



Perception de la profondeur en gestion de fenêtres

Guillaume Faure^{1,2}
gfaure@lri.fr

Olivier Chapuis^{1,2}
chapuis@lri.fr

Michel Beaudouin-Lafon^{1,2}
mbl@lri.fr

¹LRI – Univ Paris-Sud & CNRS
F-91405 Orsay, France

²INRIA
F-91405 Orsay, France

RESUME

Les questionnaires de fenêtres sont pour la plupart fondés sur le concept de fenêtres flottantes. Ces fenêtres peuvent se recouvrir (partiellement) ce qui implique une notion de profondeur d'une fenêtre. Des travaux récents proposent de gérer les fenêtres non plus individuellement, mais par couches constituées de groupes de fenêtres qui ne se recouvrent pas. Nous étudions dans cet article l'influence de trois indices visuels de profondeur sur la perception de la profondeur de ces différentes couches : la luminosité, le flou et l'ombre. Nous présentons une expérimentation contrôlée qui indique que la luminosité aide à évaluer le nombre de couches alors que le flou et l'ombre n'ont pas d'effet.

MOTS CLES : Gestion de fenêtres, profondeur, couches, indices visuels

ABSTRACT

Current window managers are based on the use of overlapping windows, which implies the notion of a window's depth. In order to facilitate the management of windows in desktop environments, recent work has explored their grouping into layers of non-overlapping windows. In this note, we investigate the effect of three visual depth cues on the perception of the depth of such layers : luminosity, blurring and shadow. The paper reports on a controlled experiment that indicates that luminosity helps users to assess the number of layers while blurring and shadow have no effect.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: H.5.2
User interfaces - Graphical user interfaces.

GENERAL TERMS: Design, Human Factors, Performance

KEYWORDS: Window management, depth, layer, visual cues

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

IHM 2010, 20-23 Septembre 2010, Luxembourg, Luxembourg

INTRODUCTION

Les interfaces graphiques actuelles utilisent la métaphore du bureau introduite dans les années 80 pour permettre aux utilisateurs d'organiser leur travail de façon similaire à un bureau réel. Cette métaphore repose sur le concept de *fenêtre*, qui permet de partager les ressources d'interaction entre plusieurs contenus interactifs. La plupart des systèmes de fenêtrage organisent les fenêtres en une pile, chaque fenêtre étant placée à une profondeur différente de toutes les autres. Lorsqu'une fenêtre est sélectionnée celle-ci est placée sur le dessus de la pile afin d'en révéler l'ensemble du contenu.

L'augmentation de la puissance des ordinateurs, la diversification de leurs usages et l'augmentation de l'espace d'affichage résultent en un nombre croissant de fenêtres ouvertes au même instant, qui entraîne à son tour une augmentation du nombre d'interactions consacrées à leur gestion [7, 10]. Une façon de réduire cette complexité est de gérer les fenêtres par groupes plutôt qu'individuellement. Ces regroupements, souvent accompagnés de la notion de tâche ou d'activité, ont été introduits avec les Rooms [6]. De nombreux travaux ont utilisé ces notions, comme Elastic Windows [8], qui propose d'appliquer des commandes sur des groupes de fenêtres, et Scalable Fabric [9], qui propose une alternative de type focus+contexte aux Rooms.

Récemment, Faure et al. [3], puis Xu et Casiez [11] ont proposé d'utiliser le (non-)recouvrement des fenêtres pour des groupes créer automatiquement. Les fenêtres sont groupées en couches de fenêtres qui ne se recouvrent pas ou peu. Ces couches sont alors utilisées dynamiquement lors d'un changement de fenêtre ou lors de la recherche de la fenêtre cible dans un glisser-déposer. Les couches permettent de faciliter la navigation entre fenêtres car elles peuvent réduire le nombre d'actions pour atteindre la fenêtre désirée : c'est le nombre de couches qui compte et non pas le nombre, a priori plus grand, de fenêtres. Il est alors naturel d'étudier des techniques de rendu qui permettent de faciliter la navigation entre ces couches.

Dans cette note, nous étudions, à l'aide d'une expérimentation contrôlée, l'influence de trois Indices Visuels de Profondeur (*IVP*) sur la perception de la profondeur des couches de fenêtres : les degrés de luminosité et de flou, et l'ombre (fig. 1).

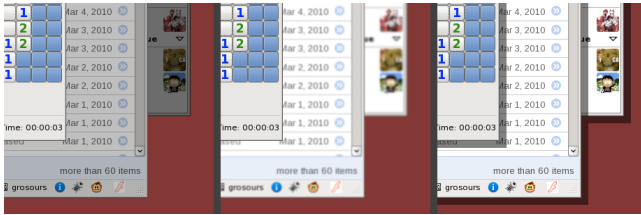


FIGURE 1 : Les trois indices de profondeur testés : luminosité (à gauche), flou (au centre), ombre (à droite).

PERCEPTION DE LA PROFONDEUR POUR DES GROUPES DE FENÊTRES

La perception de la profondeur dans une scène en deux dimensions est un processus complexe. Le modèle FACADE (Form-And-Color-And-Depth), développé par Grossberg et al. (voir [4] pour une introduction) a été créé pour comprendre les mécanismes permettant l'émergence de cette perception de la profondeur (ou distance) dans les images ou les scènes en deux dimensions.

Les indices de profondeurs relatifs principaux sont ceux de nature géométrique comme le recouvrement partiel ou l'interposition d'un autre élément. Ce ne sont cependant pas les seuls. Dresch et al. [2, 5] montrent que les *IVP* doivent être combinés de façon concordante afin que la profondeur soit perçue dans une scène à deux dimensions ("depth cue combination"). Les auteurs envisagent plusieurs *IVP* comme la luminosité ou la teinte d'un objet pour compléter les informations géométriques.

Contexte de l'expérimentation

Nous avons conduit une expérimentation pour évaluer l'effet de trois indicateurs de la profondeur des couches de fenêtres sur la perception de la profondeur par les utilisateurs (fig. 1). Le premier est la luminosité : la luminosité générale d'une fenêtre diminue avec la profondeur de la couche à laquelle elle appartient. Le second est le flou : le flou appliqué à la fenêtre augmente avec sa profondeur. Le troisième est l'ombre : l'ajout d'une ombre aux fenêtres donne une indication sur leurs rangs relatifs. Les deux premiers indicateurs sont des indicateurs naturels de la profondeur absolue dans une scène en trois dimensions et peuvent être manipulés de manière continue. Le troisième, par contre, est relatif et discret.

La tâche

La tâche consiste à déterminer le nombre de couches présentes dans une scène. Chaque essai se déroule comme suit : (i) le sujet informe le système qu'il est prêt à commencer en pressant la touche espace du clavier ; (ii) Une scène composée de W fenêtres réparties en L couches est présentée pendant 5 secondes au sujet ; (iii) La scène disparaît et le système demande au sujet d'indiquer le nombre de couches qu'il a pu identifier dans la scène. La répartition du nombre de fenêtres par couche est aléatoire. Cependant, afin de générer des répartitions ayant du sens, au moins $\frac{W}{2L}$ fenêtres sont affectées à chaque couche. Les couches sont créées à l'aide d'un algorithme permettant

de placer des rectangles dans un plan sans que ceux-ci ne se recouvrent. Nous avons modifié l'algorithme de [1] de façon à garantir que toutes les fenêtres de la scène soient visibles. Ensuite les indices de profondeurs éventuels sont appliqués à chaque fenêtre en fonction de la profondeur de la couche à laquelle elle appartient.

Le contenu des fenêtres est issu de captures d'écrans d'applications réelles représentatives des usages courants d'un ordinateur : navigateur Web, logiciel de messagerie, etc. De plus, nous avons autorisé l'algorithme à placer certaines fenêtres partiellement en dehors des limites de l'affichage. En effet, il était important de reproduire une situation réaliste où le grand nombre de fenêtres se combine avec un contenu riche dans chaque fenêtre, résultant en une forte charge perceptuelle pour les utilisateurs.

La tâche choisie, par contre, n'est pas une tâche réelle : un utilisateur se demande rarement quel est le nombre de fenêtres ou de couches affichées. Cependant, s'agissant d'une expérimentation sur la perception visuelle, une mesure quantitative aussi simple que le nombre d'éléments perçus semble la plus simple et la moins susceptible d'introduire un biais.

Sujets et Matériel Utilisé

Douze sujets (11 hommes, 1 femme) ont pris part à cette expérimentation. Tous avaient une vue normale ou corrigée et sont des utilisateurs fréquents de l'ordinateur.

L'expérimentation était programmée avec le langage C++ et la bibliothèque graphique Clutter, une bibliothèque OpenGL optimisée pour la conception d'interfaces utilisateur en deux dimensions. Elle était exécutée sur un PC équipé d'un processeur Intel Core2 Duo 6700 cadencé à 2.66GHz, sous système d'exploitation Gentoo Linux. L'écran, de résolution 1920x1200 pixels, était commandé par une carte nVidia Quadro FX 3500 utilisant le pilote officiel de nVidia. Le clavier utilisé était standard.

Protocole Expérimental

L'expérimentation suit un plan intra-sujets complet $4 \times 4 \times 4$ dont les facteurs sont :

- 4 Indices Visuels de Profondeur (*IVP*) : *aucun*, *ombre*, *luminosité* et *flou* ;
- 4 nombres de couches (L) : 2, 3, 4, et 5 ;
- 4 nombres de fenêtres (W) : 5, 9, 11 et 15.

Les essais sont regroupés par blocs selon la condition *IVP*. La combinaison des deux autres facteurs (W et L , soit $4 \times 4 = 16$ cas) est ensuite présentée selon un ordre aléatoire. Chaque condition est répétée 4 fois par bloc, soit 64 essais par bloc. Enfin, la série de blocs est répétée une seconde fois afin d'atténuer l'effet d'apprentissage éventuel.

Chaque condition est donc répétée 8 fois soit $16 \times 4 \times 8 = 512$ essais par participant. L'ordre de présentation des indices visuels de profondeur est contre-balançé entre les sujets par un carré latin. Une session de 10 essais est présentée aux participants avant chaque bloc pour leur

Source	DF	DFDen	FRatio	Prob > F
IVP	3	33,24	11,72	< 0,0001 (*)
L	3	32,80	3,40	0,0289 (*)
W	3	33,13	51,86	< 0,0001 (*)
IVP × L	9	99,43	6,19	< 0,0001 (*)
IVP × W	9	97,92	1,87	0,0650 n.s.
L × W	9	97,94	23,91	< 0,0001 (*)

TABLE 1 : ANOVA pour $ERR \sim IVP \times L \times W \times Rand(PARTICIPANT)$.

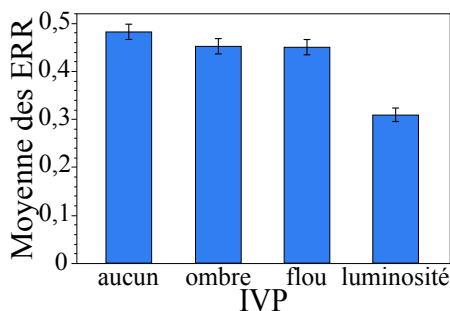


FIGURE 2 : Moyennes des ERR en fonction des IVP .

permettre de s'habituer à la condition d'indice visuel de profondeur.

Les deux mesures enregistrées sont :

- RT , le temps de réaction : c'est le temps mis par le sujet pour répondre à partir de l'affichage de la question ;
- ERR , La différence entre la réponse attendue et la réponse de l'utilisateur : $ERR = 0$ signifie qu'il n'a pas fait d'erreur, alors que $ERR = 2$ indique qu'il a sous- ou sur-estimé de 2 le nombre de couches affichées.

Prédictions

P1 : *luminosité* et *flou* entraînent moins d'erreurs et un temps de réaction plus rapide que *ombre* et *aucun* car ce sont des indices absolus et continus.

P2 : *ombre* entraîne moins d'erreurs et un temps de réaction plus rapide que *aucun* car un indice, même relatif, apporte de l'information.

P3 : W a un effet significatif sur le nombre d'erreurs et le temps de réaction, car un plus grand nombre de fenêtres complexifie la tâche.

Résultats

Sur 6160 essais, nous en avons éliminé 42 dont le temps de réaction était aberrant, soit 0.68% des données. Sur les 6118 essais restant, 2248 comportent une erreur de prédiction du nombre de couches présentes dans la scène, soit un taux d'erreur de 36.7%. Le temps de réaction moyen est de 720 ms.

Les Tables 1 et 2 donnent les résultats de l'ANOVA sur mesures répétées $IVP \times L \times W \times Rand(PARTICIPANT)$ pour les deux mesures ERR et RT (les interactions triples sont non significatives). Les comparaisons par paires présentées dans la suite utilisent le test post hoc HSD de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Source	DF	DFDen	FRatio	Prob > F
IVP	3	33,26	8,12	0,0003 (*)
L	3	32,17	7,87	0,0004 (*)
W	3	32,81	11,52	< 0,0001 (*)
IVP × L	9	99,11	1,65	0,1113 n.s.
IVP × W	9	97,61	1,42	0,1916 n.s.
L × W	9	98,07	3,42	0,0011 (*)

TABLE 2 : ANOVA pour $RT \sim IVP \times L \times W \times Rand(PARTICIPANT)$

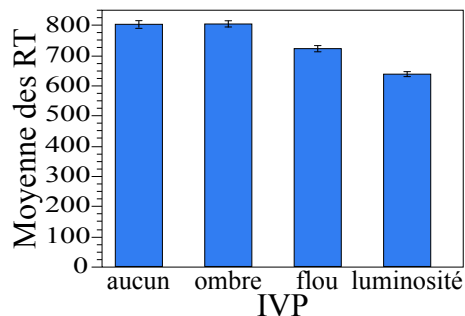


FIGURE 3 : Moyennes des RT (ms) en fonction des IVP .

IVP a un effet sur ERR et RT (fig. 2 et fig. 3). L'analyse post hoc montre que *luminosité* engendre significativement moins d'erreurs que tous les autres IVP et des temps de réaction significativement plus rapides que les autres IVP sauf *flou* (en moyenne 31% moins d'erreurs, 20% plus rapide que *ombre* et *aucun*, et 10% plus rapide que *flou*). Par contre, *flou* et *ombre* ne présentent pas de différence significative avec *aucun* pour ERR , et *flou* ne présente pas de différence significative avec *luminosité*, ni avec *aucun* et *ombre* pour RT .

La prédiction P1 est partiellement vérifiée : *luminosité* entraîne moins d'erreurs et est plus rapide que *ombre* et *aucun*, mais ce n'est pas le cas pour *flou*. A noter que, pour RT , *flou* se situe tout de même entre d'une part *luminosité* et d'autre part *ombre* et *aucun*.

P2 n'est pas vérifiée : les différence entre *ombre* et *aucun* ne sont pas significative, que ce soit en temps ou en nombre d'erreurs.

W a un effet sur ERR et RT (fig. 4 pour ERR). Une analyse post hoc révèle que les sujets ont fait significativement moins d'erreurs et ont été plus rapides pour $W = 5$ que pour toutes les autres conditions (en moyenne 35% moins d'erreurs et 18% plus rapide). De plus, $W = 15$ engendre significativement plus d'erreurs que dans les cas où $W = 11$, 9 ou 5. Par contre, aucune différence significative n'a été trouvée entre les taux d'erreurs correspondant à 9 ou 11 fenêtres et aucune différence significative n'a été trouvée entre les RT pour $W = 9$, 11 et 15. La prédiction P3 est donc partiellement vérifiée.

L a un effet sur ERR et RT (fig. 4 et 5 pour ERR). Une analyse post hoc sur ERR révèle que seuls $L = 5$ et $L = 3$ donnent des erreurs significativement différentes ($L = 3$ donnant 30% moins d'erreurs que $L = 5$). Cependant, une

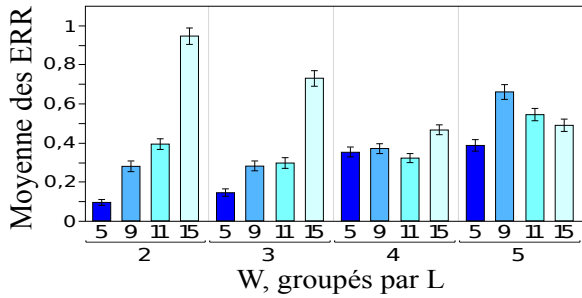


FIGURE 4 : Moyenne des *ERR* en fonction de *L* et *W*.

analyse post hoc sur *RT* indique que $L = \{2, 5\}$ sont significativement plus rapides que $L = \{3, 4\}$. Une explication possible pour ce résultat est que $L = \{2, 5\}$ sont les niveaux extrêmes et que les participants auraient sous-estimé leurs difficultés et les auraient donc traités plus rapidement, au prix d'erreurs plus importantes pour $L = 5$.

L'interaction entre *L* et *W* est significative pour *ERR* et *RT* (fig. 4 pour *ERR*). En ce qui concerne *RT* l'interaction semble faible et n'influence pas les tests de différence en moyenne. Par contre, les sujets ont fait significativement plus d'erreurs dans la condition $L = \{2, 3\} \times W = 15$, que dans les autres *L*. Ceci pourrait indiquer que les participants ont été influencés par le nombre de fenêtres présentes. Il leur a été difficile de percevoir qu'une scène comportant beaucoup de fenêtres avait peu de couches.

L'interaction entre *L* et *IVP* est significative pour *ERR* (fig. 5) mais pas pour *RT*. Une analyse post hoc montre que les erreurs pour $L = \{2, 3, 4\}$ ne sont pas significativement différentes pour toutes les conditions d'*IVP*. Cependant, pour $L = 5$ les différences entre *luminosité* et tous les autres *IVP* sont significatives (dans cette condition, *luminosité* engendre 54,5% moins d'erreurs que *flou*). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que dans la condition *luminosité*, comme expliqué par un des participants, l'utilisateur peut se fier au niveau de l'*IVP* et "deviner" la profondeur de la couche la plus profonde.

CONCLUSION ET TRAVAUX FUTURS

Nous avons étudié plusieurs indices visuels de profondeur dans le contexte de la gestion de fenêtres en couches. Le résultat principal de cette expérimentation est que l'utilisation de la luminosité est efficace alors que le flou et l'ombre n'ont pas d'effet significatif sur la perception du nombre de couches. D'autre part les erreurs augmentent avec le nombre de fenêtre et avec le nombre de couches, mais c'est paradoxalement avec beaucoup de fenêtres et peu de couches que les erreurs sont les plus élevées.

Le premier résultat donne une piste nouvelle et simple pour améliorer la perception de la profondeur des fenêtres : la luminosité. Il montre aussi que la technique la plus largement utilisée dans les systèmes actuels, l'ombre, ne semble pas efficace. Par ailleurs, le fait que le flou ne semble pas non plus efficace est intéressant car c'est une

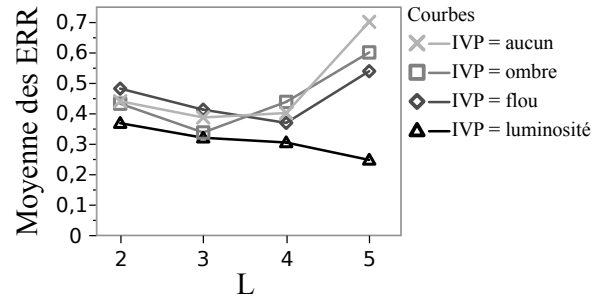


FIGURE 5 : Moyenne des *ERR* en fonction de *L*.

technique coûteuse en ressources graphiques qui de plus rend le contenu des fenêtres moins lisible.

Nous envisageons de poursuivre ces travaux en étudiant la perception des couches lorsque l'ordre entre les couches est modifié, par exemple lorsque l'une d'entre elle passe devant les autres à la demande de l'utilisateur. Nous voulons notamment étudier les effets d'animation de la luminosité lors de la modification de l'ordre des couches, et les effets de semi-transparence lorsque qu'une couche en traverse une autre.

BIBLIOGRAPHIE

1. M. Bernard and F. Jacquenet. Free space modeling for placing rectangles without overlapping. *J. Univ. Comp. Sci.*, 3 :703–720, 1997.
2. B. Dresp, S. Durand, and S. Grossberg. Depth perception from pairs of overlapping cues in pictorial displays. *Spatial Vision*, 15 :255–276, 2002.
3. G. Faure, O. Chapuis, and N. Roussel. Power tools for copying and moving : useful stuff for your desktop. In *Proc. CHI '09*, 1675–1678. ACM, 2009.
4. S. Grossberg. Cortical dynamics of three-dimensional figure-ground perception of two-dimensional pictures. *Psychological Review*, 104(3) :618–658, July 1997.
5. C. R. C. Guibal and B. Dresp. Interaction of color and geometric cues in depth perception : When does "red" mean "near" ? *Psychological Research*, 69 :30–40, 2004.
6. D. A. Henderson, Jr. and S. Card. Rooms : the use of multiple virtual workspaces to reduce space contention in a window-based graphical user interface. *ACM Trans. Graph.*, 5(3) :211–243, 1986.
7. D. R. Hutchings, G. Smith, B. Meyers, M. Czerwinski, and G. Robertson. Display space usage and window management operation comparisons between single monitor and multiple monitor users. In *AVI '04*, 32–39. ACM, 2004.
8. E. Kandogan and B. Shneiderman. Using elastic windows for world-wide web browsing. In *Proc. CHI '98*, 189–190. ACM, 1998.
9. G. Robertson, E. Horvitz, M. Czerwinski, P. Baudisch, D. R. Hutchings, B. Meyers, D. Robbins, and G. Smith. Scalable fabric : flexible task management. In *Proc. AVI '04*, 85–89. ACM, 2004.
10. S. Tak, A. Cockburn, K. Humm, D. Ahlström, C. Gutwin, and J. Scarr. Improving window switching interfaces. In *Proc. INTERACT '09*, 187–200. Springer-Verlag, 2009.
11. Q. Xu and G. Casiez. Push-and-pull switching : window switching based on window overlapping. In *Proc. CHI '10*, 1335–1338. ACM, 2010.