



Interactions au regard pour l'activation de commandes dans des menus

Romain Grosse, Indira Thouvenin, Dominique Lenne, Stéphane Aubry

► To cite this version:

Romain Grosse, Indira Thouvenin, Dominique Lenne, Stéphane Aubry. Interactions au regard pour l'activation de commandes dans des menus. [Rapport de recherche] UTC Compiègne. 2016. hal-01381168

HAL Id: hal-01381168

<https://hal.science/hal-01381168>

Submitted on 14 Oct 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Interactions au regard pour l'activation de commandes dans des menus

Romain GROSSE *

Sorbonne Universités
Université de Technologie
de Compiègne
CNRS, UMR Heudiasyc

Safran Electronics & Defense

Indira THOUVENIN

Sorbonne Universités
Université de Technologie
de Compiègne
CNRS, UMR Heudiasyc

Dominique LENNE

Sorbonne Universités
Université de Technologie
de Compiègne
CNRS, UMR Heudiasyc

Stéphane AUBRY

Safran Electronics & Defense

RESUME

L'augmentation du nombre de fonctions dans les produits optroniques de Safran pose la question des limitations de l'interaction basée sur des périphériques mécaniques seuls (boutons). Les propriétés de l'œil (rapidité, mouvements liés au processus cognitif, disponibilité) laissent penser que le regard serait une modalité d'interaction adaptée. Mais l'interaction au regard n'est pas un problème trivial. En effet il existe plusieurs méthodes d'interaction au regard différentes. Choisir quelle méthode utiliser est une tâche difficile et il est probable que le choix optimal de la méthode soit dépendant de facteurs liés à la tâche. Cet article expose différentes méthodes de navigation dans des menus, propose de lister les critères influençant les performances de ces dernières et en présente une première évaluation.

MOTS CLES : INTERACTION, INTERFACE UTILISATEUR, SUIVI DU REGARD

INDEX TERMS : H.5.2: [INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION] USER INTERFACES, H.1.2 [MODELS AND PRINCIPLES]: USER/MACHINE SYSTEMS.

1 INTRODUCTION

Les produits d'optronique Safran Electronics & Defense (jumelles, viseurs,...) partagent des problématiques d'interaction avec les appareils de réalité augmentée ou de réalité virtuelle actuels. Les applications étant variées, les méthodes classiques d'interaction (clavier, souris, manette) ne sont pas toujours appropriées aux besoins des applications. Les produits optroniques embarquent un nombre croissant de fonctionnalités, et l'intégration de celles-ci dans une interface simple d'utilisation est un problème complexe. En effet, l'augmentation du nombre de fonctions dans les systèmes pose la question des limitations de l'interaction basée sur des périphériques mécaniques seuls (boutons). De par son caractère naturel, sa rapidité et sa disponibilité dans les produits concernés, le regard est une modalité d'interaction pouvant améliorer l'interaction Homme-Machine en termes de fluidité et d'efficacité

2 INTERACTION AU REGARD

2.1 Caractéristiques du regard

Plusieurs caractéristiques du regard laissent penser que cela peut être une méthode d'interaction efficace. Le regard est rapide, « le mouvement le plus rapide que le corps peut produire ». La durée d'une saccade, c'est-à-dire du mouvement balistique de l'œil entre deux points de fixation est de 80 ms [1]. De plus, au naturel, la position du regard est en lien direct avec la tâche d'un utilisateur. Que celui-ci utilise une souris ou un autre moyen d'interaction nécessitant un espace d'affichage visuel, l'œil précède l'action et il est représentatif de l'intention de l'utilisateur à l'instant t ou

dans un futur proche [2]. Ces deux caractéristiques en font un candidat idéal comme méthode d'interaction.

Cependant, deux problèmes majeurs, spécifiques au regard, sont limitant quant à son utilisation comme méthode d'interaction. Premièrement, la précision du regard ne peut dépasser 1° d'angle, approximativement la taille de l'ongle du pouce bras tendu. Cette précision n'est pas due aux capteurs utilisés mais aux mouvements intrinsèques de l'œil qui, durant une fixation, c'est-à-dire lorsqu'il est censé rester immobile, effectue plusieurs types de micromouvements allant jusqu'à $\pm 0.5^\circ$ d'angle. Deuxièmement, l'œil étant intrinsèquement un organe senseur, dont l'utilisation est souvent inconsciente, l'utilisateur ne dispose pas, dans l'utilisation nominale du regard, d'un contrôle total sur celui-ci [3]. Le regard est attiré vers les éléments mobiles, vers les objets saillants ou vers certaines couleurs. Ainsi, il n'est pas possible de réutiliser en l'état les métaphores d'interaction des autres modalités.

2.2 Interaction au regard

L'interaction triviale au regard consiste en l'activation automatique de l'élément regardé. Jacob montre [Jacob] que si dans un premier temps l'utilisateur est enthousiaste par l'impression que le système anticipe ses besoins, rapidement il ne peut plus observer l'environnement sans déclencher involontairement tous les éléments sur lesquels son regard se pose. C'est ce qui est appelé le *Midas Touch*. L'utilisation nominale du regard n'est alors pas suffisante pour déterminer l'intention d'interaction d'un utilisateur, cette intention doit être spécifiée. Depuis lors, plusieurs méthodes permettant de répondre à ce problème ont été proposées :

- Le *Dwell-Time* : C'est la première solution à avoir été proposée, elle consiste en un temps d'attente sur un élément avant de l'activer. Forcer le regard de l'utilisateur à rester fixe est contraignant, un compromis sur ce temps d'attente est alors à effectuer. S'il est trop long, les avantages de la rapidité du regard sont perdus, s'il est trop court, on retombe dans la problématique du *Midas Touch*. Les valeurs typiques utilisées sont entre 500 et 1000 ms.
- Le geste oculaire : L'utilisateur doit « dessiner » une forme avec son regard. En choisissant des motifs oculaires simples et non présents dans le mouvement naturel du regard, l'intention d'interaction est bien identifiée. Dans la pratique, cette méthode est fatigante pour l'utilisateur et sa mise en œuvre difficile [4].
- Le *Dwell-Time* déporté : Cette méthode est semblable au *Dwell-Time* mais elle est effectuée sur un artefact de l'élément d'interface plutôt que sur l'élément à proprement parler. Le sous élément peut être présent en permanence ou apparaître sous condition (regard sur l'élément de base, commande externe) [5].

* romain.grosse@utc.fr

- La multimodalité regard + bouton : Un bouton physique est utilisé en plus du système de suivi du regard et permet de spécifier une intention de la part de l'utilisateur. On applique cette intention à l'endroit où l'utilisateur regarde à l'instant d'appui. Les cas dans lesquels cette méthode est plus performante que le *Dwell-Time* restent encore à préciser. De plus, il existe des cas où l'utilisateur n'a pas accès à la possibilité d'utiliser un bouton physique (handicap, chirurgie, pilotage d'avion, etc.).

3 INTERACTION DANS UN MENU

Afin de comprendre comment peuvent être construites les méthodes de navigation dans les menus, nous allons décomposer la tâche effectuée. Dans ses travaux, Bowman [6] propose une méthode pour générer des techniques d'interaction qui consiste à décomposer une tâche principale en plusieurs sous-tâches et de traiter chaque sous-tâche indépendamment. La combinaison des sous-techniques d'interaction donne alors une technique d'interaction répondant à la tâche.

Ainsi, la tâche de navigation dans un menu peut se décomposer en quatre étapes :

- Activation du menu
- Recherche visuelle et prise de décision dans le menu
- Sélection d'un élément
- Activation de l'élément sélectionné

Sur la représentation de la sélection d'un élément dans un menu (Figure 1), déterminer pour chaque sous-tâche les méthodes d'interaction possibles nous permet par association de déterminer la méthode d'interaction générale. L'étape de recherche visuelle de prise de décision est une étape cognitive. A ce titre elle ne nécessite pas de méthode d'interaction associée. Dans une interaction au regard « classique » (comprendre non-gestuelle), l'étape de sélection s'effectue en ciblant du regard l'élément que l'on sélectionne, simultanément à l'étape de recherche visuelle. Il reste alors à déterminer les méthodes d'ouverture et d'activation.

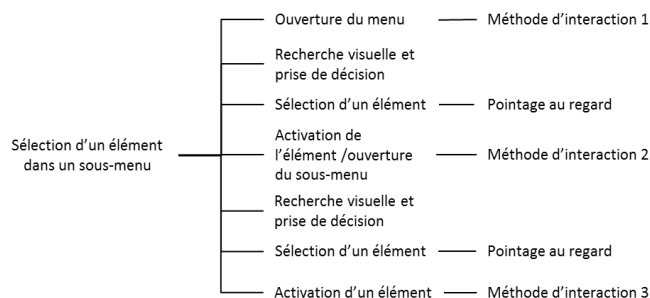


Figure 1: Décomposition de la tâche de sélection d'un élément dans un menu à deux niveaux.

Si l'on considère un menu à deux niveaux, l'activation de l'item du premier menu coïncide avec l'ouverture du sous-menu associé. On ne considère alors pas la tâche comme la succession de deux actions identiques où l'ouverture du sous-menu serait équivalente à l'activation dans celui-ci, mais comme une tâche plus complexe de sept actions dont trois méthodes d'interaction sont à déterminer.

Les différentes méthodes au regard présentées précédemment possèdent la capacité de satisfaire chaque sous-méthode d'interaction recherchée. Ainsi l'ouverture du menu peut se faire en utilisant un *Dwell-Time*, sur un l'élément représentatif du menu ou sur un élément juxtaposé ou en utilisant l'aide d'un médium d'interaction additif comme un bouton. Néanmoins, on imagine que la sélection d'un élément en effectuant un geste oculaire paraît compliquée cognitivement (en plus d'être compliquée

physiquement comme énoncé plus tôt). On mettra de côté cette méthode d'interaction qui semble peu adaptée à la navigation dans un menu. Il est aussi possible de revenir aux sources en utilisant l'interaction triviale (déclenchement direct dès la fixation d'un élément avec le regard). Il est possible aussi d'assumer que le menu n'a pas à être ouvert et qu'il est visible de manière permanente, on parle alors de menus persistants. Mais alors parmi ces méthodes, qu'elle est la meilleure ?

4 APPROCHE PROPOSÉE

Notre hypothèse est qu'il n'existe pas de réponse simple à cette question et qu'étant donné les avantages et inconvénients de chaque méthode, la meilleure méthode est dépendante du contexte. Nous proposons donc d'étudier l'impact des éléments de contexte sur les performances des méthodes d'interaction afin d'aider à la conception future d'interfaces au regard.

5 CRITERES INFLUENÇANT LES PERFORMANCES DES METHODES D'INTERACTION

Le contexte de l'interaction représente l'ensemble des facteurs extérieurs à la méthode d'interaction. On s'intéresse aux critères pouvant influencer des évolutions de performances des différentes méthodes d'interaction au regard. Lorsque l'on parle de performance, on évoque ici l'utilisabilité de la méthode, c'est-à-dire sa rapidité et le nombre d'erreurs qui lui sont associées. Ainsi que l'expérience utilisateur, c'est-à-dire son ressenti vis-à-vis de l'interaction. Bien que les deux aspects ne soient pas indépendants, ils ne sont pas pour autant totalement cohérents. Tout d'abord l'utilisateur peut mal juger de l'utilisabilité d'une méthode, la croire rapide alors qu'elle est lente par exemple. Ensuite la partie émotionnelle n'est pas mesurée seulement par les aspects de rapidité et de taux d'erreurs, une partie d'amusement, de plaisir, de fierté, de surprise et d'intimité entrent aussi en compte dans le jugement d'une méthode d'interaction [Law08]. Nous distinguons alors les composantes suivantes du contexte : l'utilisateur, les caractéristiques graphiques du menu ainsi que la stratégie d'utilisation ce menu.

5.1 L'utilisateur

L'utilisateur est une des données d'entrée du contexte dans lequel est utilisé le menu. Plusieurs de ses caractéristiques entrent en compte :

L'aisance visuelle de l'utilisateur : c'est la facilité et la rapidité avec laquelle l'utilisateur contrôle ses yeux. Les personnes sont plus ou moins disposées à effectuer des mouvements rapides et précis avec leurs yeux [7]. Elles traitent aussi plus ou moins vite l'information. C'est une caractéristique qui peut s'acquérir par l'entraînement, les personnes jouant à jeux vidéo demandant des réflexes ou les pratiquants de certains sports disposent d'une aisance visuelle plus importante [8]. Il est probable qu'en fonction de leur facilité à utiliser leur regard, les utilisateurs ne préfèrent pas les mêmes méthodes d'interaction.

La charge cognitive de l'utilisateur : c'est une caractéristique liée à la tâche, mais qui s'applique dynamiquement à l'utilisateur, elle dépend de son activité actuelle. Il est possible que certaines méthodes d'interaction soient plus ou moins performantes en fonction de la charge cognitive de l'utilisateur. Soit parce qu'utiliser cette méthode va réduire la capacité de l'utilisateur à rester concentré sur sa tâche principale, soit parce que la concentration sur la tâche principale va rendre moins efficace l'utilisation de certaines méthodes d'interaction.

La contrainte principale imposée par l'utilisateur : l'utilisateur doit en permanence effectuer un compromis entre la vitesse et la précision de son exécution, le plus souvent à l'avantage de la précision. Il arrive cependant que la contrainte imposée à ou par l'utilisateur soit la rapidité d'exécution. Si l'utilisateur est pressé

d'effectuer une commande, il va ajuster le compromis et diminuer son exigence en précision, pouvant conduire à des erreurs de manipulation. Il est possible que les méthodes d'interaction soient différemment affectées par cette évolution du compromis rapidité/précision.

5.2 Strategies d'utilisation du menu

Les stratégies d'utilisation du menu sont le plus souvent liées à la tâche utilisateur. Elles semblent pouvoir influencer sur les méthodes d'interaction selon les caractéristiques suivantes :

Le niveau de stratégie de l'étape de recherche visuelle et de prise de décision : en fonction de la connaissance du menu, on propose la description de trois méthodes différentes d'analyse des menus.

- Stratégie novice : elle consiste en l'exploration des différents éléments à la recherche de l'élément souhaité, l'utilisateur ne connaît alors pas l'élément qu'il recherche, l'exploration et la prise de décision sont alors composée d'une phase d'analyse et d'une phase de mise en relation avec le but recherché. C'est aussi la méthode la plus chronophage des trois.
- Stratégie expérimenté : l'utilisateur connaît l'élément qu'il cherche avant l'ouverture du menu, pour autant il ne connaît pas sa disposition précise. Une phase d'observation du menu, plus courte, à toujours lieu.
- Stratégie experte : l'utilisateur connaît l'élément exact qu'il veut activer et sa position quasi-certaine. L'activation relève plus d'une formalité nécessaire que d'une tâche contenant une véritable étape de recherche et de prise de décision.

Plusieurs choses peuvent impacter l'étape de recherche visuelle. L'apprentissage de l'interface par l'utilisateur va avoir tendance à faire évoluer la méthode de la première à la troisième, de même que la fréquence à laquelle est effectuée l'action. L'activation fréquente de la même commande va mettre en œuvre la mémoire spatiale de l'élément à activer. Cependant, certaines tâches forcent l'utilisation dans un certain mode. Imaginons par exemple que l'on vous demande de sélectionner le mot dans un menu ressemblant le plus à un mot que l'on vous communique, vous serez probablement dans une démarche d'exploration, à moins que vous ne réussissiez à mémoriser le menu et effectuer toute l'étape de corrélation mentalement.

La fréquence d'utilisation d'un menu : en plus d'influer sur le paramètre précédent, la fréquence à laquelle un menu est utilisé peut influencer aussi sur la fatigue visuelle de l'utilisateur. L'interaction au regard fatigue [9], plus ou moins rapidement selon les utilisateurs, les différentes méthodes d'interaction fatiguent probablement à des vitesses différentes. La fatigue visuelle apparaît alors aussi comme un indice de performance.

5.3 Les modes de présentation du menu

On émet l'hypothèse que les différentes modes de présentation des menus vont aussi influencer les performances des différentes méthodes. Notamment les aspects suivants :

Le type de représentation sémantique des éléments du menu : c'est la manière qu'utilisent les éléments pour transmettre l'information de leur utilité. Les deux cas les plus classiques sont la représentation textuelle et la représentation iconique. Les avantages et inconvénients des deux méthodes sont encore discutés, mais dans le cas d'icônes claires et intuitives, l'analyse du menu s'effectue plus rapidement, car les formes, contrairement au texte, sont analysables en vision périphérique.

La persistance visuelle des menus : deux cas possibles, soit un menu apparaît lors d'une commande quelconque (pop-up menu), soit il est présent visuellement en permanence (menu persistant). Comme le critère précédent, la persistance d'un menu permet de faire jouer de manière inconsciente la vision périphérique avant de commencer la navigation dans un menu, prenant alors de l'avance sur la sous-tâche de recherche visuelle. Certaines méthodes d'interaction peuvent bénéficier de tels avantages.

L'impact de l'action déclenchée : il est défini par le coût induit par une erreur, une activation involontaire ou une activation du mauvais élément. On peut donner quatre niveaux à cet impact : faible, moyen, fort et critique.

- Faible : l'effort pour corriger l'erreur est inférieur à l'effort nécessaire à la réalisation de l'action voulue.
- Moyen : l'effort pour corriger l'erreur est du même ordre de grandeur que l'action elle-même.
- Fort : la correction de l'erreur demande un effort supérieur à celui nécessaire pour le déclenchement de l'action.
- Critique : l'erreur est irréversible.

Dans une interface WIMP, la sélection d'un fichier possède un impact faible. Si la sélection est ratée, il suffit de sélectionner un fichier à nouveau. L'ouverture d'un mauvais fichier possède un impact moyen, il est souhaitable de le fermer avant d'ouvrir le fichier voulu. La mise à la corbeille involontaire d'un fichier dispose d'un impact fort, l'utilisateur doit effectuer beaucoup plus d'actions pour le récupérer qu'il a dû effectuer pour se mettre dans cette situation périlleuse. Enfin, la suppression définitive dispose d'un impact critique, elle est irréversible. Plus l'impact est important plus l'utilisateur doit avoir l'assurance de ne pas effectuer d'action involontaire. Ainsi cela peut faire évoluer le ressenti de l'utilisateur vis-à-vis des différentes méthodes d'interaction.

La représentation graphique du menu : c'est la forme que celui-ci arbore, elle peut être de différents types. Communément, on oppose les menus circulaires aux menus linéaires. Certaines interactions sont possiblement plus efficaces sur tel ou tel type de menu. Même pour un menu linéaire, la disposition verticale ou horizontale des menus peut avoir un impact.

La position du menu : sur l'espace de représentation graphique, la position à laquelle le menu apparaît joue possiblement un rôle important. Notamment, dans le cas du *Dwell-Time* déporté demandant une surface d'affichage plus importante, l'affichage au centre de l'écran est d'autant plus gênant. Pour rejoindre l'aspect de l'impact de l'action, l'ouverture intempestive d'un menu au centre de l'écran est plus gênante que sur un bord.

Aisance visuelle utilisateur	Charge cognitive	Contrainte principale de l'utilisateur	Stratégie de recherche dans le menu	Fréquence d'activation	Sémantique des éléments du menu	Persistance graphique du menu	Impact de l'action déclenchée	Représentation graphique	Position du menu
Rapide	Importante	Précision	Novice	Élevée	Texte	Persistant	Faible	Linéaire	Excentrée
			Expérimenté				Moyen		
Moyenne	Normale	Rapidité	Expert	Faible	Icône	Éphémère	Fort	Circulaire	Centrée
							Critique		

Figure 2: Tableau récapitulatif des critères impactant hypothétiquement les performances des méthodes d'interaction au regard.

6 EXPERIMENTATION

Ne pouvant pas étudier simultanément l'ensemble des aspects présentés précédemment pour des raisons de temps de réalisation. La première expérimentation réalisée a deux buts : mettre en évidence la présence de différentes stratégies de recherche visuelle et de décision, ainsi que de montrer que les performances des méthodes d'interaction sont fonction de ces stratégies. Nous pensons que plusieurs critères sont corrélés à cette stratégie : l'aisance visuelle de l'utilisateur ainsi que la contrainte temporelle qui lui est imposée.

6.1 Protocole

L'expérience est réalisée sur ordinateur en utilisant un Tobii-EyeX Controller. La taille des éléments d'interface représente environ 1,5° d'angle. Une vidéo comportant le regard en superposition est enregistrée pour des analyses qualitatives et pour déterminer le nombre et les types d'erreurs. Les temps d'activations sont enregistrés de manière automatique. 10 personnes de 23 à 60 ans ont participé à l'expérience. Toutes possèdent un diplôme d'ingénieur ou équivalent au minimum et travaillent en partie sur ordinateur. Seules deux personnes avaient eu l'occasion de tester rapidement un système de suivi du regard avant l'expérience.

6.1.1 Pre-Expérience

Dans un premier temps, afin de mesurer la rapidité de mouvement du regard du sujet, une pré-expérience est réalisée. Elle consiste simplement à suivre le plus rapidement possible un objet apparaissant et disparaissant à l'écran 30 fois de suite. En plus de vérifier la qualité de la calibration, le temps pour réaliser les 30 saccades est représentatif de la réactivité du regard du sujet. Des questions sont aussi posées au sujet sur la pratique de sports et de jeux vidéo, afin de déterminer plusieurs catégories d'utilisateurs.

6.1.2 Expérience

La tâche principale de l'utilisateur consiste, dans un jeu d'éléments que l'on lui présente, à trouver l'élément existant en un exemplaire unique et de spécifier ses caractéristiques via un menu. L'objet peut avoir quatre formes différentes (rond, croix, triangle, carré) et quatre couleurs différentes (bleu, jaune, rouge vert). A chaque itération, l'utilisateur doit à deux reprises ouvrir chaque sous-menu et sélectionner l'élément du sous-menu correspondant à la caractéristique de l'élément unique à décrire. Une fois sélectionnées, un nouveau jeu d'éléments lui est présenté. Le choix a été fait que le premier menu soit persistant. Les deux étapes sur lesquelles on peut décider de la méthode d'interaction sont alors l'ouverture du sous-menu et l'activation de l'élément sélectionné.

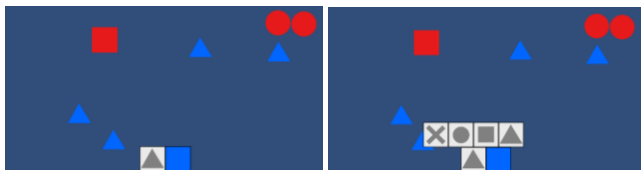


Figure 3: Présentation de l'expérience. Le sujet doit sélectionner les caractéristiques « carré » puis « rouge » (élément en unique exemplaire) grâce au menu.

Six méthodes d'interaction sont tour à tour présentées au sujet dans cet ordre :

- Ouverture au *Dwell-Time*, sélection de l'objet au *Dwell-Time* (*Dwell-Time*, DD).

- Ouverture à l'activation bouton de l'élément regardé, activation au bouton du sous-élément regardé (*Button-Button*, BB).
- Ouverture instantanée lorsque regardé, sélection de l'objet au *Dwell-Time* (*Inst-Dwell*, ID).
- Ouverture instantanée lorsque regardé, sélection de l'objet au *Dwell-Time* déporté sur un élément d'interface au-dessus des éléments des sous-menus. Cette interaction dissocie la partie « recherche visuelle et prise de décision » de la partie « sélection ». L'interaction consiste à effectuer la recherche visuelle sur les objets possédant l'information puis à sélectionner au regard la cible associée, avec la création d'un chemin expert direct vers la cible dès lors qu'une montée en compétence sur la maîtrise de l'interface apparaît. Le temps d'attente sur la cible a été réduit à 400ms, en supposant que le regard n'atteint la cible que lors de la phase de sélection. (*Inst-DwellDep*, IDdep).

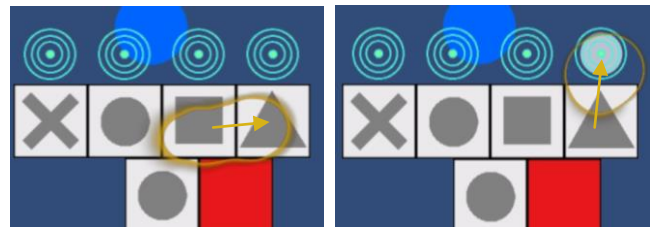


Figure 4: Méthode d'interaction *Dwell-Time* déporté. Etape de recherche visuelle et de prise de décision (à gauche) puis étape de sélection (à droite). Le cercle et les flèches jaunes représentent le regard de l'utilisateur.

- Ouverture instantanée, activation au bouton du sous-élément regardé (*Inst-Button*, IB).
- Ouverture à l'activation bouton, conservation de la pression sur le bouton physique, activation du sous-élément regardé lors du relâchement du bouton (*Press&Release*, P&R).

Chacune des méthodes est présentée par un texte descriptif de l'interaction puis l'utilisateur doit effectuer la tâche 25 fois, il lui est demandé de privilégier la précision à la rapidité. Ensuite, le sujet a une minute pour effectuer la tâche le plus de fois possible. Un compteur de temps est présent et il est encouragé à faire le meilleur score. Il essaye de privilégier ici la rapidité à la précision. Une fois terminé, un questionnaire d'utilisabilité sur la méthode utilisée lui est présenté et ses remarques sont récupérées et enregistrées de manière orale avant de réitérer le test avec la méthode d'interaction suivante.

6.1.3 Méthode d'obtention des résultats

D'un point de vue quantitatif, l'ensemble des temps d'activation est enregistré. Pour chaque participant et pour chaque méthode d'interaction, la moyenne et l'écart type du temps d'activation sont calculés pour les étapes de précision et de rapidité. Les trois premiers échantillons de chaque méthode sont mis à l'écart car ils représentent la lecture de la consigne et la prise en main de l'interaction. Les échantillons représentant des erreurs de manipulation trop longues (>5secondes) ou une reprise des tests des capacités de l'interface par l'utilisateur ne sont pas comptabilisés dans ces valeurs. Le nombre d'erreurs liées à l'interaction sont comptabilisées, les erreurs liées à une mauvaise observation de la scène ne le sont pas.

Un questionnaire a été présenté aux sujets, il dispose de questions ouvertes utilisées pour recueillir des témoignages vidéo ou les sujets développent les difficultés qu'ils ont rencontrées ainsi que les avantages qu'ils ont perçus. Il est aussi composé de questions dont le but est de noter certains aspects de la méthode

d'interaction : la prise en main, l'intuitivité, la rapidité ressentie ainsi que la confiance placée dans le système (représentatif du taux d'erreurs estimées). A la fin de l'expérience le sujet doit classer les interactions de celle qu'il préfère à celle qu'il aime le moins. Des informations sur les sujets sont ensuite demandées : sports pratiqués, pratiques de jeux vidéo, temps passé sur ordinateur par jour.

6.2 Résultats

La première partie des résultats décrit le bilan quantitatif concernant la rapidité et la précision (en termes de taux d'erreurs) et la mise en corrélation avec les performances ressenties par l'utilisateur. La seconde partie résume des résultats qualitatifs types ayant déjà été évoqué dans la littérature ainsi que des observations nouvelles, parfois opposés aux idées reçues sur l'utilisation du regard comme méthode d'interaction.

6.2.1 Résultats quantitatifs :

La première observation concerne la disparité des préférences des utilisateurs. Si certaines tendances émergent, la variance importante des choix rend la tendance des choix non significative. Ainsi, les méthodes d'interaction préférées varient pour chaque utilisateur sans tendance générale, excepté une légère préférence pour la méthode *Button-Button*.

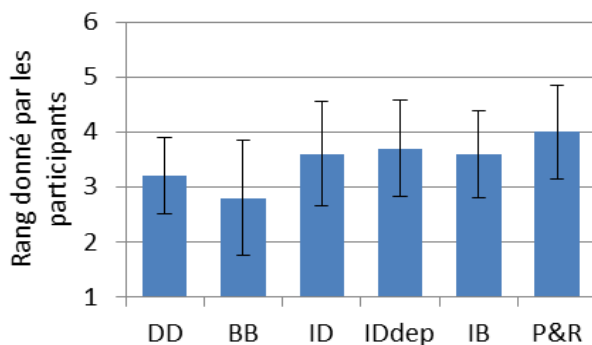


Figure 5: Moyenne et écart type du classement de chaque interaction (rang faible = méthode plus appréciée). Distribution plutôt homogène.

- On peut noter une cohérence entre les préférences générales des sujets et le temps moyen d'activation des méthodes. Dans 100 % des cas, la méthode préférée par l'utilisateur est une des deux méthodes avec lesquelles il a été le plus efficace. Pour la seconde méthode dans l'ordre donné par l'utilisateur, cette tendance descend à 40 %. La rapidité de l'interaction joue un rôle important quant à l'appréciation de l'utilisateur, mais ce n'est pas le seul facteur.

6.2.2 Résultats qualitatifs :

La première remarque concerne la durée du *Dwell-Time*, elle est le compromis de la méthode entre la rapidité et la fiabilité. Tous les temps d'attente exceptés ceux du *Dwell-Time* déporté ont été fixés à 600ms. Malgré ce temps fixe, certains utilisateurs ont constaté d'un temps d'attente trop court, d'autres d'un temps trop long. Les utilisateurs se plaignant d'un temps trop court ont subi les impacts du *MidasTouch*, activant parfois par erreur et inconsciemment des éléments. Le cas où cela a été le plus notable est après une ouverture instantanée. L'œil se situant parfois déjà sur un élément activable dès l'ouverture du menu, le temps de fixation (200-300ms) non volontaire sur ledit élément laissait alors moins de temps à l'utilisateur pour réagir. Certains

utilisateurs se sont plaints d'un temps d'attente trop long. En plus d'une sensation de lenteur, des erreurs de manipulations sont apparues. Ces utilisateurs anticipaient l'activation d'un élément en déplaçant leur regard vers la prochaine étape de leur navigation, laissant alors l'élément non-activé. Le feedback visuel était le suivant :



Figure 6: Evolution du feedback visuel durant le *Dwell-Time*.

Bien que facilement visible au début de l'activation, le feedback visuel était moins visible à la fin du temps d'attente. Un autre problème de ce feedback a été qu'il s'est comporté comme un attracteur visuel. Le mouvement a attiré le regard de certains utilisateurs, les poussant à continuer à regarder un mauvais élément. Des modifications sur le type de feedback pourraient pallier à ce problème. De manière générale, la mise en place d'un *Dwell-Time* auto adaptatif permettrait de compenser ce problème[10].

L'effet du *MidasTouch* a aussi été ressenti par certains utilisateurs lors de l'ouverture instantanée des menus. Notre hypothèse était que pour une action ayant un impact aussi faible que l'ouverture d'un menu, l'activation involontaire serait acceptable. Cela l'a été pour la moitié des participants (excepté lorsque l'ouverture était suivie d'une sélection au *Dwell-Time*). Plusieurs causes à l'ouverture involontaire :

- Une erreur de précision de l'eye-tracker, même faible, pouvait dans certains cas ouvrir le mauvais menu.
- Lors de l'arrivée sur les menus depuis un côté, l'œil des sujets s'arrêtaient souvent sur le menu de ce même côté, même si ce n'était pas celui voulu.
- Si l'utilisateur voulait vérifier sa sélection actuelle.

Lors d'une ouverture inopinée ou d'une sélection involontaire due à une erreur de précision, toutes les personnes ayant eu la sensation de perte de contrôle de l'interface ont sélectionné une deuxième fois l'objet déjà préalablement sélectionné plutôt que de corriger leur erreur en ouvrant le menu réellement voulu. Pour ces personnes, l'impact de l'erreur est passé de faible à moyen, rendant trop punitif les erreurs citées ci-dessus. Les personnes ayant aimé l'ouverture instantanée semblaient plus assurées de ce qu'ils cherchaient à faire avec l'interface et ne se laissaient pas « déconcentrer » par une ouverture involontaire.

- Il serait intéressant d'observer si un phénomène d'apprentissage s'effectue sur la stratégie effectuée à l'ouverture involontaire d'un menu, ainsi que si l'incompréhension est aussi forte si le sujet devait sélectionner seulement une des caractéristiques et non les deux.
- Sur l'utilisation du *Dwell-Time* déporté, une stratégie différente de celle imaginée a émergé, consistant à effectuer l'étape de recherche visuelle directement sur les cibles.
- Les 3 personnes ayant utilisé cette stratégie ont effectué plus d'erreurs et moins bien noté la méthode. Pour les personnes ayant utilisé la stratégies classiques, quatre personnes sur sept n'ont pas apprécié la sensation de lenteur, bien que dans les faits ils ont tous été plus rapide avec le *DwellTimeDéporté* que avec le *DwellTime* classique. Ils ont témoigné de l'impression d'une étape supplémentaire non-nécessaire. Ceux qui ont bien noté la méthode ont mis en avant la fiabilité de la

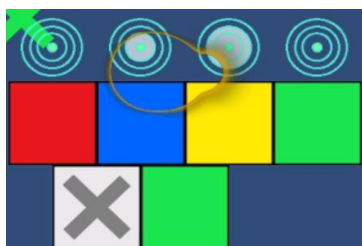


Figure 7: Stratégie de recherche visuelle sur les cibles plutôt que sur les éléments d'interface. Les feedbacks visuels s'activent sur les cibles.

méthode. Le temps d'attente de 400ms n'a pas été mis en cause alors que cela serait un temps très court pour un DwellTime classique. Le chemin expert (regard dirigé directement vers la bonne cible) fait en effet son apparition lors de la tâche chronométrée. Pour conséquence, c'est cette méthode qui dispose de la meilleure amélioration en terme de rapidité entre la phase lente et la phase rapide (930ms en moyenne).

- Les avantages de l'utilisation du bouton, énoncés plus haut, ont été confirmés par l'expérience. Il n'y a en effet pas d'ambiguïté sur l'intention de l'utilisateur, c'est ce qui en fait l'avantage principal énoncé par les utilisateurs adeptes de cette méthode. Cependant, il y a aussi des detracteurs de la méthode.

La première raison est la sensation pour certains d'avoir à effectuer une action supplémentaire non nécessaire, demandant de la concentration. Cela ne les empêche pas d'obtenir de bons résultats, en contrepartie de cet effort ressenti supplémentaire. Pour eux, le fait de pointer du regard devrait suffire.

La seconde raison, non incompatible, est un problème de synchronisation entre la main et l'œil. En effet, si l'utilisateur anticipe le fait que son regard bouge et appuie en avance de phase, la manipulation se solde par une non-activation ou par une activation du mauvais élément. La même chose se passe si l'utilisateur anticipe sa tâche suivante et appuie en retard de phase, l'activation n'a pas lieu. Plus l'utilisateur essaie d'aller vite, plus il est soumis à ce problème de synchronisation, diminuant la compréhension et la confiance envers le système, les utilisateurs ayant une faible confiance en la précision du système de suivi du regard n'anticipent pas. Ce problème doit être corrigé de manière algorithmique. Il est possible d'étendre la fenêtre temporelle autour de l'appui bouton afin de compenser dans une certaine mesure les problèmes de synchronisation.

- Les utilisateurs n'aimant pas les méthodes d'activation au bouton (BB et IB) n'aiment pas la méthode Press and Release. Ceux qui aiment la méthode P&R apprécient de manière générale l'interaction utilisant un bouton comme méthode d'activation. Cependant, ils y trouvent une intuitivité plus importante que la méthode BB. Ceci est dû au fait qu'ils ont l'impression de n'effectuer qu'une validation au lieu de deux pour la méthode BB. Au contraire, ceux qui n'aiment pas la méthode P&R mais aiment la méthode BB ont rencontré plus de difficultés de synchronisation avec cette dernière, peut être dû à un phénomène d'apprentissage les poussant à essayer d'accélérer.

7 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Une première conclusion est qu'il convient de ne pas porter de jugement trop hâtif sur les performances et les préférences des utilisateurs. Comme énoncé par Greenberg [11], «l'évaluation peut tuer le design». Ainsi, les différentes méthodes peuvent

encore être améliorées (type de feedback, cibles du *Dwell-Time* déporté, dé-restriction de la synchronisation main-œil) et être évaluées dans d'autres cas d'utilisation, notamment en faisant varier les paramètres descriptifs du contexte dans lequel la navigation dans le menu est effectuée.

Cependant, on note actuellement une grande disparité dans les préférences des utilisateurs qui n'ont pas pu être expliquées dans cette expérience par leur aisance visuelle, leur âge ou autre critères distinctifs.

Plusieurs résultats ont néanmoins émergé de l'expérience, des validations de résultats obtenus auparavant comme le danger du *Midas Touch*, mais aussi une remise en cause partielle de ce genre de concepts qui ne sont peut-être pas applicables en permanence.

La suite de nos travaux consistera à améliorer le design des différentes méthodes proposées et de les confronter à des contextes de réalisation différents dans le but de faire émerger les bonnes pratiques de la conception d'interface au regard basée sur l'expérience utilisateur et l'optimisation de la tâche effectuée.

REFERENCES

1. Holmqvist, K., et al., *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. 2011: Oxford University Press.
2. Liebling, D.J. and S.T. Dumais. *Gaze and mouse coordination in everyday work*. in *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication*. 2014: ACM.
3. Theeuwes, J., et al., *Our eyes do not always go where we want them to go: Capture of the eyes by new objects*. *Psychological Science*, 1998. **9**(5): p. 379-385.
4. Drewes, H. and A. Schmidt, *Interacting with the computer using gaze gestures*, in *Human-Computer Interaction INTERACT 2007*. 2007, Springer. p. 475-488.
5. Tall, M. *Neovisus: Gaze driven interface components*. in *Proceedings of the 4rd Conference on Communication by Gaze Interaction (COGAIN 2008)*. 2008.
6. Bowman, D., *The science of interaction design*. ACM SIGGRAPH Course Notes, 2000.
7. Dowiasch, S., et al., *Effects of aging on eye movements in the real world*. *Frontiers in human neuroscience*. **9**: p. 46.
8. Powers, K.L., et al., *Effects of video-game play on information processing: A meta-analytic investigation*. *Psychonomic bulletin & review*. **20**(6): p. 1055-1079.
9. Jacob, R.J., *Eye movement-based human-computer interaction techniques: Toward non-command interfaces*. *Advances in human-computer interaction*, 1993. **4**: p. 151-190.
10. Majaranta, P.I., U.-K. Ahola, and O. Åpakov. *Fast gaze typing with an adjustable dwell time*. in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2009: ACM.
11. Greenberg, S. and B. Buxton. *Usability evaluation considered harmful (some of the time)*. in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. 2008: ACM.