

Variations des stratégies d'anticipation visuelle en fonction de la règle dans un jeu vidéo

Loïc Caroux, Ludovic Le Bigot, Nicolas Vibert

► **To cite this version:**

Loïc Caroux, Ludovic Le Bigot, Nicolas Vibert. Variations des stratégies d'anticipation visuelle en fonction de la règle dans un jeu vidéo. Christian Bastien, Julien Cegarra, Aline Chevalier, Jérôme Dinet, Nicolas Gregori, et Vincent Grosjean. EPIQUE 2011 - 6e Colloque de Psychologie Ergonomique, Sep 2011, Metz, France. Presses Universitaires de Nancy, pp.405-418, 2011, Actes du sixième colloque de psychologie ergonomique EPIQUE'2011. <hal-01017681>

HAL Id: hal-01017681

<https://hal.inria.fr/hal-01017681>

Submitted on 2 Jul 2014

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.

Variations des stratégies d'anticipation visuelle en fonction de la règle dans un jeu vidéo

Loïc CAROUX, Ludovic LE BIGOT, Nicolas VIBERT
Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage (CeRCA)
UMR 6234 CNRS – Université de Poitiers – Université de Tours
5 rue Théodore Lefebvre
86000 Poitiers

loic.caroux@univ-poitiers.fr, ludovic.le.bigot@univ-poitiers.fr, nicolas.vibert@univ-poitiers.fr

Symposium

RÉSUMÉ

Dans certains jeux vidéo, le joueur a besoin d'anticiper le mouvement d'objets, d'obstacles ou de cibles pour atteindre son but. Cependant, des recherches ont montré que les stratégies visuelles utilisées dans un environnement visuel dynamique variaient selon le but des individus. Le but de l'expérience exploratoire présentée dans cet article était de comparer les stratégies oculaires de participants jouant dans un même environnement de jeu nécessitant de l'anticipation visuelle selon deux règles du jeu différentes. Les deux règles du jeu vidéo utilisé consistaient soit à « éviter », soit à « toucher » un maximum d'obstacles avec une balle. L'enregistrement des mouvements oculaires montre que l'anticipation est plus importante et le balayage de l'écran de jeu plus large quand les joueurs doivent éviter les obstacles que quand ils doivent les toucher. Les implications de ce résultat sur les stratégies oculaires optimales et la conception de jeux vidéo sont discutées.

MOTS-CLÉS

Scènes visuelles dynamiques, évitement, poursuite oculaire, obstacles, mouvements oculaires.

1 INTRODUCTION

1.1 Ergonomie des jeux vidéo

La complexité grandissante des jeux vidéo (JV) impose aujourd'hui une conception centrée sur le joueur pour optimiser les chances d'un succès commercial (Pagulayan, Keeker, Wixon, Romero, & Fuller, 2008). En général, ce sont des recommandations ergonomiques ou des heuristiques non spécifiques (par ex. Nielsen, 1993) aux JV qui sont actuellement utilisées pour améliorer l'utilisabilité de ces systèmes ou l'expérience utilisateur des joueurs. Cependant, du point de vue de l'activité, les JV nécessitent des règles de conception différentes de celles utilisées pour les outils informatiques classiques comme les pages web ou les logiciels liés à la productivité. Les études spécifiques à l'utilisabilité ou l'expérience utilisateur des JV se sont récemment multipliées (Bernhaupt, 2010; Caroux, Le Bigot, & Vibert, 2010; Isbister & Schaffer, 2008; Zaphiris & Ang, 2007). Ces études s'intéressent généralement aux caractéristiques des JV partagées avec l'ensemble des environnements virtuels (Stanney, Mollaghasemi, Reeves, Breau, & Graeber, 2003) comme l'immersion (Jennett et al., 2008), ou à celles partagées avec l'ensemble des divertissements comme le plaisir de jeu (Fang, Chan, Brzezinski, & Nair, 2010) ou les interactions entre joueurs (Ho & Huang, 2009). Cependant, les études concernant la conception des interfaces visuelles des JV, une de leurs spécificités importantes, sont peu présentes dans la littérature.

1.2 Conception des interfaces visuelles des jeux vidéo

Les interfaces visuelles des JV contiennent généralement une combinaison d'éléments graphiques complexes comme des objets (par ex. avatars, ennemis ou cibles) et des fonds structurés (par ex. décors, paysages) en mouvement. Des informations contextuelles peuvent également être superposées à la scène d'action. Ces informations sont des indicateurs permanents (par ex. score, points de vie, carte du monde virtuel) ou ponctuels (par ex. messages d'alarmes) sur la situation en cours de jeu. Celles-ci sont composées de mots, liste de mots, données chiffrées et/ou symboles. Cet assemblage complexe d'éléments visuels dynamiques et/ou en mouvement implique des règles de perception visuelle différentes de celles observées dans le cadre de la perception de scènes visuelles statiques (Caroux, Vibert, & Le Bigot, 2009; Dyson, 2010).

Certains auteurs ont étudié l'influence d'un élément isolé des interfaces visuelles des JV, comme la couleur du fond d'écran (Wolfson & Case, 2000) ou la position de la caméra dans des JV présentant un monde en 3 dimensions (Yannakakis, Martínez, & Jhala, 2010), sur la performance et l'expérience du joueur. D'autres auteurs ont étudié plus globalement la disposition des différents éléments constitutifs des interfaces visuelles des JV. Par exemple, Sabri, Ball, Fabian, Bhatia et North (2007) ont montré que sur des interfaces de JV en haute résolution (par ex. plusieurs moniteurs), les informations contextuelles importantes (les plus regardées ou utilisées) devaient se trouver proches du curseur contrôlé par le joueur. Ces auteurs ont observé que sur une configuration à plusieurs moniteurs, les joueurs étaient plus performants quand les informations contextuelles étaient affichées sur le moniteur effectivement utilisé. Caroux, Le Bigot et Vibert (2011) ont étudié en enregistrant les mouvements oculaires l'influence de la position à l'écran d'une information contextuelle importante (le score) sur la performance du joueur dans un jeu nécessitant une anticipation visuelle des mouvements d'obstacles. Selon le principe de proximité compatibilité de Wickens et Carswell (1995), le score devrait se trouver le plus proche possible de la zone d'anticipation des obstacles pour faciliter l'intégration de toutes les informations utiles au joueur. Caroux et al. (2011) ont montré que positionner le score à proximité de la zone d'anticipation du mouvement des obstacles facilitait effectivement l'anticipation de ce mouvement, mais que la performance des joueurs était meilleure quand le score était positionné juste à l'extérieur plutôt qu'à l'intérieur de cette zone d'anticipation.

D'autres études récentes ont utilisé le suivi des mouvements oculaires pour comprendre précisément les mécanismes de la perception des scènes visuelles dynamiques présentes dans les JV. Par exemple, certains auteurs ont utilisé les mouvements oculaires comme outil d'évaluation de la sensation d'immersion du joueur dans un JV (Jennett et al., 2008) ou de la qualité générale du JV (Léger, Fouquereau, & Tijus, 2009). D'autres auteurs ont observé et modélisé les mouvements du regard dans les scènes visuelles des JV en fonction des propriétés de la scène visuelle et des intentions du joueur (Bernhard, Stavrakis, & Wimmer, 2010; Jie & Clark, 2008; Peters & Itti, 2008). Les résultats de ces études sont utiles pour concevoir des éléments d'aide ou de challenge dans le but d'améliorer l'expérience du joueur. Par exemple, Peters et Itti (2008) ont montré que la prise en compte des caractéristiques visuelles de la scène visuelle dans un JV présentant un monde en 3 dimensions (saillances de couleurs, différences de contraste, entropie, mouvements des objets) aidait à la prédiction de l'orientation de l'attention, et donc du regard. Cependant, ces observations étaient conditionnées par le type de jeu utilisé. Dans un JV qui nécessite de l'exploration visuelle (par ex. jeu d'aventure), où la vision du joueur est libre, les propriétés de la scène visuelle sont prédominantes. Par contre, dans un JV où la vision est contrainte par le temps (par ex. jeu de course), la prédiction à l'aide des caractéristiques visuelles de la scène est plus difficile. De plus, Bernhard et al. (2010) ont montré que dans un jeu de tir à la première personne (FPS), la prédiction de l'orientation du regard était biaisée à cause de la présence d'un réticule de visée souvent placé au centre de l'écran.

Ces différentes études ont montré qu'il était difficile de généraliser un comportement oculaire quel que soit le type de JV. Comme l'activité de JV est dirigée par un but différent selon le type de jeu, l'attention est orientée selon des contraintes différentes. Les propriétés de la scène visuelle du JV ne sont généralement pas suffisantes pour prédire les mouvements du regard du joueur. C'est pourquoi il est important de prendre en compte les règles du jeu et les instructions données au joueur pour concevoir les différents éléments d'aide ou de challenge des interfaces visuelles d'un JV.

1.3 Anticipation et suivi d'objets visuels en mouvement

Généralement, les JV qui présentent des scènes visuelles en mouvement nécessitent une anticipation visuelle du mouvement d'éléments à éviter (par ex. les JV de course) ou à toucher (par ex. les JV de tir) par un avatar pour réussir une tâche (Caroux et al., 2011). Par exemple, quand des éléments (cibles ou ennemis) d'une scène visuelle en 2 dimensions sont en mouvement du bas de l'écran de jeu vers le haut, le joueur doit porter son attention régulièrement sur l'apparition de ces éléments en bas de l'écran afin de les détecter le plus rapidement possible. De plus, en présence de plusieurs éléments en mouvement à l'écran, il doit être capable de porter son attention sur l'ensemble de ces éléments en parallèle. Le joueur doit donc être capable d'adopter une stratégie visuelle optimale en fonction du but du jeu. Par exemple, Yarbus (1967) a démontré que durant l'exploration d'une scène visuelle statique, les mouvements oculaires dépendaient des instructions qui étaient données et donc des buts des observateurs.

Plusieurs études sur l'anticipation visuelle dans des situations dynamiques existent, notamment dans les domaines de la conduite automobile (Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood, & Crundall, 2003) et du pilotage d'avion (Wickens, Goh, Helleberg, Horrey, & Talleur, 2003). Par exemple, Underwood et al. (2003) ont montré qu'en situation de conduite naturelle, les conducteurs experts et novices avaient des stratégies d'anticipation visuelle différentes. Les conducteurs experts portaient surtout leur attention aux endroits les plus éloignés de la route pour anticiper les sources éventuelles d'accident, alors que les novices regardaient plus souvent les zones de la route proches de leur véhicule, signe que leur conduite n'était pas encore automatisée.

Le suivi multiple d'objets en mouvements à quant à lui été peu étudié dans des conditions naturelles (Cavanagh & Alvarez, 2005; Jans, Peters, & De Weerd, 2010). Des études en laboratoire ont toutefois permis d'observer des stratégies différentes selon la tâche demandée. Par exemple, le comportement de suivi de multiples objets en mouvement se caractérise par des séquences alternées de saccades et de poursuite oculaire lente des objets (Fedh et Seiffert, 2010). Rothkopf, Ballard et Hayhoe (2007) ont montré que dans un même environnement dynamique les individus adoptaient des stratégies de suivi visuel différentes selon la tâche. Par exemple, quand la tâche était de toucher des objets en mouvement, les fixations oculaires étaient localisées majoritairement sur les centres des objets, tandis que quand la tâche était d'éviter ces mêmes objets, les fixations oculaires visaient majoritairement leurs extrémités. La tâche « éviter les objets » induisait un comportement du regard d'évitement des objets, caractérisé plutôt par des séquences de saccades et fixations oculaires de balayage de tout l'environnement, tandis que la tâche « toucher les objets » induisait un comportement de suivi successif des différents objets.

1.4 Présentation de l'étude

Le but de l'étude était d'observer les modifications du comportement oculaire de joueurs en fonction des instructions de jeu (ou règles du jeu) pour un même environnement dynamique de JV. Une expérience exploratoire utilisant un JV simple contenant une scène visuelle dynamique a été réalisée. Le principe du jeu, basé sur celui utilisé par Caroux et al. (2011), était de contrôler une balle dans un environnement visuel dynamique toujours identique, mais selon deux règles différentes. La première règle était d'éviter, avec la balle, un maximum d'obstacles. La deuxième était de toucher, avec la balle, un maximum de ces mêmes obstacles. Comme ces deux instructions impliquent des buts différents pour le joueur, l'hypothèse était que les comportements oculaires des joueurs devaient être différents. Même si les deux instructions nécessitent un comportement d'anticipation (Caroux et al., 2011), l'instruction « éviter » devait amener un comportement de simple évitement des obstacles, et l'instruction « toucher » un comportement de suivi successif des obstacles (Fehd & Seiffert, 2010; Rothkopf et al., 2007).

2 METHODE

2.1 Participants

Trente-six participants droitiers (16 femmes et 20 hommes) ont été recrutés en tant que volontaires non rémunérés. Leur âge moyen était de 23.75 ans (*min.* = 17, *max.* = 47; écart-type *ET* = 5.75). Neuf participants étaient non-joueurs (ne jouaient jamais à des jeux vidéo), huit étaient des joueurs occasionnels (qui jouaient moins de 2 heures par semaine à des jeux vidéo), onze étaient des

joueurs réguliers (entre 2 et 6 heures par semaine), et huit étaient des joueurs très réguliers (plus de 6 heures par semaine).

2.2 Matériel

Un JV similaire à celui utilisé par Caroux et al. (2011), a été créé à l'aide du logiciel « *Game Maker 7.0* ». Sur un écran de jeu de 480x672 pixels ($\approx 161 \times 226$ millimètres sur un écran 17 pouces de résolution 1024x768 pixels), des obstacles (carrés noirs de 32x32 pixels) défilaient de bas en haut sur un fond gris (couleurs achromatiques). Environ 48 obstacles étaient présents en permanence sur l'écran. Ils apparaissaient par lignes horizontales de 2 ou 3 en bas de l'écran, à des positions définies aléatoirement. Une balle de couleur verte était contrôlable uniquement sur l'axe horizontal au milieu de l'écran de jeu. Le score était affiché dans un rectangle bleu dans le coin haut-droit de l'écran (figure 1).

Deux règles du jeu distinctes ont été proposées. La première règle était de faire éviter les obstacles à la balle en la déplaçant vers la gauche ou vers la droite de l'écran. Le score était initialisé à 99 et diminuait de 1 point par obstacle touché. La seconde règle consistait au contraire à toucher le maximum d'obstacles possibles avec la balle. Le score était initialisé à 0 et augmentait d'un point par obstacle touché. Dans chaque cas, l'objectif était d'atteindre le meilleur score possible pour chaque partie. A part la règle présentée au début de l'expérimentation, l'environnement de jeu était exactement similaire dans les deux conditions. La durée d'une partie n'était pas contrôlée par le joueur et était indépendante de la réussite au jeu. Elle était comprise aléatoirement entre 37 et 52 secondes, mais seules 30 secondes de chaque partie ont été utilisées pour l'analyse (de la 6ème à la 35ème seconde). Aucune condition de fin de partie ne distinguait les deux conditions expérimentales puisque le jeu n'était jamais interrompu, même en cas de faible performance.

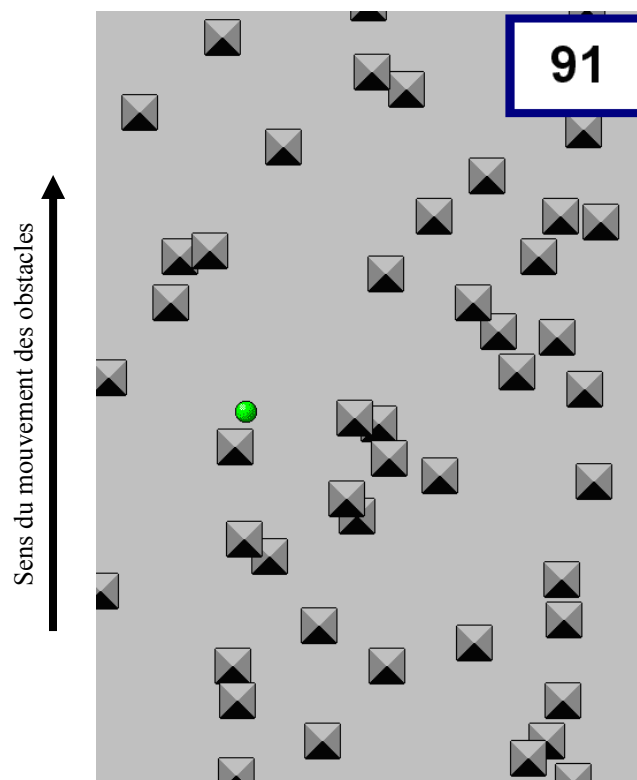


Figure 1. Capture d'écran du jeu utilisé. Le participant devait contrôler la balle verte sur un axe horizontal. Deux règles différentes étaient proposées aux participants. La première était d'éviter les obstacles qui se déplaçaient du bas de l'écran vers le haut avec la balle. La seconde était de toucher le maximum possible d'obstacles avec la balle.

2.3 Appareillage

Les données de mouvements oculaires ont été collectées par un oculomètre Tobii 1750. Il s'agit d'un oculomètre portable qui utilise la technique de vidéo-oculographie binoculaire. Sa précision est de $0,5^\circ$ et sa vitesse d'échantillonnage de 50 Hz. Un écran TFT de 17 pouces, de résolution 1280x1024 pixels est intégré au système. Pour l'expérimentation, la résolution du moniteur a été limitée à 1024x768 pixels. Etant non-invasif, l'oculomètre a permis d'expérimenter en situation naturelle. Le système était relié à un ordinateur qui enregistrerait les données collectées par l'oculomètre et faisait fonctionner le programme informatique du jeu. Le contrôle du jeu et des mouvements de la balle s'effectuait à l'aide d'un pavé numérique.

2.4 Design expérimental et procédure

Les participants passaient l'expérimentation individuellement. La règle du jeu, présentée avant son démarrage, était manipulée entre les participants. Les participants étaient assignés aléatoirement dans l'un des deux groupes, en veillant à l'équilibre en termes d'expérience personnelle des jeux vidéo. Chaque participant jouait 12 parties (soit entre 444 et 624 secondes de jeu effectif pour 360 secondes analysées).

2.5 Variables dépendantes

Le nombre total moyen et la durée moyenne des fixations oculaires ont été calculés pour chaque participant sur l'ensemble des parties. De plus, deux indicateurs proposés par Caroux et al. (2011) ont été calculés à partir de la coordonnée verticale (axe Y) de la position sur l'écran de chaque fixation oculaire : la position verticale moyenne et son écart-type, utilisé comme indicateur d'amplitude de la dispersion. Les fixations oculaires ont été définies selon un seuil temporel et un seuil spatial. Le seuil temporel retenu était de 60 millisecondes minimum et le seuil spatial était de 1° d'angle visuel maximum (diamètre : 30 pixels). En d'autres termes, une fixation était définie dès que le regard restait à moins de 1° d'angle d'un point initial pendant au moins 60 ms. Ces valeurs ont été choisies dans le but de les distinguer au maximum des saccades, ainsi que pour pallier au moins partiellement une importante variabilité interindividuelle généralement constatée dans la littérature (Rayner, 1998).

Tableau 1. Position verticale moyenne du regard et dispersion des points de fixation des participants sur l'ensemble des parties pour les deux conditions « Eviter » et « Toucher ».

Variable	coordonnée Y	
	Eviter	Toucher
Position moyenne		
<i>Moyenne</i>	470.8	447.0
<i>Ecart-type</i>	26.3	22.4
Dispersion		
<i>Moyenne</i>	82.8	56.8
<i>Ecart-type</i>	22.1	38.2

Note. Les données sont exprimées en pixels. L'écran de jeu avait pour dimensions 480x672 pixels. La coordonnée Y=0 correspond à l'extrémité haute de l'écran de jeu et Y= 672 à l'extrémité basse. Sur l'écran 17 pouces utilisé, de résolution 1024x768 pixels, 1 millimètre équivaut à 2.98 pixels.

3 RESULTATS

Des tests t de Student ont été utilisés pour comparer les comportements oculaires des deux groupes de participants (éviter/toucher). Les données sont présentées dans le tableau 1 (position verticale moyenne et dispersion des fixations), pour l'ensemble des 12 parties (6 minutes). La figure 2 représente sous forme de cartes de chaleurs la répartition des fixations sur l'écran de jeu.

Le nombre de fixations oculaires, $t(34) = -0.93$, ns, et leur durée moyenne, $t(34) = -0.20$, ns, n'étaient pas significativement différents entre les deux groupes. Par contre, la position verticale moyenne des fixations oculaires était significativement plus basse dans la condition « éviter » que dans la condition « toucher », $t(34) = 2.93$, $p < .01$, $d = 1.00$. L'amplitude de la dispersion de la position verticale moyenne des fixations oculaires était significativement plus grande dans la condition « éviter » que dans la condition « toucher », $t(34) = 2.49$, $p < .05$, $d = 0.86$. En d'autres termes, la position des fixations dans la condition « éviter » était plus basse et leur dispersion plus grande que dans la condition « toucher ».

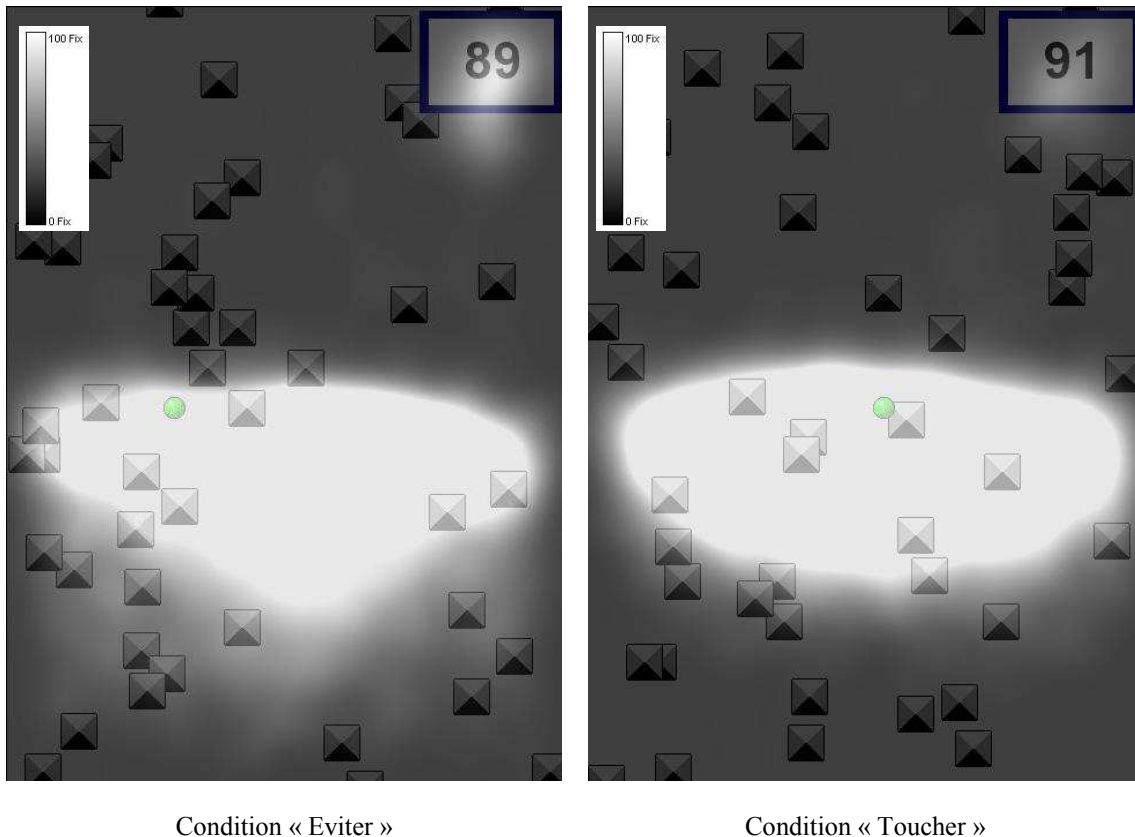


Figure 2. Cartes de chaleur représentant le nombre total de fixations oculaires (sur 6 minutes d'enregistrement) pour l'ensemble des participants de chaque groupe (soit 18 par groupe). L'échelle de couleurs située dans le coin haut-gauche de chaque carte de chaleur correspond au nombre de fixations à un endroit précis de l'écran. La couleur blanche correspond à un nombre de total de 100 fixations ou plus, la couleur noire à une absence de fixation.

4 DISCUSSION

L'hypothèse a été confirmée. Même si le nombre de fixations moyen et leur durée moyenne n'étaient pas significativement différents selon la tâche, les deux types d'instructions ont induit chez les participants des comportements oculaires différents. Les participants anticipaient plus le mouvement des obstacles et balayaient plus l'écran de jeu lorsqu'ils devaient éviter les obstacles que lorsqu'ils devaient les toucher. Pour la tâche « éviter », les joueurs étaient capables grâce à un balayage visuel rapide et ample de traiter l'information sur une large portion de l'écran, y compris vers le bas. Pour la tâche « toucher » en revanche, la nécessité d'estimer précisément la vitesse de la balle et des obstacles les plus proches contraignait probablement les joueurs à suivre les obstacles plus longuement. Cette stratégie devait réduire leurs capacités d'anticipation à cause du temps passé à suivre des yeux les obstacles arrivant au niveau de la balle. L'ensemble de ces résultats sont bien cohérents avec ceux de la littérature (Fehd & Seiffert, 2010; Rothkopf et al., 2007).

La principale limite de cette étude est liée à l'outil utilisé pour analyser les mouvements oculaires des participants (ClearView 2.7.0 de Tobii). Il était en effet impossible d'obtenir des données précises concernant les fixations oculaires sur les obstacles en mouvement. La possibilité d'analyser les mouvements oculaires à l'aide d'AOIs (aires d'intérêt) pour chaque objet en mouvement aurait permis d'obtenir des données supplémentaires sur la manière dont chacun d'entre eux était fixé en fonction de sa position à l'écran. Par exemple, connaître les moments et les durées des fixations d'un obstacle en fonction de son éloignement de la balle pourrait apporter des informations nouvelles sur la stratégie visuelle du joueur selon la règle du jeu. Deux hypothèses pourraient alors être formulées en fonction de la littérature et des résultats observés. Puisque avec l'instruction « toucher », les participants étaient amenés à adopter un comportement de suivi successif des obstacles (Fehd & Seiffert, 2010; Rothkopf et al., 2007), la première hypothèse serait que les obstacles sont plus et plus longtemps fixés dans la condition « toucher » que dans la condition « éviter ». De plus, puisque les participants étaient capables de traiter l'information dans une zone plus vaste avec la tâche « éviter » qu'avec la tâche « toucher », la seconde hypothèse serait que la zone de l'écran où les obstacles sont les plus longuement fixés est située plus bas dans la condition « éviter » que dans la condition « toucher ». De nouvelles études, accompagnées d'analyses plus pointues, doivent être menées pour observer plus précisément ces stratégies visuelles.

De plus, ces nouvelles études permettraient de déduire des différentes stratégies visuelles observées des préconisations pour la conception centrée-utilisateur des JV. Par exemple, il est important de savoir que la distance optimale d'anticipation peut être différente selon la règle du jeu si l'on souhaite mettre en place des aides à l'anticipation optimale pour améliorer la performance des joueurs, par exemple en modifiant la position d'une information contextuelle importante (comme le score). De la même manière, des éléments de challenge pourraient être intégrés à l'interface visuelle pour rendre volontairement plus difficile la tâche du joueur, par exemple en cachant temporairement la zone optimale d'anticipation. Dans les deux cas, la connaissance précise des mécanismes d'attention visuelle en fonction de la règle du jeu créerait des outils utiles pour une meilleure prise en compte des capacités du joueur et de son expérience du jeu lors de la conception des JV (Jie & Clark, 2008).

5 REMERCIEMENTS

Loïc Caroux est financé par une allocation de recherche doctorale de la Direction Générale de l'Armement (DGA), et suivi dans ce cadre par Didier Bazalgette.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Bernhard, M., Stavrakis, E., & Wimmer, M. (2010). An empirical pipeline to derive gaze prediction heuristics for 3D action games. *ACM Transactions on Applied Perception*, 8(1), article 4, 1-30.
- Bernhaupt, R. (Ed.). (2010). *Evaluating user experience in games: Concepts and methods*. London: Springer.
- Caroux, L., Le Bigot, L., & Vibert, N. (2010). Vers une utilisabilité spécifique des jeux vidéo ? In *Annexes des actes d'IHM'10, 22^e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine* (pp. 5-8). Luxembourg: IHM'10.
- Caroux, L., Le Bigot, L., & Vibert, N. (2011). Maximizing players' anticipation by applying the proximity-compatibility principle to the design of video games. *Human Factors*, 53, 103-117.
- Caroux, L., Vibert, N., & Le Bigot, L. (2009). Détecter l'apparition d'objets sur un fond visuel en mouvement. In B. Cahour, F. Anceaux & A. Giboin (Eds.), *Actes du 5^{ème} colloque de psychologie ergonomique EPIQUE'2009* (pp. 293-298). Paris: Télécom ParisTech.
- Cavanagh, P., & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 349-354.
- Dyson, B. J. (2010). "She's a waterfall": Motion aftereffect and perceptual design in video games involving virtual musicianship. *Perception*, 39, 131-132.
- Fang, X., Chan, S., Brzezinski, J., & Nair, C. (2010). Development of an Instrument to Measure Enjoyment of Computer Game Play. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 26, 868 - 886.
- Fehd, H. M., & Seiffert, A. E. (2010). Looking at the center of the targets helps multiple object tracking. *Journal of Vision*, 10(4), article 19, 1-13.

- Ho, S. H., & Huang, C. H. (2009). Exploring success factors of video game communities in hierarchical linear modeling: The perspectives of members and leaders. *Computers in Human Behavior*, 25, 761-769.
- Isbister, K., & Schaffer, N. (Eds.). (2008). *Game usability: Advice from the experts for advancing the player experience*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Jans, B., Peters, J. C., & De Weerd, P. (2010). Visual spatial attention to multiple locations at once: The jury is still out. *Psychological Review*, 117, 637-682.
- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., et al. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66, 641-661.
- Jie, L., & Clark, J. J. (2008). Video game design using an eye-movement-dependent model of visual attention. *ACM Transactions on Multimedia Computing Communications and Applications*, 4(3), article 22, 1-16.
- Léger, L., Fouquereau, N., & Tijus, C. (2009). GAME_MOC: Méthode pour évaluer les jeux vidéo avec les mouvements oculaires. In B. Cahour, F. Anceaux & A. Giboin (Eds.), *Actes du 5^{ème} colloque de psychologie ergonomique EPIQUE'2009* (pp. 16-23). Paris: Télécom ParisTech.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Boston: Academic press.
- Pagulayan, R. J., Keeker, K., Wixon, D., Romero, R. L., & Fuller, T. (2008). User-centered design in games. In A. Sears & J. A. Jacko (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (pp. 741-759). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Peters, R. J., & Itti, L. (2008). Applying Computational Tools to Predict Gaze Direction in Interactive Visual Environments. *ACM Transactions on Applied Perception*, 5(2), article 9, 1-19.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372-422.
- Rothkopf, C. A., Ballard, D. H., & Hayhoe, M. M. (2007). Task and context determine where you look. *Journal of Vision*, 7(14), article 16, 1-20.
- Sabri, A. J., Ball, R. G., Fabian, A., Bhatia, S., & North, C. (2007). High-resolution gaming: Interfaces, notifications, and the user experience. *Interacting with Computers*, 19, 151-166.
- Stanney, K. M., Mollaghasemi, M., Reeves, L., Breaux, R., & Graeber, D. A. (2003). Usability engineering of virtual environments (VEs): identifying multiple criteria that drive effective VE system design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 447-481.
- Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J., & Crundall, D. (2003). Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46, 629-646.
- Wickens, C. D., & Carswell, C. M. (1995). The proximity compatibility principle: Its psychological foundation and relevance to display design. *Human Factors*, 37, 473-494.
- Wickens, C. D., Goh, J., Helleberg, J., Horrey, W. J., & Talleur, D. A. (2003). Attentional models of multitask pilot performance using advanced display technology. *Human Factors*, 45, 360-380.
- Wolfson, S., & Case, G. (2000). The effects of sound and colour on responses to a computer game. *Interacting with Computers*, 13, 183-192.
- Yannakakis, G., Martínez, H., & Jhala, A. (2010). Towards affective camera control in games. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 20, 313-340.
- Yarbus, A. L. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum Press.
- Zaphiris, P., & Ang, C. S. (2007). HCI issues in computer games. *Interacting with Computers*, 19, 135-139.