

INTEGRATION PEDAGOGIQUE DES TIC
REVUE INTERNATIONALE DE L'AUPTIC

NO 4 — 2023-2024

VARIA

Coordination
Pierre-François Coen

AUPTIC
• education

IPTIC

TABLE DES MATIERES

France Gravelle, Marie-Hélène Masse Lamarche, Julie Monette, Caroline Gagnon et Louis-Philippe Lachance Demers

Renouvellement des stratégies de gestion et du leadership chez les acteurs de la gouvernance scolaire qui implante le numérique 05 - 15

Vivien Braccini et Fabien Capelli

La réalité virtuelle pour faire face à la virtualité du réel : étude d'usage d'un environnement virtuel d'apprentissage photosphérique 16 - 31

Slavka Pogranova et Corinne Ramillon

Des usages de la plateforme numérique des manuels d'allemand *Der Grüne Max et Junior* pour enseigner-apprendre le vocabulaire 32 - 39

COMITÉ DE RÉDACTION

Stéphanie Boéchat-Heer, Haute école pédagogique BEJUNE
Pierre-François Coen, Université de Fribourg
Christophe Gremion, Haute école fédérale en formation professionnelle HEFP
Maud Plumettaz, Haute école pédagogique de Fribourg
Corinne Ramillon, Haute école pédagogique du Valais
Sabrina Uldry, Haute école pédagogique du canton de Vaud

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Romaine Carrupt, Haute école pédagogique du Valais
Bernadette Charlier, Université de Fribourg
Pascal Detroz, Université de Liège
André Giordan, Université de Genève
Patrick Giroux, Université du Québec à Chicoutimi
François Larose, Université de Sherbrooke
Marcel Lebrun, Université catholique de Louvain
Emmanuel Sylvestre, Université de Lausanne
Walther Tessaro, Université de Genève
Nathalie Younès, Université Clermont Auvergne

ADMINISTRATION

Claire-Lise Gremion, révision
David Duperrex, mise en page

ISSN 2624-8085

ADRESSE DE LA REVUE

redaction@iptic.ch
www.iptic.ch

AUPTIC
• education

DOI : https://doi.org/10.26034/cm.iptic.2024.11742

LA REALITE VIRTUELLE POUR FAIRE FACE A LA VIRTUALITE DU REEL : ETUDE D'USAGE D'UN ENVIRONNEMENT VIRTUEL D'APPRENTISSAGE PHOTOSPHERIQUE

Vivien Braccini, vbm@groupepsi.com
PSInstitut – Strasbourg
Fabien Capelli, fc@groupepsi.com
LISEC UR2310 – Université de Strasbourg

Résumé

Cet article reprend les principaux résultats d'une expérimentation menée en France par un consortium d'acteurs de l'éducation, de la recherche et de l'informatique auprès d'élèves de 4e ayant entre 13 et 15 ans. Il s'agissait de tester un dispositif d'immersion en groupe de réalité virtuelle conçu à partir de photosphères d'une zone industrielle portuaire afin d'améliorer l'apprentissage et l'implication en géographie. Dans le cas étudié, la RV n'échappe pas spontanément aux effets des déterminants sociaux qui creusent l'écart de réussite entre les élèves défavorisés et les autres. De façon inattendue, l'étude montre que la photo 360° est vécue comme très immersive et génératrice d'intérêt vis-à-vis du monde du travail et qu'elle possède des vertus pour les jeunes les plus scolairement vulnérables.

Mots clefs : réalité virtuelle, photographie 360 degrés, collège, dispositif sociotechnique, technologie éducative

1. Introduction

Avec la montée en puissance du Web 2.0, terme proposé par O'Reilly en 2004, la numérisation des activités socio-économiques, de santé et d'éducation est perçue comme une condition indispensable à la poursuite du développement des sociétés occidentales (Legrenzi 2010). La région Grand Est en France s'inscrit dans cette vision. Elle a émis en 2018 un appel à manifestation d'intérêt pour financer des projets d'économie numérique innovants à l'échelle du territoire, auquel a répondu un consortium monté pour l'occasion, qui impliquait deux entreprises d'informatique, la société de R&D en SHS PSInstitut, le laboratoire universitaire LISEC, un service d'innovation pédagogique de l'Éducation Nationale française et une commission académique numérique d'histoire-géographie. Grâce à ce soutien financier, le consortium a pu développer et tester auprès d'élèves de classes de 4e un environnement virtuel photosphérique d'apprentissage (EVPA) permettant d'immerger les élèves dans une zone industrielle portuaire (ZIP), dans le cadre d'un jeu d'évasion. La séquence a été conçue comme une évaluation formative reprenant des éléments de cours précédents dans le cadre du chapitre de géographie sur les mers et les océans. Notre équipe a observé l'ensemble du processus de conception, depuis le montage du dossier jusqu'à la réalisation des expérimentations, soit trois années perturbées par la COVID-19.

2. Influence des caractéristiques sociales sur les usages numériques éducatifs

Bien que l'étude des usages pédagogiques et des effets des outils numériques en milieu scolaire ne soit pas nouvelle (Baron, 2019), nous avons pu constater que les études empiriques concernant la réalité virtuelle et la réalité augmentée restaient insuffisantes (Lewis et al., 2021). Entre 2017 et 2020, seules 29 études relues par des pairs et portant sur le contexte scolaire ou la conception d'outils pour ce milieu, ont été publiées. Neuf d'entre elles sont américaines, contre trois pour la France.

Quant aux études plus nombreuses sur l'usage des outils numériques en éducation, les auteurs du courant de la sociologie critique des usages du numérique en éducation ont pointé l'influence de l'histoire et de la culture des individus sur leur rapport aux technologies acquises dans les autres sphères sociales, familiales, amicales, de loisir et influence qui, trop souvent, n'est pas prise en compte dans des approches conduites en « vase clos » (Collin & Karsenti 2013 ; Collin et al., 2015). Par ailleurs, un grand nombre des études citées s'appuie sur des démarches visant la mesure de performances sans s'intéresser au vécu des acteurs. À cela s'ajoutent certaines illusions tenaces, partiellement présentes dans le discours des techniciens du projet présenté ici, qui consistent à penser que les « digital natives » (Stenger, 2015) seraient plus performants dans l'utilisation du numérique. Or, la revue de littérature internationale de Claire Balleys (2017), menée pour l'Institut de la Jeunesse et de l'Éducation Populaire, nuance cette croyance en montrant que les jeunes développent principalement des usages qui répondent à leurs besoins de socialisation et de consommation de produits culturels, deux usages jouant un rôle important dans la construction identitaire des adolescents et des jeunes adultes. Ces préférences d'usages expliquent sans doute que, sur le plan pédagogique, l'appartenance aux digital natives ne répond pas de facto aux compétences numériques attendues dans les milieux scolaires et universitaires (Collin et al., 2015). Ces compétences dépendraient davantage des capitaux symboliques et familiaux incorporés qui sont partiellement corrélés aux catégories socio-économiques et professionnelles (Granjon, 2009).

Certains auteurs estiment d'ailleurs (Collin et Karsenti, 2013) que c'est l'éloignement des finalités d'usages entre les sphères scolaire et privée qui est à l'origine des mauvaises dispositions des élèves à l'égard des offres numériques scolaires. Ainsi, la fracture numérique désignant les inégalités face au numérique s'avère dans les pays occidentaux moins liée à une problématique d'accès à la technologie et à l'information qu'à un usage différencié du numérique en milieu non scolaire (Collin et al., 2009) et qui, dans certaines conditions, aboutit à des formes de discrimination dans un ou plusieurs champs sociaux (travail, soins, formation…) (Idem). Ces usages et rapports aux outils numériques différenciés, notamment vis-à-vis des activités éducatives ou de celles propices au développement des compétences numériques transversales, dépendent indirectement des variables socio-économiques (Brotocorne, 2009).

C'est pourquoi, il nous a semblé important de rester attentif au lien de dépendance entre l'environnement socio-économique et éducatif des élèves et le type d'appropriation de la culture et des outils numériques qui, a fortiori, concerne le milieu scolaire, même si cette corrélation dans le milieu éducatif n'a justement, et curieusement, pas été suffisamment approfondie (Collin et al., 2015). Ces éléments soulèvent la question de l'apport des TIC et de la RV en milieu scolaire qui n'apparait pas avoir de sens si l'on ne considère pas l'ensemble de la situation, son contexte institutionnel et l'influence de la dimension socio-historique des individus. Étudier l'utilisation de la réalité virtuelle immersive dans le cas d'une activité éducative scolaire implique par conséquent de considérer l'activité d'une équipe éducative, l'activité des élèves, le contexte de l'établissement où l'on expérimente l'utilisation et l'influence de l'environnement institutionnel de l'Éducation Nationale au sein de la culture socio-économique dominante dans laquelle baignent ces diverses parties prenantes.

3. L'usage de la RV : des situations éducatives où se déroulent des activités sociotechniques

Pour être en mesure de mieux comprendre ce qui s'opère dans le dispositif et les effets que cela produit, il apparait utile d'explorer ce qui se joue pour les acteurs lors du recours à la RV en situation. C'est pourquoi nous avons employé un cadre conceptuel sociotechnique puisant pour sa structure générale, dans l'approche de Brigitte Albero qui se fonde sur les concepts de dispositif, d'instrumentalisation et de configuration (Albero, 2010). Cet appareil conceptuel nous a permis d'explorer le caractère global, continu et dynamique des situations réelles testées, notamment à travers le vécu des protagonistes.

Se référant à Foucault, le premier concept de dispositif, traduit le fait d'avoir affaire à la mise en réseau, pour une finalité recherchée, d'un « ensemble résolument hétérogène comportant des discours, des institutions, des aménagements architecturaux, des décisions réglementaires, des lois, des mesures administratives, des énoncés scientifiques, des propositions philosophiques, morales, philanthropiques. » (Berten & Foucault, 1988). Cet ensemble hétérogène implique une intervention « rationnelle et concertée » de ses acteurs - dans notre cas le comité de pilotage du consortium - pour gérer les rapports de force inhérents à son hétérogénéité et orienter les activités. Cette conception globale du dispositif conduit à devoir considérer son caractère ternaire, c'est-à-dire l'existence concomitante de trois dimensions différentes, et dans une certaine mesure concurrentes, à savoir le dispositif idéel tel que le comité de pilotage l'a imaginé, le dispositif fonctionnel de référence tel que les enseignants chargés de l'animer l'ont transposé dans leur contexte en tenant compte des contraintes, et, enfin, le dispositif vécu par les enseignants et les élèves durant la conduite de l'activité qui met en jeu les boucles de régulation reliant les actions, les attentes anticipées et les résultats perçus (Linard, 2001, 2019). S'ajoute à ce caractère ternaire la triple logique

(Albero, 2018) que porte chacun des protagonistes dans son activité : la logique épistémo-axiologique, soit le système de valeurs et les croyances des individus à l'origine de leur posture (Acker-Kessler, 2015), produits d'une biographie personnelle ; la logique fonctionnelle, soit l'effort que déploient les personnes pour accorder les moyens d'action aux buts selon les circonstances ; la logique existentielle qui rend compte des phénomènes d'intercompréhension des acteurs sur les plans de la signification et de la relation.

Le deuxième concept annoncé est l'instrumentation de l'apprentissage par les outils pédagogiques et technologiques, un processus influencé par les caractères ternaires et trilogiques du dispositif. Albero (2018) se réfère à la genèse instrumentale (Rabardel, 1995) pour analyser la façon dont les individus s'approprient les artefacts techniques. Mais du fait de l'impossibilité méthodologique de recueillir les données nécessaires à l'analyse des interactions entre les processus d'instrumentalisation et d'instrumentation, nous avons décidé de substituer à cette partie du cadre le concept de conflit instrumental dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) (Marquet, 2005). Pascal Marquet démontre d'une part que dans les EIAH, l'instrumentalisation ne concerne pas uniquement l'artefact technique, mais aussi l'artefact pédagogique, soit la scénarisation de l'apprentissage proposée à l'apprenant, ainsi que l'artefact didactique construit à partir de la transposition didactique disciplinaire, et d'autre part, que ces instrumentalisations en interagissant peuvent générer des conflits. C'est-à-dire que l'un des processus d'instrumentalisation, de par son état d'avancement, est susceptible de freiner, voire bloquer, les deux autres. Denami (2016) souligne de son côté l'absence de hiérarchie entre ces trois types d'artefacts, nous indiquant l'interdépendance de leur instrumentalisation.

Ceci nous amène aux derniers des trois concepts opérants : la configuration. Rappelons que les intentions et les motifs sont marqués par les composants internes de l'activité qui résultent en partie de l'appropriation des normes et des valeurs sociales et culturelles à partir de laquelle l'individu évolue. Dans le cas des dispositifs d'enseignement et d'apprentissage, le type d'équilibre entre les trois dimensions de l'activité et les trois logiques sur lesquelles elles reposent, fait émerger une tendance chez les individus dans leur posture vis-à-vis de l'organisation, des ressources matérielles et humaines, des apprenants et des contenus. Il émerge alors une configuration de ces tendances dont le bilan des interactions génère une tendance dispositionnelle globale qui se positionne dans le continuum délimité par les modèles pédagogiques allant de la prescription à l'autonomisation (Albero, 2018).

4. Questionnements et prévisions

Ainsi, si nous reprenons les intentions des acteurs du projet à la lumière de notre première revue de littérature, nous avons tenté la prédiction suivante : le dispositif aura certainement une influence modérée sur l'engagement des élèves et sur leurs apprentissages, tout particulièrement pour ceux en difficultés scolaires pour qui l'écart entre les usages du numérique en milieu scolaire et familial est le plus marqué. Par ailleurs, nous supposons que la logique pédagogique sous-jacente des enseignants est marquée par le caractère prescriptif dominant dans la culture scolaire et que cela les conduit à adopter une posture davantage prescriptive qu'autonomisante, pourtant requise par la logique épistémo-axiologique du dispositif idéel et idéal reposant sur l'investigation individuelle et collective ainsi que sur l'approche de la « géographie à hauteur d'homme », pour reprendre les termes des enseignants. Ce non-alignement postural devrait nuire à l'efficacité du dispositif car les dispositions individuelles à l'égard de l'usage des outils numériques à finalité éducative en milieu scolaire, amoindriront les effets de la ludification de l'artefact pédagogique et les effets sensoriels de l'artefact technique. Ces derniers devraient également être affaiblis par

l'option technologique de la photographie 360°, de par la limitation de l'interactivité du joueur avec son environnement qu'elle impose et qui est très éloignée de celle des jeux vidéo du commerce. Cette différence d'expérience utilisateur devrait constituer une source de limitation dans l'appropriation de l'artefact pédagogique susceptible de limiter à son tour l'appropriation de l'artefact didactique. Par conséquent, nous pouvons anticiper le fait que ce seront les élèves issus des milieux socio-culturels et économiques les plus favorisés qui seront plus à même d'exploiter le dispositif de réalité virtuelle testé et de bénéficier par conséquent des bienfaits prédits par les acteurs professionnels.

5. Démarche et méthodologie de recherche

5.1 Déroulé de la recherche

Tout au long du projet, nous avons tenu un carnet d'observations sur les activités du consortium (réunions, documents de travail, mails, échanges téléphoniques). Ces notes ont été complétées par une confrontation auprès des enseignants, entre le dispositif idéel annoncé, celui que nous avons observé et celui qu'ils ont vécu. Pour les informaticiens, nous avons confronté les intentions rédigées dans la demande de financement, le vécu personnel et les résultats finaux. Concernant les élèves, nous avons surtout exploré l'expérience vécue à partir d'une mise en dialogue de nos analyses des vidéos, de leurs souvenirs et de leurs interprétations à postériori de leurs actions. Nous avons résumé dans le tableau 1 les principales étapes du projet.

Tableau 1 : résumé des différentes étapes de la recherche

année	mois	étapes
2018	mars à août	constitution du consortium et montage du préprojet
	sept. à déc.	étapes administratives et financières liées à l'appel d'offre
2019	jan. à août	
	sept. à nov.	constitution de l'équipe enseignante, rédaction du projet recherche
	déc.	1ère version de la progression pédagogique et du scénario du jeu d'évasion
2020	jan.	négociation d'accès et de prise de vue de la ZIP
	fév.	prises des photo 360° de la ZIP présentation de la recherche aux classes, discussion informelle
	mars. et avr.	confinement généralisé
	juin à oct.	achèvement technique de l'environnement numérique de la ZIP
	nov.	sensibilisation des classes à cette recherche, à la 3D et aux casques conduite des entretiens pré-tests avec les enseignants, enregistrés en audio
	nov. à déc.	conduite des tests d'une durée de 40 minutes en moyenne et totalement filmés soit près de 10h de vidéo
2021	jan.	exploration des traces vidéo des tests et des traces audios des enseignants construction du guide d'entretien collectif en sous-groupes des élèves
	fév.	entretiens collectifs en sous-groupes d'une durée moyenne de 45 minutes et enregistrés en audio pour les deux classes exploration des traces audios
	mars	entretiens post expérimentation des enseignants et des techniciens enregistrés en audio
	avr. à juin	retranscription de l'ensemble des traces audio
	juill. à sept.	analyse des retranscriptions
	sep. à déc.	analyse du croisement des différents corpus

5.2 Matériel technique, organisation des expérimentations et échantillon

Pour tester le dispositif, par sous-groupes de cinq sur une demi-journée dans une salle dédiée, nous avons utilisé des sièges pivotants, une flottille de cinq casques de RV et une tablette de commande pour l'enseignant.

Figure 1 : élèves avec casques de RV.



Ce matériel numérique était relié à un serveur wifi autonome qui synchronisait la flottille. Chaque test durait environ quarante minutes et se déroulait en trois phases : 1) L'enseignant présentait le but du jeu, son déroulement et son fonctionnement. 2) Les élèves menaient le jeu d'évasion. 3) Hors immersion, l'enseignant synthétisait les acquis et interrogeait le vécu immédiat. Le tableau2 présente l'échantillon mobilisé pour l'occasion.

Tableau 2 : effectifs lors des tests de l'EVPA.

Etablissement (collège)	Effectif de classe	Nombre d'enseignant	Caractéristiques socio-économiques
ET1	28	2	milieu urbain, zone d'éducation prioritaire, agglomération de plus de 200 000 habitants
ET2	24	1	milieu rural, commune de moins de 20 000 habitants

5.3 Environnement et scénario du jeu

Cet environnement utilisait des photos 360 ° (photosphère) au centre desquelles les participants pouvaient orienter leur regard tout autour d'eux. Des objets virtuels interactifs étaient incrustés, activables à partir d'une télécommande à gâchette, munie d'un pointeur laser virtuel. Les élèves pouvaient identifier la présence de leur collègue dans une même photosphère grâce à la couleur des pointeurs propre à chacun. Ils pouvaient également se parler à haute voix pour se retrouver, coordonner leur regard, s'interroger, ramasser et se passer des objets. L'environnement comptait six photosphères : le départ, quatre lieux intermédiaires et l'arrivée. Les lieux photographiés correspondaient aux activités clés d'une ZIP. Les élèves pouvaient passer de l'une à l'autre à leur gré, à l'aide de liens intégrés sous-forme d'icônes. Le lieu de départ contenait une fenêtre texte pour identifier le métier et le mot clé, tous deux associés à leur casque. Les quatre lieux intermédiaires comportaient les cinq objets « totem », symbolisant les métiers de la ZIP, comme une grue pour le pilote du portique. Ces totems devaient être ramassés puis déposés sur un emplacement fantôme ou invisible, afin d'activer le lien menant au lieu final initialement inerte. Ces emplacements étaient eux aussi dans les quatre photosphères intermédiaires et des indices à leur sujet étaient donnés dans le texte de départ. Pour achever le jeu, le groupe devait se réunir dans le lieu d'arrivée, pour compléter une définition à trous avec l'ensemble des mots clés.

5.4 Méthodologie d'entretien et de traitement des données

Le guide des entretiens collectifs (Guillemette et al., 2011) a été conçu à partir des pré-entretiens, des notes et des vidéos. Les questions portaient sur la perception des structures d'intentionnalité individuelle à l'égard du dispositif expérimental. Pour faciliter l'accès à ces structures, nous avons proposé aux élèves d'explorer des moments qu'ils jugeaient marquants, propices à l'évocation du vécu à partir duquel remonter aux dispositions des participants, à leurs logiques d'action, aux modèles pédagogiques sous-jacents et à l'apport perçu du dispositif. L'enjeu était de confronter les discours post-expérimentaux des participants aux diverses données récoltés pour faire apparaître les effets dissonants ou convergents du caractère ternaire et trilogique du dispositif.

Pour obtenir des indicateurs d'efficacité du dispositif sur les apprentissages, nous avons systématiquement demandé aux élèves d'expliquer à l'oral les notions visées (flux de marchandises, Hinterland et ZIP). Et pour repérer les potentiels conflits instrumentaux, nous avons sondé leur compréhension des missions collectives et individuelles, des outils de l'environnement virtuel (icônes, cadre texte, etc.) ainsi que des ressentis vis-à-vis des photosphères et de l'utilisation du matériel technique. Lors de ces échanges, nous nous sommes concentrés sur la fonction de facilitation (Gillet, 1995) en nous appuyant sur les techniques de l'écoute active, mais aussi sur celles de l'entretien d''explicitation afin d'intercaler de courtes évocations individuelles (Cappeli, 2023) au sein des échanges pour alimenter le partage d'expérience.

L'ensemble des entretiens ont été retranscrits, puis découpés par unités de sens auxquelles ont été associés des mots clefs tirés du cadre conceptuel. Nous avons ensuite croisé ce classement avec les catégories d'acteurs et l'établissement d'appartenance.

Une autorisation auprès des instances de tutelle et des représentants légaux des élèves a été obtenue. Dans ce but, un document d'informations et une demande de consentement ont été diffusés à propos de l'enregistrement, du stockage, du traitement et de l'utilisation des données pour la publication anonymisée des résultats.

6. Description du corpus obtenu

Le corpus utilisé est récapitulé dans le tableau 3 qui suit. Seuls les entretiens 1.6 et 2.1 ont été éliminés faute de réponses suffisamment développées.

Tableau 3 : descriptif du corpus d'entretiens.

Catégorie d'interrogés	Numéro entretien	Durée	Nombre de participants	Moment par rapport à l'expérimentation
établissement 1 zone éducative prioritaire (ET1)				
enseignant de la classe	E1.1	01 : 08 :36	1	ante
enseignant et collègue assistant	E1.2	01 : 14 : 02	2	post
élèves	1.2	00 : 38 : 11	3	post
	1.3	00 : 45 : 11	4	
	1.4	00 : 29 : 59	4	
	1.5	00 : 37 : 03	4	
	1.6	00 : 18 : 39	4	
établissement 2 zone éducative rurale non prioritaire (ET2)				
enseignant	E2.1	00 : 43 : 54	1	ante
	E2.2	00 : 30 : 13	1	post
élèves	2.1	00 : 21 : 21	4	post
	2.2	00 : 49 : 14	4	
	2.3	00 : 39 : 44	4	
	2.4	00 : 43 : 38	4	
	2.6	00 : 35 : 54	4	
	2.7	00 : 39 : 44	3	
	2.8	00 : 32 : 49	4	
Équipe technique du consortium				
directeur	DT1	01 : 07 : 20	1	post
développeurs	T1	00 : 44 : 40	1	post
	T2	00 : 56 : 15	1	post

7. Principaux résultats

Les principaux résultats sont structurés en deux parties : la première regroupe les observations menées selon notre cadre conceptuel et guidées par nos prévisions. En deuxième partie nous abordons des résultats inattendus mais significatifs. Les extraits de verbatims cités sont référencés entre parenthèses selon le code suivant : numéro d'entretien, numéro de page de l'entretien, numéro de ligne de ladite page. En l'absence de citation, nous nous contentons d'une référence au numéro d'entretien.

7.1 Résultats au regard du cadre conceptuel et des prévisions

7.1.1 Concernant les effets visés

Dans l'idéel des enseignants-concepteurs, l'incarnation des principaux métiers de la ZIP devait faciliter la compréhension de leurs fonctions. Mais les difficultés des élèves à restituer en entretien les différentes phases du jeu, leur rôle, leur fonction et le nombre de lieux, sont autant d'indices d'un manque d'appropriation de l'artefact pédagogique. Pour une très grande majorité les métiers restaient abstraits : « *Moi je me souviens plus de ce que j'étais… Mais c'est moi qui devais réunir les mots clefs…* » et l'élève 2 lui répond : « *J'crois, t'étais l'informatique* » (1.5,3,12). L'addition de la fréquente méconnaissance des objets totems à rechercher observée dans les vidéos, tel que « *jerrican* », à celle des métiers comme « ouvrier pétrochimique », a empêché d'établir les liens symboliques devant permettre aux élèves de déduire les fonctions d'une ZIP. Cela explique la très grande peine des élèves à restituer les notions du cours reprises dans le dispositif (« flux » de marchandises ou « hinterland »), tant dans la phase de synthèse finale observée que dans les entretiens collectifs. Précisons qu'à

cette occasion, les trois quarts des élèves de l'ET1 et la moitié de ceux de l'ET2 ont jugé le texte d'introduction trop long à lire. Cette incompréhension semble aussi liée à l'absence de finalité de l'artefact pédagogique relevée dans les documents de conception pédagogique et dans les entretiens avec les enseignants. On n'y trouve que la finalité de l'artefact didactique, à savoir reconstituer une définition d'une ZIP. Seuls les élèves expérimentés dans la pratique des jeux de société, d'évasion et d'enquête, surreprésentés dans l'ET2, ont mené une instrumentalisation pédagogique aisée. Mais le scénario et ses défis leur paraissaient tellement simples qu'ils ont considéré être face à un simple jeu de piste, alors qu'il était possible selon eux d'aller plus loin : « *ben finalement, faudrait faire un escape game en immersion !* » (2.2,20,9).

Intéressons-nous aux retours sur l'artefact technique. Les effets de la RV3D relevés dans les entretiens des techniciens ont été partiellement au rendez-vous. Plusieurs élèves décrivent leur expérience comme impressionnante, notamment à cause du recours à la photographie 3D qui, grâce à la richesse des détails et à la profondeur de champs, est apparue comme plus immersive que les environnements en images de synthèse, d'où le regret généralisé de ne pouvoir se mouvoir pour explorer les photosphères. Ce réalisme a également généré chez les élèves qui n'avaient jamais vu de ZIP, une prise de conscience quant aux proportions réelles des conteneurs, des infrastructures et par association d'idées, à la quantité d'objets transportables sur un porte-conteneur (E1.2). Ces observations soutiennent le bien-fondé de la géographie à hauteur d'homme invoquée par l'un des enseignants (E1.1).

Un autre effet attendu par l'équipe technique était la bonne implication des collégiens. Ces derniers ont largement exprimé dans les entretiens des deux établissements, l'idée du pouvoir facilitateur des activités ludiques sur leurs apprentissages, même après les avoir confrontés à leur impossibilité de restituer les notions abordées. L'approfondissement de cette croyance a montré que leur intérêt pour cette expérience tenait moins à l'artefact technique qu'à l'artefact pédagogique. Trois groupes ont expliqué qu'un jeu d'évasion éducatif à l'école sans RV serait tout aussi stimulant. De même, nous avons pu relever à travers les frustrations exprimées en entretiens que cette implication tenait à la valorisation sociale. L'impossibilité ou l'incapacité d'achever le jeu, sans aide, semble avoir fait perdre le gain d'image espéré, un point particulièrement sensible pour les élèves en difficulté scolaire.

7.1.2 Concernant l'instrumentalisation

Le recoupement entre le profil des élèves et les témoignages montre que les élèves les plus scolairement fragiles sont ceux qui ont dû accomplir simultanément une triple instrumentalisation : pédagogique pour comprendre les mécanismes du jeu, du scénario et du fonctionnement de l'EV (orientation, symbole, etc.) ; didactique avec la remobilisation du contenu non maîtrisé du cours concernant les ZIP ; technique, impliquant de savoir utiliser le matériel technologique et le fonctionnement des interfaces. Paradoxalement, la maitrise préalable du cours apparait alors à certains comme une condition pour réussir (1.2). On peut interpréter ces propos comme une demande d'allègement de la charge mentale afin de mieux assumer les autres dimensions du dispositif et de mieux gérer les conflits instrumentaux :

> Genre, ça m'a frustrée parce que j'allais sur toutes les images, j'essayais partout mais ça voulait pas marcher. Et après, quand j'ai enfin trouvé (déjà, j'ai pas trouvé tout seul – ils m'ont un peu aidé), ça m'a énervé que ça prenne trop de temps. Le temps que je comprenne, en fait. Parce qu'on avait peut-être fait une leçon sur ça, mais on avait pas tout retenu par cœur. Enfin, on n'avait pas tout enregistré. Du coup, on se

> disait : « Mais ça c'est quoi ? ». On comprenait pas du tout ce qu'il se passait, à certains moments. Du coup, pour trouver l'endroit, qui tu étais, machin, bidule… T'étais un peu perdu ! (1.3,24,1)

La perméabilité visée entre l'univers visuel de l'EVA et l'univers sonore de la salle s'avère avoir aussi pesé sur l'instrumentalisation du dispositif. Cette simultanéité dedans / dehors a été décrite comme gênante pour plus d'un tiers des groupes. Conduire leur action dans l'EVA et écouter l'aide du dehors les « *faisaient sortir de leur bulle* » (2.2,4,20) ou les empêchaient de se focaliser sur les informations du dedans, tout particulièrement dans les situations de lecture. Une lecture perçue par une majorité comme plus compliquée qu'à l'accoutumée à cause de l'ergonomie des fenêtres de texte et du pointeur. Mais également à cause de la difficulté de certains, à s'abstraire de la photosphère qui restait en arrière-plan des fenêtres de texte. Celles-ci « flottaient » dans les airs, laissant le regard fuir durant la lecture. Seule une dizaine d'élèves nous ont déclaré n'avoir pas été gênés du fait d'être habitués à jouer en réseau tout en échangeant à l'oral via un casque et à l'écrit dans un fil de discussion (2.2 et 2.4). Cela suppose bien entendu de disposer de matériel, d'une connexion et d'un espace où s'isoler.

7.1.3 Apprentissages, collectif et configuration

Dans l'idéel de l'équipe de conception, les élèves devaient collaborer. Mais nous constatons que la consigne et l'opportunité pratique de le faire n'ont pas suffi. C'est davantage la recherche de la performance individuelle qui a été visée. Il s'agissait « *d'être le premier* », car « *c'est quand même mieux si on est premier plutôt que dernier* » (1.4,7,9). Seule la performance individuelle a fait l'objet d'échanges :

> Elèves 1 : Non c'était moi. J'avais trouvé le mot « flux ». Genre, il avait dit : Ouais, un point, un autre point… Comme ça…
>
> Elève 2 : Ouais mais c'est qui le dernier qu'est arrivé ?
>
> Enquêteur 2 : Mais pourquoi ? Il fallait arriver le premier ?
>
> Elève 2 : Ben, pour moi, un peu oui ! Comme ça après, t'es le meilleur !
>
> Enquêteur 2 : Ah, tu crois ?
>
> Elève 2 : Faut pas être dernier ! » (1.4,7,10)

Seul le groupe des élèves de l'ET2 qualifiés de bons par leur enseignant, a exprimé la place centrale accordée à l'entraide : « *Ben, c'est important pour avancer, pour moi. Dans la vie, aussi.* », cet élève ajoute avec l'acquiescement de ses partenaires : « *Du coup, si on ne trouvait pas, y en avait d'autres qui nous aidaient. Du coup c'était bien* » (2.2,5, l4). Cette importance de la collaboration s'observe aussi à travers leur choix du temps de mise en commun hors immersion, comme le moment le plus marquant : « *c'est le temps où il y avait le plus d'entraide* » (2.2,26). Une sélection de prime abord étonnante pour des passionnés de jeux vidéo. On constate que ces jeunes possèdent des dispositions antérieures positives concernant la coopération à travers leur système de valeurs hérité de leur sphère familiale, comme l'atteste par exemple l'évocation de leur pratique des jeux de société.

Puisque l'établissement forme un dispositif éducatif de niveau supérieur, sa tendance dispositionnelle sur le continuum prescription – autonomisation, constitue une autre composante importante de la configuration du dispositif d'apprentissage de RV étudié, car elle marque les postures et les comportements. En effet, sur un plan fonctionnel, les vidéos des expérimentations montrent que les élèves se tournaient presque systématiquement

vers l'enseignant en cas de difficulté ou de question. Plusieurs explications ont été avancées sur ce point en entretien. Du côté des enseignants, il s'agit de la faible autonomie des élèves constatée au quotidien, les laissant difficilement croire à une subite autonomie dans cette nouvelle situation. Mais de façon transparente, ils évoquent également l'envie de conserver une centralité durant l'activité afin de garder un sentiment de contrôle de la situation qu'ils associent à celui de sécurité (E2.2). Du côté des élèves on parle d'habitude de fonctionnement de classe, de peur de déranger ses coéquipiers, ou du manque d'attrait pour des camarades non choisis et peu appréciés : « *En fait, j'aime pas notre classe* », suivi par son voisin « *je ne parle pas spécialement à des personnes* » (2.3,11,10). La classe n'est pas forcément un groupe réunissant les conditions de l'apprentissage individuel (Meirieu, 1984) et n'est donc pas ipso facto perçue comme une ressource pour faciliter l'activité.

Globalement, nous constatons que les élèves se disant gênés par l'intrusion du dehors sont les mêmes que ceux se disant gênés par le processus d'instrumentalisation des fenêtres textes et par la visibilité continue des photos en situation de lecture. Ces mêmes élèves font partie de ceux qui ont trouvé les textes trop longs. Nous avons aussi remarqué que les groupes d'élèves considérés comme bons avaient l'élocution la plus fluide, suggérant un bon niveau de lecture, et qu'ils étaient ceux pour qui la gestion des mondes du dedans et du dehors était bien vécue. Le cumul des difficultés exposées constitue probablement l'expression d'une surcharge cognitive, déjà observée avec la RV dans le cas d'élèves plus âgés (Privas-Bréauté & Ciekanski, 2021), qui tient au cumul des trois instrumentalisations, alourdi par un faible degré d'aisance en lecture. Or le niveau de lecture ayant tendance à être corrélé à la fois au degré de réussite scolaire et au milieu d'appartenance socio-économique (Galtier et al., 2023), là encore les élèves les plus en difficultés scolaires, plus nombreux parmi l'ET1, se sont avérés moins en capacité d'exploiter le dispositif. C'est pourquoi, les enseignants de l'ET1 ont pris le parti d'une très grande simplicité de l'artefact pédagogique, afin d'anticiper le risque de perdre les élèves en très grandes difficultés (E1.2). Au final, enseignants comme élèves se rejoignent dans leur discours post-expérimentation quant au fait que les joueurs n'ont pas été mis en activité réelle d'investigation, qu'ils ont été trop accompagnés et que le caractère ludique s'en est retrouvé très relativisé : « *c'est comme si on jouait, un peu.* » (2.2,2,2). L'expérimentation a plu car elle rompt la monotonie du cours où « *le prof parle trop, il fait trop écrire* » (2.6, 3, 7) mais sans être perçue pour autant comme un jeu d'évasion.

7.2 Des bénéfices et des potentialités inattendues

7.2.1 Réalité virtuelle ou virtualité réelle ?

L'analyse des entretiens révèle un paradoxe inattendu : la virtualité du jeu et des photosphères, a été vécue par certains élèves comme des opportunités de se rapprocher du monde réel par rapport à une école, qui, elle, se situe dans le monde réel, mais qui est vécue comme un espace clos hors de la vie réelle. Plus de la moitié plébiscite le sentiment de liberté et d'action qu'ils opposent aux activités jugées trop passives de la forme scolaire traditionnelle en groupe classe, cadrée par des contenus prédéterminés et une temporalité établie. Ces jeunes déclarent apprécier de pouvoir regarder ce qu'ils veulent, observer et enquêter sur ce qui les intéresse sans être contraints par une consigne extérieure. L'environnement proposé leur permettait de se déplacer dans les lieux qu'ils souhaitaient, dans l'ordre de leur choix et en l'absence de toute référence à l'école. En somme, être ailleurs (E2.2). Ainsi, ce ne sont pas les photosphères les plus sensoriellement et émotionnellement fortes qui ont marqué, comme le point de vue vertigineux du portique de la ZIP, mais celles qui présentaient un environnement de travail réaliste et détaillé, à l'image

du bureau cité dans les deux tiers des entretiens. Les élèves parlent de « *presque stage* » en se référant aux stages d'observation de troisième. De par le réalisme photographique, ils ont perçu cette EVPA comme plus avantageuse qu'une visite réelle, puisqu'elle évacue les difficultés d'accessibilité et de dangerosité qui empêchent toute démarche d'exploration sur site (E2.2).

7.2.2 La virtualité au secours de la réalité

Notons enfin le caractère protecteur de l'environnement virtuel pour les élèves les plus en difficultés scolairement. Pour eux, l'école est vécue comme un poids. Ils doivent rester huit heures par jour dans un système où ils ne comprennent pas grand-chose (E1.2). Aussi, toute situation hors de la classe est génératrice de soulagement :

> C'est comme quand on est en classe, et que, quand on dit une réponse, ils sont tous là à dire… Ou comme quand tu te trompes sur un mot, quand tu lis, il y a tout le monde qui dit : « Ah non, c'est pas ce mot ! » et ils te reprennent tous ! » « Il y a tout le monde qui redit le mot, derrière. Et après tu arrives plus à reprendre. Tu te perds. […] Quand tu prends du temps, t'as l'impression que tu dois te dépêcher pour dire la réponse. (1.3,27,4)

Ici, l'élève échappe à la pression sociale scolaire et gagne en sentiment de liberté du fait de la disparition du regard des autres élèves. Cette protection vaut également pour les jeunes personnes socio-culturellement inhibées, comme dans le cas des jeunes filles primo-arrivantes de l'ET1 marquées par des drames dans leur pays d'origine ou par une éducation machiste et patriarcale. Alors que nous avons considéré l'entretien avec ce groupe comme un échec, les enseignants percevaient une avancée. Pour la première fois, ces élèves acceptaient de participer à une activité collective, et de parler à des adultes, deux marqueurs de progrès indéniables (E1.2).

8. Les EVP, un jeu qui pourrait valoir la chandelle

Sans surprise, le dispositif sociotechnique étudié est proche de ses prédécesseurs, dans le sens où le simple fait d'exister ne suffit pas à régler les problèmes d'apprentissage et d'implication.

Les résultats de cette étude rejoignent en partie ceux concernant les dispositifs universitaires d'autoformation (Poteaux, 2010) en montrant que les élèves les plus scolairement autonomes, sont les plus aptes à tirer profit du dispositif, accroissant ainsi les disparités préexistantes entre élèves. L'expérimentation conforte également la partie de nos prédictions concernant l'influence de la tendance prescriptive du milieu scolaire dans la configuration du dispositif. Ces élèves de 4e, au regret des enseignants eux-mêmes contraints par les règles et les attentes de leur institution, ne vivent que rarement des situations collectives d'apprentissage autonome et autorégulé (E1.2). C'est pourquoi il leur était difficile de s'approprier un dispositif éducatif subitement et ponctuellement participatif et coopératif. La configuration observée marque d'un côté, les dispositions des élèves qui tendent à limiter leur capacité à mobiliser les pairs dans leur autonomisation, et d'un autre côté, elle contraint les professeurs à suivre une logique fonctionnelle qui les éloigne de leur logique axiologique et épistémique professionnelle.

De manière générale, l'usage de ce type de dispositif reste subordonné à une intégration plus importante d'activités collectives dans les enseignements afin que les élèves développent des dispositions à la coopération, puisque l'espace virtuel a d'abord une consistance sociale (Schmoll, 2020/2011). Cet usage est aussi subordonné à la possibilité

technique d'immerger une classe entière à partir de sessions simultanées en sous-groupes, de manière à prendre en compte l'unité d'âge, de lieu et de contenu de l'organisation scolaire. Des conditions délicates à respecter si l'on considère les contraintes du système éducatif français dues aux choix économiques, politiques et culturels du pays.

Ceci étant dit, ce type de dispositif possède un potentiel certain pour l'apprentissage scolaire, car il offre la possibilité de mettre en œuvre plusieurs principes de l'école nouvelle en classe. Tout d'abord, l'étayage de l'intérêt des élèves via l'étonnement (Legrand, 1960) et les dissonances cognitives que peut générer l'exploration de lieux réels virtuels inconnus et inaccessibles aux élèves. De plus, en initiant cette exploration par un but comme le défi du scénario testé, nous réunissons des conditions propices à l'émergence de processus d'enquête au service de l'activité (Dewey, 1993). Les élèves y relient de manière itérative et non-linéaire, la problématisation de la situation rencontrée, l'expérimentation des composantes interactives disponibles et les résultats perçus de leurs actions. Et grâce aux interactions possibles, l'enquête peut être alimentée par les conflits sociocognitifs entre pairs (Wygotski, 1997).

La force de l'outil ne semble donc pas résider dans sa capacité à générer du spectaculaire et de l'émotion, mais dans l'authenticité des lieux choisis et des images, à l'instar de la photosphère du bureau, qui sont pourvoyeuses de projections et de sens. En adossant cette caractéristique à l'élaboration de situation-problème authentique (Duval & Pagé, 2013), c'est-à-dire qui se pose au sein de sites industriels, patrimoniaux, ou naturels… nous obtiendrions le moyen d'entamer le transfert des connaissances scolaires dans la complexité du réel, particulièrement utile au renforcement de la distanciation avec les apprentissages (Boutinet,1995). Une telle perspective nous ramène aux remarques concernant la construction de l'espace pédagogique et aux études déjà nombreuses soulignant les limites du concept de « jeu sérieux » (Schmoll, 2011), et donc à l'importance de concevoir un jeu, et non un exercice pédagogique déguisé dont l'apprenant détecte rapidement le caractère éducatif (Schmoll L. & Schmoll P., 2022), donc non authentique.

Pour les élèves en difficultés scolaires, cela se traduit non par une suppression des difficultés de la tâche, sous peine de perdre tout enjeu nécessaire à l'engagement et la valorisation narcissique, mais par un aménagement des outils et des modalités de fonctionnement : dissociation des espaces d'information et d'action, aide sur sollicitation, posture enseignante adaptée à l'expérimentation (Braccini, 2016). Cela renforcerait les propriétés positives constatées du dispositif pour ce public aux difficultés d'origines variées (primo-arrivant, troubles cognitifs avérés, contextes socio-culturels lourds…) qui conduisent à voir l'école comme une source de souffrance et d'inquiétude à l'origine des phénomènes de dévalorisation, d'isolement et de rupture scolaire (E1.2). C'est pourquoi la RV est parfois vécue comme un sas de décompression où il n'y a ni professeur, ni collègue « sur le dos ». Pour d'autres, elle donne accès au « vrai monde » par opposition au monde scolaire, coupé du monde socio-économique. Considérer ces différents apports implique d'intégrer un temps réflexif d'après immersion dans le dispositif où s'opère les principaux apprentissages. En effet, c'est la réflexivité sur l'expérience vécue qui s'avère stratégique, tout comme les apprentissages professionnels s'opèrent non pas dans le travail mais à partir de l'expérience du travail (Capelli, 2023). Considérer ce principe permettrait de répondre aux besoins de jouabilité, d'autonomie et d'authenticité et d'optimiser les apprentissages. Cela pose la question de la compétence des enseignants qui doivent ajouter l'animation de retours d'expériences à leur boite à outils déjà bien remplie.

9. Quand le temps et le verbe deviennent des freins

Les limites de cette étude sont notamment d'ordre méthodologique. Tout d'abord, elle souffre de ne pas pouvoir suivre l'impact de l'accoutumance à ce type d'EV en photosphères, aux jeux d'enquêtes, à l'utilisation du matériel et aux émotions vécues. De même l'efficacité du dispositif sur la mémorisation, sur la conceptualisation et sur les capacités à coopérer a fortement été influencée par les conflits instrumentaux. Comment évolueraient ces conflits dans le cas d'une intensification de l'usage de ce genre de dispositif ? L'hypothèse des enseignants interrogés était qu'ils disparaitraient assez rapidement, tout comme l'implication liée au sentiment de nouveauté et à la curiosité s'estomperait. Répondre à ce type d'interrogation supposerait de mener des études à plus long terme.

Ensuite, la seconde principale limite de cette étude tient à la nature du public enquêté. L'adolescence est une période durant laquelle il peut être difficile d'exprimer ses expériences et ses émotions, surtout en présence d'adultes assimilés aux institutions éducatives et scolaires. S'ajoute à cela, surtout dans le cas de l'ET1, une carence manifeste de vocabulaire qui a limité certains élèves dans leurs envies de s'exprimer et d'interagir avec leurs camarades et les chercheurs. Ni la sécurisation affective du groupe, ni le caractère bienveillant et progressif de l'entretien, ni même la posture d'attention de l'écoute active n'ont permis de compenser cet écueil. Les chercheurs ont eu les plus grandes difficultés à faire dépasser l'implicite des expressions « *c'était bien* », « *tu vois, quoi.* », « *le truc là, comm'ça.* » qui après divers types de relance conduisaient à l'ultime « *j'sais pas…* » de découragement. Cette difficulté pose un grand nombre de questions pour les courants de l'analyse de l'activité et de l'expérience en milieu scolaire. Nous retiendrons néanmoins l'intérêt de faire investiguer le milieu scolaire par des personnes externes à celui-ci au sein d'un espace dédié explicitement et exclusivement à la compréhension de l'action de l'adolescent, en le considérant comme expert de lui-même et plus à l'aise en sous-groupes de pairs, un espace coanimé afin de diversifier la communication et contourner les blocages individuels ou collectifs.

10. Conclusion

Malgré la convergence des croyances, toutes catégories d'acteurs confondues, sur la capacité du dispositif proposé à favoriser l'engagement et à améliorer les apprentissages, nos résultats confortent le point de vue de la sociologie critique. L'EVPA et la RV ne compensent pas seuls l'influence biographique des individus dans le développement des usages et de leurs effets, car ils ne peuvent agir ni sur les dispositions des acteurs, ni sur la configuration de leur activité. Par contre, notre étude souligne que l'EVPA répond à des besoins de liberté et d'autonomie des élèves qui en manquent dans le modèle scolaire actuel. Cela ranime le vieux débat français qui oppose la prise en compte de l'individualité au principe d'égalité républicaine qui normalise l'organisation de l'activité éducative et ses finalités, les maintenant hors de portée des apprenants et des enseignants. Au-delà de cet oxymore, nous nous interrogeons quant à l'attractivité, auprès des instances de décisions, de tels dispositifs sociotechniques qui impliquent d'importantes ressources, sachant les difficultés de l'institution scolaire dans son contexte socioéconomique et politique actuel. L'usage de la RV et des EVPA possède de réelles qualités, mais pas celles de révolutionner les dynamiques culturelles, organisationnelles et fonctionnelles du système scolaire français et de ses établissements, conditions de leur éventuelle performance.

11. Références

Acker-Kessler, P. (2015). *Posture professionnelle enseignante et développement de l'autonomie dans l'apprentissage des langues : une approche située*. [Thèse de doctorat, Université de Strasbourg]. Hal.fr.

Albero, B. (2018). Entre prescription et appropriation : les logiques d'action qui font dispositif. Brossais, E & G. Lefeuvre (dirs.), *L'appropriation de la prescription en éducation : le cas de la réforme du collège*. (pp.126-133). Octarès.

Albero, B. (2010). Une approche sociotechnique des environnements de formation. *Éducation et didactique, 4*(1), 7-24. https://doi:10.4000/educationdidactique.715.

Duval, A.M. & M. Pagé. (2013). *La situation authentique : de la conception à l'évaluation*. Association québécoise de pédagogie collégiale.

Balleys, C.L. (2017). Socialisation adolescente et usages du numérique : synthèse de la revue de la littérature. *Institut National de la Jeunesse Populaire (INJEP)*. https://archive-ouverte.unige.ch/unige:163618.

Baron, G.L. (2019). Les technologies dans l'enseignement scolaire : regard rétrospectif et perspectives. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle, 52*(1), 103-22. https://doi:10.3917/lsdle.521.0103.

Berten, A. & Foucault, M. (1988). Entretien avec Michel Foucault. *Les cahiers du GRIF, 37*(1). 8-20. https://doi:10.3406/grif.1988.1751.

Boutinet, J.P. (1995). *Psychologie de la vie adulte*. Presses universitaires de France.

Braccini, V. (2016). La posture du formateur. *Les cahiers pédagogiques, 533,* 45-47. https://www.cahiers-pedagogiques.com/la-posture-du-formateur/

Capelli, F. (2023). Activer le « potentiel apprenant » des professionnels grâce à l'entretien d'explicitation. Braccini, V. & H. Petitjean (dirs.). Système apprenants. *Cahiers de systémique, 2*, pp. 31-39. https://www.groupepsi.com/systemes-apprenants.

Collin, S., Guichon, N. & Ntebutse, J.G. (2015). Une approche sociocritique des usages numériques en éducation. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, 22*(1), 89-117. https://doi:10.3406/stice.2015.1688.

Collin, S. & Karsenti, T. (2013). Usages des technologies en éducation : analyse des enjeux socioculturels. *Éducation et francophonie, 41*(1), 192-210. https://doi:10.7202/1015065ar.

Denami, M. A. (2016). *Un Serious Game pour le développement des compétences professionnelles des opérateurs en zone aseptique : définition d'un modèle holistique de conception et études d'usage*. [Thèse de doctorat, Université de Strasbourg]. Thèses.fr.

Dewey, J. (1993). *La théorie de l'enquête*. (Deledalle, G. Trad.). Presses universitaires de France.

Galtier, J., Barasz, P. & Furic, B. (2023). *Poids des héritages et parcours scolaires*. France Stratégie. https://www.strategie.gouv.fr/publications/poids-heritages-parcours-scolaires.

Gillet, J.C. (1995). *Animation et animateurs : le sens de l'action*. L'Harmattan

Granjon, F. (2009). Les usages du PC au sein des classes populaires. Inégalités numériques et rapports sociaux de classe, de sexe et d'âge. Granjon, F., Lelong, B. & J.L. Metzger (dirs.). *Inégalités numériques : clivages sociaux et modes d'appropriation des TIC*. (pp. 31-62). Hermès science : Lavoisier.

Guillemette, F., Luckerhoff, J. & Guillemette, M. (2011). Quand le chercheur devient animateur. *Recherches qualitatives, 29*(3), 193-97. https://doi:10.7202/1085879ar.

Legrand, L. (1960). *Pour une pédagogie de l'étonnement.* Delachaux et Niestlé.

Legrenzi, C. (2010). Le Web 2.0 et la suite… ou le Web 2.0, moteur de la transformation de la société. *Annales des Mines - Réalités industrielles, 4*, pp. 60-66. https://doi:10.3917/rindu.104.0060.

Lewis, F., Plante, P. & Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : une revue de littérature. *Médiations et médiatisations, 5*, pp.11-27. https://doi:10.52358/mm.vi5.161.

Linard, M. (2001). Concevoir des environnements pour apprendre : l'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, 8*(3), 211-238. https://doi:10.3406/stice.2001.1485

Linard, M. (2019). Deux intelligences, une planète. Le sens et le calcul : Hélices 2, un modèle intégré de l'action humaine. Albero, B., Simonian, S. & J. Eneau (dir.), *Des humains & des machines : hommage aux travaux d'une exploratrice*. (pp. 487-541). Raison et Passions.

Meirieu, P. (1984). *Apprendre en groupe. Itinéraire des pédagogies de groupe*. Chronique sociale.

Poteaux, N. (2010). Histoire d'une innovation et trajectoires d'acteurs. Albero, B. & N. Poteaux (dirs.), *Enjeux et dilemmes de l'autonomie : une expérience d'autoformation à l'université : étude de cas*. (pp. 41-66). Maison des sciences de l'homme.

Privas-Bréauté, V. & Ciekanski, M. (2021, 28 octobre). *Interagir dans la réalité virtuelle : au-delà de l'effet « wow », étude des technologies immersives sur l'embodiment en situation d'utilisation d'une L2.* [Conférence]. Drôles d'objets : un nouvel art de faire, La Rochelle. https://doi.org/10.5281/zenodo.6061164.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. A. Colin.

Schmoll P. (2011). Jeux sérieux : exploration d'un oxymore. *Revue des sciences sociales, 45*, pp. 158-167.

Schmoll P. (2020/2011). La texture sociale du virtuel. Schmoll, P. et al (dirs.), *La Société Terminale 1 : Communautés virtuelles*. (pp.67-112). Éditions de l'Ill.

Schmoll, L. & Schmoll, P. (2022). *Les Éonautes (2012-2020), les leçons d'un jeu vidéo pour l'apprentissage du français*. ISTE. http://doi:10.21494/ISTE.OP.2022.0815.

Stenger, T. (2015). Digital natives, technologie et culture numériques : entretien avec Marc Prensky. Stenger, T. (dir.), *Digital natives : culture, génération et consommation*. (pp. 27-33). EMS.

Vygotski, L.S. (1997). *Pensée et langage*. (Sève, F. Trad.) La Dispute.