

Arnaud Simard, Valérien Cece, Vanessa Lentillon-Kaestner, Cédric Roure et Thierry Blondeau

Innovations numériques : apprentissages interdisciplinaires en mathématiques et en éducation physique

Résumé

Cet article présente deux dispositifs innovants proposant des apprentissages interdisciplinaires en mathématiques et en éducation physique, en prenant appui sur des outils numériques. Tandis que « Learn-O » vise à utiliser l'énergie physique des élèves pour amplifier leur motivation scolaire et ancrer les apprentissages, grâce au dispositif « Play-Lü », les élèves interagissent, bougent et apprennent à partir de projections sur un mur géant. À la suite du développement de résultats préliminaires encourageants chez les élèves, certaines perspectives éducatives inclusives sont évoquées.

Zusammenfassung

Permalink :

À l'heure où les compétences transversales sont recherchées dans le milieu scolaire, l'interdisciplinarité est de plus en plus reconnue comme une modalité adaptée pour développer des apprentissages méthodologiques et sociaux (Darbellay et al., 2019). Pour autant, l'apport du croisement de disciplines ne se limite pas à cela et semble également permettre de renforcer des apprentissages disciplinaires. Cet article propose de présenter deux dispositifs pédagogiques qui ont en commun de proposer de mêler le mouvement et l'apprentissage en mathématiques, en s'appuyant sur des pédagogies numériques et innovantes. La présentation de ces dispositifs permettra de s'interroger sur ce processus interdisciplinaire, ainsi que sur le potentiel levier que constitue l'usage du numérique.

Le premier dispositif présenté, « Learn-O », est né en 2010 (Thierry Blondeau). L'idée est d'utiliser le déplacement physique des élèves et l'attrait pour les nouvelles technologies, non seulement comme amplificateur de motivation, mais également comme moyen d'ancrage de certains apprentissages (dont des notions mathématiques). Le second dispositif se base

sur un projet en cours qui a pour but de développer des séquences d'apprentissage interdisciplinaire (notamment en mathématiques et en éducation physique) et d'utiliser un dispositif interactif de jeux vidéo actifs (le dispositif Lü) afin d'améliorer les apprentissages dans les deux branches d'enseignement (équipe de recherche de la HEP Vaud dirigée par Vanessa Lentillon-Kaestner et Cédric Roure).

Learn-O : Ludique Educatif Autonome Réflexif Neuroergonomique et Ouvert

Brousseau (1998) a identifié et théorisé des concepts de la didactique des mathématiques qui permettent d'analyser une séance dédiée à l'apprentissage de notions mathématiques avec des élèves. Parmi les concepts importants de la Théorie des Situations Didactiques (TSD), « Learn-O » s'appuie fortement sur deux notions :

- variables didactiques : dans une tâche d'apprentissage, les variables didactiques sont des paramètres qui, lorsqu'on agit sur eux, provoquent des adaptations, des régulations et des changements de stratégies (ou changements de procédures) ;
- milieu didactique : il s'agit de la partie de la situation d'enseignement avec laquelle l'élève est mis en interaction. Il est défini par des aspects matériels (instruments, documents, organisation spatiale, etc.) et la dimension sémiotique associée (que faire avec, pourquoi faire avec, comment faire avec, etc.). La résolution de la tâche et l'apprentissage qui en résulte dépendent de la richesse du milieu didactique dans lequel sont placés les élèves.

Dehaene (2018) identifie quatre piliers fondamentaux sur lesquels reposerait l'apprentissage : l'attention, l'engagement actif, le retour d'information immédiat et la consolidation. Bien entendu, ces piliers trouvent leur sens lorsque l'on propose à l'élève un environnement pédagogique structuré qui engage son attention, sa volonté et sa curiosité. Ces quatre piliers fondent la structure des séances « Learn-O ». Les caractères innovant et ludique (p. ex. Haye, 2019 ; Pelay, 2011) influent sur l'attention. La richesse des situations et l'activité physique sont un gage d'engagement actif. Le système informatique (doigt électronique, balise, ordinateur) permet un retour d'information immédiat et, enfin, la multiplicité des cartes de jeu et l'autonomie des élèves permettent une consolidation des connaissances travaillées.

La neuroergonomie est l'application des théories et des outils des neurosciences à

l'ergonomie. Elle mobilise des connaissances dans deux domaines : les neurosciences, par l'étude des processus cognitifs et neuronaux, et les facteurs humains qui permettent l'adaptation des technologies aux capacités et limitations humaines afin que l'utilisateur puisse travailler efficacement. La neuroergonomie permet ainsi de concevoir des produits adaptés au fonctionnement cognitif humain. Le concept « Learn-O » s'inspire des travaux d'Aberkane (2017) sur des concepts tels que les barrières d'entrée et de sortie d'une activité ou encore la « mignonitude » (*cuteness*) afin de maximiser la persévérance des élèves.

Le concept « Learn-O » a été créé par T. Blondeau. Il repose sur différents cadres théoriques développés en recherche universitaire par A. Simard et s'appuie sur l'expertise de nombreux collaborateurs de disciplines distinctes (éducation physique et du sport [EPS], arts, musique, etc.). Le concept vise à utiliser l'énergie physique des élèves pour amplifier leur motivation scolaire et ancrer les apprentissages (*embodiment*). « Learn-O » propose un éventail de progressions mathématiques et interdisciplinaires riches, adaptées à tous les niveaux et à tous les publics scolaires (dès 3 ans) et facilitant l'inclusion des élèves à besoins éducatifs particuliers (BEP) (Blondeau et al., 2021).

De manière pratique, il s'agit pour l'élève de se déplacer physiquement dans un maillage de balises (cônes de chantier équipés de bornes électroniques) en résolvant des problèmes (généralement proposés sur une carte de jeu format carte bancaire) en lien avec différentes compétences scolaires (mathématiques, musique, langues, arts, etc.). Que cette compétence soit explicite (p. ex. calcul mental) ou implicite (p. ex. raisonnement), qu'elle soit mathématique (p. ex. géométrie) ou d'une autre discipline (p. ex. solfège), la compétence ciblée est l'outil qui va permettre la réussite ou la rapidité d'exécution du jeu.

Chaque activité proposée peut être réalisée de deux manières : soit en maximisant l'effort physique (p. ex. courir de balise en balise à la recherche du bon indice), soit en maximisant l'effort mental (p. ex. pour les 4-5 ans : pour biper sur la balise 23 dans la frise numérique, l'élève peut se rendre dans la zone « des grands nombres » au lieu de regarder tour à tour chaque balise). Tout l'intérêt pour l'apprentissage des notions disciplinaires (p. ex. les mathématiques) réside dans la bascule « effort physique » vers « effort mental » et c'est là qu'intervient le travail sur les différentes variables didactiques du meneur de jeu « Learn-O ». Par exemple, au lieu d'avoir la carte de jeu en main, la carte est fixée sur un mur éloigné du maillage de balises. L'élève comprend qu'il ne peut pas prendre la carte en main, il peut

faire des allers-retours, ce qui est très coûteux en effort physique ou alors mémoriser les résultats et enchaîner les bips, ce qui est nettement moins coûteux en efforts physiques, mais beaucoup plus en efforts intellectuels.

L'objectif d'une activité « Learn-O » peut être la consolidation ou l'introduction d'une nouvelle notion. En outre, l'autonomie est au cœur de la pédagogie du dispositif. Dès le plus jeune âge (28-36 mois) ou malgré des BEP ou des handicaps, les élèves deviennent rapidement autonomes sur le système. L'absence de consigne orale complexe ou écrite, l'attrait pour les nouvelles technologies (doigts électroniques, balises, ordinateurs), couplé à la liberté que procure le jeu grandeur nature dans un espace dédié, rendent l'activité « Learn-O » suffisamment attractive pour que l'élève s'engage de manière autonome en voulant comprendre et réussir.

L'ordinateur a plusieurs rôles dans une activité « Learn-O », mais son principal usage est de rendre l'élève autonome dans sa correction. En effet, lorsqu'une carte de jeu est réalisée par un élève, celui-ci valide sa réalisation sur un ordinateur. Le logiciel est construit de telle manière que l'ordinateur peut indiquer à l'élève si le parcours qu'il a réalisé est juste (écran vert) ou faux (écran rouge). L'interprétation des données à l'écran permet à l'élève de constater son erreur, chercher à la comprendre et la corriger. L'élève se retrouve donc face à lui-même, sans compte à rendre à l'adulte et sans pression face aux autres élèves. Il évolue à son rythme, vit ses réussites pour lui-même avant de vouloir les partager et cherche à comprendre ses erreurs pour gagner au prochain tour.

Le caractère innovant du concept « Learn-O » se décline aussi de manière ergonomique. Ce dispositif permet de mettre de grands groupes d'élèves (plus de 40, de tous niveaux mélangés) en activité simultanée, sur des thématiques distinctes, dans le cadre de situations stimulantes, ludiques et constitutives d'apprentissage.

Les résultats en termes d'apprentissage sont en cours d'étude d'un point de vue quantitatif (méthodologie test-retest avec groupe témoin et groupe expérimental). Au niveau qualitatif, cette innovation pédagogique est particulièrement plébiscitée par le corps enseignant et les élèves (3-11 ans), à l'instar de M. Demortier (enseignante en Réseau d'Éducation Prioritaire renforcé [REP+], Vesoul) :

Learn-O est une occasion extraordinaire d'ancrer positivement les maths, et les apprentissages de manière plus générale, chez les élèves... Ce jeu « grandeur nature »

donne ainsi l'occasion de pratiquer de façon ludique, légère et motivante des activités qui prennent sens instantanément. Tous les « blocages » se lèvent rapidement pour les élèves les plus fragiles dès lors qu'ils entrent en action... Le plaisir d'apprendre et de réussir est manifeste chez les enfants.

Utilisé en formation des enseignants (INSPE Besançon), « Learn-O » permet de revisiter les grands champs théoriques de l'apprentissage des mathématiques (TSD, zone proximale de développement, registres sémiotiques, déconstruction dimensionnelle, etc.).

Enfin, le caractère « ouvert » de « Learn-O » réside dans la possibilité offerte aux utilisateurs (enseignants / élèves) de construire eux-mêmes leurs cartes de jeux de façon intuitive via un générateur de cartes virtuel. Ainsi une base de données collaborative est enrichie au gré des idées des usagers.

« Engagement, plaisir, autonomie, avec une pédagogie explicite appuyée sur un matériel stimulant : c'est la recette d'un cocktail gagnant dont l'efficacité a été démontrée » (Dehaene, 2018, p. 250).

Play Lü, un dispositif interactif favorisant les apprentissages en mathématiques et en éducation physique

Le temps important passé par les jeunes devant les écrans est régulièrement associé à des problématiques sanitaires et sociales. On évoque par exemple souvent les risques de sédentarité, de comportements violents, d'addiction ou d'isolement pour les joueurs de jeux vidéo (Le Heuzey & Mouren, 2012).

Un nouveau type de jeu vidéo tente de renverser ce phénomène par l'intermédiaire de ce qui est appelé les jeux vidéo actifs. Ces jeux vidéo se distinguent des usages traditionnels en nécessitant une motricité de la part du joueur pour interagir avec l'interface électronique (Benzing & Schmidt, 2018). Les avatars des jeux ne sont alors plus dirigés par une manette, un joystick ou un clavier, mais plutôt par les mouvements de l'ensemble du corps du pratiquant.

Ces jeux se sont tout d'abord développés dans le monde du divertissement, en recherchant le plaisir immédiat dans une forme de pratique numérique, mais innovante. Depuis quelques années, l'usage de ces jeux vidéo a été étendu au monde de la santé où l'on s'appuie sur les aspects motivants de ces outils pour engager des patients dans une activité physique qui

leur est recommandée. Plus récemment encore, certains de ces outils traversent les murs de l'école où le numérique est maintenant considéré comme une ressource potentielle (Staiano & Calvert, 2011). Les jeux vidéo actifs ont d'abord été expérimentés à l'école sur ce même argumentaire d'une motivation accrue pour des jeunes qui sont attirés par les écrans et les pédagogies innovantes. Pour autant, l'effet de ces types de jeux sur les apprentissages n'a été que très peu exploré. Cela s'explique notamment par l'utilisation de jeux vidéo actifs créés dans une logique de divertissement et non éducative.

En décembre 2019, l'Unité d'Enseignement et de Recherche en Éducation Physique et Sportive (UER-EPS) de la Haute École Pédagogique (HEP) de Vaud a fait l'acquisition du dispositif numérique « Play Lü » (Figure 1) et a développé un projet d'innovation « Lü Move & Learn » autour de ce dispositif. Dans ce jeu vidéo actif, les élèves interagissent avec des applications choisies projetées sur un mur géant (6 m X 3m) par l'intermédiaire de lancers de ballons ou en contact direct avec la main¹. Cette plateforme possède plusieurs avantages permettant d'espérer de faire apprendre les élèves différemment. Outre sa grande taille qui rend la plateforme immersive pour les élèves et son intégration ergonomique dans la réalité d'un gymnase scolaire, « Play Lü » a été construit autour d'applications orientées pour des apprentissages de différents domaines disciplinaires.

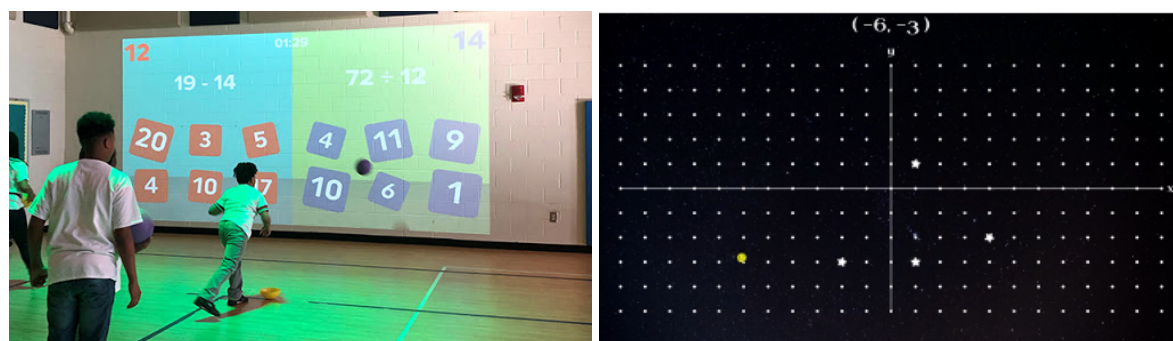


Figure 1 : Dispositif Play Lü et application Constello

Ce projet d'innovation « Lü Move & learn » vise à promouvoir le jeu, la motivation et les apprentissages chez les élèves en éducation physique. Nous avons également souhaité tester les effets d'un tel dispositif sur les apprentissages interdisciplinaires (mathématiques-éducation physique dans un premier temps). Durant l'année scolaire 2020-21, nous avons

¹ Pour plus d'informations : <https://play-lu.com/fr/>

travaillé sur la conception d'une séquence d'enseignement interdisciplinaire pour les élèves de 7^e -8^e du canton de Vaud (10-12 ans). Cette séquence a pour objectifs de viser des apprentissages au niveau du lancer par le haut et à une main en éducation physique et du repérage dans un système d'axes en mathématiques. Cette séquence est constituée d'une séance d'évaluation diagnostique, cinq leçons d'apprentissage et d'une séance d'évaluation sommative. Pour les besoins de l'étude, nous avons mis en place deux types de séquences interdisciplinaires, une avec le dispositif « Play Lü » (avec 101 élèves) et l'autre sans le dispositif (avec 117 élèves), ces deux séquences poursuivant les mêmes objectifs d'apprentissage ($M_{\text{âge_échantillon_total}} = 11,12 \pm 0,82$). Dans la séquence « Lü », des applications permettant de travailler le repérage dans un système d'axes ont été utilisées, telles que « Constello » et « SphYnX ». Afin de mesurer les apprentissages lors de cette séquence interdisciplinaire, tous les élèves ont effectué un test de précision en lancer de balle et un test de repérage dans un système d'axes en début puis en fin de séquence (évaluations diagnostique et sommative). Des données ont également été recueillies au niveau de la motivation des élèves par questionnaires.

Bien que certains résultats soient encore en cours de traitement, les premières analyses² révèlent que les élèves ayant suivi la séquence avec le dispositif « Play Lü » ont obtenu des résultats significativement supérieurs ($p < 0,05$) sur le test de lancer de précision (Figure 2) et le test de repérage dans un système d'axes (Figure 3) en fin de séquence (en pondérant avec les résultats de début de séquence). D'un point de vue motivationnel, les résultats n'indiquent pas de différence significative entre les deux groupes malgré des scores élevés chez tous les élèves. Pour résumer, la séquence avec utilisation de « Play Lü » n'a pas généré un gain ou une perte de motivation, mais a, en revanche, permis de meilleurs apprentissages moteurs (en éducation physique) et cognitifs (en mathématiques), comparée à une séquence interdisciplinaire sans utilisation de jeu vidéo actif.

² MANCOVA : analyses de variances permettant d'évaluer les différences entre les deux conditions en fin de cycle en contrôlant les scores de début de cycle

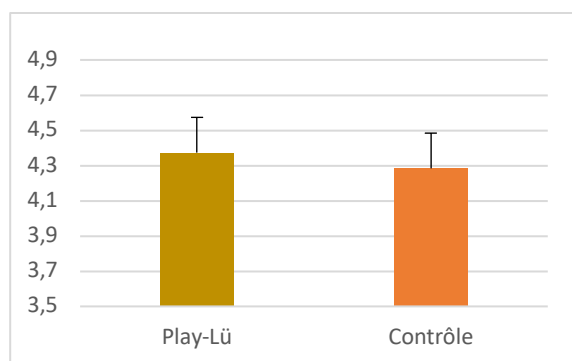


Figure 2 : Scores au test de précision au lancer par le haut et à une main en fin de séquence

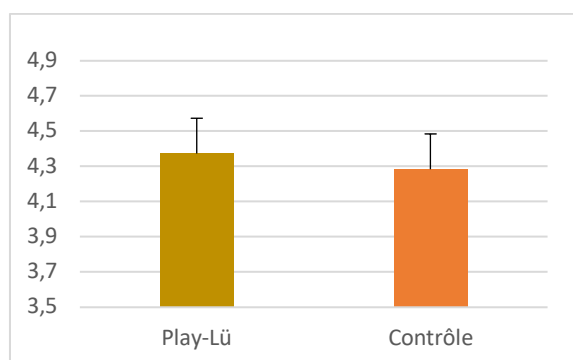


Figure 3 : Scores au test de repérage sur un plan en mathématiques en fin de séquence

Ces résultats tendent à confirmer le potentiel de ces outils numériques innovants dans les apprentissages scolaires, notamment dans une perspective interdisciplinaire. Il semble en effet que l'outil numérique a permis de renforcer l'entraide et la synergie de deux apprentissages disciplinaires distincts. Ces résultats confirment également de précédentes recherches mettant en avant l'influence mutuelle des apprentissages cognitifs et de l'activité physique (Alesi et al., 2014). Une récente étude avait également mis en avant le rôle positif de l'activité physique sur des apprentissages en géométrie (Hraste et al., 2018). Notre étude étend ce constat en observant également un rôle de l'apprentissage des mathématiques fait avec « Play Lü » sur des apprentissages moteurs (ici la précision au lancer de balle).

Il est important de noter que les expérimentations associées à ce dispositif n'en sont qu'à leurs prémices. Nous poursuivons ce travail de recherche avec notamment la création d'autres séquences interdisciplinaires. Aussi, des résultats préliminaires ont également mis en avant que l'usage collaboratif de cette même plateforme permettait de faire significativement augmenter les indicateurs motivationnels des profils d'élèves initialement les moins intéressés par rapport à une forme de pratique individuelle. Il semble donc que la

manière de proposer un jeu vidéo actif (en individuel, par équipe, par opposition, en collaboration, etc.) est également centrale dans les effets obtenus par ce type d'outil, notamment pour une population plus en difficulté en éducation physique. Certains aspects des jeux vidéo actifs pourraient notamment trouver leur intérêt face à un public vulnérable ou dans une perspective inclusive. En s'appuyant sur les résultats prometteurs de nos études préliminaires et sur de précédentes recherches marquées par l'apport des jeux vidéo actifs chez des publics très variés (p. ex. Caro et al., 2017), il serait intéressant que de futures études explorent l'effet d'une plateforme comme « Play Lü » sur les apprentissages d'élèves dyspraxiques ou ayant un TDAH. Nous pouvons espérer qu'une manière interdisciplinaire et alternative d'accéder aux contenus disciplinaires pourrait favoriser l'apprentissage de tous en contexte scolaire.

Conclusion

Bien qu'à des états préliminaires, ces deux applications pratiques enregistrent de premiers retours prometteurs sur le croisement de disciplines en milieu scolaire. En effet, pour ces deux propositions, les disciplines éducation physique et mathématiques co-existent au sein d'un même dispositif pédagogique et s'inscrivent en synergie pour maximiser les apprentissages moteurs et cognitifs des élèves. Ces protocoles tendent également à mettre en avant le potentiel levier que constitue le numérique pour cette démarche interdisciplinaire. Sans être exhaustif, le feedback immédiat et objectif apporté par le numérique s'ajoute aux avantages motivationnels et immersifs.

Ces études invitent également à ouvrir le champ d'exploration de ce type de processus. Le numérique et l'interdisciplinarité pourraient en outre s'appuyer sur la souplesse permise par ces outils dans une perspective inclusive. Plus spécifiquement, le mouvement permis par les dispositifs « Learn-O » et « Lü » pourraient, par exemple, répondre aux problématiques liées à l'immobilité qu'imposent souvent les apprentissages traditionnels aux enfants TDAH. Dans ce sens, il faut noter que l'application « SphYnX » du dispositif « Lü » a été spécifiquement conçue pour inclure les élèves présentant des difficultés visuospatiales. Plus précisément, cette application a été coconstruite avec une didacticienne en mathématiques afin d'adapter la complexité à ce profil d'élèves. Dans ce jeu où les élèves doivent retrouver les bons repères sur plan, il n'y a pas de chronomètre afin d'éviter le stress de la contrainte temporelle. Dans cette optique également, le mode « apprentissage » propose une

progressivité dans la complexité du jeu afin de limiter les échecs lors des premières étapes. De plus, le design (couleur, contrastes, textures, etc.) a été adapté afin de faciliter la lecture visuelle de ce jeu. L'axe des X est, par exemple, toujours en bleu et celui des Y en rouge afin de favoriser leur identification. Dans le processus d'apprentissage des coordonnées, les concepteurs de ce jeu espèrent que ces options pourraient ainsi permettre d'aider les jeunes qui présentent des difficultés visuospatiales et qui ont de la difficulté à suivre une ligne.

Pour des informations complémentaires sur les dispositifs présentés dans cet article :

Dispositif Learn-O : <https://youtu.be/fyaCw0nnn0I>

www.learn-o.com

Projet Lü HEP Vaud : <https://vimeo.com/534371198>

Références

Alesi, M., Bianco, A., Padulo, J., Vella, F. P., Petrucci, M., Paoli, A., Palma, A., & Pepi, A. (2014). Motor and cognitive development: The role of karate. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 4(2), 114–120.

Aberkane, I. (2017). *Libérez votre cerveau*. Robert Laffond.

Benzing, V., & Schmidt, M. (2018). Exergaming for Children and Adolescents: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats. *Journal of Clinical Medicine*, 7(11), 422. <https://doi.org/10.3390/jcm7110422>

Blondeau, T., Coste, J., & Simard, A. (2021). Learn-O : Des maths en plein air. *Repères IREM*, (numéro spécial juillet 2021).

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques : Didactique des mathématiques 1970-1990*. La pensée sauvage.

Caro, K., Tentori, M., Martinez-Garcia, A. I., & Zavala-Ibarra, I. (2017). FroggyBobby: An exergame to support children with motor problems practicing motor coordination exercises during therapeutic interventions. *Computers in Human Behavior*, 71, 479-498. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.055>

Darbellay, F., Louviot, M., & Moody, Z. (2019). *L'interdisciplinarité à l'école : Succès, résistance, diversité*. Alphil éditions.

Dehaene, S. (2018). *Apprendre !* Odile Jacob.

- Haye**, T. (2019). *Étude des conditions et des contraintes d'implémentation d'un jeu de société à l'école, comme vecteur d'apprentissages mathématiques : cas du jeu de Go au cycle 3* [Thèse de doctorat, Université de Montpellier]. HAL archives-ouvertes. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02457092>
- Hraste**, M., De Giorgio, A., Jelaska, P. M., Padulo, J., & Granić, I. (2018). When mathematics meets physical activity in the school-aged child: The effect of an integrated motor and cognitive approach to learning geometry. *PLOS ONE*, 13(8), e0196024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196024>
- Le Heuzey**, M.-F., & Mouren, M.-C. (2012). Addiction aux jeux vidéo : Des enfants à risque ou un risque pour tous les enfants ? *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 196(1), 15-26. [https://doi.org/10.1016/S0001-4079\(19\)31860-6](https://doi.org/10.1016/S0001-4079(19)31860-6)
- Pelay**, N. (2011). *Jeu et apprentissages mathématiques : élaboration du concept de contrat didactique et ludique en contexte d'animation scientifique* [Thèse de doctorat, Université Claude Bernard — Lyon I]. HAL archives-ouvertes. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00665076>
- Staiano**, A. E., & Calvert, S. L. (2011). Exergames for Physical Education Courses: Physical, Social, and Cognitive Benefits: Exergames for Physical Education Courses. *Child Development Perspectives*, 5(2), 93-98. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2011.00162.x>

Arnaud Simard

Chercheur et maître de conférences en mathématiques

Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation (INSPE)

Université de Franche-Comté

arnaud.simard@univ-fcomte.fr

Valérian Cece

Post-doctorant

Unité d'Enseignement et de Recherche en Éducation Physique et Sportive (UER-EPS)

HEP Vaud

valerian.cece@hepl.ch

Vanessa Lentillon-Kaestner

Professeure ordinaire

UER-EPS

HEP Vaud

vanessa.lentillon@hepl.ch

Cédric Roure

Professeur associé

UER-EPS

HEP Vaud

cedric.roure@hepl.ch

Thierry Blondeau

Éducateur sportif

www.learn-o.com

thierry.blondeau@gmail.com