

Évitement signalé et inhibition de délai chez les enfants

(Conditioned avoidance and inhibition of delay in children)

Mikaël Molet^{(1)*}; Claire Leconte*; Manuel De la Torre Cruz et Juan M. Rosas****

(*)Université de Lille 3 et (**)Université de Jaén

Parmi les tâches de perception du temps, celles qui sont les plus utilisées chez l'animal sont la tâche de bissection temporelle (Church et Deluty, 1977) et la tâche de généralisation temporelle (Church et Gibbon, 1982). Parallèlement, ces tâches sont aussi celles qui sont les plus populaires depuis une dizaine d'années pour étudier le jugement des durées chez les adultes humains et chez les jeunes enfants âgés de 3 à 8 ans (Wearden, 1991, 1992 ; Droit-Volet, Clément et Wearden, 2001 ; Droit-Volet et Wearden, 2001).

Dans la tâche de bissection temporelle, le sujet apprend à associer deux durées standard, l'une courte (ex. 2 sec) et l'autre longue (ex. 8 sec), avec deux boutons de réponse (ex. rouge et vert) ; durant cette première phase, un renforçateur signale la bonne association entre une durée et une réponse (ex. 2 sec-rouge et 8 sec-vert). Une fois l'apprentissage réalisé, des durées intermédiaires (ex. 3, 5 et 7 sec) sont ajoutées à la présentation des durées standard (ex. 2 et 8 sec) ; pendant cette seconde phase, les sujets continuent à choisir l'un des deux boutons, mais cette fois pour des durées standard et intermédiaires, et ceci sans qu'aucun renforçateur ne soit délivré. La courbe ainsi obtenue où la proportion de choix du bouton associé à la longue durée (ex. bouton vert) est rapportée à la valeur de toutes les durées (ex. 2, 3, 5, 7 et 8 sec) prend une forme sigmoïde : plus la durée est longue et plus les sujets choisissent le bouton associé à la longue durée (Wearden, 1991).

Dans la tâche de généralisation temporelle, le sujet doit déterminer si des durées intermédiaires (ex. 2, 3, 7 et 9 sec) sont ou non identiques à une durée standard (ex. 5 sec). Le sujet appuie sur un bouton pour signaler qu'il considère une durée intermédiaire

(1)Correspondance: Mikaël Molet. U.F.R de psychologie. Université de Lille 3. Domaine du Pont de Bois BP.149 . 59653 Villeneuve d'Ascq cedex. France
Courriel : mikael.molet@etu.univ-lille3.fr

comme identique à la durée standard. La courbe ainsi obtenue où la proportion de réponse d'appui sur le bouton est rapportée à la valeur de toutes les durées (ex. 2, 3, 5, 7 et 9 sec) prend une forme en cloche : moins la durée intermédiaire se rapproche de la durée standard et moins les sujets répondent (Wearden, 1992).

Les performances obtenues dans la tâche de bissection temporelle (Wearden, 1991), comme dans la tâche de généralisation temporelle (Wearden, 1992), confirment que l'animal, l'homme adulte et l'enfant font preuve de bonne discrimination temporelle impliquant des durées qui sont supérieures ou inférieures à la seconde (pour une revue de la question, voir Wearden, 2005).

Récemment, Molet, Leconte et Rosas (2006) ont développé un jeu vidéo reposant sur une procédure d'évitement signalé qui permet d'étudier la discrimination temporelle chez l'homme adulte dans un nouveau paradigme temporel, qui est celui de l'inhibition de délai (pour des études chez l'animal, voir Pavlov, 1927 ; Gibbon, 1971 ; Rosas et Alonso, 1996). Dans cette tâche, le participant déplace un vaisseau spatial et tire des rayons lasers sur des vaisseaux ennemis pour augmenter son score (un ennemi détruit = 1 point). Au cours de la partie, un stimulus annonce une attaque ennemie qui peut avoir comme conséquence une perte de 30 points dans le score du participant (événement aversif). La perte de 30 points est évitable dans la mesure où le participant apprend à cacher son vaisseau dans un bunker avant la fin de la durée de présentation du stimulus avertisseur de l'attaque (par exemple avant 3 secondes). Comme le tir est impossible dans un bunker, la suppression du tir est l'indice de la réponse d'évitement. Molet et al. (2006) montrent que la perception du temps chez l'homme adulte obéit à l'inhibition de délai dans la mesure où la réponse de suppression du tir augmente progressivement pendant le déroulement temporel du stimulus avertisseur de l'attaque (voir aussi Molet et Rosas, 2007).

Comme le rapporte Pavlov (1927), l'inhibition de délai implique que la latence d'une réponse apprise est proportionnelle à la durée de présentation du stimulus qui contrôle cette réponse. Les premières portions de temps de présentation du stimulus ne contrôlent pas de réponse car l'agent renforçateur est absent ; en revanche, les dernières portions de temps sont renforcées en raison de leur contiguïté avec l'agent renforçateur.

En résumé, la littérature sur la perception humaine du temps compte notamment deux tâches « classiques », à savoir : la bissection temporelle et la généralisation temporelle (Wearden, 1991 ; Droit-Volet et Wearden, 2001), ainsi qu'une nouvelle tâche développée par Molet et al. (2006) qui repose sur l'évitement conditionné. Les tâches temporelles de bissection et de généralisation sont utilisées aussi bien chez les hommes adultes que chez les enfants (pour une revue de la littérature, voir Wearden, 2005). En revanche, la tâche développée par Molet et al. (2006) n'a été utilisée jusqu'à présent

que chez les hommes adultes (Molet et Rosas, 2007). Pour que le jeu développé par ces auteurs puisse éventuellement prétendre être rangé parmi les tâches dites « classiques » d'études temporelles (bisection et généralisation), il apparaît nécessaire d'établir que ce jeu vidéo est également utilisable chez les enfants.

Afin de répondre à cet impératif, des enfants d'âges différents (de 7 à 12 ans) ont participé à une expérience dans laquelle est utilisé le jeu en question. Dans cette expérience, un stimulus de 3 secondes annonce un résultat aversif (A+) et un autre stimulus de 3 secondes annonce l'absence de résultat aversif (B-). Les enfants doivent apprendre à cacher leur vaisseau spatial pour éviter le résultat aversif avant la fin de la présentation de A+. Rappelons que, comme le tir est impossible lorsque le vaisseau spatial est caché, la suppression du tir est l'indice de la réponse d'évitement. Nous faisons l'hypothèse que si les enfants font preuve de discrimination temporelle sous forme d'inhibition de délai, alors la réponse de suppression du tir atteint son maximum à la fin de la durée de présentation du stimulus A+.

MÉTHODE

Participants

30 écoliers volontaires (15 garçons et 15 filles) âgés de 7 à 12 ans ont pris part à cette expérience. Trois groupes de 10 enfants (50% de garçons et 50% de filles) sont constitués en fonction de la tranche d'âge : 7-8, 9-10 et 11-12 ans. Les enfants sont recrutés à l'école "Federico García Lorca" de la province de Jaén (Espagne).

Matériel

Trois ordinateurs de type PC équipés d'un moniteur 32 bits d'une résolution 1024x768 sont installés sur trois tables qui sont placées dans une pièce calme de l'école, afin que les enfants puissent jouer à un jeu vidéo reposant sur une procédure d'évitement signalé (Molet et al., 2006 ; Molet et Rosas, 2007).

La figure 1 présente les différentes situations de jeu auxquelles le participant peut être confronté. L'écran de jeu est constitué d'un fond noir avec quelques étoiles dispersées pour donner l'impression d'un combat spatial. Un tableau de bord (697x79 pixels) est placé au centre en haut de l'écran. Un compteur de points est placé au centre du tableau de bord (118x79 pixels). Un vaisseau spatial blanc (26x 56 pixels) se trouve en bas au centre de l'espace de combat. Ce vaisseau peut être déplacé par le participant en utilisant les flèches droite et gauche du clavier. Cinq positions sont possibles en bas de l'écran. Les deux positions extrêmes (gauche et droite) sont établies comme

bunkers (un U qui est incliné à 90 degrés, 131x131 pixels). Les trois positions restantes sont des positions de combat (avec possibilité de tirer des rayons lasers). Les vaisseaux ennemis sont représentés par un cercle et deux losanges de couleur orange (79x 26 pixels). Un ennemi apparaît aléatoirement au-dessus du vaisseau du participant (douze positions sont possibles) toutes les 500 millisecondes. Si le participant tire un rayon laser (3x79 pixels) sur un vaisseau ennemi celui-ci est détruit et le score du compteur augmente de 1. La destruction des vaisseaux ennemis est représentée par une explosion (105x53 pixels). Deux voyants rectangulaires (118x53 pixels) sont placés à droite et deux autres voyants sont à gauche du compteur. Chacun des quatre voyants peut s'illuminer soit en rose soit en jaune pendant 3 secondes. Une des deux couleurs annonce le lancement de bombes par trois vaisseaux ennemis (26x 56 pixels) qui surgissent ensemble au-dessus du vaisseau du participant. L'autre couleur annonce l'absence du lancement de bombes. Si le vaisseau du participant n'est pas placé dans les bunkers avant la fin de l'illumination colorée d'un voyant annonçant l'attaque, alors il est paralysé par un rayon vert (voir la colonne droite de la figure 1). Ce rayon l'empêche de se déplacer pour éviter une bombe qui produit une petite explosion et une diminution du score de 30 points. Quel que soit le nombre d'attaques par les ennemis, le score ne descend pas en dessous de zéro.

Procédure

Les enfants sont amenés dans la pièce trois par trois. Lorsque chaque enfant est installé devant un ordinateur, l'expérimentateur leur remet une feuille (A4) de consignes (en castillan) et leur demande de la lire silencieusement. En voici la traduction :

« Vous allez jouer à un jeu de guerre des étoiles dans lequel vous piloterez un vaisseau spatial. Vous pouvez utiliser les flèches droite et gauche du clavier pour déplacer votre vaisseau, et appuyer sur la barre espace pour tirer des rayons lasers. Le nombre de vaisseaux ennemis détruits sera indiqué dans un compteur en haut de l'écran. Il y a deux bunkers en bas de l'écran. Lorsque votre vaisseau est à l'intérieur de ces bunkers, vous ne pouvez plus tirer et votre score n'augmentera pas, mais vous êtes protégé de toute attaque. Il y a 4 détecteurs qui peuvent s'illuminer de couleurs différentes à gauche et à droite du compteur. Certains de ces détecteurs peuvent augmenter vos chances de réussite au jeu. BONNE CHANCE».

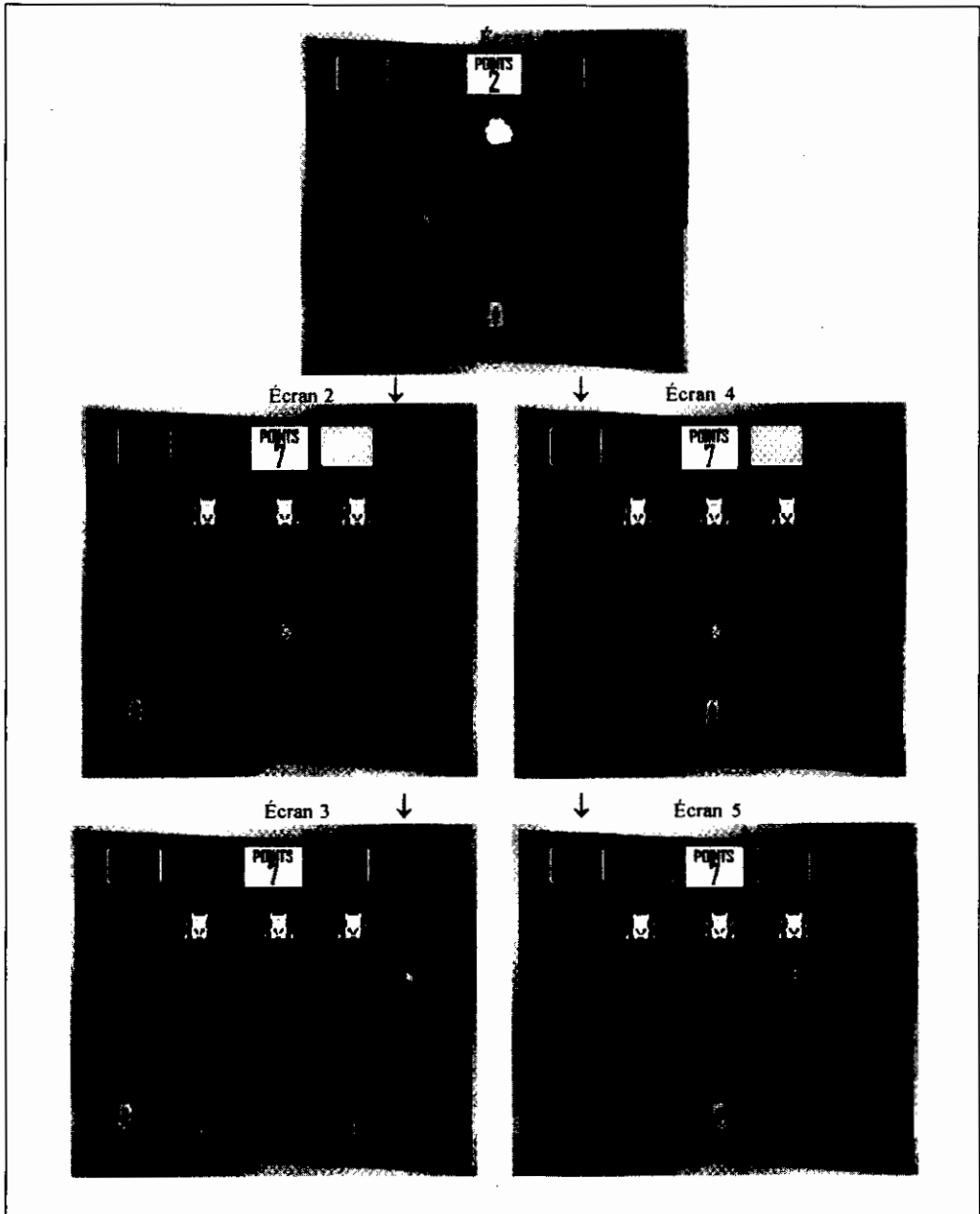


Figure 1. Exemples de situation de jeu durant l'expérience. L'écran 1 représente le cas où le participant détruit un vaisseau ennemi. Les écrans 2 et 3 présentent la séquence d'un essai lorsque l'événement aversif est évité avant la fin du stimulus avertisseur (pas de perte de 30 points). Les écrans 4 et 5 présentent la séquence d'un essai lorsque l'événement aversif n'est pas évité avant la fin du stimulus avertisseur (perte de 30 points).

Après la lecture des consignes, une démonstration du jeu vidéo est utilisée. Une fois cette dernière terminée, l'expérimentateur rappelle que « le but est de détruire le plus d'ennemis possible et d'apprendre à utiliser les détecteurs ». Le programme du jeu expérimental est ensuite lancé par l'expérimentateur qui reste dans la salle. Les deux couleurs d'illumination des voyants (le rose et le jaune) sont les deux stimulus discriminatifs, l'un est renforcé (noté A+) et l'autre ne l'est pas (noté B-). Le stimulus A+ est suivi d'une attaque et d'une perte de 30 points que le participant peut éviter en plaçant son vaisseau dans les bunkers avant la fin de la présentation du stimulus. Quant au stimulus B-, il n'est jamais suivi d'une attaque. La durée d'illumination de chaque stimulus est de 3 secondes. Les couleurs (rose et jaune) sont contrebalancées comme stimulus A+ et B-. L'illumination des voyants s'effectue aléatoirement. Trente présentations sont programmées pour chaque stimulus, ce qui fait un total de soixante essais. Le premier stimulus est présenté 120 secondes après le début du jeu, ensuite l'intervalle moyen de présentation des stimulus est de 20 secondes. L'ordre de présentation des quatre premiers essais est contrebalancé entre les participants (A+B-B-A+, B-A+A+B-, A+B-A+B-, B-A+B-A+). Les essais suivants sont présentés dans un ordre aléatoire, en évitant des séries de plus de trois A+ ou trois B-.

RÉSULTATS

La variable dépendante est le nombre d'appuis sur la barre espace qui permet de tirer des lasers. Un ratio de suppression $x/(x+y)$ est calculé pour chacune des trois secondes de la durée de présentation d'un stimulus (voir Rosas et Alonso, 1996 ; Molet et al., 2006). Le nombre de tirs lors de chaque tiers temps de la présentation d'un stimulus (x) est utilisé avec le nombre de tirs lors de chaque tiers temps correspondant qui précède la présentation du stimulus (y). Les ratios de suppression sont analysés au moyen d'une analyse statistique de variance (ANOVA).

La figure 2 présente le ratio moyen de suppression calculé sur chaque tiers temps des 2 stimulus A+ et B- qui est rapporté sur les 6 blocs de 5 essais chez les enfants âgés de 7 à 12 ans. Au bloc 1, ni l'évitement signalé ni la discrimination temporelle ne sont appris puisque le ratio moyen de suppression est élevé et reste constant sur chaque tiers temps quel que soit le stimulus (A+ ou B-). Au bloc 2, les enfants commencent à la fois à apprendre l'évitement signalé et à faire preuve de discrimination temporelle puisque le ratio moyen du stimulus A+ est inférieur à celui du stimulus B- sur le dernier tiers temps. C'est le début de l'inhibition de délai. Après le bloc 2 et jusqu'au bloc 6, les enfants produisent correctement la réponse d'évitement et font preuve d'une bonne discrimination temporelle car le ratio moyen du stimulus A+ est inférieur à celui du stimulus B- à partir du second tiers temps. C'est le résultat de l'inhibition de délai.

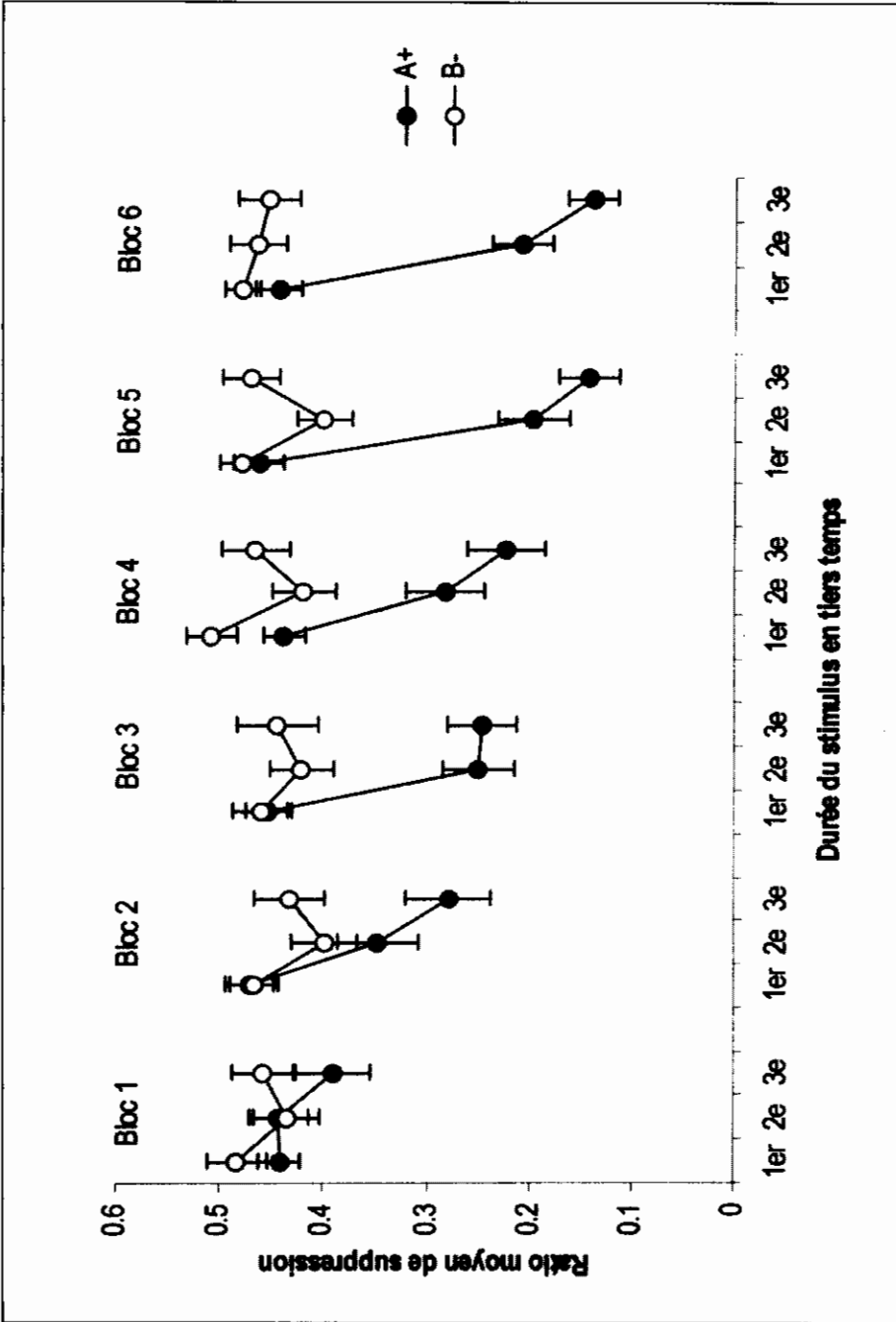


Figure 2. Ratio moyen de suppression calculé à chaque tiers temps du stimulus renforcé (A+) et du stimulus non renforcé (B-) sur les six blocs de cinq essais d'un conditionnement d'évitement réalisé chez les enfants âgés de 7 à 12 ans. Les bars représentent les erreurs standard de la moyenne.

Une ANOVA 3 (âge) x 2 (renforcement) x 6 (bloc) x 3 (tiers) révèle que l'interaction renforcement x bloc x tiers est significative, $F(10, 270) = 3.38, p = 0.0003$. Il n'y a pas d'effet de l'âge, $F < 1$, ou d'effet d'interaction liée à l'âge, plus grand $F(10, 135) = 1.46, p = 0.16$. L'absence d'effet relatif à l'âge implique que les conclusions qui vont suivre sont indépendantes du facteur de l'âge. Pour explorer l'interaction renforcement x bloc x tiers, une ANOVA 2 (renforcement) x 3 (tiers) a ensuite été menée sur chaque bloc. Sur le bloc 1, aucun effet principal ou d'interaction n'est significatif, plus grand $F(2, 27) = 2.50, p = 0.10$. Ni l'évitement signalé ni la discrimination temporelle ne sont appris par les enfants après un bloc de 5 essais d'entraînement. Sur le reste des blocs, l'interaction renforcement x tiers est significative, plus petit $F(2, 54) = 5.77, p = 0.005$. Au bloc 2, l'effet simple du renforcement n'est significatif qu'au dernier tiers de la durée des stimulus, $F(1, 27) = 7.38, p = 0.01$. Au bloc 4, l'effet simple du renforcement est significatif sur tous les tiers de la durée des stimulus, plus petit $F(1, 27) = 5.02, p = 0.03$. Aux blocs 3, 5 et 6, l'effet simple du renforcement est significatif dès le deuxième tiers de la durée des stimulus, plus petit $F(1, 27) = 14.83, p = 0.0006$. Cet ensemble d'analyses suggère que les enfants ont appris à éviter le stimulus aversif qui est signalé par le stimulus A+ après le bloc 1. Des analyses supplémentaires révèlent que l'effet simple du tiers n'est significatif que pour le stimulus renforcé A+, $F(2, 54) = 20.56, p = 0.00001$, suggérant que les enfants font preuve de discrimination temporelle lors de la présentation du stimulus A+. Les résultats montrent donc qu'après un entraînement, quel que soit l'âge des enfants, la réponse d'évitement atteint son maximum à la fin de la durée de présentation du stimulus A+.

CONCLUSION

La présente expérience est, à notre connaissance, la première à montrer que les enfants sont capables de discrimination temporelle sous forme d'inhibition de délai. Des enfants d'âges différents (de 7 à 12 ans) ont été testés avec le jeu vidéo développé par Molet et al. (2006). Dans ce jeu, les enfants manipulent un vaisseau de l'espace pour détruire des vaisseaux ennemis en tirant des lasers. A plusieurs reprises, un voyant s'illumine pendant 3 secondes, par exemple d'une couleur rose, et les enfants peuvent éviter un résultat aversif (une perte de 30 points) quand ils cachent leur vaisseau dans un bunker avant la fin de l'allumage du voyant. En calculant un ratio de suppression (à partir du nombre de tirs) sur chaque seconde de la durée d'allumage du voyant, les performances indiquent que la suppression du tir est absente au début et augmente vers la fin de l'allumage du voyant. Le fait que la conduite temporelle des enfants puisse être sensible à l'inhibition de délai a été montré par ce présent résultat. Ce résultat s'ajoute à ceux qui ont été obtenus chez l'adulte avec la même tâche (Molet et al., 2006 ; Molet

et Rosas, 2007). Nous en concluons, à l'instar des tâches de généralisation et de bissection temporelles (Wearden, 1991, 1992), que la simplicité du jeu vidéo développé par les auteurs permet d'étudier la perception du temps aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte.

En testant des adultes avec trois stimulus de 3, 6 et 9-sec, Molet et Rosas (2007) ont montré qu'en enregistrant la performance à chaque tiers de la durée de présentation des stimulus (sur une échelle en termes relatifs) les patrons de suppression du tir se conforment à la propriété du temps scalaire (c'est-à-dire, les courbes se superposent pour des gammes de durées différentes, telle que la fraction de Weber reste constante ; voir Gibbon, Church, & Meck, 1984). Au regard des résultats de Molet et Rosas (2007) et des résultats du présent travail, il apparaît alors légitime de se poser la question suivante : « qu'en est-il de la propriété du temps scalaire quant à l'inhibition de délai avec des gammes de durées différentes chez les enfants ? ». Cette question s'avère d'autant plus pertinente que les résultats aux tâches de bissection et de généralisation montrent que les jugements temporels des enfants présentent la même propriété du temps scalaire (superposition des courbes psychophysiques pour des gammes de durées différentes) que celle obtenue chez les adultes (voir Droit et al., 2004). Montrer la propriété du temps scalaire dans l'inhibition de délai avec des gammes de durées différentes chez les enfants renforcerait la généralité de la théorie du temps scalaire (Gibbon et al., 1984).

RÉFÉRENCES

- Church, R. M., et Deluty, M. Z. (1977). Bissection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3, 216-228.
- Church, R. M., et Gibbon, J. (1982). Temporal generalization. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 8, 165-186.
- Droit-Volet, S., et Wearden, J. H. (2001). Temporal bisection in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 142-159.
- Droit-Volet, S., Clément, A., et Wearden, J. H. (2001). Temporal generalization in 3- to 8-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 271-288.
- Droit-Volet, S., Provasi, J., Delgado, M., et Clément, A. (2004). Le développement des capacités de jugement des durées chez l'enfant. *Psychologie Française*, 50, 145-166.
- Gibbon, J. (1971). Scalar timing and semi-Markov chains in free-operant avoidance. *Journal of Mathematical Psychology*, 8, 109-138.
- Gibbon, J., Church, R. M., et Meck, W. (1984). *Scalar timing in memory*. In: Gibbon, J., Allan, L. (Eds.), *Ann. N.Y. Acad. Sci. 423: Timing and Time Perception*. New York Academy of Sciences. New York, pp. 52-77.
- Molet, M., Leconte, C., et Rosas, J. M. (2006). Acquisition, extinction, and temporal discrimination in human conditioned avoidance. *Behavioural Processes*, 73, 199-208.

- Molet, M., et Rosas, J. M. (2007). Perception du temps dans une tâche d'évitement signalé : superposition de l'inhibition de délai. *L'Année Psychologique*, 1, 3-14.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes*. London: Clarendon Press.
- Rosas, J. M., et Alonso, G. (1996). Temporal discrimination and forgetting of CS duration in conditioned suppression. *Learning and Motivation*, 27, 43-57.
- Wearden, J. H. (1991). Human performance on an analogue of an interval bisection task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43B, 59-81.
- Wearden, J. H. (1992). Temporal generalization in humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 18, 134-144.
- Wearden, J. H. (2005). Origines et développement des théories d'horloge interne du temps psychologique. *Psychologie Française*, 50, 7-25.

RÉSUMÉ

De récentes recherches ont étudié l'inhibition de délai chez les humains adultes au moyen d'un jeu vidéo reposant sur une procédure d'évitement signalé (Molet, Leconte, et Rosas, 2006 ; Molet et Rosas, 2007). Dans le ce présent article, on cherche à savoir si ce jeu vidéo est utilisable chez les enfants. Une expérience a été réalisée avec un stimulus de 3 secondes, de couleur rose par exemple, qui annonce un événement aversif (A+), et un autre stimulus de même durée, de couleur jaune par exemple, qui n'annonce pas d'événement aversif (B-). Les résultats des enfants montrent que la réponse d'évitement atteint son maximum à la fin de la durée de présentation du stimulus A+. C'est l'effet de l'inhibition de délai. Il peut donc être conclu que la tâche développée par Molet et al. (2006) permet d'étudier l'évitement signalé et l'inhibition de délai chez les enfants.

Mots-clés : Évitement signalé ; Inhibition de délai ; Enfants.

ABSTRACT

The inhibition of delay has recently been investigated in human adults using a video game based on conditioned avoidance (Molet, Leconte, et Rosas, 2006; Molet et Rosas, 2007). In the present experiment, the possibility of using this task as a tool for studying conditioned avoidance and inhibition of delay in children is investigated. A coloured 3-sec signal, for example pink, preceded an aversive event (A+) and a different coloured 3-sec signal, for example yellow, preceded the absence of the aversive event (B-). Results indicated that as with adults the avoidance response was greater towards the end of the A+ signal. This is called the inhibition of delay. Results suggest that this task has the potential to be used in the study of conditioned avoidance and inhibition of delay with children.

Keywords: Conditioned avoidance; Inhibition of delay; Children.