

IN PRESS : *Gériatrie Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*

RUNNING HEAD : Jeux vidéo et vieillissement cognitif

RUNNING HEAD: Video game and cognitive aging

Effets de la pratique des jeux vidéo sur le vieillissement cognitif

The effects of video games on cognitive aging

Pauline Maillot and Alexandra Perrot

Université Paris-Sud

Alan Hartley

Scripps College

Les correspondances concernant l'article doivent être adressées à :

Pauline Maillot (Ph.D. candidate)
E.A. 4532 Laboratoire CIAMS - Equipe RIME
Université Paris Sud Orsay
UFR STAPS, bâtiment 335
91405 Orsay Cedex-France
Tel: +33 (0)1.69.15.31.08
E-mail: pauline.maillot@u-psud.fr

Alexandra Perrot (Ph.D.)
E.A. 4532 Laboratoire CIAMS - Equipe RIME
Université Paris Sud Orsay
UFR STAPS, bâtiment 335
91405 Orsay Cedex-France
Tel: +33 (0)1.69.15.39.32
E-mail: alexandra.perrot@u-psud.fr

Alan Hartley (Ph.D.)
Department of Psychology
Scripps College
1030 Columbia Avenue
Claremont, CA 91711
Tel: 909-607-3249
E-mail: alan.hartley@scrippscollege.edu

Résumé. L'avancée en âge s'accompagne de nombreux déclin cognitifs, mais reste cependant un phénomène très hétérogène. En effet, plusieurs facteurs extrinsèques semblent moduler l'impact du vieillissement sur la cognition. Récemment, une série d'études a mis en évidence que la pratique des jeux vidéo pouvait engendrer de nombreux bénéfices en faveur du maintien de la vitalité cognitive des seniors. Cette revue de littérature vise donc à établir un état des lieux précis de la relation entre les différentes natures de jeux vidéo et le vieillissement cognitif, à partir des jeux vidéo sédentaires (i.e., classiques vs. entraînement cérébral) et des jeux vidéo actifs (i.e., exergames). Les améliorations les plus probantes semblent être permises par l'intermédiaire des exergames qui combinent à la fois la stimulation intellectuelle et l'exercice physique. Cet article cherche également à définir les déterminants des programmes d'entraînement pouvant être responsables des améliorations observées. **Mots clés :** *jeux vidéo, exergame, cognition, vieillissement, transfert d'entraînement*

Abstract. Advancing age is associated with many cognitive declines, however it remains a very heterogeneous phenomenon. Indeed, several extrinsic factors seem to modulate the effect of aging on cognition. Recently, several studies have provided evidence that the practice of the video games could engender many benefits favoring the maintenance of cognitive vitality in the elderly. This review of the literature aims to establish a precise inventory of the relations between the various types of video games and cognitive aging, including both sedentary video games (i.e., classics as well as brain training) and active video games (i.e., exergames). The largest benefits seem to be provided by exergames which combine game play with significant physical exercise. This article also tries to define the determinants of the training programs which could be responsible for the observed improvements.

Key words: videogame, exergame, cognition, aging, transfer of training

Effets de la pratique des jeux vidéo sur le vieillissement cognitif

Le vieillissement démographique est un phénomène mondial, caractérisé par l'augmentation progressive et continue de la proportion des seniors au sein de la population totale. À l'échelle mondiale, le nombre de personnes âgées de 60 ans ou plus devrait pratiquement tripler, passant de 673 millions en 2005 à deux milliards en 2050 [1]. À l'échelle française, en 2050, un habitant sur trois serait âgé de 60 ans ou plus, contre un sur cinq en 2005 [2]. Les conséquences sociales et économiques d'une telle transition démographique seront majeures, étant donné que l'augmentation de l'espérance de vie n'est pas nécessairement associée à un vieillissement actif. Ainsi depuis plusieurs décennies, de nombreuses études s'attachent à décrire et comprendre le vieillissement cognitif afin de favoriser le maintien de l'autonomie des seniors. Il se caractérise par l'effet de l'âge sur l'ensemble des habiletés mentales essentielles à l'acquisition et au maintien de nos connaissances au quotidien. De récentes études ont montré que tous les individus ne sont pas affectés de la même façon par le vieillissement et que, malgré un âge avancé, certaines personnes font preuve d'une vitalité cognitive très performante [3], ce qui amène à se poser la question de l'impact de certains facteurs qui viennent moduler le vieillissement des fonctions cérébrales. Dans cette perspective, de nombreux travaux empiriques ont mis en évidence la capacité du cerveau à réorganiser les réseaux de neurones en fonction des stimuli et des expériences vécues, et ce malgré un âge avancé [4, 5]. La plasticité cognitive renvoie donc aux modifications cérébrales qui font suite à des stimulations de l'environnement ou à des activités endogènes, directement impliquées au niveau des performances cognitives des individus. Les études portant sur la plasticité cérébrale chez l'homme adulte ont montré que les mécanismes qui la régissent (i.e.,

angiogenèse, synaptogenèse, neurogenèse) sont influencés par l'activité qu'elle soit physique, intellectuelle ou sociale. Dans ce sens, le concept de l'enrichissement cognitif défend l'hypothèse selon laquelle l'ensemble des comportements et conduites adoptés par l'individu (e.g., activités cognitives, engagement social, exercice physique) aurait un impact positif sur le niveau d'efficacité du fonctionnement cognitif lors de l'avancée en âge [6]. Le niveau de performance cognitive serait ainsi malléable et sujet à l'amélioration tout au long de la vie. Parmi les différents comportements ou conduites adoptés par les individus, les jeux vidéo sont devenus une importante forme de divertissement dans la société, et la participation des seniors a énormément augmenté depuis plusieurs années. Ce récent phénomène apparaît encore difficile à quantifier. Cependant, le profil du joueur français est en constante évolution laissant place à l'apparition d'un nouveau groupe de joueurs plus âgés. En effet, au deuxième semestre 2010, 32.6% de la population française des 50 ans et plus jouent à des jeux vidéo et 21% des joueurs sont âgés de 50 ans et plus [7]. Depuis une trentaine d'années, les recherches sur les effets des jeux vidéo se sont beaucoup développées en s'intéressant notamment aux modifications comportementales et cérébrales liées à cette pratique. Ainsi, de nombreuses études (plus de 10 études, e.g., 8-12) se sont penchées sur les effets des jeux vidéos sur les fonctions cognitives chez les adultes âgés, et ce à partir de différentes natures de jeux vidéo : jeux classiques (e.g., action, aventure, puzzle, simulations, sports, stratégie) et jeux d'entraînement cérébral. Ce travail aura pour objectif de rendre compte de l'évolution des travaux étudiant la relation jeux vidéo et vieillissement cognitif. Ainsi, toutes les études interventionnistes sur des seniors, des années 80 à aujourd'hui, intégrant des programmes d'entraînement à partir de jeux vidéo seront intégrées à cette revue de littérature. Pour parfaire la compréhension des mécanismes liés à l'apprentissage par jeux vidéo, certaines études intégrant des groupes jeunes, des variables autres que cognitives (i.e. dépense énergétique) et des programmes d'activités physiques classiques seront également présentées. L'ensemble des études présentées seront reprises une à une dans la Table 1 afin de synthétiser les populations étudiées et les méthodologies employées. A travers cette revue de littérature, nous chercherons donc à faire un état des lieux précis des études réalisées depuis ces trois dernières décennies sur la relation entre les différentes natures de jeux vidéo et le vieillissement cognitif. Nous mettrons en évidence les travaux menés à la fois à partir des jeux vidéo sédentaires et des jeux vidéo actifs (i.e., exergames). Enfin, nous soulignerons les déterminants des programmes d'entraînement par jeux vidéo afin de mettre en évidence des points de convergence ouvrant de nouvelles perspectives de recherches quant à la compréhension de l'impact des jeux vidéo sur le vieillissement cognitif.

Effets des jeux vidéo sédentaires classiques sur le vieillissement cognitif

Les premières évidences empiriques ont vu le jour dans les années 1980. Des travaux ont cherché à identifier si les déclinés cognitifs associés à l'âge pouvaient être ralentis ou inversés par la pratique d'un entraînement cognitif par jeux vidéo. A travers la littérature, nous relevons cinq études principales permettant d'établir un état des lieux des effets des jeux vidéo sur le vieillissement cognitif [8-12]. Tout d'abord, les travaux de Drew et Waters [8] ont démontré chez une population senior que deux mois d'entraînement en jeux vidéo, à raison d'une heure par semaine, permettaient d'améliorer à la fois la coordination visuo-motrice, mais aussi l'intelligence générale et verbale (WAIS-R), et ce comparé à un groupe contrôle qui ne participait à aucun programme d'intervention. Par la suite, les travaux de Clark et collaborateurs [9] ont exploré l'hypothèse selon laquelle le ralentissement des performances de vitesse chez les seniors, largement démontré à travers la littérature [13], pourrait être réversible par l'intermédiaire de la pratique des jeux vidéo. Les résultats ont mis

en évidence que les seniors entraînés pendant sept semaines, à raison de deux heures par semaine, amélioreraient leurs performances au test de temps de réaction, que ce soit en condition compatible, ou incompatible, contrairement aux participants du groupe contrôle (sans intervention) qui ne s'amélioreraient dans aucune des conditions. Ensuite, les travaux de Dustman et collaborateurs [10] ont comparé les performances cognitives d'un groupe entraîné pendant 11 semaines en jeux vidéo avec celles d'un groupe stimulé socialement, et d'un groupe contrôle sans intervention ni contact social. Le fonctionnement cognitif des participants a été évalué à partir d'un large panel de tâches psychométriques mesurant la vitesse de traitement de l'information et la coordination visuo-motrice, la flexibilité, l'inhibition, la dextérité digitale, la mémoire spatiale et verbale immédiate, et le temps de réaction. Les résultats ont mis en évidence un effet spécifique de la pratique des jeux vidéo sur le temps de réaction avec une amélioration significative en faveur du groupe entraîné. En revanche, aucune amélioration significative n'a pu être observée au niveau des autres tâches évaluées. Ces résultats apparaissent alors en désaccord avec les travaux de Drew et Waters [8] qui suggéraient un impact plus général au niveau du fonctionnement cognitif des seniors, mais s'accordent avec les conclusions de Clark et al. [9] qui démontraient un effet bénéfique des jeux vidéo sur la vitesse de sélection de réponses. Par la suite, les travaux de Goldstein et de ses collaborateurs [11] ont mis en évidence des améliorations significatives au niveau des tâches de temps de réaction contrairement à des mesures d'inhibition, suite à un entraînement de cinq semaines en jeux vidéo chez des seniors. Enfin, la relation entre les effets des jeux vidéo et le ralentissement du vieillissement cognitif a été abordée plus récemment à travers l'étude de l'impact de 23,5 heures d'entraînement (1 séance d'initiation suivie de 15 séances d'1h30) en jeu de stratégie informatisé sur des tâches de fonctions exécutives comparées à des tâches visuospatiales, chez 39 sujets âgés en moyenne de 70 ans [12]. En effet, Basak et ses collaborateurs ont mis en évidence un large transfert d'entraînement sur les tâches de fonctionnement exécutif ($\eta^2 = 0.42$), avec des améliorations significatives en faveur des sujets entraînés au niveau de quatre des cinq mesures réalisées (i.e., switching attentionnel, mémoire de travail, mémoire visuelle à court terme et raisonnement). Cependant, les résultats n'ont révélé qu'un très faible effet d'entraînement vers les tâches visuospatiales, à l'inverse des travaux de Green et Bavelier [14]. En effet, ces auteurs ont mis en évidence à travers plusieurs études transversales ou interventionnistes, les effets de la pratique des jeux vidéo d'action sur les performances perceptives et visuospatiales. Cependant, ces études n'ont été menées que chez des populations jeunes et averties.

Au regard de ces études empiriques, les programmes d'intervention en jeux vidéo sédentaires classiques permettent des transferts d'entraînement non négligeables vers les performances cognitives, suggérant un rôle important de cette pratique dans la lutte contre les déclinés associés à l'avancée en âge. Une forte tendance en faveur des performances aux tâches de temps de réaction se dégage avec un effet robuste en faveur des sujets entraînés après plusieurs semaines de pratique [9-11]. Par ailleurs, une seconde tendance suggère un impact plus général des jeux vidéo sur le fonctionnement cognitif global des seniors [8], et notamment sur les fonctions exécutives [12] si sensibles à l'avancée en âge [15].

Effets des jeux vidéo sédentaires en entraînement cérébral sur le vieillissement cognitif

Ces précédents résultats, associés au nouvel engouement des seniors pour les jeux d'entraînement cérébral (i.e., *Brain Age* développé par Nintendo), ont relancé l'hypothèse selon laquelle la pratique d'un entraînement cognitif assisté par jeux vidéo pourrait améliorer ou inverser les déclinés cognitifs liés à l'avancée en âge. Cette hypothèse, largement soutenue

par les médias et les réalités économiques, n'a, à l'heure actuelle, fait l'objet que de rares travaux empiriques. Les programmes d'entraînement cérébral ont pour objectif l'amélioration du fonctionnement cognitif global des joueurs en proposant des séries d'exercices, inspirés des tests neuropsychologiques, notamment sur des tâches de mémorisation, de calculs arithmétiques ou de lecture. Les travaux de Smith et collaborateurs [16] ont évalué l'impact du programme *PositScience* auprès de seniors entraînés pendant 40 séances en comparaison avec un groupe contrôle ayant suivi un programme éducatif informatisé sur des thèmes culturels (i.e., histoire, art et littérature). Les résultats ont mis en évidence des améliorations significatives en faveur du groupe entraîné, au niveau des différents systèmes de mémoire (i.e., travail, immédiate, de rappel et narrative), de la vitesse de traitement de l'information et de l'attention. Cette expérimentation a démontré un transfert d'entraînement général, c'est-à-dire des améliorations à des tâches non entraînées par le programme. De plus, le programme *PositScience* suggère également un transfert d'entraînement général vers les tâches de la vie quotidienne, évalué par le coût cognitif perçu lors de la réalisation de tâches quotidiennes. Enfin, une étude complémentaire a souligné qu'après un arrêt de trois mois de l'entraînement, l'ensemble des effets du programme perdurait (i.e., vitesse de traitement de l'information), mais venait à disparaître progressivement, notamment au niveau du fonctionnement global [17]. Plus récemment, Ackerman, Kanfer et Calderwood [18] ont étudié le transfert d'entraînement à partir de deux approches de stimulations cognitives : l'impact d'un entraînement cérébral pratiqué en jeux vidéo à l'aide de *Big Brain Academy* développé par Nintendo, et l'impact d'un entraînement cérébral diffusé par des lectures dirigées. Un premier groupe a été entraîné à partir de 15 tâches mentales individuelles réalisées pendant 20 heures réparties sur quatre semaines. En parallèle, un second groupe était invité à lire une variété d'articles et de magazines sur les thèmes de l'alimentation, la médication, l'écologie et les technologies. A la fin des quatre semaines, les deux groupes intervertissaient leur pratique afin qu'ils aient chacun effectué le même nombre d'heures d'entraînement sans effet d'ordre. Le fonctionnement cognitif de l'ensemble des participants a été évalué autour de trois catégories de fonctions : les habiletés dites cristallisées (i.e., connaissances générales), fluides (i.e., processus cognitif comme la mémoire, l'attention ou la résolution de problème) et de vitesse perceptive (i.e., rapidité et précision). Les résultats ont montré des gains spécifiques de performances sur les tâches mentales de Wii, et, à moindre mesure, sur les réponses aux questionnements concernant les lectures dirigées. Cependant, les auteurs ne reportent pas de gain suffisamment important pour observer un transfert généralisable à l'ensemble des mesures des habiletés cognitives. Seules quelques améliorations spécifiques sont reportées, notamment auprès des mesures des habiletés perceptives et de deux mesures d'habiletés fluides. Cette étude laisse entrevoir des perspectives de recherche en faveur du maintien de la vitalité cognitive, mais suggère que ce type d'entraînement serait restreint à un transfert limité et ciblé vers uniquement quelques fonctions cognitives des seniors, telles que la vitesse perceptive [18].

En conclusion, l'ensemble de ces récents travaux suggère que la pratique régulière de certains jeux d'entraînement peut ponctuellement améliorer certaines fonctions cognitives malgré l'avancée en âge. A partir des différentes études que nous venons d'évoquer, il est possible d'extraire plusieurs tendances. Tout d'abord, les programmes d'entraînement cérébral, qui ont pour objectif affiché d'optimiser la vitalité cognitive, suggèrent des résultats en demi-teinte. En effet, certains travaux mettent en évidence d'importants bénéfices sur la cognition [16], tandis que d'autres travaux ne suggèrent que de très faibles effets de transfert [18]. Enfin, il semblerait que la pratique des jeux vidéo sédentaires au profil plus classique soit celle qui suscite les transferts d'apprentissage les plus généraux [12].

Jeux vidéo sédentaires et recommandations internationales en faveur de la santé

Ainsi, nous avons vu que les programmes d'entraînement en jeux vidéo étaient associés à des améliorations des performances cognitives principalement sur les temps de réaction [9-11], et plus récemment au niveau des tâches de contrôle exécutif et de mémoire [12, 16]. Cependant, des améliorations au niveau des tâches visuospatiales sont très rarement observées chez les seniors [12]. Néanmoins, même si les jeux vidéo semblent générer une activation, cette pratique demeure une activité de nature sédentaire, où aucune dépense énergétique n'est réellement observée [19]. Les jeux vidéo sédentaires ne semblent donc pas participer au maintien ou à l'amélioration de la santé cardiorespiratoire, et pourraient même renforcer l'inactivité physique. Cette inactivité est directement associée à une augmentation des risques de maladies (i.e., cardiovasculaires, diabètes, cancer et obésité) et à des déclinés physiques et cognitifs [20, 21]. Les travaux de Dustman et collaborateurs ont mis en évidence qu'au contraire des programmes d'entraînement en activité physique, qui engendrent à la fois des bénéfices physiques et cognitifs [22], les bénéfices des programmes d'entraînement en jeux vidéo sédentaires semblent limités à la seule dimension cognitive et demeurent de moindre importance [10]. Les auteurs argumentent que ces distinctions de bénéfices entre les programmes résideraient dans la différence de sollicitation physique. En effet, le programme en activité physique a engendré une amélioration significative de la santé cardiorespiratoire par l'intermédiaire d'exercices aérobies, ce qui permettrait, par l'amélioration du transport en oxygène au niveau cérébral, de favoriser l'observation d'améliorations neurocognitives. Cette hypothèse explicative, dite métabolique, est reprise dans de nombreux travaux sur l'activité physique [20, 23, 24, 25]. En effet, les travaux de Kramer et collaborateurs [24] ont mis évidence qu'un entraînement de nature aérobie de 6 mois, comparé à un entraînement non aérobie, était significativement plus efficace au niveau du fonctionnement exécutif, et ce chez des personnes âgées de 63 à 82 ans ($n = 124$). Par ailleurs, la littérature actuelle continue d'insister sur l'importance de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif lors de l'avancée en âge, en tant que modérateur des déclinés cognitifs [e.g., 26]. Cependant, cette hypothèse métabolique n'apparaît pas pertinente dans le domaine des jeux vidéo sédentaires. Si l'activité physique est reconnue pour ses larges bienfaits, pour autant les seniors ne semblent pas suffisamment sensibles à l'adoption d'un style de vie actif. En effet, malgré les fréquentes recommandations internationales en faveur de la santé et de la pratique de l'activité physique [27, 28], il est démontré que le vieillissement est associé à une augmentation de l'adoption de comportements sédentaires. Au travers de plusieurs études, les seniors reportent une variété de barrières quand à leur non engagement dans la pratique régulière d'une activité physique, telle que le manque de temps et de connaissance de la relation activité modérée et santé, la perception de limites corporelles et fonctionnelles, le manque d'énergie, mais aussi un défaut d'accessibilité et d'attractivité des pratiques [29, 30]. Le plaisir est un déterminant important qui influence le temps qu'un individu peut allouer à une activité [31-32]. De plus, les activités répétitives, telles que la marche, peuvent mener à l'ennui et à la lassitude, ce qui ne favorise donc pas le plaisir associé, ni l'adhérence à une activité.

Par conséquent, les recommandations internationales en faveur de l'activité physique, associées au récent engouement des seniors pour la pratique des jeux vidéo attirent inévitablement l'attention sur un nouveau style de jeux vidéo en plein essor : les exergames. En effet, il apparaît pertinent de penser que cette récente pratique possède un véritable potentiel en termes de plaisir véhiculé, d'accessibilité et d'attractivité, et pourrait, par

conséquent, favoriser la participation à des activités d'intensité modérée, fortement recommandées dans la lutte contre le vieillissement physique et cognitif [19, 33, 34].

Effets des exergames sur le vieillissement cognitif

Récemment, le champ d'application des jeux vidéo ne se restreint plus au seul divertissement des plus jeunes, mais davantage à des applications dites «sérieuses» dans le domaine notamment de la santé. Les exergames (néologisme composé des termes «exercice» et «game») désignent les jeux vidéo combinant à la fois une stimulation cognitive et une dépense énergétique physique. Cette nouvelle pratique est désignée par les termes exergames, jeux vidéo actifs ou jeux vidéo d'entraînement, en opposition aux jeux vidéo traditionnels qualifiés de jeux sédentaires, dit inactifs ou passifs. Dans la perspective de lutte contre l'inactivité physique, de nombreux travaux ont mis en évidence que la pratique des exergames, en particulier chez les seniors, engendre une augmentation significative de la dépense énergétique et de l'activité cardiorespiratoire, bien que parfois moins importante que l'activité physique plus traditionnelle [19, 35]. D'autres travaux ont mis en évidence la pertinence de ce nouvel outil dans la lutte contre le déclin des capacités physiques et d'équilibre, déterminantes dans le maintien de l'autonomie [36, 37]. Ces études soulignent le rôle important que pourraient jouer les exergames dans l'augmentation du niveau d'activité physique des individus, notamment sédentaires. Etant donné l'augmentation significative de la dépense énergétique chez les seniors pendant la pratique des exergames, et en accord avec l'hypothèse métabolique soutenue par la littérature propre à l'activité physique [22], il apparaîtrait pertinent de s'attendre à des améliorations cognitives non négligeables suite à un entraînement en activité physique assisté par exergames. Cependant, à l'inverse de l'activité physique conventionnelle [20, 38], l'impact des exergames sur le fonctionnement cognitif n'est encore que très peu établi.

A notre connaissance, seules trois études se sont intéressées à l'impact des exergames sur le vieillissement cognitif. Tout d'abord, O'Leary et collaborateurs [39] ont comparé les effets d'une période isolée de 20 minutes issues de 3 programmes d'intervention de nature différente (i.e., exercices d'aérobic en exergames vs jeux vidéo sédentaires vs exercices aérobic traditionnel) sur l'inhibition. Par cette étude, les auteurs ont cherché à observer si une courte et intense période d'entraînement avec des exercices aérobies (i.e., «acute») par exergames engendrait les mêmes effets sur les performances cognitives que ceux démontrés au travers de nombreuses études par l'exercice aérobic conventionnel [40]. Les résultats ont mis en évidence que les exergames permettaient d'augmenter le niveau d'activité physique de l'individu mais n'engendraient pas les mêmes bénéfices cérébraux et cognitifs que l'exercice physique plus traditionnel. En effet, de nombreux travaux ont montré que les performances cognitives (i.e., tâche d'inhibition) étaient facilitées suite à une activation physique par exercice aérobic modéré de 20 à 40 minutes [41]. Ensuite, l'étude de Rosenberg et collaborateurs [42] a mis en évidence des améliorations significatives, suite à 12 semaines d'entraînement en exergames, au niveau de l'évaluation de symptômes dépressifs, de la qualité de vie liée à la santé mentale et des performances cognitives, mais aucune amélioration au niveau de la qualité de vie liée à la santé physique. Cependant, il apparaît nécessaire de soulever quelques limites à ces conclusions, toutefois encourageantes. Tout d'abord, cette étude n'inclut pas de groupe contrôle permettant de contrôler un effet d'apprentissage test-retest sur les mesures expérimentales. De plus, aucune mesure de dépense énergétique ni d'intensité d'effort n'a été utilisée pour justifier et quantifier que la pratique d'intervention relève bien du domaine de l'activité physique. Enfin, la batterie d'évaluation du fonctionnement cognitif utilisée dans cette étude, bien que sensible à la pratique, est une

mesure globale qui ne permet pas d'établir de conclusions fines et explicatives de l'intérêt des exergames dans la lutte contre les déclin cognitifs. Il s'agit davantage d'une mesure de diagnostic clinique que d'une mesure permettant d'apprécier de façon détaillée les effets de transfert d'entraînement. Au final, seule une étude s'est intéressée à l'impact d'un programme en activité physique assistée par exergames sur le vieillissement cognitif [43], à travers une large batterie de tests cognitifs. L'étude de Maillot, Perrot et Hartley s'est penchée sur les effets de 12 semaines d'entraînement (24h) en exergames chez des seniors à partir de trois catégories de tâches cognitives (exécutives, visuospatiales et de vitesse de traitement de l'information) en comparaison à groupe contrôle sans intervention. L'impact physique du programme d'entraînement a été évalué à $41.5 \pm 9.48\%$ de la fréquence cardiaque de réserve correspondant à une activité d'intensité modérée [34], et a engendré de larges bénéfices physiques ($\eta^2 = .69$), notamment au niveau de l'endurance aérobie. Les résultats sur les performances cognitives ont démontré un large transfert d'entraînement vers les fonctions exécutives ($\eta^2 = .80$) et la vitesse de traitement de l'information ($\eta^2 = .79$), mais un faible effet vers les tâches visuospatiales ($\eta^2 = .23$). Ainsi, les exergames engendreraient des bénéfices cognitifs équivalents voire supérieurs à ceux observés par la pratique d'une activité physique plus conventionnelle [10, 22]. Selon les auteurs, les améliorations observées seraient, d'une part, associées à l'amélioration de la santé cardiorespiratoire en accord avec l'hypothèse dite métabolique propre à l'activité physique, et d'autre part, liées à la richesse des propriétés intrinsèques des jeux vidéo engendrée par les exergames. Cette seconde hypothèse expliquerait pourquoi les améliorations observées semblent plus importantes que celle associées à une pratique physique plus classique.

En conclusion, malgré le faible nombre d'études empiriques, probablement lié au récent développement des exergames, les quelques études que nous venons de présenter mettent en évidence le caractère prometteur de cette nouvelle pratique dans le maintien de la vitalité physique et cognitive des seniors. La pertinence des exergames semble se définir en termes d'attractivité et d'accessibilité, mais également en termes de bénéfices directs pour la santé. Ainsi, les programmes d'entraînement en exergames, permettant l'accès à des exercices à la fois d'aérobie, d'équilibre, de souplesse et de renforcement musculaire, semblent proposer une alternative aux exercices plus conventionnels, et un moyen d'accès à l'adoption d'un style de vie physiquement actif. Cette revue littéraire pose la question suivante : les exergames peuvent-ils jouer un rôle dans la promotion d'un style de vie actif ? C'est-à-dire, étant donné que la pratique des exergames engendre une réelle dimension physique, parfois même équivalente à celle de l'activité physique classique, et qu'ils sont perçus comme plus attractifs et accessibles que la pratique d'activité physique classique, les exergames peuvent-ils agir dans la lutte contre les déclin cognitifs liés à l'âge ? Ces questionnements encouragent le développement de recherches intégrant des protocoles interventionnistes visant à comprendre le réel impact des exergames sur le vieillissement cognitif. Dans cette perspective, l'appui sur les études empiriques s'intéressant aux effets de l'activité physique et des jeux vidéo sur la cognition semble fondamental. Dans cette dernière partie, nous proposons d'extraire de la littérature quelques principes fondamentaux qui permettront de développer ces futures recherches.

Les déterminants des programmes d'entraînement en jeux vidéo

La littérature sur les effets des jeux vidéo et exergames démontre qu'un apprentissage général est possible. Cependant, chaque programme d'intervention s'avère complexe et différent l'un de l'autre. Afin de favoriser les futures recherches, il convient d'essayer d'extraire les

déterminants qui pourraient être responsables des améliorations observées dans ces diverses études.

Motivation et engagement - Tout d'abord, les qualités «interactives» des jeux vidéo apparaissent non seulement importantes au niveau motivationnel mais aussi au niveau du transfert d'apprentissage. En effet, c'est un fait théorique et empiriquement démontré, les individus apprennent mieux lorsqu'ils sont activement engagés dans une tâche plutôt que lorsqu'ils sont observateurs passifs. Ainsi comme le mentionnent Green et Bavelier [14], bien souvent les tâches d'entraînement, notamment en laboratoire, peuvent être ennuyeuses et déplaisantes au contraire des exercices proposés par les jeux vidéo. En effet, il apparaît, à travers les études menées que les programmes d'entraînement par jeux vidéo, d'ordre cognitif ou physique, sont perçus comme très attractifs et motivants, favorisant ainsi l'apprentissage et le transfert d'apprentissage [18, 19, 43].

Niveau de difficulté et feedback - Le fait de pouvoir manipuler le niveau de difficulté au sein même des jeux semble favoriser l'adaptation des joueurs à la tâche, et encourager de meilleures performances par la suite, notamment en faveur d'un public novice tel que les seniors [44]. En effet, il a été démontré que lorsque la tâche demandée est trop difficile au début du programme d'entraînement, alors l'apprentissage est souvent ralenti et plus spécifique. A l'inverse, lorsque la tâche demandée est perçue comme plus facile, alors l'apprentissage est plus rapide et il s'opère un transfert général vers de nouvelles tâches non entraînées. De plus, bien souvent les jeux proposent des retours sur la performance que ce soit par l'intermédiaire du score attribué à la performance, ou par des récompenses. Ainsi, la présence d'une rétroaction, c'est-à-dire d'un apprentissage par renforcement, associée à l'augmentation progressive du niveau de difficulté pendant l'entraînement, favoriseraient un bon niveau d'éveil et de motivation permettant un apprentissage plus important. Par conséquent, l'attractivité naturelle et la motivation induite par les feedbacks proposés lors des jeux seraient des déterminants qui favoriseraient le développement et l'apprentissage de nouvelles habiletés [46].

Variabilité - Le dernier déterminant important associé aux effets des jeux vidéo serait la variabilité apportée par les propriétés intrinsèques de la stimulation cognitive par jeux vidéo. En effet, les apprentissages par jeux vidéo sont engendrés par l'intermédiaire d'une importante variabilité dans les tâches d'apprentissage et dans les types d'interaction proposés. De nombreuses études ont démontré que lorsque dans un programme d'entraînement, la priorité accordée aux tâches d'apprentissage était variable (i.e., changements fréquents de priorité) plutôt que fixe, cela favorisait le transfert d'apprentissage vers de nouvelles tâches, la résistance à des distracteurs et à des demandes extra-tâches, et la rétention [46-47]. En résumé, certaines propriétés intrinsèques de l'apprentissage par jeux vidéo (i.e., motivation, feedbacks, niveau progressif de difficulté, variabilité) pourraient apparaître comme des déterminants responsables des améliorations observées dans de nombreuses études.

Conclusion

Au regard de l'ensemble des travaux que nous avons évoqué à travers cette revue de littérature, il nous apparaît important de souligner certaines limites pouvant restreindre parfois les interprétations faites actuellement sur les effets des jeux vidéo sédentaires et des exergames sur la vitalité cognitive. Tout d'abord, au regard de la littérature, il apparaît que les contenus des programmes d'entraînement ne sont pas toujours pleinement prédéterminés et

homogénéisés entre les participants, ni quantifiés en terme de sollicitation physique [36, 37, 42]. En effet, il apparaît fondamental de s'intéresser aux méthodes d'évaluation de l'expérience en jeux vidéo/exergames, que ce soit lors d'approches transversales ou interventionnistes. Il semble essentiel de se demander quelles peuvent être les dimensions de l'expérience du jeu qui peuvent amener des changements au niveau des fonctions cognitives. L'immersion dans le jeu peut ainsi être variable, et l'implication de la dimension physique plus ou moins grande, pouvant créer des divergences dans l'observation des effets de pratique des jeux, comme illustrées par les travaux de Dustman et collaborateurs [10, 22]. La prise en compte de l'ensemble des paramètres permettra à terme de pouvoir extraire les mécanismes responsables des améliorations observées et d'établir des comparaisons pertinentes entre les études afin de maximiser les transferts d'apprentissage vers des applications plus fonctionnelles. De plus, l'intégration systématique d'un (ou plusieurs) groupe contrôle apparaît fondamentale afin de mesurer, d'une part un éventuel effet d'apprentissage (test-retest) sur les mesures d'évaluations neuropsychologiques, et d'autre part afin d'identifier l'origine d'autres sources responsables des améliorations, telles que l'interaction sociale. Par ailleurs, la relation entre le type de jeux proposé et la nature des transferts observés apparaît comme une autre limite déterminante dans l'analyse et la compréhension des effets des jeux vidéo/exergames sur la cognition. En effet, au regard de plusieurs études [12, 14], il semble que, selon la nature du jeu (i.e., stratégie, simulation sportive, participation sociale, action), les transferts d'apprentissage seraient différents. Pour finir, il semble pertinent d'envisager l'intégration de tâches de transferts vers des habiletés liées au fonctionnement quotidien. Très rares sont les études qui proposent d'étudier le transfert d'apprentissage jusqu'à la réalisation d'une tâche de transfert en situation réelle [16, 47]. Ainsi, à la lumière des études portant sur les effets des jeux vidéo/exergames sur le vieillissement cognitif, il s'avère évident que la pratique régulière d'une stimulation cognitive combinée à une dépense énergétique assistée par jeux vidéo peut jouer un rôle crucial dans le maintien de la vitalité cognitive des personnes âgées, en modulant le déclin de plusieurs fonctions.

Références

1. World Population Prospects: The 2006 Revision, vol. III, Analytical Report (publication des Nations Unies, 2007) ST/ESA/SER.A./261/ES.
2. Robert-Bobée I. Projections de population pour la France métropolitaine à l'horizon 2050. *INSEE première* 2006; 1089.
3. Park DC, Gutches AH. Aging, cognition and culture: A neuroscientific perspective. *Neurosci Biobehav Rev* 2002; 26: 859-67.
4. Baltes PB, Willis SL. Plasticity and enhancement of intellectual functioning in old age: Penn State's Adult Development and Enrichment Project (ADEPT). In: Craik FIM, Trehub SE Eds. *Aging and cognitive processes*. New York: Plenum Press, 1982: 353-89.
5. Schaie KW, Willis SL. Can intellectual decline be reversed? *Dev Psychol* 1986; 22: 223-32.
6. Hertzog C, Kramer AF, Wilson RS, Lindenberger U. Enrichment Effects on Adult Cognitive Development: Can the Functional Capacity of Older Adults Be Preserved and Enhanced? *Psychol Sci in the Public Interest* 2008; 9: 1-65.
7. Centre National du Cinéma et de l'image animée (2010). Les pratiques de consommation de jeux vidéo des Français au second semestre 2010. Rapport réalisé par GfK Custom Research France.
8. Drew D, Waters J. Video games: Utilization of a novel strategy to improve perceptual motor skills and cognitive functioning in the non-institutionalized elderly. *Cognitive Rehabilitation* 1986; 4: 26-31.
9. Clark JE, Lanphear AK, Riddick CC. The effects of videogame playing on the response selection processing of elderly adults. *J Gerontol* 1987; 42: 82-5.
10. Dustman RE, Emmerson RY, Steinhaus LA, Shearer DE, Dustman TJ. The effects of videogame playing on neuropsychological performance of elderly individuals. *J Gerontol* 1992; 47: 168-71.
11. Goldstein J, Cajko L, Oosterbroek M, Michielsen M, Van Houten O, Salverda F. Video games and the elderly. *SBP Journal* 1997; 25: 345-52.
12. Basak C, Boot WR, Voss MW, Kramer AF. Can training in a real-time strategy videogame attenuate cognitive decline in adults? *Psychol Aging* 2008; 23: 765-77.
13. Welford AT. Between bodily changes and performance: Some possible reasons for slowing with age. *Exp Aging Res* 1984; 10: 73-88.
14. Green CS, Bavelier D. Exercising your brain: a review of human brain plasticity and training-induced learning. *Psychol Aging* 2008; 23: 692-701.
15. West RL. An application of prefrontal cortex function. theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin* 1996; 120, 272-92.
16. Smith GE, Housen P, Yaffe K, Ruff R, Kennison RF, Mahncke HW, et al. A cognitive training program based on principles of brain plasticity: results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) study. *J Am Geriatr Soc* 2009; 57: 594-603.
17. Zelinski EM, Spina LM, Yaffe K, Ruff R, Kennison RF, Mahncke HW, et al. Improvement in memory with plasticity-based adaptive cognitive training: results of the 3-month follow-up. *J Am Geriatr Soc* 2011; 59: 258-65.
18. Ackerman PL, Kanfer R, Calderwood C. Use it or lose it? Wii brain exercise practice and reading for domain knowledge. *Psychol Aging* 2010; 25: 753-66.
19. Graves LE, Ridgers ND, Williams K, Stratton G, Atkinson G, Cable NT. The physiological cost and enjoyment of Wii Fit in adolescents, young adults, and older adults. *J Phys Act Health* 2010; 7: 393-401.

20. Colcombe SJ, Kramer AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychol Sci*, 2003; 14: 125-130.
21. Yaffe K, Barnes D, Nevitt M, Lui LY, Covinsky K. A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med* 2001; 161: 1703-8.
22. Dustman RE, Ruhlman RO, Russell EM, Shearer DE, Bonekat W, Shigeoka JW. Aerobic exercise training and improved neurophysiological function of older adults. *Neurobiol Aging* 1984; 5: 35-42.
23. Hillman CH, Weiss EP, Hagberg JM, Hatfield BD. The relationship of age and cardiovascular fitness to cognitive and motor processes. *Psychophysiology* 2002; 39: 303-12.
24. Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, Banich MT, McAuley E, Harrison CR, et al. Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature* 1999; 400: 418-9.
25. Hawkins HL, Kramer AF, Capaldi D. Aging, exercise, and attention. *Psychol Aging* 1992; 7:643-53.
26. Eggermont LH, Milberg WP, Lipsitz LA, Scherder EJ, Leveille SG. Physical activity and executive function in aging: the MOBILIZE Boston Study. *J Am Geriatr Soc* 2009; 57: 1750-6.
27. Chodzko-Zajko W, Schwingel A, Park CH. Successful Aging: The Role of Physical Activity. *Am J Lifestyle Med* 2009; 3: 20-8.
28. Meisner BA, Dogra S, Logan AJ, Baker J, Weir PL. Do or decline?: comparing the effects of physical inactivity on biopsychosocial components of successful aging. *J Health Psychol* 2010; 15: 688-96.
29. Hardy S., Grogan S. Preventing disability through exercise: Investigating older adults' influences and motivations to engage in physical activity. *J Health Psychol* 2009; 14: 1036-46.
30. Schutzer KA, Graves BS. Barriers and motivation to exercise in older adults. *Prev Med* 2004; 39: 1056-61.
31. Dishman RK, Motl RW, Saunders R, Felton G, Ward DS, Dowda M, et al. Enjoyment mediates effects of a school-based physical-activity intervention. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 478-87.
32. Kolt GS, Driver RP, Giles LC. Why older Australians participate in exercise and sport. *J Aging Phys Act* 2004; 12: 185-98.
33. Hagberg LA, Lindahl B, Nyberg, L, Hellenius ML. Importance of enjoyment when promoting physical exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2009; 19: 740-7.
34. American College of Sports Medicine. *ACSM's Guideline for exercise testing and prescription seventh edition*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
35. Guderian B, Borreson LA, Sletten LE, Cable K, Stecker TP, Probst MA, et al. The cardiovascular and metabolic responses to Wii Fit video game playing in middle-aged and older adults. *J Sports Med Phys Fitness* 2010; 50: 436-42.
36. Nitz JC, Kuys S, Isles R, Fu S. Is the Wii Fit a new-generation tool for improving balance, health and well-being? A pilot study. *Climacteric* 2010; 13: 487-91.
37. Williams MA, Soiza RL, Jenkinson AM, Stewart A. EXercising with Computers in Later Life (EXCELL) - pilot and feasibility study of the acceptability of the Nintendo® WiiFit in community-dwelling fallers. *BMC Res Notes* 2010; 3: 238.
38. Etner JL, Nowell PM, Landers DM, Sibley BA. A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Res Rev* 2006; 52: 119-30.
39. O'Leary KC, Pontifex MB, Scudder MR, Brown ML, Hillman CH. The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and videogame play on cognitive control. *Clin Neurophysiol* 2011; 23.
40. Hillman CH, Snook EM, Jerome GJ. Acute cardiovascular exercise and executive control function. *Int J Psychophysiol* 2003; 48: 307-14.

41. Pontifex MB, Hillman CH, Fernhall B, Thompson KM, Valentini TA. The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 927-34.
42. Rosenberg D, Depp CA, Vahia IV, Reichstadt J, Palmer BW, Kerr J, et al. Exergames for subsyndromal depression in older adults: a pilot study of a novel intervention. *Am J Geriatr Psychiatry* 2010; 18: 221-6.
43. Maillot P, Perrot A, Hartley A. Effets d'un programme d'intervention en activité physique assisté par jeux vidéo sur les capacités physiques et cognitives chez des sujets âgés sains: exemple de la Wii™. XIème Colloque International sur le Vieillissement Cognitif, Liège, 2010.
44. Ahissar M, Hochstein S. The reverse hierarchy theory of visual perceptual learning. *Trends Cogn Sci* 2004; 8: 457-64.
45. Herzog MH, Fahle M. The role of feedback in learning a vernier discrimination task. *Vision res* 1997; 37: 2133-41.
46. Bherer L, Kramer AF, Peterson JS, Colcombe S, Erickson K, Becic E. Training effects on dual-task performance: Are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychol Aging* 2005; 20: 695-709.
47. Gopher D, Weil M, Bereket Y. Transfer of skill from a computer game trainer to flight. *Human Factors* 1994; 36: 387-405.

Points clés.

- Les jeux vidéo apparaissent comme un des facteurs de style de vie qui peut moduler le vieillissement des fonctions cérébrales.
- Les jeux vidéo sédentaires classiques semblent engendrer davantage de bénéfices cognitifs que les jeux vidéo sédentaires d'entraînement cérébral.
- Les exergames apparaissent comme une potentielle alternative à la pratique physique traditionnelle, de par les premiers bénéfices cognitifs et physiques observés.
- Les propriétés intrinsèques des jeux vidéo semblent garantir une importante accessibilité et une large attractivité pour un public senior novice.

Table 1. Tableau de synthèse des études présentées - Summary information for each study

Etude	Caractéristiques de la Population							Méthodologie employée				
	<i>n</i>	Age Eten	Age Moy	Sexe	NE Moy	Pop	Cat.	Design	Pratique Exp	Fréquence entraînement	Nb tot	Variables étudiées
Ackerman et al., 2010	78	50-71	60,7	H-F	Tout niv.	N	JVS	2 Exp	Ent Cérébral Lectures dirigées	20 séances de 1h sur 1 mois 20 séances de 1h sur 1 mois	20 20	Intelligence fluide/cristallisée* Vitesse perceptive*
Basak et al., 2008	39	NR	69,5	H-F	15,4	N	JVS	Exp vs. control	Stratégie	15 séances de 1,5h sur 4 à 5 sem	24	Fonctionnement exécutif* - Fonctions visuospatiales
Boot et al., 2008	82	NR	21,5	H-F	15,3	N	JVS	3 Exp vs. control	Action Stratégie Puzzle	15 séances de 1,5h sur 4 à 5 sem	22	Fonctions visuospatiales* Attention visuelle Fonctionnement exécutif
Clark et al., 1987	14	57-83	65,0	H-F	NR	N	JVS	Exp vs. control	Arcade - PF	2h par sem sur 7 sem	14	Temps de réaction*
Drew & Waters, 1986	13	61-78	NR	H-F	NR	N	JVS	Exp vs. control	Arcade	1h par sem sur 8 sem	8	Coordination motrice* - Dextérité manuelle* Intelligence générale et verbale* - Poursuite rotative*
Dustman et al., 1984	45	55-70	60,1	H-F	15,5	N	AP	2 Exp vs control	Aérobic Combiné	3h par sem sur 4 mois	48	Intelligence générale - Temps de réaction* - Inhibition* Mémoire immédiate* - Coordination visuomotrice*
Dustman et al., 1992	60	60-79	66,4	H-F	14,4	N	JVS	Exp vs 2 control	Arcade	3h par sem sur 11 sem	33	Temps de réaction* - Coordination visuomotrice - Dextérité digitale - Mémoire spatiale et verbale - Inhibition et flexibilité
Goldstein et al., 1997	22	69-90	77,6	H-F	NR	N	JVS	Exp vs. control	Puzzle	5h par sem sur 5 sem	25	Temps de réaction* - Inhibition
Graves et al., 2010	42	11-17 21-38 45-70	15,8 28,2 57,6	H-F	NR	N	Exer JVS AP	3 Exp	Sport Puzzle Marche-Jogging	10 min	0,2	Coût physiologique - Attractivité
Guderian et al., 2010	20	44-78	58,1	H-F	NR	N	Exer	Exp	Sport	30 min	0,5	Coût physiologique
Hawkins et al., 1992	34	63-82	68,2	H-F	NR	N	AP	Exp vs. control	Gym aquatique	3 x 45 min par sem sur 10 sem	23	Fonctionnement exécutif* - Vitesse de traitement de l'information
Kramer et al., 1999	124	60-75	NR	H-F	NR	N	AP	2 Exp	Aérobic Non Aérobic	6 mois	NR	Fonctionnement exécutif*
Maillot et al., 2010	30	65-79	73,5	H-F	11,3	N	Exer	Exp vs. control	Sport	2h par sem sur 12 sem	24	Fonctionnement exécutif* - Capacités visuo-spatiales Vitesse de traitement de l'information* - Capacités physiques*
Nitz et al., 2010	10	30-58	46,6	F	NR	S	Exer	Exp	Sport	2 x 30 min par sem sur 10 sem	10	Batterie de tests physiques*
O'Leary et al., 2011	36	18-25	21,2	H-F	NR	N	Exer JVS AP	3 Exp	Sport PF Marche-Jogging	Période isolée de 20 min préparatoire à la tâche exp	0,3	Inhibition
Rosenberg et al., 2010	19	63-94	78,7	H-F	NR	S	Exer	Exp	Sport	3 x 35 min par sem sur 12 sem	21	Evaluation cognitive globale*
Smith et al., 2009	487	65+	75,3	H-F	15,6	N	JVS	Exp vs. control	Ent cérébral	40 séances de 1h sur 8 sem	40	Différents systèmes de mémoire*
Williams et al., 2010	21	70+	76,6	H-F	NR	S	Exer	Exp vs. control	Sport	12 sem	NR	Equilibre et peur de chuter - Attractivité et faisabilité*

Note: *n* = nombre de sujets par étude; Eten = Etendue; Moy = moyenne; NE = Niveau d'Education; Pop = Population; Cat = Catégorie d'entraînement; Exp = Expérimental; Nb tot = Nombre total d'heures d'entraînement; NR= information non renseignée; H = Homme; F = Femme; Tout niv. = Tout niveau; N = population dite Normale; S = population dite Spécifique (i.e., dépressif, pathologique, traitement médical particulier); JVS = Jeux vidéo Sédentaire; Exer = Exergame; AP = Activité Physique; Ent = Entraînement; PF = Plate-Forme; h = heure(s); min = minute(s); sem = semaine(s); * = effet significatif sur la ou les variables étudiées.