NOUVEAU SUPPORT

L'essor du papier électronique

par Élisabeth Habert

Article reproduit :

« L'essor du papier électronique », par Catherine Cecconi (Le monde des cartes, n° 193, sept. 2007).

Après des années de recherche, l'écran flexible ou papier électronique serait prêt à entrer dans une phase d'industrialisation. L'un de ses principaux atouts est sa qualité de lecture comparable à celle du papier, conjuguée avec la possibilité de communiquer avec d'autres systèmes informatiques. Par ailleurs sa résistance à l'eau et donc à l'humidité le rend intéressant pour une utilisation dans les régions humides.

Différentes technologies existent :

La technologie électrophorétique utilise de l'encre électronique incorporée entre deux feuilles plastiques transparentes. Lorsque l'on applique un champ électrique positif à la surface de la feuille, les particules noires migrent vers la surface et deviennent visibles.

La technologie à cristaux liquides permet de meilleurs contrastes et un affichage plus rapide des pages.

Les développements ont porté sur l'amélioration de la flexibilité du produit, la mise au point de l'encre couleur, l'augmentation des formats d'écran et le rapprochement avec la téléphonie 3G.

Les applications futures envisagées vont des livres électroniques, capables de stocker les versions numérisées de nombreux ouvrages, aux posters permettant de changer la décoration d'une pièce, en passant par les étiquettes électroniques, la mesure industrielle, la domotique ou encore l'affichage urbain. En effet, ce support permet une réactualisation rapide des informations et s'adapte facilement.

Par contre, en ce qui concerne les livres, les contenus ne sont pas prêts à être diffusés sur papier électronique car la gestion des droits d'auteur et de reproduction reste un frein important au développement de ce support (format ouvert ou fermé ?). La presse et le monde de l'édition pourraient réaliser d'importantes économies avec l'arrivée du papier électronique, les coûts seraient inférieurs de 50% à 70%.

Dans le domaine de la cartographie, l'aviation utilise un reader équipé de cartes aéronautiques. La carte papier gardera ses usages propres et la carte électronique viendra en complément, permettant à l'usager d'en personnaliser le contenu.

L'ESSOR DU PAPIER ÉLECTRONIQUE

par Catherine Cecconi
Institut géographique nationale –
Service IGN Conseil et Applications – Pôle Innovation
2-4 avenue Pasteur
94165 Saint-Mandé Cedex
E-mail : catherine.cecconi@ign.fr

Technologie de rupture, mi écran, mi feuille, le papier électronique pourrait être l'évolution naturelle du papier et trouver de multiples usages dans nos sociétés de l'écrit. Cette technologie novatrice, développée en laboratoire depuis la fin des années 90, est arrivée aujourd'hui à maturité et entre en phase d'industrialisation.

1 LA RÉVOLUTION DU PAPIER

Le papier électronique, ou *e-paper*, se présente comme une feuille de plastique souple, remplie d'une encre électronique qui affiche du contenu grâce à une impulsion électrique. À l'extrémité de la feuille, une baguette rigide contient l'électronique nécessaire à son fonctionnement ainsi qu'une batterie (fig. 1).

Un des atouts majeurs du papier électronique est sa qualité de lecture comparable à celle du papier. Il n'émet pas de lumière et ne vibre pas, ce qui le rend lisible même en plein soleil, quel que soit l'angle de vision. Léger, fin et assez souple pour être enroulable, il offre une résolution d'image très élevée, de 200 ppi jusqu'à 400 ppi (pixels par pouce).

Contrairement aux techniques d'affichage classiques qui utilisent de l'énergie pour permettre la lecture des pixels à l'écran (rétro-éclairage ou émission d'électrons), le papier électronique est économe en électricité. La source d'énergie n'est utilisée que lors du changement de page, de la navigation dans un document ou de la mise à jour. En mode affichage, le support a alors une autonomie estimée à environ 10 000 pages tournées. Un autre avantage du papier électronique est sa capacité à communiquer avec des systèmes informatiques : c'est un support « rich média », c'est-à-dire qu'il permet de synchroniser différents médias et donne lieu à une interaction entre ceux-ci et l'utilisateur. Enfin, la résistance à l'eau du papier électronique lui donne un avantage sur le papier traditionnel, notamment dans les pays ou zones humides.

2 LES TECHNOLOGIES

Il existe aujourd'hui différentes technologies de papier électronique. La plupart des applications commercialisées s'appuient sur une technologie d'encrage mise au point dans les laboratoires du Massachusetts Institute of Technology (MIT) par Joseh Jacobson dans les années 1990, mais que Nicholas Sheridon, chercheur américain du Palo Alto Research Center de la firme Xerox, avait développée dès 1977. C'est la technologie électrophorétique (fig. 2) : de l'encre électronique est incorporée entre deux feuilles plastiques transparentes. L'encre est constituée de minuscules capsules contenant des microparticules noires et blanches chargées électriquement (négativement pour les noires, positivement pour les blanches). Lorsque l'on applique un champ électrique positif à la surface de la feuille, les particules noires migrent vers la surface et deviennent visibles (même chose pour les particules blanches lorsqu'un champ négatif est appliqué). Des niveaux de gris sont obtenus en faisant migrer simultanément les particules blanches et noires de part et d'autre de la capsule. Le japonais Bridgestone, le taïwanais SiPix comme l'américain E-Ink explorent cette technologie.

La technologie à cristaux liquides s'impose également : elle permet de meilleurs contrastes et un affichage plus rapide entre chaque page comparativement à la technologie à particules. Le changement d'état des cristaux liquides ne nécessite que 10 millisecondes environ, comparativement aux 300 millisecondes des capsules électrophorétiques. Une couche uniforme de cristal liquide bistable est déposée entre deux substrats. Le cristal liquide peut prendre deux textures (uniforme ou bien tordue) qui commutent à volonté pour afficher du noir ou du blanc. L'affichage persiste quand on coupe l'alimentation. Les cristaux liquides fonctionnent en réflexion et non en transmission comme ceux des écrans plats. Le français Nemoptic, l'américain Kent Displays ou l'anglais ZBD proposent du papier électronique à base de cristaux liquides.

Plus généralement, de plus en plus d'industriels investissent dans le papier électronique. Beaucoup d'Asiatiques s'y intéressent (Sony, Seiko, Matsushita, Fujitsu, Bridgestone, Hitachi…), et de plus en plus d'Occidentaux (Philips, Siemens…). Actuellement, il existe sur le marché huit encres électroniques différentes, une trentaine de papiers électroniques et une centaine de dispositifs différents.

Des développements technologiques importants sont réalisés pour permettre une commercialisation en masse du papier électronique auprès du public : l'avancée des travaux concerne l'amélioration de la flexibilité du produit, la mise au point de l'encre couleur, l'augmentation des formats d'écran (passage du format A5 au A4), et la convergence avec la téléphonie 3G. Des supports polymères à la fois pliables et souples pourraient ouvrir la voie à une nouvelle génération d'équipements informatiques portables. LG Philips annonce qu'il a mis au point le "premier écran couleur flexible de 14.1 pouces de diagonale", mesurant 0.3 millimètre d'épaisseur. Basé sur la technologie d'encre électronique de la société E-Ink, il peut afficher jusqu'à 4 096 couleurs.

De nombreuses autres expérimentations sont réalisées : Xerox et Epson travaillent sur un papier électronique auto-effaçable et réinscriptible utilisable dans une photocopieuse. Des chercheurs suédois de l'Université de Sundsvall viennent de mettre au point une version "parlante" de l'*e-paper*. Le principe du PAPER IV qui émet des sons lorsqu'on le touche est l'utilisation d'une encre à base de particules d'argent permettant la circulation d'un faible courant électrique. Au verso de la feuille se trouvent des minuscules haut-parleurs constitués de fines couches d'aluminium. Les données sonores sont stockées sur un ordinateur connecté à la feuille.

3 LES APPLICATIONS

Le papier électronique a naturellement sa place dans l'univers des livres : son utilisation dans des « readers », des dispositifs de lecture nomades, semble la plus prometteuse. Les readers se présentent sous la forme de tablettes aux dimensions réduites (A6 ou A5), fines et légères (entre 250 et 390 g). L'écran, c'est-à-dire le papier électronique, est inséré dans un châssis rigide. Interactives, les tablettes disposent de boutons en façade permettant une navigation au sein des contenus. Certaines disposent même d'une surface tactile permettant la prise de notes. Communicantes, elles peuvent être branchées à un ordinateur afin de charger du contenu. Certaines se connectent de manière autonome à Internet grâce à des liaisons Bluetooth, Wi-Fi ou 3G.

La capacité de stockage de certains readers (le reader de Sony par exemple) est de 8 Go soit environ 10 ha de papier ! Ils peuvent également recevoir des cartes mémoires de différents formats à la manière des appareils photos numériques ou des lecteurs MP3. Ils permettent de consulter des fichiers « livres » au format XML, et sont capables d'ouvrir d'autres formats comme du texte (TXT, HTML, PDF...), des images (BMP, GIF, ...) et des sons (au format MP3). Actuellement, une dizaine de readers sont disponibles sur le marché : Reader de Sony, iLiad d'iRex (fig. 3), StareRead d'eRead Holding Company, V8 de Jinke, ...

La presse écrite s'intéresse également à ce support. Avec l'importance des coûts liés à l'impression et à la distribution, les readers pourraient permettre de les réduire en proposant aux lecteurs un contenu différent du journal papier : une version plus riche, régulièrement mise à jour grâce aux nombreuses possibilités de connexion, voire même une version personnalisée selon les besoins des lecteurs. En France, le quotidien économique *Les Échos* lance en septembre 2007 sa version *e-paper*. En Chine, plusieurs journaux, le *Liberation Daily*, le *Yantai Daily* et le *Ningbo Daily*, commencent à distribuer des readers à leur clientèle.

Le papier électronique présente aussi un grand intérêt pour l'affichage urbain : il permet une réactualisation très rapide du contenu, et grâce à sa flexibilité et son imperméabilité, peut s'adapter très facilement aux reliefs les plus divers. Le magasin de sports Décathlon a récemment expérimenté cette nouvelle forme de communication sur quelques dizaines de panneaux d'affichage dans les rues de Paris et Lyon. Le projet a été mené par l'agence MPG-Art, une filiale d'Havas, et par le prestataire technique Tebaldo, en coopération avec JCDecaux. Selon Anne Kieffer, responsable de MPG-Art, le papier électronique « offre des opportunités colossales » au monde de la communication et de la publicité. Si l'utilisation du papier électronique se généralise pour l'affichage d'informations sur des produits de consommation courante (autonomie d'une pile, capacité d'une carte mémoire ...), son emploi dans des cartes à puces RFID[1] permet de multiples usages : la société taïwanaise Smartdisplayer a développé une carte à puce équipée d'un affichage par papier électronique (SiPix) permettant au porteur de la carte de générer un mot de passe temporaire afin de réduire les risques de fraude bancaire (fig. 4).

Epson développe un nouveau concept pour utiliser le papier électronique dans les musées. Le dispositif, baptisé E-Guiding, consiste en un système de guidage sans fil permettant d'obtenir des informations détaillées sur les œuvres de son choix. Dans le domaine de l'emballage (packaging de boites de jeu vidéo par exemple), dans l'habillement et la mode (montres, bijoux...) ou dans la téléphonie, le papier électronique est présent. (fig. 5-6-7)

Le papier électronique a trouvé sa place dans le domaine de l'étiquetage grâce à la mise à jour automatique des prix : la société française Nemoptic va par exemple implanter ses étiquettes électroniques dans les rayons des hypermarchés du distributeur basque Eroski (fig. 8).

4 LA LECTURE DE DEMAIN

Le papier électronique, réinscriptible, communicant, actualisable pratiquement en temps réel, permettant d'apporter aux utilisateurs une information multidimensionnelle, pourrait contribuer à l'émergence de nouveaux modèles économiques et ouvrir de nombreuses perspectives et débouchés dans les domaines de la presse et de l'affichage. Hachette illustré travaille ainsi à un projet de « *rich book* », un livre conçu comme un portail permettant l'accès à d'autres médias, tels que l'audio et la vidéo.

Par ailleurs, l'impact négatif sur l'environnement de la filière papier traditionnel, les problèmes liés au recyclage, aux manipulations de colle dans le domaine de l'affichage, pourraient être des moteurs de développement du papier électronique. Selon Simon Jones, vice-président du développement de produits chez PlasticLogic, « les gens accordent de moins en moins de place dans leur vie au papier lourd et envahissant et font de plus en plus écho aux problèmes écologiques liés aux impressions sur papier ». En Chine, où la difficulté de s'approvisionner en papier traditionnel est grande, l'État a misé sur le développement de la lecture numérisée. D'après une étude du Centre chinois de l'information sur Internet, la lecture de contenus numérisés est passée de 3,7% de la population à 27,8%. 148 000 titres ont été numérisés pour le marché chinois, comparativement à 80 000 aux États-Unis. 10,5 millions d'exemplaires ont été lus en 2005. Près de 400 éditeurs (SuperStar, Founder...) proposent leurs

1.« RFID ou radio frequency identification est une méthode pour stocker et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes » »*(Wikipedia)*.

ouvrages au format électronique, parfois en association directe avec une version papier.

Enfin, le confort de lecture offert par le papier électronique, lié à une augmentation des formats d'écran, devrait réduire la déperdition de l'activité cérébrale, qui est estimée à 70% lors de la lecture sur ordinateur : il est courant d'avoir une fatigue oculaire due au rétro-éclairage des écrans, de faire des « impressions de confort » pour ne pas avoir à lire à l'écran, d'avoir des difficultés de mémorisation ...

5 LES FREINS AU DÉVELOPPEMENT

Si l'essor du papier électronique semble certain, il reste pourtant des freins à son développement. En effet, les contenus sont rarement prêts. En ce qui concerne les livres, les ouvrages récents disponibles au format électronique sont rares. Néanmoins il existe sur Internet le site *Gutenberg.org* qui propose plus de 20 000 ouvrages numérisés, libres de droits, prêts à être téléchargés gratuitement. Europeana, prototype de bibliothèque en ligne développé par la Bibliothèque nationale de France dans le cadre du projet de Bibliothèque numérique européenne, vient d'être lancé. L'éditeur Flammarion, a testé auprès de 1 500 lecteurs munis d'un reader, le roman d'Henri Loevenbruck, *Le testament des siècles,* sur *e-paper*.

Le problème de la gestion des droits (DRM[2]) est un autre aspect non négligeable du développement du papier électronique : cryptage ou non ? format ouvert ou fermé ? Actuellement la tendance défendue par les éditeurs rassemblés dans l'International Digital Publishing Forum (IDPF[3]) s'appuie sur les spécifications de l'OEBPS[4] . Pour protéger les œuvres qu'ils publient, les éditeurs cryptent les fichiers chacun à leur manière et imposent des règles de lecture (nombre de copies disponibles, restriction à l'échange...). Par exemple Sony veut associer son reader à une librairie en ligne, comme l'a fait Apple avec iPod/iTunes : les livres téléchargés sur le site Connect Store auront un format propriétaire qui devrait interdire leur lecture sur les tablettes autres que celles proposées par Sony. Une association, Openread, tente de lever cette contrainte en développant un format ouvert.

6 LES COÛTS

Toutes les études d'ordre économique confirment l'importance d'un véritable marché émergeant. Pour l'institut IDTechEx, le marché global du papier électronique pourrait atteindre les 30 milliards de dollars en 2015. La commercialisation commencera sérieusement en Europe dès 2008, avec l'entrée en service de l'usine de *e-paper* flexible de PlasticLogic à Dresde. Les prévisions annoncent une production de plus 40 millions d'unités en 2010.

Jacques Angelé, directeur technique de Nemoptic, société française qui développe le reader Sylen (SYstème de LEcture Nomade), estime que le marché français du papier électronique représentera 1 milliard d'euros en 2012.

Avec la production industrielle, le prix de revient du papier électronique devrait diminuer : on estime à quelques dizaines d'euros le mètre carré de papier électronique à très court terme. La presse peut entrevoir des économies conséquentes avec l'arrivée du papier électronique. En effet, les coûts de production ne cessent d'augmenter, en particulier ceux liés à la chaîne d'impression et de distribution qui représentent jusqu'à près de la moitié du prix d'un quotidien. Avec l'économie des rotatives, du papier et de la distribution, les coûts pourraient baisser de 50%, «et même de 70 à 80% dans les pays en développement».

En matière de processus industriels, la technologie d'écran *e-paper* à matrice passive[5] pourrait être mise en œuvre à un coût modéré dans les usines de productions LCD existantes, tandis que les écrans électrophorétiques avec matrice active nécessitent des investissements élevés pour construire de nouvelles usines.

7 QUELLES OPPORTUNITÉS POUR LA CARTOGRAPHIE ?

Selon Bruno Rives, président de Tebaldo, l'Observatoire stratégique des tendances et usages des nouvelles technologies et des nouveaux médias, «la technologie est prête, il reste à créer des contenus adaptés pour favoriser son expansion». Le cabinet d'études Gartner estime, dans son rapport d'analyse, que de nombreuses applications, dont certaines restent à inventer, feront leur apparition dans divers domaines comme la cartographie où peu de choses ont été réalisées jusqu'à présent, mais où les perspectives sont importantes.

Le papier électronique pourrait être l'outil qui réconcilierait la carte papier et la carte écran en offrant les avantages des deux supports sans leurs inconvénients : lisibilité, autonomie de fonctionnement, et mise à jour automatique.

Pour l'instant, on trouve dans le domaine de l'aviation un reader équipé de cartes aéronautiques et de manuels de procédures à destination des pilotes. L'eFlybook, développé sur l'iLiad d'iRex, est commercialisé par ARINC, une compagnie américaine leader dans la communication et les systèmes de transports aériens en partenariat avec *MyAirplane.com*, une société Web spécialisée dans la compression des données issues des cartes de navigation des Etats-Unis et produites par la National Aeronautical Charting Office (NACO) (fig. 9-10).

---

2. DRM ou Digital Rights Management : c'est la protection technique des droits d'auteur et de reproduction dans le domaine numérique.
3. IDPF : organisation pour la standardisation et la promotion du commerce dans le secteur des publications numériques: livres ebooks et presse en ligne. Créé en 1999 sous le nom OeBF (Open eBook Forum), le consortium a été rebaptisé IDPF en juin 2004.
4. OEBPS Open Ebooks Publication Structure : format basé sur XML pour standardiser la présentation du contenu et de la structure des livres numériques. La version la plus récente de la spécification date de 2002, OEBPS Recommended Specification v1.2.
5. « La matrice passive est une technologie d'écran rencontrée sur les portables. Longtemps de piètre qualité, elle a réalisé d'importants progrès. Moins performante que la matrice active, elle présente néanmoins une qualité de lecture acceptable, mais son principal avantage est d'être moins chère » *(Wikipédia)*.

Des perspectives d'ouvertures pourraient venir du tourisme. L'émergence du e-tourisme, la généralisation des téléphones mobiles, la navigation assistée et la géolocalisation des informations « pertinentes au bon endroit, au bon moment » ont profondément modifié un secteur où la cartographie est un vecteur important.

Selon Paul Carril, responsable marketing chez Michelin, « la cartographie papier garde des usages propres, comme la possibilité d'avoir une vue d'ensemble instantanée, et le numérique se place comme un outil supplémentaire ». Cependant, il est nécessaire de travailler sur de nouvelles manières de proposer et d'organiser l'information, de mettre au point des modèles adaptés, d'inventer de nouveaux contenus. Il faut s'adapter aux nouveaux outils du Web 2.0, imaginer de nouveaux usages pour de nouveaux publics. En effet, le besoin de contenus personnalisés est de plus en plus fort, la possibilité pour chacun de créer son propre espace en fonction de ses centres d'intérêts et d'en faire profiter les membres de sa communauté est une attente que peut combler le papier électronique : carte à la carte enrichie de documents touristiques, de photos, de commentaires audio…

Un parallèle avec la musique peut être tenté : l'iPod s'est imposé comme un objet de mode, grâce à un design et une ergonomie qui a bouleversé les usages. La carte peut trouver, grâce au papier électronique, des usages innovants qui bouleverseront les usages traditionnels.

Les technologies du papier électronique amènent une double rupture dans les usages et les contenus. Quels contenus, quels nouveaux services pour quels utilisateurs ? La cartographie *e-paper* a sans doute un bel avenir devant elle.

Sources

http://papierelectronique.blogspot.com/

http://www.nemoptic.com/

http://www.plasticlogic.com/

http://myairplane.com/

http://www.tebaldo.com/

http://fr.wikipedia.org/wiki/E-paper

http://www.lemonde.fr dossier de Olivier Dumons

Figure 1 : Feuille de papier électronique (PlasticLogic)

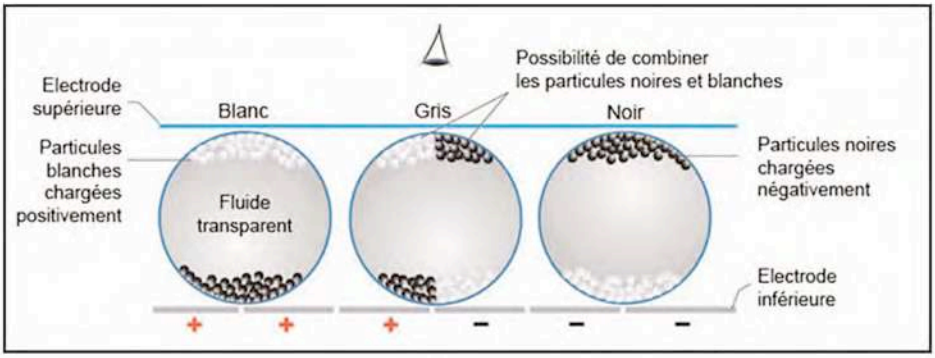

Figure 2 : Principe de l'encre électronique (E-Ink Corp.)

Figure 3 : Reader iLiad d'iRex

Figure 4 : Affichage d'informations sur cartes à puces (Smartcards)

Figure 5 : Téléphone e-paper Motorola

a

Figure 6 : Accessoire de mode e-paper (montre Seïko)

Figure 7: Thermomètre e-paper (Ambient)

Figure 8 : Etiquetage Nemoptic

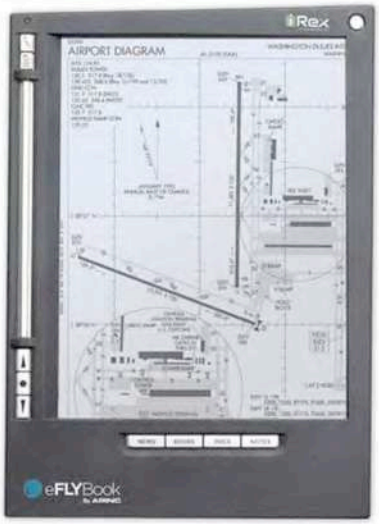

Figure 9 : eFlybook

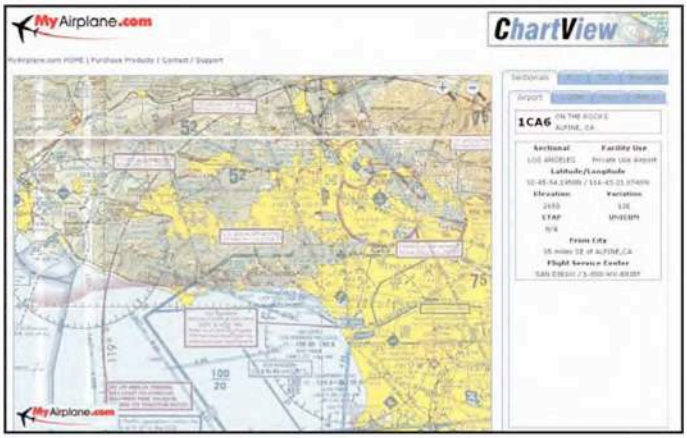

Figure 10 : Exemple de carte aéronautique