

---

# *Effet des habiletés de raisonnement spatial dynamique et de l'utilisation de jeux vidéo sur l'apprentissage d'animations complexes.*

**Laurie Porte,**

Université de Bourgogne Franche Comté, LEAD-CNRS UMR 5022 21000 Dijon-Cedex  
Laurie.Porte@u-bourgogne.fr

**Jean-Michel Boucheix**

Université de Bourgogne Franche Comté, LEAD-CNRS UMR 5022, 21000 Dijon-Cedex  
Jean-Michel.Boucheix@u-bourgogne.fr

**Richard. K. Lowe**

Curtin University, Perth, WA, Australia

**Mireille Bétrancourt**

TECFA, Université de Genève, Suisse

**Patrick Bard**

Université de Bourgogne Franche Comté, LEAD-CNRS UMR 5022  
Ptarick.Bard@u-bourgogne.fr

**Catégorie de soumission :** communication longue

Thème: Aspects psycho-ergonomiques des TIC ou Formation, compétences et savoirs

---

## **RÉSUMÉ**

Ce chapitre présente une partie d'un projet visant à créer une série de tâches permettant d'évaluer les Habiletés (ou aptitudes) de Raisonnement Spatial Dynamique (HSD) et à tester leur effet éventuel sur la compréhension et l'apprentissage à partir de visualisations dynamiques telles que les documents multimédias animés par exemple. Quatre types de tâches ont été conçus: deux tâches de course et deux tâches d'interception. Deux études expérimentales exploratoires sont rapportées ici. La première teste, auprès de 41 participants, les quatre tâches dynamiques HSD ainsi qu'une tâche classique d'aptitude spatiale statique (DAT) et leur effet éventuel sur une épreuve de compréhension d'une animation technique complexe. La deuxième étude compare les scores aux quatre tâches HSD de 21 joueurs de jeux vidéo et de 15 non-joueurs. Les résultats des deux études sont très prometteurs et appellent une confirmation avec des échantillons plus grands. De plus, Habiletés Spatiales Dynamiques et Habiletés Spatiales Statiques semblent être (en partie) distinctes.

## **MOTS-CLÉS**

Habiletés Spatiales Dynamiques, Multimédia E- Learning, Animation, Apprentissages, Jeux vidéo

---

## **1 INTRODUCTION**

L'adaptation des documents électroniques multimédia aux utilisateurs apprenants nécessite de prendre en considération l'effet des différences interindividuelles telles que les connaissances préalables, les capacités de mémoire de travail et les habiletés (souvent appelées aptitudes) spatiales, entre autres (Wiley, Sanchez & Jaeger, 2014). Plusieurs travaux ont montré le niveau d'habiletés (ou aptitudes) spatiales a un effet significatif sur la compréhension et l'apprentissage des documents

multimédias contenant du texte accompagné d'illustrations (Höffler et Leutner, 2010; Hegarty, 2014; Berney et Bétrancourt, 2016). Généralement, dans ces recherches, les tâches utilisées pour évaluer les habiletés spatiales sont des épreuves, des tests psychométriques de type habiletés de rotation mentale, orientation dans l'espace (voir par exemple le DAT, le test de Vandenberg basé sur les célèbres figures de Metzler). Cependant, ces épreuves conventionnelles s'appuient sur le traitement cognitif de figures statiques. Or, la plupart des documents multimédias actuels présentent des informations dynamiques de type animations, images en réalité virtuelle, qui impliquent le traitement cognitif de changements temporels. L'objectif de cette communication est de présenter brièvement la conception de 4 tâches (parmi 5) permettant d'évaluer les Habiletés de raisonnement Spatial Dynamique (HSD- voir, Porte, Boucheix, Bétrancourt, Lowe, Ceddia et Bard, 2016), puis de rapporter les résultats principaux de deux expériences exploratoires récentes. La première avait pour objectif d'examiner les performances aux 4 tâches HSD et d'explorer l'effet de ces performances dans les tâches HSD sur la compréhension d'une animation technique ; ici nous proposons un mécanisme de piano droit animé. La deuxième expérimentation avait pour but de comparer les performances aux tâches HSD de deux groupes distincts de non-joueurs et de joueurs de jeux vidéo. Ces derniers sont fréquemment confrontés à la gestion d'informations rapides et il a été montré que le jeu vidéo pouvait avoir un effet positif sur certaines caractéristiques de l'attention (Bavelier et al., 2013, 2016).

Bien que les habiletés spatiales dynamiques demeurent largement négligées dans la littérature, une exception notable est la recherche pionnière de Sanchez et Wiley (2014). Ces auteurs ont utilisé une seule tâche d'interception dynamique basée sur une série de tâches spatiales antérieurement conçues par Hunt, Pellegrino, Frick, Farr, & Alderton, 1988. Dans cette tâche d'interception, les participants devaient décider quand lancer un "missile" afin d'atteindre une cible en mouvement (voir Fig. 1). Les auteurs ont constaté une relation significative entre le score dans cette tâche d'interception et les résultats d'un test de compréhension d'un texte géo scientifique, mais il n'y avait pas de relation avec la compréhension quand le texte était accompagné d'une animation. Les animations éducatives sont utilisées pour présenter une grande variété d'informations dynamiques complexes et subtiles, incluant des transitions, des translations à savoir, le déplacement d'objets d'un endroit à un autre et des transformations d'objets multiples représentés simultanément (Lowe, 2004). En nous appuyant sur le principe des anciennes tâches validées de Hunt & al. (1988), nous avons construit 5 tâches nouvelles. Bien que les stimuli utilisés dans nos tâches soient semblables aux formes simples employées dans les tâches originales conçues par Hunt et al. (1988), les comportements de ces objets reflètent un répertoire plus riche de mouvements dynamiques que l'on retrouve dans les animations éducatives actuelles.

## **2 EXPERIENCE 1**

### **2.1 Méthode**

#### *2.1.1 Participants*

41 étudiants (13 Hommes et 28 Femmes,  $M = 20,3$  ans) ont participé à l'expérience. Tous les participants ont réalisé les quatre tâches HSD (ordre de présentation des items aléatoire) mais selon un ordre différent, sachant que les tâches TIR et IMPACT n'étaient jamais passées l'une après l'autre. Ils ont également passé une tâche de compréhension d'animation technique suivie de posttests. Ils ont enfin passé une épreuve d'habileté spatiale statique. La fréquence d'utilisation de jeux vidéo était contrôlée.

#### *2.1.2 Matériel*

Quatre tâches impliquant des mouvements de transition et de translation ont été conçues et testées : deux tâches de course et deux tâches d'interception. La tâche de course impliquait un jugement de vitesse dans lequel deux objets (deux disques pleins) se déplaçaient sur l'écran mais où la dernière partie de leur trajectoire était cachée. Plus précisément : les stimuli parcouraient les quatre cinquièmes de l'écran puis disparaissaient. Les participants devaient indiquer le plus rapidement

possible lequel des deux objets était le plus rapide en le pointant avec un stylet sur l'écran. Dans la tâche de course parallèle (288 items, basée sur Hunt et al. 1988), les deux objets se déplaçaient toujours en parallèle et prenaient leur départ sur chaque bord de l'écran par blocs successifs. Pour un bloc d'item, les stimuli prenaient leur départ sur le bord droit de l'écran, pour un autre sur le bord gauche puis en haut et pour finir en bas de l'écran. La vitesse absolue des items allait de 100px/s à 650px/s. Les vitesses relatives pouvaient être de 0.5, 1, 2 ou 3px/s. Ici, les items étaient présentés aléatoirement quant aux vitesses, alors que les trajectoires étaient présentées par blocs.

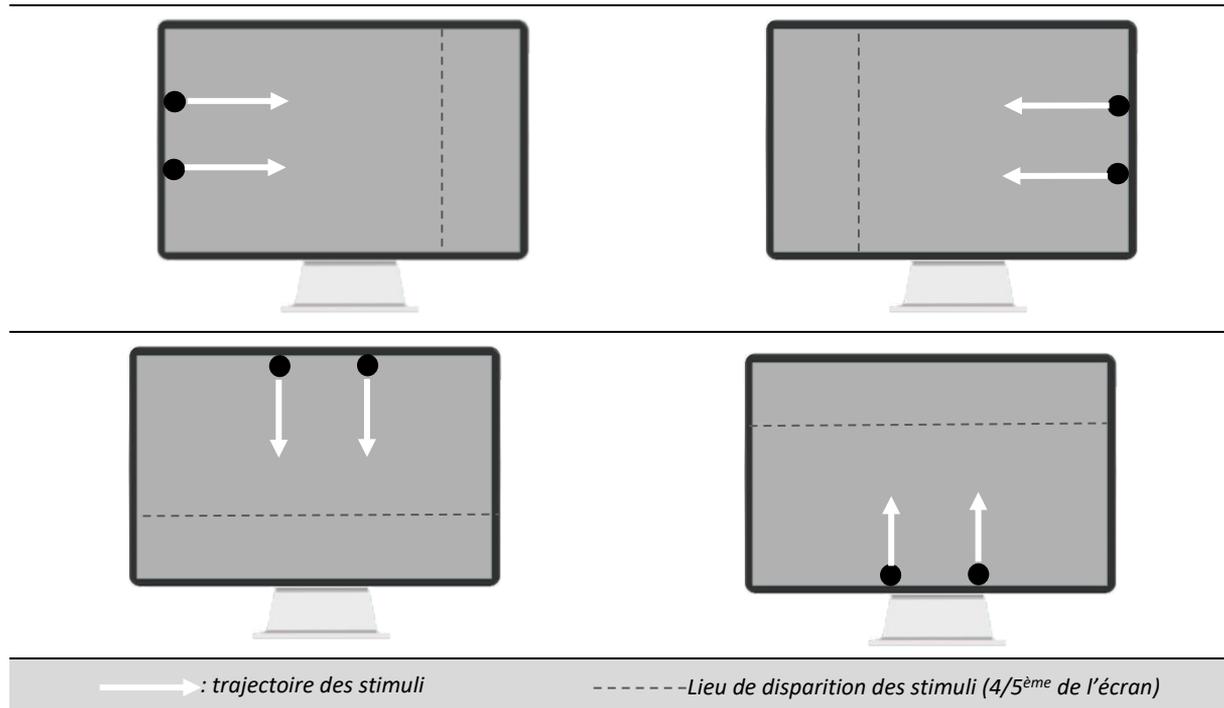


Fig.1. Tâche de course parallèle.

Dans la tâche de course angulaire (64 items non basés sur des travaux antérieurs), les deux objets prenaient leur départ du centre de l'écran et poursuivaient une direction différente (de 90° ou 180°). Deux facteurs de vitesse ont de nouveau été manipulés : la vitesse absolue était de 125 px/s, et la vitesse relative variait de 1 à 7px/s. Ici aussi, les stimuli disparaissaient avant d'atteindre le bord de l'écran. Ici les items sont présentés de manière aléatoire.

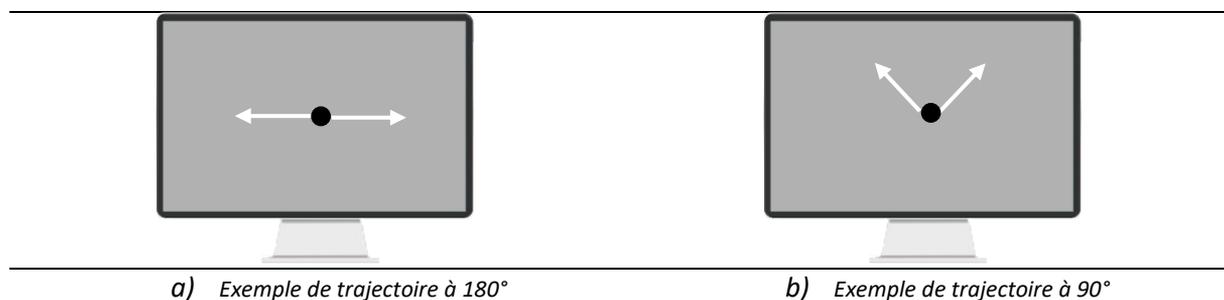


Fig.2. Tâche de course angulaire

La tâche d'interception consistait à faire une prédiction de collision des objets. Un stimulus appelé « missile » était ici un disque plein noir. Il était lancé selon une trajectoire verticale (sur le côté droit de l'écran, cf. fig.3,a,b.) avec une vitesse constante de 360px/sc. La cible (sur le côté gauche) se déplaçait selon une trajectoire horizontale avec une vitesse de 360, 206 ou 154 px/s.

Dans la version autocontrôle de cette tâche (60 items) correspondant à une tâche de "tir" ; les participants contrôlaient eux même le lancement du « missile » - Fig.3,b - en décidant quand le lancer afin de toucher la cible c'est-à-dire l'objet en mouvement (ici un disque plein blanc).

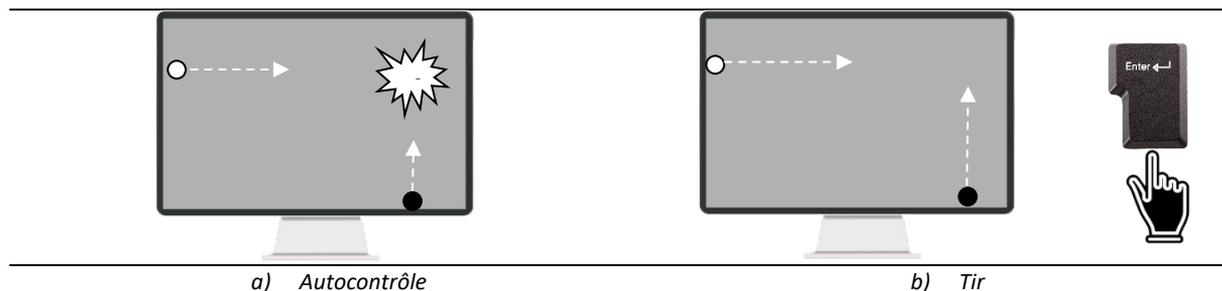


Fig.3. Tâches d'interception

Dans la version "anticipation" de cette tâche, -Fig. 3,a - les participants devaient décider si un missile lancé automatiquement à vitesse constante atteindrait ou non une cible en mouvement sachant que les deux stimuli disparaissaient avant d'entrer ou non en collision. Une fois les stimuli disparus, les participants disposaient d'1.5s pour répondre en cliquant sur des boutons Oui/Non situés en bas de l'écran.

Dans les deux versions, les stimuli disparaissaient avant d'atteindre la limite de l'écran ou avant l'impact. Le test d'habileté spatiale statique était le DAT-5 (rotation mentale). L'épreuve de compréhension comprenait l'apprentissage d'une animation d'un piano présentée à l'écran (Fig. 2) et deux tâches de post-test de compréhension. Le premier évaluait le rappel de chaque mouvement des pièces du piano. Une pièce était indiquée au sujet par une croix et il devait replacer cette croix de manière à indiquer où se situerait la partie indiquée lors d'une phase précise du mouvement. Le second évaluait le rappel du fonctionnement complet du mécanisme. Ici, les participants devaient expliquer comment fonctionnait le mécanisme par écrit.

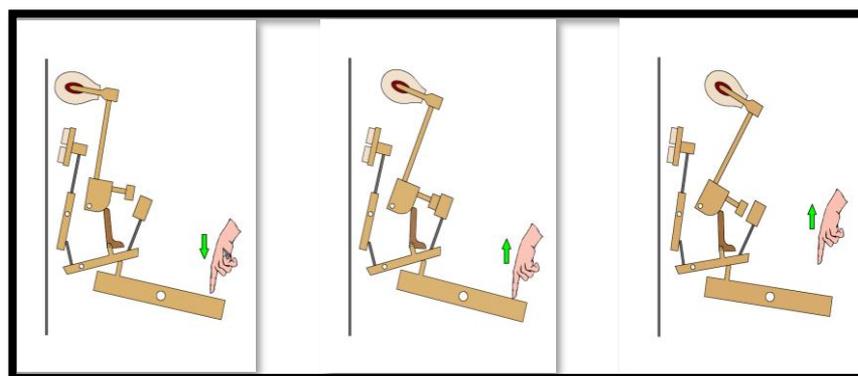


Fig.4. Mécanisme de piano droit

### 2.1.3 Procédure et mesures

Après avoir recueilli les données démographiques et évalué les connaissances préalables, les participants réalisaient dans l'ordre (i) la tâche d'apprentissage-compréhension de l'animation puis les post-tests (ii) les 4 tâches HSD, (iii) le DAT. Pour les tâches HSD, les participants répondaient en touchant avec un stylet l'objet choisi sur un écran tactile de 21 pouces. Les réponses correctes et incorrectes ainsi que les temps de réponse étaient automatiquement enregistrées.

## 2.2 Résultats

Les performances à chaque tâche HSD sont présentées tableau 1, les corrélations entre ces tâches et le DAT sont présentées tableau 2.

Tableau 1. Pourcentage moyen de réponse correcte à chaque tâche HSD et DAT

Tâches HSD	Cp	Ca	la	lc	DAT
Moy. % (SD)	64.19 (6.32)	61.13 (5.01)	54.13 (10.61)	65.78 (12.46)	64.96 (5.3)

Tableau 2. Corrélation (r de Bravais- Pearson) entre le tâches et le DAT

Tâches HSD	Cp	Ca	la	lc
DAT (r)	.11 ( $p = .46$ )	.26 ( $p = .10$ )	.10 ( $p = .52$ )	.29 ( $p = .07$ )

Le tableau 2 montre des corrélations majoritairement non significatives entre les tâches dynamiques et le DAT, suggérant qu'il s'agit de compétences distinctes. Nous avons par ailleurs trouvé une corrélation significative (tendancielle) entre les scores de compréhension de l'animation et les tâches dynamiques d'interception ( $r(41) = .302$ ,  $p = .055$ ), mais aussi entre les scores de compréhension de l'animation et le DAT ( $r(41) = .305$ ,  $p = .052$ ). Cela suggère que deux composantes pourraient être impliquées dans le traitement de visualisations dynamiques: une composante mouvement et une composante relations spatiales. Ces résultats diffèrent de ceux de Sanchez, Wiley & Jaeger (2014) qui n'avaient pas trouvé de relation entre la tâche de traitement dynamique et la compréhension de documents animés.

## 3 EXPERIENCE 2

### 3.1 Participants

36 participants, dont 21 joueurs de jeux vidéo (9H, 13F) et 15 non-joueurs (3H, 12F) ont été confrontés aux 4 tâches HSD. Les sujets étant considérés comme joueurs à partir du moment où ils jouaient régulièrement au moins une fois par semaine (7 jouaient entre 1 et 5 heures par semaine, 5 de 5 à 10 heures, et 9 plus de 10 heures, 33% et 43% du temps de jeu concernaient essentiellement les jeux de FPS/action- *First Person Shooter*- et les jeux RPG/ *Role Playing Game* ).

### 3.2 Méthode, Matériel et procédure

Les 4 tâches HSD étaient utilisées (Fig. 1,2 & 3) ainsi que le test DAT. Il est à noter que les tâches HSD ont été modifiées ; nous avons retiré les items non pertinents de manière à raccourcir le temps de passation. Ainsi pour les tâches de course, nous n'avons conservé qu'un type de trajectoire parmi ceux proposés lorsque les performances n'étaient pas impactées par cette caractéristique. Nous avons également enlevé les vitesses pour lesquelles les sujets semblaient répondre au hasard. Nous avons donc conservé 72 items pour la tâche de course parallèle et 48 items pour la course à angles différents. Les tâches interceptions sont quant à elles inchangées entre l'expérience 1 et 2. Aussi, dans cette expérience, les participants répondaient à l'aide d'une souris et non plus à l'aide d'un stylet sur un écran tactile.

Après un questionnaire sur les habitudes de jeux, les participants réalisaient les 4 tâches selon un ordre donné. Quatre types de passation étaient déterminés de manière à ce qu'il n'y ait pas d'effet d'ordre. Les deux tâches d'interception n'étaient jamais présentées l'une après l'autre ; de même pour les tâches de course.

#### 4 RESULTATS

Les résultats sont présentés Fig. 3. Après avoir vérifié que les distributions de scores à chaque tâche HSD ne s'écartaient pas de la loi normale, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées.

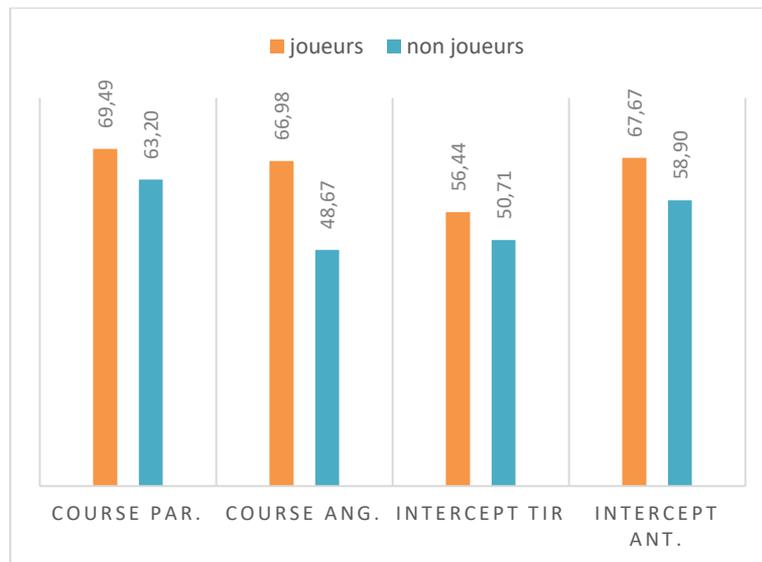


Fig.3a - Score moyen (%) de réponses correctes par tâche pour chaque groupe.

Les joueurs ont obtenu des scores significativement supérieurs aux non-joueurs à toutes les tâches ( $F(1,34) = 8.60, p = .006, \eta^2 = .20$ ). Certaines tâches étaient plus difficiles que les autres ( $F(3, 102) = 12.80, p < .0001, \eta^2 = .27$ ). Les joueurs obtenaient aussi de meilleures performances que les non-joueurs au DAT (respectivement  $M = 20.09$  et  $M = 14.60, F(1, 34) = 6.61, p = .014, \eta^2 = .16$ ).

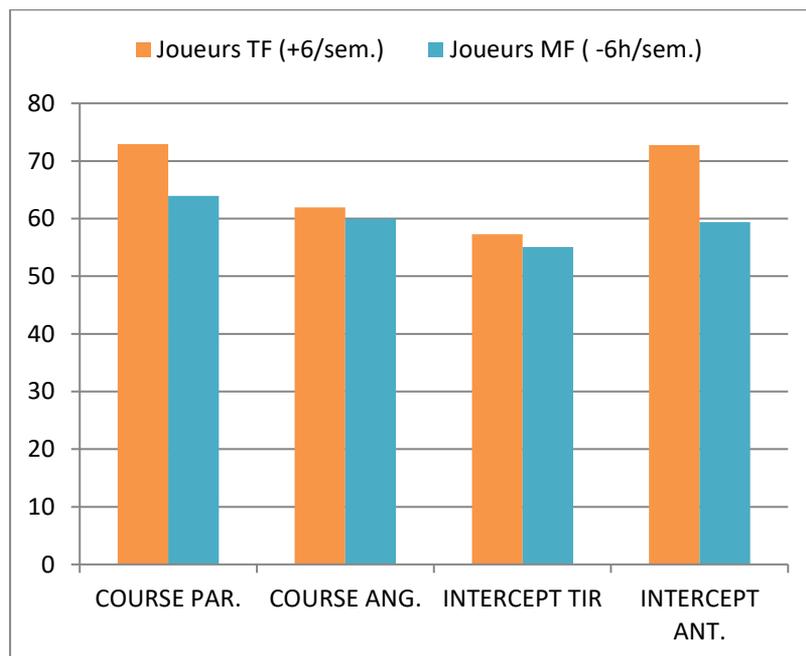


Fig. 3b - Relation scores moyen (%) et h. de jeu/semaine pour deux sous-groupes

Ensuite, nous avons considéré séparément les performances du groupe de joueurs seulement. Nous avons distingué deux sous-groupes: les joueurs très fréquents (TF, plus de 6h de jeux par semaine, soit plus d'une heure par jour, N = 13), et les joueurs moins fréquents (MF, de 1h à moins de 6h par semaine, N = 8). Les données de la Fig. 3 b regroupent les scores à chaque tâche de ces deux sous-groupes de joueurs pour chaque type de tâche. Une ANOVA à mesures répétées a montré que les groupes des joueurs très fréquents (TF) obtenaient des performances significativement plus élevées que les joueurs moins fréquents (MF),  $F(1,19) = 9.60, p = .006, \eta p^2 = .33$ . Compte tenu des très faibles effectifs dans les deux groupes de joueurs, nous avons réalisé des analyses complémentaires non-paramétriques (test U de Mann-Whitney pour groupes indépendants) pour chaque tâche: pour la tâche IMPACT ANT.,  $U = 15, z(\text{ajusté}) = 2.66, p(\text{exact}) = .006$ ; pour la tâche TIR,  $U = 49, z(\text{ajusté}) = .18, p(\text{exact}) = .85$ ; pour la tâche COURSE PAR.,  $U = 21, z(\text{ajusté}) = 2.21, p(\text{exact}) = .025$ ; et pour la tâche COURSE ANG.,  $U = 44, z(\text{ajusté}) = 0.51, p(\text{exact}) = .59$ . Ces résultats semblent indiquer l'existence d'une sensibilité significative des tâches HSD à l'expertise, en particulier pour les tâches IMPACT ANT. et COURSE PAR.

## 5 CONCLUSION ET TRAVAUX FUTURS

Les résultats que nous avons obtenus à ces deux études exploratoires semblent prometteurs puisqu'ils montrent que les tâches HSD semblent constituer une aptitude distincte des aptitudes spatiales mesurées dans les tests statiques conventionnels. Ils doivent cependant être confirmés en utilisant des échantillons de participants plus grands. Les tâches HSD que nous proposons isolent des paramètres que nous pouvons retrouver dans des animations bien plus abouties. La discrimination de vitesse, le rôle de la trajectoire, l'anticipation sont des paramètres importants que nous retrouvons dans les animations mais ce ne sont pas les seuls. Notre but étant d'isoler ces différents paramètres, nous avons également créé une nouvelle tâche centrée sur le traitement cognitif et la mémorisation des transformations d'objets au cours du temps. Aussi, une version en réalité virtuelle 3D est en cours d'élaboration afin de voir si le degré d'immersion joue un rôle dans la perception des animations. A terme, notre objectif est de concevoir une série de tâches visant à évaluer les habiletés visuo-spatiales dynamiques. Enfin, ces tâches HSD pourraient être testées dans le cadre d'activités quotidiennes et/ou professionnelles à risque. Par exemple, dans le cas de la conduite automobile où nous faisons appel à l'anticipation, à la mémorisation des trajectoires, à l'évaluation des vitesses.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

- Bavelier, D., & Davidson, R. J. (2013). Brain training: Games to do you good. *Nature*, 494(7438), 425-426.
- Bediou, B., Adams, D. M., Mayer, R. E., Tipton, E., Green, C. S., & Bavelier, D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*, 144(1), 77-110.
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150-167.
- Green, C. S., Gorman, T., & Bavelier, D. (2016). Action Video-Game Training and Its Effects on Perception and Attentional Control. Dans Strobach, Tilo & Karbach, Julia (Ed.) *Cognitive training: an overview of features and applications* (p. 107-116). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17, 722-738. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>.
- Hunt, E., Pellegrino, J. W., Frick, R. W., Farr, S. A., & Alderton, D. L. (1988). The ability to reason about movement in the visual field. *Intelligence*, 12, 77-100.
- Porte, L., Boucheix, J.M., Bétrancourt, M., Lowe, R.K., Ceddia, M., & Bard, P. (2016). Dynamic spatial abilities and learning from animation. In Désiron, J., Berney, S., Bétrancourt, M., & Tabbers,

H. (Eds.), *EARLI SIG 2 Conference: Comprehension of Text and Graphics, Learning from Text and Graphics in a World of Diversity* (pp. 145-148). Geneva, July 11-13: University of Geneva.

Sanchez, C.A., & Wiley, J. (2014). The role of dynamic spatial abilities in geosciences text comprehension. *Learning and Instruction*, 31, 33-45.