

JEUX VIDÉO ACTIFS, MATHÉMATIQUES ET ÉDUCATION PHYSIQUE : LE CAS DE LA PLATEFORME PLAY LÜ

Patrick Fargier, Valerian Cécé, Guillaume Girod, Nicolas Burel, Jimmy Serment, Cédric Roure,
Vanessa Lentillon-Kaestner

Haute École Pédagogique du canton de Vaud

Mots clés : jeux vidéo actifs, plateforme Play Lü[®], éducation physique, mathématiques

Résumé : Des travaux scientifiques ont mis en exergue des liens étroits entre le mouvement humain et la cognition numérique. Ils plaident ainsi en faveur de la mise en place, à l'école, de croisements entre éducation physique et mathématiques. L'émergence de jeux vidéo actifs pourrait favoriser de tels croisements, possibilité que le présent article envisage dans le cas de la plateforme Play Lü[®], en appui sur la littérature quant aux relations entre arithmétique, rotation mentale et motricité.

INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, on assiste au développement d'une diversité de technologies numériques qui ont impacté les jeunes générations. Récemment, des jeux vidéo dits actifs (JVA) ont été développés ; ces jeux amènent à interagir avec un environnement numérique non pas via le maniement d'un clavier ou d'un joystick, mais par le biais de mouvements corporels plus globaux tels qu'une locomotion ou un lancer de balle. Dans certains JVA, cette interaction a en outre cours dans le cadre de la réalisation d'une tâche cognitive (e.g., un calcul mental). L'école s'étant ouverte à certaines technologies numériques et encourageant l'interdisciplinarité, on peut se demander si de tels JVA peuvent avoir un impact positif sur les apprentissages scolaires. Dans le cadre de cet écrit, la réflexion se centrera sur les possibles effets d'apprentissage de JVA associant mouvement et contenus mathématiques.

D'une manière générale, il sied de noter que tout JVA est, à l'instar des jeux vidéo classiques, conçu pour être attractif. Les JVA sont ainsi censés favoriser l'engagement et l'attention dans les tâches qu'ils appellent à effectuer. En s'appuyant initialement sur une visée ludique et commerciale, les jeux vidéo dans leur ensemble ont des caractéristiques censées maintenir la concentration des utilisateurs (King, Delfabbro & Griffiths, 2010). L'environnement audio-visuel de ces jeux, avec des graphismes et des sons qui accompagnent l'évolution des pratiquant·e·s, contribue à capter leur attention et à augmenter durablement leur investissement. Il s'ajoute à cela le côté immersif proposé via une narration propre à l'environnement digital. De plus, dans la majorité des cas, les JVA permettent un paramétrage des situations afin d'en adapter la difficulté et la complexité à chaque pratiquant·e. Un tel paramétrage peut en outre être réitéré à volonté, ce qui aide à la répétition, aspect fondamental du processus d'apprentissage (e.g., Greene, 2008). Enfin, ce type d'outils favorise les feedbacks sans coût humain important. Les pratiquant·e·s obtiennent un retour fréquent, objectif et précis sur la performance réalisée, ce qui peut favoriser l'apprentissage (e.g., Wisniewski, Zierer & Hattie, 2020). Il est ainsi envisageable que les JVA, de par leur propension à favoriser l'engagement, le dosage de la difficulté des tâches, la répétition et l'apport de feedbacks, puissent impacter positivement l'apprentissage des tâches qu'ils proposent. La pratique d'un JVA pourrait ainsi se révéler utile aux apprentissages scolaires en mathématiques, si tant est que ce JVA intègre une tâche pertinente au regard des attendus dans cette branche.

Les mouvements suscités par la pratique des JVA pourraient en outre potentialiser de tels apprentissages, en particulier dans le cas de l'arithmétique. Les travaux sur la cognition numérique ont en effet suggéré

que certains aspects du traitement numérique ou des opérations sur les nombres¹ s'enracinent dans des mouvements corporels expérimentés en amont (e.g., Fischer & Shaki, 2018)². Il en résulterait des liens pérennes entre motricité et cognition numérique, ce qui pourrait notamment concourir à expliquer que certains gestes déictiques (i.e., des gestes de pointage utilisés pour désigner quelque chose) sont de nature à sous-tendre la production de représentations pertinentes en mathématiques (e.g., Goldin-Meadow, Cook & Mitchell, 2009)³.

Plusieurs travaux en neuro-imagerie ont en tout état de cause mis en évidence une activation fonctionnelle accrue du cortex prémoteur, connu pour jouer un rôle clé dans la préparation du mouvement, lors d'un calcul mental effectué en l'absence de tout mouvement (e.g., Hanakawa et al., 2002). D'autres travaux (e.g., Khayat, Champely, Diab, Rifai Sarraj & Fargier, 2019 ; 2021) ont suggéré que le contrôle de la direction d'un mouvement, horizontal ou vertical, et la réalisation de tâches numériques pourraient requérir des mécanismes attentionnels similaires, ce qui tiendrait à ce que les représentations mentales des nombres sont spatialement structurées (sur une ligne, horizontale ou verticale)⁴. Les nombres seraient ainsi mentalement représentés en ordre croissant depuis la gauche vers la droite ou depuis le bas vers le haut, chez un sujet occidental, ce qui induirait des focus attentionnels spatialement orientés, par exemple vers la droite durant une addition mentale (Knops, Viarouge & Dehaene, 2009), et interférerait avec le contrôle de la direction d'un mouvement horizontal.

Par ailleurs, la capacité à effectuer certaines tâches numériques⁵ s'est avérée liée au niveau d'efficacité dans la réalisation de tâches de rotations mentales, la capacité de rotation mentale⁶ étant l'une des capacités intellectuelles de base (Johnson & Bouchard, 2005). Or, plusieurs études ont montré un lien entre les résultats obtenus à des tests de rotation mentale et le niveau de performance dans des activités physiques mobilisant les capacités spatiales (e.g., Hoyek, Champely, Collet, Fargier & Guillot, 2014). Il est ainsi envisageable que la relation entre mouvement et tâches numériques puisse tenir, pour partie, à la capacité de rotation mentale. Peu d'études ont porté à la fois sur la rotation mentale, l'activité physique et les mathématiques, mais on dispose de résultats indiquant un possible effet conjoint d'une pratique physique

¹ On se reporte ici au distinguo opéré par Arsalidou, Pawliw-Levac, Sadeghi et Pascual-Leone (2018) entre : (1) « *number tasks* » intégrant des nombres et/ou quantités sans requérir de calcul formel et (2) « *calculation tasks* » requérant en outre l'application de règles de calcul pour opérer sur des nombres. On parlera ici par convention de traitement numérique dans le premier cas et d'opérations sur les nombres dans le second ; par commodité, on regroupera en outre ces deux types de tâches sous le vocable de tâches numériques.

² Le recours aux doigts pour apprendre à compter et calculer semble illustrer cette relation entre motricité et cognition numérique. Cette relation ne concerne pas que les enfants et perdure à l'âge adulte. La gnose des doigts (capacité à percevoir, discriminer et se représenter ses propres doigts) est ainsi un prédicteur de la performance dans diverses tâches numériques chez l'enfant (e.g., Soylu, Raymond, Gutierrez & Newman, 2017) et l'adulte (e.g., Penner-Wilger, Waring & Newton, 2014).

³ Dans cette étude, des enfants de 9-10 ans apprenaient à trouver un terme manquant dans un énoncé présentant deux sommes égales (e.g., $4 + 5 + 7 = _ + 7$), en appui sur une consigne voulue clarifier l'intention à adopter (« *I want to make one side equal to the other side* », i.e., « je veux faire en sorte que chaque côté soit égal à l'autre »). En ce cadre, le recours à l'index et au majeur formant un « V », pour désigner les deux nombres à ajouter afin de trouver le terme manquant, est apparu favoriser l'apprentissage.

⁴ Une série d'études a montré que les grandeurs numériques sont ordonnées mentalement de façon croissante sur une ligne. L'une des démonstrations de cette relation entre nombres et espace réside dans la découverte de l'effet SNARC (« *Spatial Numerical Association of Response Codes* ») par Dehaene, Bossini et Giraux (1993). Dans cette étude, un nombre apparaissait sur un écran et les sujets, assis devant l'écran, devaient juger ce nombre en tant que pair ou bien impair puis indiquer leur jugement en usant de leurs mains. Il s'agissait tantôt d'utiliser la main gauche dans le cas d'un nombre jugé pair et la droite, dans le cas d'un nombre jugé impair, tantôt d'utiliser la main droite dans le cas d'un nombre jugé pair et la gauche, dans le cas d'un nombre jugé impair. Des sujets français se sont avérés répondre plus vite avec la main gauche quand le nombre présenté était petit (comparativement à un nombre plus grand) et avec la main droite quand le nombre présenté était grand (comparativement à un nombre plus petit). Cet effet est apparu culturellement dépendant, étant par exemple inversé chez des sujets habitués à un sens d'écriture de droite à gauche (Zebian, 2005). D'autres effets SNARC ont été mis en évidence, en particulier un effet SNARC vertical (Knops, 2018).

⁵ Par exemple : une tâche d'addition avec un terme manquant dans le cas d'enfants de 6-8 ans (Cheng & Mix, 2014) ou de comparaison de nombres par des adultes (Thompson, Nuerk, Moeller & Kadosh, 2013).

⁶ La capacité de rotation mentale est la capacité d'un sujet à faire pivoter l'image mentale d'un objet (en 2D ou 3D), ce qui permet notamment de s'imaginer la vue qu'on en aurait une fois cette rotation achevée (e.g., Voyer, Voyer & Bryden, 1995).

sur la performance à un test de rotation mentale et l'efficacité dans une tâche numérique (e.g., Fargier, Bal & Massarelli, 2016).

Un ensemble de résultats scientifiques vient ainsi supporter l'idée que des ponts pourraient être créés entre mathématiques et éducation physique et sportive (EPS) à l'école. La mise en place de tels ponts a été suggérée dans le champ professionnel (e.g., Nilges & Usnick, 2000), ce qui a notamment suscité des propositions d'enseignements interdisciplinaires⁷.

Malgré les avancées de la recherche sur les relations entre mouvement et cognition numérique ou rotation mentale, l'essor de telles pratiques professionnelles a été relativement modéré jusqu'ici, possiblement en raison d'un manque d'outils spécifiquement dédiés. Certains JVA pourraient contribuer à combler ce manque, en proposant des jeux qui intègrent des problèmes cognitifs, notamment de mathématiques, et des tâches motrices, par exemple de lancer de balle pour indiquer la réponse trouvée à un problème cognitif. La plateforme Play Lü^{®8}, dont s'est dotée récemment la Haute École Pédagogique du canton de Vaud, intègre ainsi des JVA de nature à intéresser à la fois l'enseignant·e en mathématiques et l'enseignant·e en EPS. Les pratiquant·e·s sont ici immergés dans des jeux projetés sur un mur (image de 6 m sur 3 m) et intégrant une série d'animations audiovisuelles. À la différence des premiers JVA (e.g., Nintendo Wii[®], Microsoft Kinect[®]), cette plateforme n'a pas été uniquement conçue pour une logique de divertissement, mais également pour répondre à des enjeux éducatifs et s'adresse avant tout à une clientèle située dans le monde de l'enseignement. Dans l'essentiel des cas, les pratiquant·e·s interagissent avec l'application via des lancers de balle, dont l'impact est détecté par le système Lü. Cette plateforme a aussi l'originalité de proposer, outre des jeux en individuel ou en duel, des jeux sur un mode collectif, purement coopératif ou inter-équipes, ce qui est susceptible de favoriser l'engagement des pratiquant·e·s (Moss et al., 2018).

L'objet de cet article est ainsi d'envisager l'intérêt des jeux proposés par la plateforme Play Lü[®], au regard des liens entre motricité et cognition numérique ou rotation mentale qu'ils suscitent.

DÉMARCHE

Les jeux vidéo actifs de la plateforme Play Lü[®] renvoyant à une diversité de champs (arts visuels, géographie, langues, etc.)⁹, il a d'abord fallu circonscrire ceux qui, dans une même session de jeu, appellent à mobiliser des ressources motrices et intègrent des tâches numériques ou de nature à mobiliser la capacité de rotation mentale (Fig. 1).

Parmi les 41 applications inventoriées, trois peuvent être qualifiées d'utilitaires dans le sens où elles servent d'outils au service d'autres jeux¹⁰ : Teäms permet ainsi de constituer aléatoirement des équipes. En outre, 11 applications ciblent spécifiquement la motricité ou la corporéité des sujets¹¹, comme Bëep qui permet une évaluation de la vitesse maximale aérobie. Une part notable des applications (20 applications) n'a de rapport direct ni à la rotation mentale, ni aux mathématiques¹² : Minemot appelle ainsi à composer un mot, dont le désigné est exprimé sous forme de dessin, à partir de lettres présentées à l'écran.

⁷ Par exemple, dans le cas de la France, les enseignements pratiques interdisciplinaires (EPI) : <https://eduscol.education.fr/document/17086/download>.

⁸ <https://play-lu.com/fr/>

⁹ Pour une présentation de ces applications : <https://play-lu.com/fr/applications/> (au 24 décembre 2021, 41 applications étaient inventoriées).

¹⁰ Ces trois applications sont : Chrono, Scoreboard et Teäms.

¹¹ Ces 11 applications sont : Bëep, Corner, Dojo, Dunk, Gaïa, Galactic, Mire, Relé, Roar, Tactik et Touchdown.

¹² Ces 20 applications sont : Bülle, Brüşh, Germ, Grüb, Jam, Lëaf, Lüvia, Minemot, Mööd, Phÿs, Pila, Pixël, Scala, Shäpes, Stória, Swët, Twins, Vika 2.0, Wörlds et Zoo.

Sept applications ont à terme été sélectionnées qui sont de deux types : (1) applications intégrant des tâches motrices et des tâches numériques (Constello, Newton 2.0, Sphynx et Wak) et (2) applications associant motricité et rotation mentale (Danza, Gröëve et Puzz).

Afin de spécifier l'intérêt de ces applications dans le cadre d'enseignements qui associeraient mathématiques et EPS, celles-ci ont été examinées à la lumière des connaissances scientifiques disponibles quant aux relations entre motricité et (1) cognition numérique ou (2) rotation mentale.

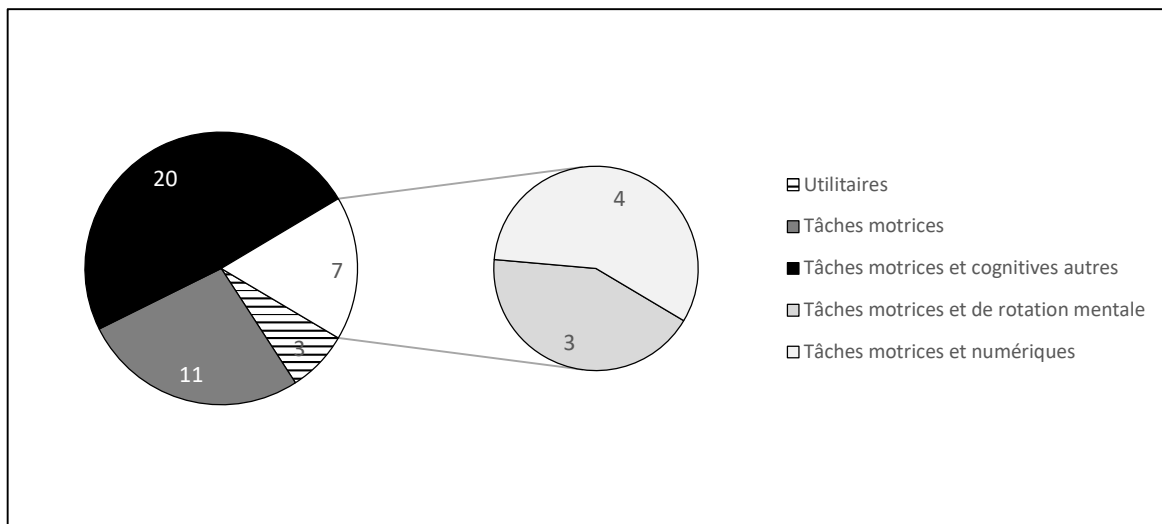


Fig. 1 : Typologie des applications de Play Lü®

ANALYSES PROSPECTIVES

Play Lü, motricité et nombres : un impact sur l'efficacité dans des tâches numériques ?

Quatre applications proposent des jeux intégrant des tâches motrices et numériques : Wak, Newton 2.0, Constello et Sphynx.

Dans le cas de Wak, l'écran montre des lapins sortant sporadiquement de leur terrier en tenant une affichette sur laquelle est inscrit un nombre. Une information est donnée aux pratiquant·e·s, invitant à une comparaison de nombres, par exemple, « < 8 ». Les pratiquant·e·s doivent lancer une balle sur chaque lapin présentant un nombre correspondant à cette information.

Newton 2.0 renvoie à une mécanique de jeu voisine. Il s'agit d'effectuer mentalement une opération s'affichant sur un écran avec, en dessous, six résultats possibles indiqués dans des cercles. L'opération étant réalisée (selon le niveau des élèves et de la difficulté de l'opération, en recourant au répertoire mémorisé et/ou via un calcul réfléchi), le·la pratiquant·e doit lancer une balle sur l'un des six cercles à l'intérieur desquels sont indiqués des résultats possibles (Fig. 2).

Les applications Constello et Sphynx requièrent quant à elles la détermination d'un point à partir de ses coordonnées dans un système orthonormé. Dans le cas de Constello, un point est à trouver dans le système d'axes, en fonction de coordonnées fournies ; il s'agit à terme de lancer une balle sur le point jugé correspondre à ces coordonnées (Fig. 2). Dans le cas de Sphynx, on dispose *a priori* de solutions possibles, sous forme de points indiqués par des avatars, et il s'agit de sélectionner celle qui renvoie au couple de valeurs fourni, pour lancer une balle sur l'avatar correspondant.


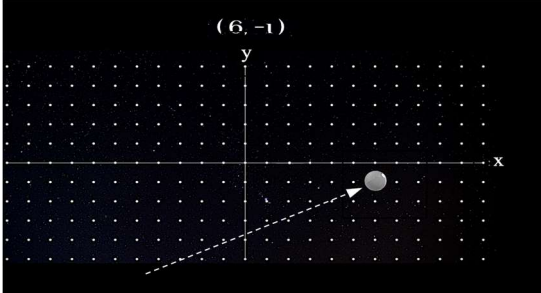
Newton 2.0 ¹³
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>But : effectuer mentalement l'opération présentée et lancer une balle sur le nombre correspondant au résultat</p> <p>Aménagement matériel : image présentant une opération et six résultats possibles</p> <p>Aménagement humain : pratiquant·e·s face à l'écran, pratique contre un adversaire possible (cf. ci-contre)</p> <p>Variantes : opérations, niveaux de difficulté, etc.</p> </div> </div>
Constello ¹⁴
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>Balle lancée par le·la pratiquant·e</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>But : trouver un point à partir de ses coordonnées (couple de valeurs) sur un système d'axes orthonormés et lancer une balle sur celui-ci</p> <p>Aménagement matériel : image présentant un système d'axes orthogonaux, un couple de valeurs et une série de points dont l'un correspond à ce couple de valeurs</p> <p>Aménagement humain : pratiquant·e·s face à l'écran, pratique contre un adversaire possible</p> <p>Variantes : valeurs (exclusivement positives ou non), etc.</p> </div> </div>

Fig. 2 : Exemples d'applications de Play Lü® intégrant tâches motrices et numériques

Les cas de Wak et Newton 2.0 peuvent être mis en perspective avec les résultats d'études relatives au mouvement humain et au concept de ligne mentale numérique tel qu'il a été explicité ci-avant (Introduction)¹⁵. De telles études ont d'abord avéré un effet d'interférence d'un mouvement lent et horizontal ou vertical sur l'effectuation d'une tâche numérique concomitante à ce mouvement. Il a ainsi été montré, chez des sujets européens¹⁶, qu'un mouvement de bras vers la gauche ou le bas est défavorable à la réalisation d'une addition mentale, comparativement à un mouvement de bras vers la droite ou le haut (Wiemers, Bekkering & Lindemann, 2014). Plus récemment, dans le cas de mouvements à haute intensité, horizontaux ou verticaux, des résultats ont étayé l'idée d'une focalisation de l'attention sur le plan optimal

¹³ Pour une présentation de Wak, voir : <https://play-lu.com/fr/applications/>

¹⁴ Pour une présentation de Sphynx, voir : <https://play-lu.com/fr/applications/>

¹⁵ Comparer des nombres (Wak) peut conduire à se les représenter mentalement sur une ligne. Effectuer mentalement des opérations (Newton 2.0) peut également s'opérer en appui sur une telle représentation des nombres.

¹⁶ Ces sujets étaient donc habitués à se représenter mentalement les nombres en ordre croissant sur une ligne orientée de gauche à droite ou de bas en haut.

de mouvement¹⁷ suite à une comparaison de nombres, une addition, une soustraction ou une multiplication mentalement effectuée (Khayat et al., 2021).

En pratiquant Wak et Newton 2.0, les sujets enchaînent des comparaisons de nombres ou des opérations. Il est ainsi possible que cela favorise la mobilisation de processus d'attention visuo-spatiale requis par le lancer et que ce mouvement favorise en retour la mobilisation de processus attentionnels requis pour se représenter les nombres et/ou opérer sur eux. Le cas de la détermination de coordonnées dans un système d'axes orthonormés, requise dans Constello et Sphinx, a été sensiblement moins étudié dans ses rapports avec le mouvement humain. L'idée de processus d'attention communs à la spécification d'une abscisse et d'une ordonnée et à la réalisation d'une visée pour lancer une balle sur le point correspondant semble cependant un possible à considérer. Dans ces jeux, il s'agit en effet, à partir d'un couple de valeurs (coordonnées), de déterminer un point sur un système d'axes orthogonaux, l'un étant horizontal et l'autre vertical, projeté sur un mur (Fig. 2). Ce dispositif matériel aide donc à se représenter mentalement les coordonnées à traiter sur deux lignes numériques, l'une horizontale, l'autre verticale. Il pourrait, sur cette base, favoriser la mise en place d'une stratégie permettant de déterminer le point correspondant à ces coordonnées. Il est aussi envisageable que la dynamique de spécification d'un point à partir d'un couple de valeurs (coordonnées) influe sur la réalisation d'une visée pour lancer, conduisant à imaginer celle-là en fonction d'une abscisse et d'une ordonnée, à l'instar d'un geste déictique, ce qui pourrait favoriser la précision du lancer et la spécification d'un point suite à celui-là.

En définitive, on dispose d'indices suggérant que quatre applications de Play Lü® (Wak, Newton 2.0, Constello et Sphinx) intégrant des tâches numériques puissent solliciter une motricité de nature à favoriser une efficacité accrue dans ces tâches numériques. Il en va d'hypothèses qui, si elles sont à vérifier, suggèrent l'intérêt de l'intégration entre tâches numériques et tâches motrices proposées dans ces jeux.

Play Lü, motricité et rotation mentale : développer une capacité utile en mathématiques ?

Si trois applications apparaissent de nature à solliciter la rotation mentale en relation avec la motricité, cette sollicitation n'est pas la même selon qu'il s'agit, d'une part, de Danza ou Grööve, d'autre part, de Puzz (Fig. 3).

Durant une session de Danza ou de Grööve (Fig. 3), chaque pratiquant·e doit reproduire les mouvements d'un avatar qui lui fait face. Dans le cas de mouvements asymétriques, les pratiquant·e·s voient ainsi un avatar qui lève son bras droit effectuer ce mouvement à leur gauche. La rotation mentale est alors potentiellement sollicitée pour « se mettre à la place » de l'avatar ou imaginer l'avatar vu de dos. Dans le cas de Puzz (Fig. 3), la logique est autre puisque les pratiquant·e·s effectuent potentiellement la rotation mentale de fragments d'une image déstructurée (à recomposer) pour déterminer tel fragment à faire tourner via un lancer de balle qui l'atteindrait. Si le recours à la rotation mentale est ici potentiel, il peut être induit moyennant des consignes de jeu¹⁸. En imaginant que de telles consignes soient appliquées, se pose la question de l'effet de ces jeux sur la performance en rotation mentale et des éventuelles répercussions dans la réalisation de tâches de traitement numérique ou d'opérations sur les nombres.

La question des possibilités de transfert d'un acquis dans une tâche de rotation mentale, au-delà de ce type de tâches et des stimuli traités, fait débat même s'il a été montré qu'un tel transfert est possible (e.g.,

¹⁷ Lorsqu'un sujet réalise un mouvement tel qu'un saut vertical, depuis une position statique sur un support horizontal, jambes semi-fléchies et mains sur les hanches, son centre de masse doit idéalement se déplacer dans le plan vertical. On peut ainsi considérer qu'il s'agit ici du plan optimal de mouvement.

¹⁸ Le recours systématique à la rotation mentale n'est pas garanti dans les applications ici considérées. Dans les cas de Danza et Grööve, il est possible de réaliser la tâche via le recours à des règles d'action évitant toute rotation mentale (e.g. : « je réalise à droite ce que je vois réalisé à gauche par l'avatar »). Dans le cas de Puzz, il est possible de pilonner les carrés présentés à l'écran sans stratégie préétablie jusqu'à ce qu'on constate une restructuration de l'image que composent ces carrés. Des consignes de jeu ou des aménagements peuvent cependant induire un recours à la rotation mentale. Ainsi, dans le cas de Danza ou de Grööve, il est possible de demander aux pratiquant·e·s d'agir en s'imaginant à la place de l'avatar.

Wallace & Hofelich, 1992)¹⁹. Cette question est d'autant plus pertinente qu'on peut user de différentes stratégies pour effectuer une rotation mentale (Kosslyn, Ganis & Thompson, 2001), notamment une stratégie visuelle (e.g., imaginer un stimulus tourner sous l'effet de forces extérieures à soi) et une stratégie motrice (e.g., s'imaginer faire tourner soi-même un stimulus).

Or, les travaux de recherche ayant suggéré que la rotation mentale constitue l'une des capacités intellectuelles de base portent essentiellement sur des tâches de rotation mentale bien particulières. Il s'agit de tâches visant à comparer des images de structures composées de cubes ou de carrés (Johnson & Bouchard, 2005), tâches susceptibles de favoriser une stratégie visuelle et qui n'incitent pas à une stratégie motrice (Tomasino & Rumiati, 2013).


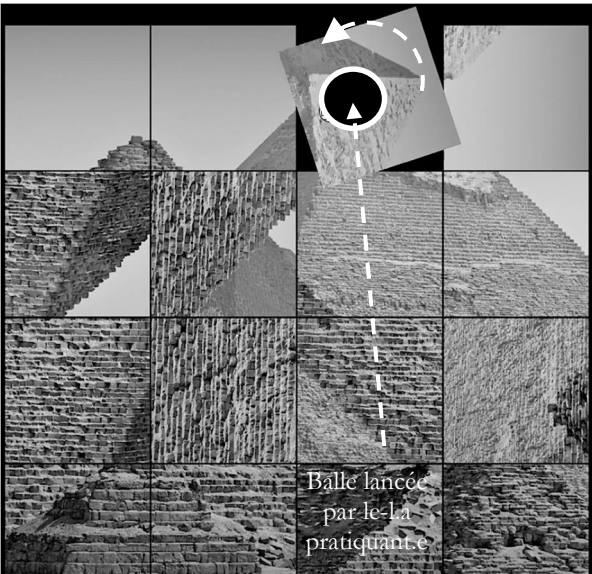
Application Gröove ²⁰	
	<p>But : reproduire les mouvements montrés à l'écran</p> <p>Aménagement matériel : image animée présentant une chorégraphie projetée sur un écran de 6 m x 3 m</p> <p>Aménagement humain : pratiquant·e·s face à l'écran</p> <p>Variantes : différentes chorégraphies, différents tempos, etc.</p>
Application Puzz	
	<p>But : recomposer une image (ci-contre, un paysage avec deux pyramides) à partir de fragments de cette image placés au bon endroit, mais mal orientés</p> <p>Aménagement matériel : image fragmentée en carrés dont les orientations respectives déstructurent l'image, les carrés tournant d'un quart de tour (toujours dans le même sens) lorsqu'ils sont touchés par une balle</p> <p>Aménagement humain : possibilité de pratiquer seul·e ou à plusieurs en mode coopératif ou compétitif (plusieurs images possibles en parallèle)</p> <p>Variantes : différentes images à recomposer</p>

Fig. 3 : Exemples d'applications de Play Lü® intégrant tâches motrices et rotation mentale

¹⁹ Wallace et Hofelich (1992) ont avéré l'effet positif d'un entraînement en rotation mentale à partir de formes dissymétriques sur l'efficacité à réaliser des tâches dites d'analogie géométrique. Dans ces tâches, un premier dessin représentait une situation initiale, par exemple, un cercle au-dessus duquel un rectangle noir était placé. Un deuxième dessin représentait une transformation du précédent : le rectangle noir était par exemple placé à l'intérieur du cercle (transformation « move ») et dédoublé (transformation « add »), le double étant coloré en blanc (transformation « shading »). Une troisième image exposait une nouvelle situation initiale, par exemple, un hexagone et, au-dessus de celui-là, un demi-disque noir. Les sujets devaient identifier la transformation dont rendaient compte les deux premières images et procéder par analogie pour déterminer quelle image correspondrait à la transformation de la troisième.

²⁰ Pour une présentation de Danza, voir : <https://play-lu.com/fr/applications/>

Dans les cas de Danza et Gröëve, il peut sembler qu'on place les pratiquant·e·s dans des contextes d'exercice de la rotation mentale différents de ceux mentionnés ci-dessus. Dans ces deux jeux, les stimuli sont des avatars de danseurs. Les tâches à réaliser (reproduire les mouvements d'un avatar) peuvent en outre susciter une identification à l'avatar favorisant une stratégie motrice. Pour autant, des travaux ont montré que la pratique d'activités physiques sollicitant les capacités spatiales, e.g., la lutte, suscite un progrès significatif dans des tâches de rotation mentale appelant à comparer des structures à base de cubes (e.g., Habacha, Lejeune-Poutrain, Margas & Molinaro, 2014). On dispose en outre de résultats indiquant qu'il pourrait en être de même de la pratique de la danse (e.g., Jansen, Kellner & Rieder, 2013)²¹. Il est ainsi envisageable que la pratique des JVA Danza ou Gröëve suscite un progrès dans des tâches de rotation mentale requérant la comparaison de dessins de structures composées de cubes. Il est en outre possible que ce progrès impacte positivement la réalisation de tâches numériques puisqu'un lien entre la performance dans le type de tâches de rotation mentale ici considéré et différentes tâches numériques a été avéré (e.g., Thompson et al., 2013).

L'application Puzz utilise également des tâches et stimuli différents de ceux exploités dans les tests de ce type. On ne dispose en outre pas de repère qui aiderait à envisager les possibles effets de transfert d'un acquis en rotation mentale dans le cadre de Puzz. On ne peut donc ici guère que considérer ces effets en tant que possibles appelant une vérification.

En définitive, Play Lü[®] propose, avec Danza, Gröëve et Puzz, trois applications pouvant favoriser un progrès en rotation mentale. Les effets de transfert d'un acquis dans les tâches proposées par ces jeux sur des tâches de rotation mentale classiquement associées à la performance intellectuelle semblent possibles même s'ils demeurent à vérifier. Similairement, l'impact de la pratique de ces applications sur la réalisation de tâches de traitement numérique ou d'opérations sur les nombres est à vérifier, des effets positifs étant crédibles (Fargier et al., 2016).

PERSPECTIVES

On dispose d'indications suggérant que sept JVA proposés par la plateforme Play Lü[®] puissent présenter un intérêt pour ce qui est des mathématiques. Au-delà d'un classique impact sur l'engagement des pratiquant·e·s, les mouvements mobilisés durant ces JVA pourraient aider à réaliser une tâche numérique ou à progresser en rotation mentale. Les analyses développées dans le présent article suggèrent en tout état de cause l'intérêt de développer des connexions entre éducation physique et mathématiques à l'école, plaidant ainsi en faveur d'une réflexion à la mise en place de croisements entre domaines tels que le Plan d'Études Romand l'a esquissée.

Il convient certes de mettre les hypothèses présentées à l'épreuve des faits, ce qu'a notamment favorisé un soutien de la Haute École Pédagogique du canton de Vaud via son fonds de réserve et d'innovation (FRI). En ce sens, une étude des effets conjoints de Constello et Sphynx sur la précision en lancer de balle et sur la détermination d'un point à partir de ses coordonnées dans un système d'axes orthonormés a ainsi été effectuée. Les résultats, indiquant un effet positif de ces JVA sur la l'identification d'un point dans un système orthonormé et sur la précision en lancer de balle, sont en cours de valorisation²². Une étude de l'impact d'une pratique de Gröëve sur les résultats à un test de rotation mentale avec des structures à base de cubes comme stimuli et à une série de tests intéressant les mathématiques (comparaison de nombres et

²¹ Dans cette étude, les auteurs ont montré un effet positif de la pratique de la danse par de jeunes enfants sur le score à un test de rotation mentale. Il s'agit du « *Pet Mental rotation Test* » dont chaque item présente un dessin (animal) de référence sur le côté gauche d'une feuille avec, à sa droite, quatre dessins dont deux correspondent au dessin de référence après rotation dans le plan contenant l'image et deux autres, à des images en miroir de cette référence. Le sujet doit trouver les deux dessins identiques au dessin de référence. On a ainsi un test dont le design est similaire à celui du classique test de Vandenberg et Kuse (1978) dont les stimuli sont des images de structures à base de cubes.

²² Ont participé à cette étude, dans le cadre du projet « Lü Move_&_Learn », par ordre alphabétique : Magali Bovas, Valerian Cécé, Etienne Chabloz, Patrick Fargier, Guillaume Girod, Vanessa Lentillon-Kaestner, Cédric Roure, Jimmy Serment, Benoît Tonetti.

de collections de points, addition, soustraction et multiplication mentale, positionnement d'un nombre sur un segment de droite borné par des valeurs, détermination du nombre correspondant à une marque sur un tel segment) est en outre en cours au moment où est rédigé le présent article²³.

BIBLIOGRAPHIE

- Arsalidou, M., Pawliw-Levac, M., Sadeghi, M. & Pascual-Leone, J. (2018). Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analyses of fMRI studies. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 239-250. <https://dx.doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.002>
- Cheng, Y.-L. & Mix, K. S. (2014). Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition and Development*, 15(1), 2-11. <https://dx.doi.org/10.1080/15248372.2012.725186>
- Dehaene, S., Bossini, S. & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371-396. <https://dx.doi.org/10.1037//0096-3445.122.3.371>
- Fargier, P., Bal, O. & Massarelli, R. (2016). Mental rotation and mathematical Abilities – Effect of Physical Education. Dans L. Gómez Chova, A. López Martínez, & I. Candel Torres (dir.), *EDULEARN16 Proceedings* (pp. 2667- 2674). IATED Academy.
- Fischer, M. H. & Shaki, S. (2018). Number concepts: abstracts and embodied. *Philosophical Transactions B*, 373, 1752. <https://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0125>
- Goldin-Meadow, S., Cook, S. W. & Mitchell, Z. A. (2009). Gesturing gives children new ideas about math. *Psychological Science*, 20(3), 267-272. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02297.x>
- Greene, R. L. (2008). Repetition and spacing effects. Dans H. L. Roediger (dir.), *Learning and memory: A comprehensive reference. Vol. 2: Cognitive psychology of memory* (pp. 65-78). Oxford, England: Elsevier.
- Habacha, H., Lejeune-Poutrain, L., Margas, N. & Molinaro, C. (2014). Effects of the axis of rotation and primordially solicited limb of high level athletes in a mental rotation task. *Human Movement Science*, 37, 58-68. <https://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2014.06.002>
- Hanakawa, T., Honda, M., Sawamoto, N., Okada, T., Yonekura, Y., Fukuyama, H. & Shibasaki, H. (2002). The role of rostral Brodmann area 6 in mental-operation tasks: An integrative neuroimaging approach. *Cerebral Cortex*, 12(11), 1157-1170. <https://dx.doi.org/10.1093/cercor/12.11.1157>
- Hoyek, N., Champely, S., Collet, C., Fargier, P. & Guillot, A. (2014). Is mental rotation ability a predictor of success for motor performance? *Journal of Cognition and Development*, 15, 495-505. <https://dx.doi.org/10.1080/15248372.2012.760158>
- Jansen, P., Kellner, J. & Rieder, C. (2013). The improvement of mental rotation performance in second graders after creative dance training. *Creative Education*, 4(6), 418-422. <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2013.46060>
- Johnson, W. & Bouchard, T. J. (2005). The structure of human intelligence: It is verbal, perceptual, and image rotation (VPR), not fluid and crystallized. *Intelligence*, 33, 393-416. <https://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2004.12.002>
- Khayat, J., Champely, S., Diab, A., Rifai Sarraj, A. & Fargier, P. (2019). Effect of mental calculus on the performance of complex movements. *Human Movement Science*, 66, 347-354. <https://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2019.05.008>

²³ Participant à cette étude dans le cadre du projet « Lùmens » : Magali Bovas, Nicolas Burel, Valérian Cécé, Patrick Fargier, Guillaume Girod, Vanesa Lentillon-Kaestner, Cédric Roue, Jimmy Serment.

- Khayat, J., Champely, S., Diab, A., Rifai Sarraj, A. & Fargier, P. (2021). Effect of mental calculation and number comparison on a manual-pointing movement. *Motor Control*, 25(1), 44-58. <https://dx.doi.org/10.1123/mc.2019-0071>
- King, D., Delfabbro, P. & Griffiths, M. (2010). Video game structural characteristics: A new psychological taxonomy. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 8(1), 90–106. <https://dx.doi.org/10.1007/s11469-009-9206-4>
- Knops, A. (2018). Neurocognitive evidence for spatial contributions to numerical cognition. Dans A. Henik & W. Fias (dir.), *Heterogeneity of Function in Numerical Cognition* (pp. 211–232). Elsevier Academic Press. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811529-9.00011-X>
- Knops, A., Viarouge, A. & Dehaene, S. (2009). Dynamic representations underlying symbolic and nonsymbolic calculation: Evidence from the operational momentum effect. *Attention Perception and Psychophysics*, 71(4), 803–821. <https://dx.doi.org/10.3758/APP.71.4.803>
- Kosslyn, S. M., Ganis, G. & Thompson, W. L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 635-642, <https://dx.doi.org/10.1038/35090055>
- Moss, T., Feltz, D. L., Kerr, N. L., Smith, A. L., Winn, B. & Spencer, B. (2018). Intergroup competition in exergames: Further tests of the Köhler effect. *Games for Health Journal*, 7(4), 240-245. <https://dx.doi.org/10.1089/g4h.2017.0122>
- Nilges, L. & Usnick, V. (2000). The role of spatial ability in physical education and mathematics. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 71(6), 29-33. <https://dx.doi.org/10.1080/07303084.2000.10605158>
- Penner-Wilger, M., Waring, R. J. & Newton, A. T. (2014). Subitizing and finger gnosis predict calculation fluency in adults. Dans P. Bello, M. Guarini, M. McShane, & B. Scassellati (dir.). *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1150–1155). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Soylu, F., Raymond, D., Gutierrez, A. & Newman, S. D. (2017). The differential relationship between finger gnosis, and addition and subtraction: An fMRI study. *Journal of Numerical Cognition*, 3, 694–715. <https://dx.doi.org/10.5964/jnc.v3i3.102>
- Thompson, J. M., Nuerk, H.-C., Moeller, K. & Kadosh, R. C. (2013). The link between mental rotation ability and basic numerical representations. *Acta Psychologica*, 144, 324-331. <https://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.05.009>
- Tomasino, B. & Rumiati, R. I. (2013). At the mercy of strategies: The role of motor representations in language understanding. *Frontiers in Psychology*, 4, 235-247. <https://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00027>
- Vandenberg, S. G. & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604. <https://dx.doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
- Voyer, D., Voyer, S. & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117, 250-270. <https://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250>
- Wallace, B. & Hofelich, B. G. (1992). Process generalization and the prediction of performance on mental imagery tasks. *Memory and Cognition*, 20(6), 695-704. <https://dx.doi.org/10.3758/BF03202719>
- Wiemers, M., Bekkering, H. & Lindemann, O. (2014). Spatial interferences in mental arithmetic: Evidence from the motion–arithmetic compatibility effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(8), 1557-1570. <https://dx.doi.org/10.1080/17470218.2014.889180>
- Wisniewski, B., Zierer, K. & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, 10, 3087. <https://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>

Zebian, S. (2005). Linkages between number concepts, spatial thinking, and directionality of writing: The SNARC effect and the REVERSE SNARC effect in English and Arabic monoliterates, biliterates, and illiterate Arabic speakers. *Journal of Cognition and Culture*, 5(1-2), 165-190. <https://dx.doi.org/10.1163/1568537054068660>