd.co.uk/press/archive_press_release_index/2004/338.asp
- [28] Collaboration E-Ink et Plastic Logic : <http://www.eink.com/news/releases/pr77.html>
- [29] Collaboration E-Ink et Ixys : http://biz.yahoo.com/bw/050118/185462_1.html
- [30] Collaboration E-Ink et Toppan : <http://www.eink.com/news/releases/pr76.html>
- [31] <http://www.instat.com>
- [32] <http://www.parksassociates.com/>
- [33] <http://www.infonetics.com/>
- [34] Airgo Networks et le 802.11n : http://www.broadbandhomecentral.com/report/backissues/Report0501_7.html#link7c
- [35] <http://www.telecomview.info>
- [36] <http://www.abiresearch.com/home.jsp>
- [37] Le Bluetooth SIG a publié sa roadmap : <http://www.bluetooth.com/news/index.asp?A=2&PID=1438>
- [38] Spécifications Zigbee : <http://www.zigbee.org/en/press/>
- [39] Collaboration Freescale et Maxstream : <http://www.maxstream.net/corporate/press/121704zigbeewirelesstechnology.php>
- [40] Wireless USB Promoter Group : <http://www.usb.org/wusb/home>
- [41] Wireless USB de Cypress : http://www.sopcco.com/html/sopc_co_wireless_usb.html
- [42] Collaboration Staccato et Coretronic : http://www.staccatocommunications.com/releases/press_010605.html
- [43] Technologie Liquid Media de Motorola : <http://www.motorola.com/content/0,,2420,00.html>
- [44] <http://www.voipaction.com/>
- [45] <http://www.jupiterresearch.com/bin/item.pl/home>
- [46] J Wei et al. 2004 Appl. Phys. Lett. 84 4869
- [47] Quantum dots pour améliorer la vision nocturne : http://viterbi.usc.edu/news/news/2004/2004_06_11_quantum.htm
- [48] BuckyTubes de CNI Inc. : http://www.cnanotech.com/pages/buckytube_properties_uses/buckytube_uses/5-2-1_field_emission.html
- [49] Field Emission Display à base de nanotubes : <http://www.techreview.com/articles/04/11/mann1104.asp>
- [50] Collaboration Advance Nanotech Inc. avec l'Université de Bristol : http://advancenanotech.com/041213_display_tech.htm
- [51] Collaboration Nanosys et Sharp : http://www.nanosysinc.com/news/Press%20Release%20html/2005/011805_SharpandNanosys.html
- [52] Media Lab du MIT : <http://www.media.mit.edu/>

ETATS-UNIS SCIENCES PHYSIQUES

NANOSCIENCES, MICROELECTRONIQUE,
MATERIAUX

N°17, Février 2005

Pour vous abonner gratuitement à la lettre
ETATS-UNIS SCIENCES PHYSIQUES
et être informé en priorité de la disponibilité
des prochains numéros, il suffit d'envoyer un
courrier électronique à l'adresse:
subscribe.physiques.usa@adit.fr
Vous recevrez en retour une confirmation
d'abonnement.

Directeur de la publication :
Christine BENARD

Rédacteurs en chef :
Roland HERINO
Christophe LEROUGE

Rédacteurs :
Michael Ronan NIQUE
Ludovic Verger

Mise en page et Publication :
Michael Ronan NIQUE
Ludovic Verger

ETATS-UNIS SCIENCES PHYSIQUES
est une publication mensuelle (dossier trimestriel)
de la Mission pour la Science et la Technologie de
l'Ambassade de France aux Etats-Unis,
dont le site internet est:
<http://www.france-science.org>

Vous y trouverez un archivage des anciens numéros de la lettre et
découvrirez aussi les autres publications de la Mission
pour la Science et la Technologie

-S&T Presse
-Flash TIC
-Revue santé Etats-Unis
-Revue de l'environnement
-Etats-Unis Espace
-Etats-Unis Microélectronique/ Matériaux
(archives précédant la fusion)

Les publications de la Mission pour la Science et la Technologie:

Vous pouvez également lire nos fiches stratégiques, dossiers et rapports
d'études suivants sur le site de la Mission
pour la Science et la Technologie
www.france-science.org

FICHES STRATÉGIQUES

(<http://www.france-science.org/home/fiches.asp>)

- Bio-Pharming – Des plantes génétiquement modifiées pour produire des médicaments, (Jan 2005)
- Comment fonctionnent les universités américaines ? (Jan 2005)
- L'environnement au sortir des élections américaines : bilan et perspectives, (Jan 2005)
- Nanoélectronique - USA, (Jan 2005)
- Préserver l'eau dans l'agriculture texane : contexte et solutions, (Jan 2005)
- SpaceShipOne : le début ou la fin du rêve ? (Jan 2005)
- Bio IT – USA (Juin 2004)
- Conséquences sur les scientifiques de la politique des visas d'entrée aux Etats-Unis (Fev. 2005)
- Galileo/GPS, une nouvelle forme de partenariat transatlantique (Fev. 2005)
- La National Science Foundation (Fev. 2005)
- La place des universités dans le système de R&D aux Etats-Unis (Fev. 2005)
- La proposition de budget 2005 du président américain pour les « National Institutes of Health » (Fev. 2005)
- La proposition de budget 2005 du président Bush pour les « Centers for Disease Control and Prevention (CDC) » Juin (2004)

DOSSIERS ETATS-UNIS SCIENCES PHYSIQUES:

- Juillet 2004 : L'International Roadmap for Semiconductors
- Mai 2004 : Les nanocomposites aux Etats-Unis
- Octobre 2003 : Le stockage des données
- Mai/juin 2003 : Les nanobiotechnologies

NOTES ET RAPPORTS D'ETUDES

(<http://www.france-science.org/home/page.asp?target=nfo-not&LNG=fr>)

- Oct 2004 : Fonctionnement des universités américaines : qui propose ? Qui décide ?
- Sept. 2004 : Nouvelles modalités d'attribution des visas aux US, quelle influence sur la communauté scientifique?
- Jul 2004: Les Universités Américaines: Quelques données
- Jul 2004: Quelles sont les forces qui entraînent la R&D américaine ?
- Juin 2004: Analyse du secteur biotechnologies animales aux Etats-Unis en 2003
- Avr 2004: Le statut des chercheurs aux Etats-Unis
- Avr 2004: Les projets de création de laboratoires à la NSF
- Mar 2004: La National Science Foundation
- Fev 2004: Un aperçu des technologies dans la Silicon Valley Tendances et Perspectives
- Fev 2004: R&D Industries 2004
- Fev 2004: La Bioinformatique en Californie
- Dec 2003: R&D 2004, Un budget à deux vitesses (mise à jour Dec. 2004)
- Dec 2003: Rôle du secteur à but non lucratif dans la conduite et le financement de la recherche aux Etats-Unis