
En hommage à Ramelli : un dispositif immersif de consultation de bibliothèques numériques

Rodrigo Almeida, Pierre Cubaud, Jérôme Dupire, Alexandre Topol

*Centre d'Etudes et de Recherche en Informatique (CEDRIC)
Conservatoire National des Arts & Métiers (CNAM)
292 rue St-Martin, 75003 Paris, France
{almeida, cubaud, dupire, topol}@cnam.fr*

RÉSUMÉ. Nous proposons une installation expérimentale pour la navigation et la lecture croisée dans une collection de facsimilés numériques d'ouvrages. Un dispositif de visualisation hémisphérique est utilisé pour immerger le lecteur dans une scène 3D représentant la collection de documents, conjointement avec un écran tactile pour les manipulations précises sur le document en cours d'étude.

ABSTRACT. We describe in this paper an experimental setting for browsing and reading simultaneously multiple digital documents. An hemispherical visualization device is used to immerge the reader into 3D representations of digital collections, together with a tactile screen for the detailed interactions with a single selected document.

MOTS-CLÉS : bibliothèques numériques, visualisation d'informations, interaction 3D, dispositif immersif.

KEY WORDS: digital libraries, information visualization, 3D interaction, immersive display.

1. Introduction

En 1588, l'ingénieur italien Agostino Ramelli publiait en France ses diverse et artificieuse machine [RAM 88]. Cet ouvrage traite principalement de machines de pompage ou de guerre, mais l'une d'entre-elles est particulièrement importante pour l'histoire de la visualisation d'informations : il s'agit de la roue à livre (fig. 1, haut). Les 195 machines hypothétiques de Ramelli sont toutes décrites en une page en italien puis en français, avec une ou deux planches en regard. Le texte concernant la roue à livres est donc assez court pour être cité intégralement :

C'este cy est une belle & artificieuse machine, laquelle est fort utile & commode à toute personne qui se delecte à l'étude, principalement à ceux qui sont mal dispos & subjects aux gouttes ; car avec ceste sorte de machine un homme peut voir & lire une grande quantité de livres, sans se mouvoir d'un lieu : outre, elle porte avec soy une belle commodité, qui est de tenir & occuper peu de place, au lieu où on la met, comme tout homme d'entendement peut bien comprendre par son dessein. Cette rouë est faicte avec l'artifice que on voit, à sçavoir, elle est construitte de telle maniere, qu'en mettant les livres sur les tablettes, combien qu'on tourne la dicte rouë tout autour, jamais lesdits livres ne tomberont, ni se remueront du lieu où ils sont posés, ains demeureront tousjours en un mesme estat, & se représenteront devant le lecteur en la mesme maniere qu'ils ont esté mis sur les tablettes. Ceste rouë se peut faire grande & petite, selon la volonté de celuy qui la faict faire, observant toutesfois les proportions de chascune partie des artifices de la dicte rouë, comme il pourra fort bien faire, considerant diligemment toutes les parties de ceste petite rouë, & les autres artifices qui se voyent en icelle machine : lesquelles parties sont faictes par mesures & proportions. Et pour donner plus grande intelligence & cognoissance à un chascun qui desirera faire mettre en œuvre la dicte machine, j'ay mis icy à part & découvert tous les artifices qui sont requis en telle machine, afin qu'un chascun les puisse mieux comprendre, & s'en servir à son besoin. (fol. 316 verso)

Il est tentant de reconnaître la roue de Ramelli comme le premier dispositif de lecture associant contexte et focus. Une autre caractéristique importante de la roue de Ramelli est qu'elle s'appuie sur la mémoire spatiale et les gestes du lecteur. En effet, celui-ci doit se souvenir de l'ordre dans lequel ses ouvrages sont placés et son geste va dépendre de la rotation à effectuer sur la roue, mais le mouvement de l'utilisateur est directement associé à la navigation parmi les ouvrages stockés dans le dispositif. Les technologies de documents et de bibliothèques numériques d'aujourd'hui dépassent très largement les capacités de stockage de la roue à livre, et ne sont pas limitées au seul média textuel. Il faut toutefois reconnaître que dans la routine quotidienne de manipulations de documents numériques, les lecteurs sont souvent frustrés par leur équipement (fig 1, bas) et pourraient regretter le confort de visualisation et de manipulation offertes par la roue de Ramelli.

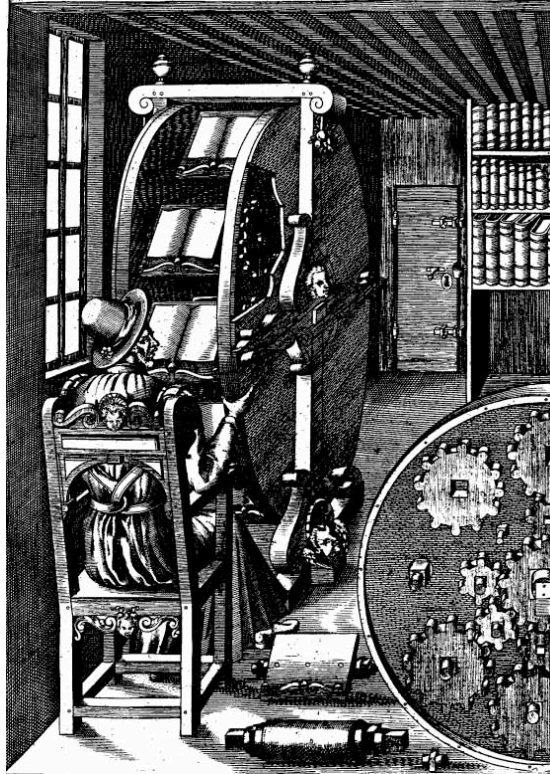


Figure 1. *Haut : la roue à livres d'A. Ramelli. Bas : Postes de lecture à la bibliothèque du CNAM.*

Les performances et la structure physique des dispositifs d'affichage actuels posent un certain nombre de problèmes. En particulier, l'espace de travail des interfaces graphiques 2D n'est pas suffisant pour visualiser de multiples documents. Cette situation s'aggrave lors de la consultation de facsimilés de documents papiers dont les multiples formats correspondent rarement à ceux des écrans. Par ailleurs, malgré l'amélioration de la résolution des écrans, la multiplication des palettes d'outils dans les logiciels de lecture tend à surcharger ce même espace.

Nous décrivons dans cet article une installation expérimentale pour la navigation et la lecture croisée dans une collection de facsimilés numériques d'ouvrages. Un dispositif de visualisation hémisphérique est utilisé pour immerger le lecteur dans une scène 3D représentant la collection de documents, conjointement avec un écran tactile pour les manipulations précises sur le document en cours d'étude. Ce travail fait partie d'un projet en cours consacré à la numérisation pour l'histoire des techniques en France : le Conservatoire Numérique des Arts et Métiers. En parallèle à un service Web public (<http://cnum.cnam.fr>), nous étudions comment des techniques d'interaction 3D peuvent être utilisées pour sortir des limitations des interfaces WIMP utilisées par le Web [CUB 05]. Après un bref état de l'art, nous présentons l'interface 3D de notre atelier de lecture. Le dispositif expérimental de visualisation est ensuite décrit, ainsi que les problèmes logiciels posés par son utilisation. Quelques pistes de recherches ultérieures sont présentées en conclusion.

2. Interaction 3D pour les bibliothèques numériques

L'effort imposé à l'utilisateur d'un système de lecture à l'écran a été analysé dans [OHA 97], en comparaison à la lecture conventionnelle. Ce travail a contribué à mettre en évidence le besoin de disposer pour les interfaces de lecture de techniques de navigation plus fluides, ainsi que d'une plus grande flexibilité dans le contrôle de l'organisation spatiale des documents.

Il nous semble que des techniques du type de celles communément employées en CAO permettraient d'y répondre. En reconstituant les caractéristiques géométriques (3D) et visuelles des documents et en les insérant dans une scène 3D commune, il devient possible de les manipuler comme le designer manipule ses pièces mécaniques ou ses éléments architecturaux.

La navigation dans des corpus de documents numériques avec une approche de réalité virtuelle a déjà fait l'objet de nombreux travaux. Des reconstructions 3D, à l'identique, de bibliothèques réelles ont d'abord été faites, par exemple la médiathèque de l'IRCAM avec VRML [FIN 00]. Des expériences similaires sont décrites dans [PLE 01] et [CHR 02]. Des représentations plus métaphoriques sont nécessaires pour les fonds d'accès non publics, ou pour les collections numériques qui ne sont pas attachées à un lieu particulier. On trouvera ainsi dans [FOX 97] la description d'une interface 3D de navigation parmi une grande collection nationale

de thèses. Un pas supplémentaire vers l'abstraction est fait dans le projet LibViewer [RAU 00], où les résultats de l'interrogation de méta-données de documents sont présentés sur des étagères en pseudo 3D. Aucun de ces dispositifs n'inclut de fonction de lecture de document proprement dite.

C'est le cas au contraire du projet Web Forager [CAR 96]. Dans cette interface, les documents (« Web books ») sont l'élément central et les outils de rangement sont produits à la demande de l'utilisateur comme ressources secondaires. Nous avons suivi dans nos propres travaux une approche différente [CUB 98, CUB 02]. Ici, la collection est l'élément central de l'interface, que l'utilisateur peut vouloir explorer dans sa globalité. L'affichage de facsimilés de livres impose par ailleurs des contraintes très différentes que les documents HTML gérés par le Web Forager. Une interface tactile de feuilletage réaliste de facsimilés a été développée à la British Library pour une exposition de livres rares en 1998 [CAR 98]. Le principe a été étendu dans [CAR 04, CHU 04] avec une navigation 3D complète (avec un pointeur à la place de la dalle tactile). Dans ces trois expériences, un seul document est manipulé à la fois par l'utilisateur au sein d'un même espace 3D. Cela peut paraître être une régression par rapport aux fonctionnalités offertes par les logiciels de lecture 2D actuels.

3. Un atelier 3D pour la consultation de collections numérisées

Dans l'interface reproduite fig. 2, la scène 3D est limitée verticalement par un sol. La caméra est fixée en permanence au dessus de ce sol et son champ est fixe. Les fac-similés sont présentés sur un outil spécifique en forme de trépied (sorte de lutrin simplifié). Le livre peut être positionné de manière arbitraire sur le sol, repoussé, tiré ou pivoté par une action de l'utilisateur sur la barre verte au bas du trépied. Cette manipulation s'effectue en temps réel et de manière continue avec un pointeur ordinaire du type souris : deux degrés de liberté suffisent en effet pour déterminer la position du trépied sur le sol. Plusieurs trépieds peuvent ainsi être positionnés sur le plan de travail. Le déplacement d'un trépied peut se voir contraint par la présence des autres si on choisit de détecter les collisions éventuelles de ces objets 3D. Il est également possible de modifier l'apparence du trépied pour permettre l'affichage du livre ouvert. L'action de feuilletage peut alors être simulée de manière assez convaincante par une animation de la circulation de la page courante d'un bord vers l'autre. La destruction du trépied s'effectue par un clic de bouton droit sur la barre verte. Il est possible d'imaginer d'autres raccourcis pour l'interaction pour, par exemple, permettre le passage rapide du trépied en premier plan (mode plein écran). Ces raccourcis devraient trouver leur place sur des équivalents de boutons ou de menus sur la base du trépied.

Le défilement dans les pages du livre se fait par un clic sur la page courante. Comme pour une fenêtre 2D conventionnelle, le trépied dispose sur son axe vertical d'un « ascenseur » pour accélérer la progression dans le document (représenté fig. 2

par une boule rouge). L'axe horizontal permet de contrôler le rapport entre la dimension (en pixels) du fac-similé et celle choisie pour le trépied. On réalise ainsi une fonction de zoom indépendante de la position du trépied sur le plan de travail. La taille du trépied lui-même est négociable par le biais d'une poignée spécifique (boule bleue en haut à gauche du trépied). Le design proposé pour le trépied/lutrin de lecture est évidemment arbitraire. Pour des raisons de performance du rendu 3D, nous l'avons limité à des primitives géométriques élémentaires, et l'analogie avec une fenêtre conventionnelle est voulue. L'intérêt principal du dispositif (en comparaison aux propositions de [CAR 04] et [CHU 04]) réside dans la possibilité de faire coexister un assez grand nombre de trépieds sur le même plan de travail. Il est également possible de le compléter par des outils de recherche et de navigation dans des collections.



Figure 2. Vue en mode «cockpit» de l'atelier de lecture. La collection est accessible en fond. Les ouvrages favoris (panier) sont accessibles en avant-plan. Les trépieds de lecture permettent le feuilletage des ouvrages.

La navigation dans les collections est réalisée avec l'aide d'une métaphore d'étagère cylindrique, sorte de roue de Ramelli géante englobant le lecteur.

L'objectif de cet outil est de faciliter l'exploration libre de la collection par simple consultation des dos des ouvrages, comme dans une bibliothèque réelle. Le rangement des ouvrages peut tout à fait respecter les règles de bibliothéconomie et les lois de la gravité : classifications thématiques ou par formats, lourdes encyclopédies au « sol », petits in-12 précieux à la hauteur des yeux. Les heuristiques visuelles des habitués des salles de consultation et des librairies restent ainsi opérantes dans la scène 3D. Il est aussi possible d'imaginer que la collection se réorganise à la demande de l'utilisateur. Une organisation cylindrique de la collection permet de répondre par exemple à des requêtes portant sur deux critères d'interrogation (par ex. sur un thème et une époque). Il est en effet possible de classer les titres par ordre de pertinence sur deux axes dans les deux dimensions du cylindre [CUB 98]. Le principe peut se généraliser avec des géométries plus complexes, comme des hyper-sphères [TOP 02], au prix d'une complexification de la navigation dans l'espace de réponses.

4. Le dispositif matériel

Procurer à un utilisateur une meilleure immersion dans l'espace virtuel 3D nécessite de modifier les conditions de restitution visuelle de celui-ci. Patrick et al. [PAT 00] ont montré que la visualisation d'une scène qui occupe tout le champ de vision de l'utilisateur peut lui apporter une plus grande appropriation cognitive de l'espace virtuel.

Dans cette perspective, seuls de rares périphériques, comme le casque de réalité virtuelle et les écrans larges, remplissaient les conditions préconisées. Nous avons choisi comme système de visualisation immersif la *VisionStation* de la société Elumens. La *VisionStation* est un écran hémisphérique de diamètre 1,5 m. couplé à un vidéo-projecteur à lentille modifiée pour fournir une image visible sur un champ de 180 par 180 degrés. L'utilisateur est assis devant une petite tablette qui contient le vidéo-projecteur et sur laquelle peut être placé un périphérique d'interaction. La *VisionStation* n'est pas seulement un grand écran : un logiciel spécifique est utilisé pour adapter les images de la scène 3D projetée à l'écran hémisphérique. Quatre rendus de la scène doivent être produits simultanément pour que le champ de vision atteigne 180° car une projection conventionnelle produirait des distorsions de perspective. Les quatre rendus doivent être assemblés en temps-réel dans une image unique, qui est ensuite déformée sphériquement pour apparaître plane sur l'écran (fig. 3).

Le principal inconvénient rencontré dans l'utilisation de la *VisionStation* comme outil de consultation de documents numériques est la résolution de l'image projetée. Elle est au maximum de 1024 x 768 pixels (limitation du vidéo-projecteur). Cette résolution reste très satisfaisante pour des applications comme les simulateurs de vol, les jeux vidéo et de manière plus générale, pour l'affichage d'images animées. Par contre, lors d'un travail plus précis sur des documents, textuels ou graphiques, la

qualité de l'image perçue devient un critère essentiel pour le confort et la bonne compréhension des informations par l'utilisateur [KAS 02]. Mutter et Maurutto montrent que la vitesse de lecture sur un écran d'ordinateur est proportionnelle à la résolution de l'image affichée [MUT 91]. C'est dans ce contexte particulier que la VisionStation montre ses limites. On peut en effet discerner à l'affichage le détail des pixels projetés (fig. 4).

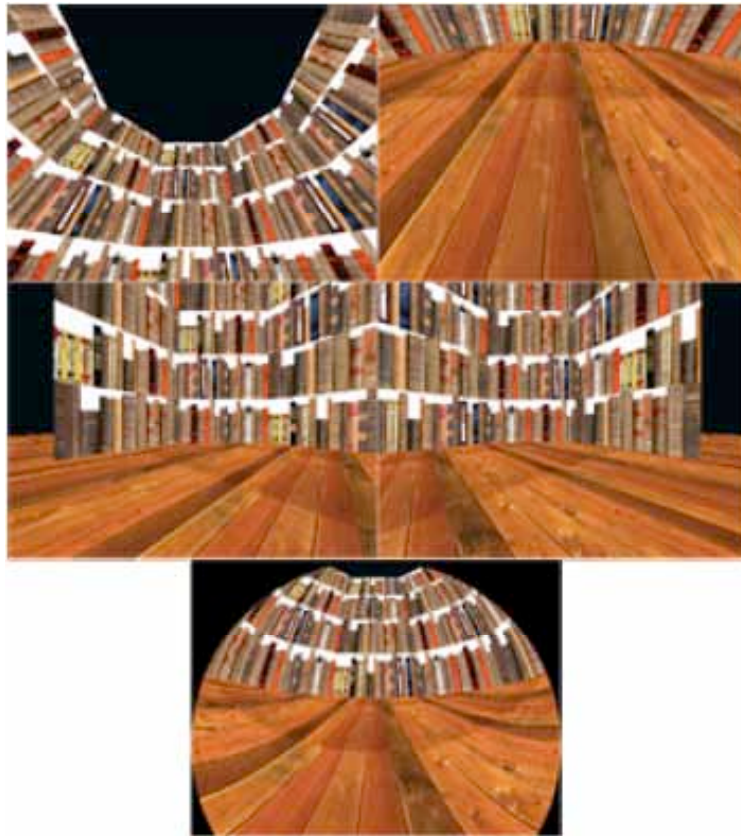


Figure 3. Les 4 rendus initiaux et (en bas) l'image résultante de la fusion des précédentes, après déformation.



Figure 4. *A gauche, la vue globale de la scène sur la VisionStation. Au milieu, le détail de livres au centre de la projection. A droite, la même partie de l'image affichée sur l'écran plat. Noter les différences dans la qualité des images affichées.*

Ce phénomène constitue un obstacle important à l'utilisation de ce dispositif, dans cette configuration, pour ce type d'application. Baudisch et al. [BAU 01] ont proposé un dispositif composé de matériel courant (un vidéo-projecteur, un écran de projection et un moniteur) permettant de projeter simultanément une vue globale de la scène et une partie de celle-ci à une résolution plus élevée. Ce système a été testé pour la visualisation et le travail informationnel en 2D tel que l'analyse de cartes ou d'images satellitaires. Ce dispositif ne semble pas approprié pour gérer simultanément des contextes différents, la vue détaillée étant inévitablement une partie de l'image globale. De plus, le problème du bruit visuel lié aux écrans traditionnels se retrouve encore un peu dans ce système. Fort de ces constats, nous avons ajouté à notre dispositif un écran plat tactile (TFT 17 pouces). Celui-ci est capable d'afficher des résolutions plus fines que la VisionStation (jusqu'à 1280x1024). Nous avons donc envisagé l'utilisation de ce moniteur pour différentes tâches. Il pourrait permettre d'afficher une partie de la scène 3D, qui nécessiterait des conditions compatibles avec un travail sur les documents (confort visuel), ou d'isoler une partie de la scène, permettant une vision précise et plus détaillée de celle-ci. Nous pourrions, d'autre part, permettre à l'utilisateur d'accéder, par cet affichage complémentaire, à des éléments d'interaction non disponibles dans la vue globale.

Plusieurs essais-erreurs ont été nécessaires pour obtenir une visualisation satisfaisante des facsimilés d'ouvrages sur la VisionStation. Du fait du pitch important du projecteur, les images de facsimilés sont fortement moirées. Comme

l'affichage de la scène nécessite quatre calculs de rendu par trame, un sur-échantillonnage s'avère trop consommateur d'espace mémoire. Une alternative satisfaisante consiste à flouter légèrement les facsimilés et à recourir à du « mip-mapping » pour gérer les transformations dynamiques de textures. Au final, le dispositif fonctionne correctement et est simple d'utilisation (fig. 5). Le déplacement dans la scène 3D pour la sélection d'ouvrages fonctionne de manière fluide, malgré la charge de calcul imposée au sous-système de rendu 3D (nous avons eu recours à une carte QuadroFX 3000 sur PC Pentium4 3,2 GHz). La VisionStation, à la différence d'autres dispositifs immersifs comme les casques de visualisation, ne fatigue pas l'utilisateur dans une utilisation longue (on regrette toutefois le bruit de ses ventilateurs !). La visualisation par le deuxième écran offre un plus grand confort quand des informations plus détaillées sur le document désiré sont nécessaires. Bien que l'idée de sélectionner directement les documents, par la main par exemple, soit fortement intéressante, la manipulation directe semble impraticable parce que les objets au delà de la position de l'objectif de projection produisent des ombres sur les images projetées. Un mode plus intuitif de sélection de document demeure un défi.



Figure 5. *Une session de travail avec l'écran immersif et l'écran de focus.*

5. Conclusion et travaux futurs

Nous avons présenté un dispositif immersif composé d'un écran hémisphérique (VisionStation) et d'un écran TFT tactile. Cette installation permet de lire et de travailler avec des documents textuels organisés dans une scène 3D. L'exploitation de ce matériel dans un contexte de bibliothèque numérique est, à notre connaissance, une démarche originale. Elle permet d'espérer augmenter la qualité du travail de l'utilisateur, par une réduction importante du bruit visuel qui lui parvient et par l'aiguillage des différentes tâches vers l'écran le mieux adapté. L'immersion dans la

scène 3D étant importante, elle a pour conséquence de favoriser la concentration de l'utilisateur vers les tâches qu'il exécute. La qualité d'affichage de la VisionStation n'étant pas suffisante pour un travail fin sur le document, cette activité est transférée sur l'écran tactile horizontal. L'association de ces deux systèmes aux caractéristiques complémentaires permet d'obtenir un poste de travail dédié et cohérent. Elle constitue une évolution intéressante aux postes informatiques actuels dans le contexte précis des bibliothèques numériques. Il n'est pas envisageable d'installer une telle configuration chez tout un chacun pour des raisons de place et de coût. Mais cela l'est dans des bibliothèques pour offrir des heuristiques visuelles de recherche dans le corpus.

Ce n'est pourtant pas encore une solution pleinement satisfaisante. Comme cela est énoncé par C. Marshall et S. Bly, l'activité de lecture est très fortement associée à un ensemble d'actions périphériques et nous sommes encore loin de permettre une telle souplesse dans l'utilisation de notre dispositif [MAR 05]. Toutefois, il se pourrait que cette recherche de souplesse se fasse au détriment des outils informatiques disponibles. D'autres limitations matérielles demeurent par ailleurs. Alt et Noda ont analysé la relation existant entre la capacité de la vision humaine à discerner deux pixels voisins et les technologies de visualisation actuellement utilisées [ALT 98]. Il en ressort que, pour optimiser la lecture à l'écran, le dispositif d'affichage doit supporter une résolution d'au moins 150 dpi. Sur ce point, l'évolution des caractéristiques du matériel est encourageante, mais lente.

L'atelier de lecture 3D a fait l'objet de plusieurs démonstrations (JFT'2003, ECDL'2003, journées Science en fête, etc.) avec utilisation du logiciel par le public. Une étude d'usage est en cours de développement sur la base des critères développés dans [BOW 04]. Le dispositif matériel n'a, en revanche, pas encore fait l'objet de test car plusieurs questions de design restent en suspens. Comment gérer de manière efficace le changement de contexte d'utilisation de l'écran de premier plan, utilisé comme loupe, tantôt sur les collections, tantôt sur les facsimilés ? Jusqu'où est-il possible d'aller dans l'utilisation du mouvement des mains sur l'écran tactile : feuilletage, zoom, translations ? Serait-il possible de transposer dans ce contexte des techniques utilisées en réalité augmentée ?

Le grand confort de visualisation offert par notre dispositif suggère par ailleurs de nouveaux champs d'applications. Il nous semble ainsi intéressant d'étudier dans le futur les modalités de la co-existence au sein d'un environnement unique de visualisation 3D, de documents textuels et d'objets 3D. Une application de tels dispositifs se trouve en histoire des techniques, où l'on voudrait pouvoir associer, par exemple, des reproductions d'appareils scientifiques et les ouvrages qui les décrivent. Nous nous intéressons en particulier aux situations où ce type d'association contextuelle n'est pas conçue *a priori*, par un auteur d'hypermédia, mais *a posteriori* par un lecteur qui a recours à plusieurs sources d'information qu'il confronte.

6. Références bibliographiques

- [ALT 98] ALT P.M., NODA K., *Increasing electronic display information content: An introduction*, IBM J. of Res. & Dev.,42 (3/4), 1998.
- [BAU 01] BAUDISH P., GOOD N., STEWART P., « Focus plus context screens : combining display technology with visualization techniques », *Proceedings of UIST'01*. Orlando, USA, Nov. 2001.
- [BOW 04] BOWMAN D.A., KRUIFF E., LAVIOLA J.J., POUPYREV I., *3D User Interfaces Theory and Practice*. Addison Wesley, 2004.
- [CAR 04] CARD S. K., HONG L., MACKINLAY J. D., CHI E. H., « 3Book: A Scalable 3D Virtual Book », *Proc. of ACM CHI'04*. Vienna, Austria, April 2004.
- [CAR 96] CARD S. K., ROBERTSON G., YORK W., « The WebBook and the Web Forager : An Information Workspace for the World-Wide-Web », *Proc. of ACM CHI'96*. Vancouver, Canada, April 1996.
- [CAR 98] CARPENTER L., SHAW S., PRESCOTT A. (EDS.), *Towards the digital library : The british library initiatives for access programme*. London, British lib., 1998. See also : <http://www.bl.uk/collections/treasures/digitisation.html>
- [CHR 02] CHRISTOFFEL M., SCHMITT B., *Accessing libraries as easy as a game*, in K. Börner, C. Chen (eds) *Visual interfaces to digital libraries*, LNCS 2539, 2002.
- [CHU 04] CHU Y.C., BAINBRIDGE JONES D., WITTEN I., « Realistic books : a bizarre hommage to an obsolete medium ? », *Proc. of ACM-IEEE JCDL'04*, Tucson, June 2004.
- [CUB 98] CUBAUD P., THIRIA C., TOPOLA., « Experimenting a 3D Interface for the Access to a Digital Library », *Proc. of ACM DL'98*. Pittsburgh, USA, June 1998.
- [CUB 02] CUBAUD P., STOKOWSKI P., TOPOL A., « Mixing Browsing and Reading Activities in a 3D Digitalized Library », *Proc. of ACM-IEEE JCDL'02*, Portland, USA, June 2002.
- [CUB 05] CUBAUD P., *Interaction 3D pour les bibliothèques numériques*, in F. PAPY (dir.) *Les bibliothèques numériques. Traité IC2*. Hermès, 2005. 18 p.
- [FIN 00] FINGERHUT M., *Le site Web de la bibliothèque considéré comme un espace*, *Bulletin des bibliothèques de France*. t. 45, n°3, mai 2000.
- [FOX 97] FOX E., KIPP N. ET AL, « Networked Digital Library of Theses and Dissertations : An International Effort Unlocking University Resources », *D-lib magazine*, Sept. 1997.
- [KAS 02] KASIK D., TROY J., AMOROSI S., MURRAY M., SWAMY S., « Evaluating Graphics Displays for Complex 3D Models », *IEEE Computer Graphics & Applications*, 22(3):56-64. 2002.
- [MAC 03] MACKINLAY J.D., HEER J., ROYER C., *Wideband Visual Interfaces: Sensemaking on Multiple Monitors*. PARC Technical Report, 2003.

- [MAR 05] MARSHALL C. C., BLY S., « Turning the Page on Navigation », *Proc. of ACM-IEEE JCDL'04*, Denver, June 2005.
- [MUT 91] MUTER P., MAURUTTOP., « Reading and Skimming from computer screens: the paperless office revisited », *In Behavior and Information Technology*, 10(4), 257-266, 1991.
- [OHA 97] O'HARA K., SELLEN A., « A comparison of reading paper and on-line documents », *Proc. ACM CHI'97*, Atlanta, USA, 1997.
- [PAT 00] PATRICK E., COSGROVE D. ET AL., « Using a Large Projection Screen as an Alternative to Head-Mounted Displays for Virtual Environments », *Proceedings of the SIGCHI 2000*, Avril 2000, pp. 478-485.
- [PLE 01] PLÉNACOSTE P., LECOLINET E., POOK S., DUMAS C., FEKETE J-D., « Zoomable and 3D Representations for Digital Libraries », *Proc of IHM-HCI 2001*, Lille, France, Sept. 2001.
- [RAM 88] RAMELLIA., *Le diverse et artificiose machine (...)*, Parigi : in casa dell'autore, 1588. Accessible en ligne au CNAM <http://cnum.cnam.fr/fSYN/fDY3.html>
- [RAU 00] RAUBER A., BINA H., « Visualizing electronic document repositories: drawing books and papers in a digital library », *Proc. of the 5th IFIP 2.6 work. conf. on Visual Databases Systems (VDB5)*, Fukuoka, Japan, May 2000.
- [TOP 02] TOPOL A., Interaction 3D pour les paysages informationnels. Thèse de doctorat en informatique. Conservatoire national des arts et métiers. Décembre 2002.